

Table des Matières

Introduction	11
---------------------	----

Chapitre 1 : Prolégomènes

1. Un cycle de soixante-dix jours	15
2. Les constellations égyptiennes	20
3. Les sources archéologiques	21
4. Les travaux antérieurs	23
5. Conclusion	29

Chapitre 2 : Les horloges stellaires et l'année civile égyptienne

1. L'année civile égyptienne	31
2. Description d'une horloge stellaire	32
3. Principe de fonctionnement d'une horloge stellaire	35
4. Les heures de nuit égyptienne	39
5. Constitution d'une liste d'étoiles à partir d'une horloge stellaire théorique	41
6. Regroupement des horloges stellaires	41
7. Datation des horloges stellaires	46
8. Conclusion	54

Chapitre 3 : Les listes d'étoiles

1. La base de données archéologiques	55
2. Caractéristiques des listes d'étoiles	59
3. Datation des listes d'étoiles	63
4. Discussion relative à l'époque et au lieu de constitution des six prototypes de listes d'étoiles	67
4.1. Epoque de constitution des six prototypes de listes d'étoiles	67
4.2. Lieu de conception des six prototypes de listes d'étoiles	68
5. Conclusion	70

Chapitre 4 : Détermination de la période d'invisibilité annuelle des étoiles

1. Etapes de constitution du modèle de visibilité stellaire	71
2. Estimation de la précision recherchée	72
3. Constitution de la base de données stellaires	73
4. Reconstitution de la voûte céleste à l'époque historique considérée ..	75
4.1. Effets du mouvement qui anime chaque étoile	76
4.1.1. Effets du mouvement propre	77
4.1.2. Effets d'une variation de mouvement propre	79
4.2. Effets de parallaxe, d'aberration et déviation gravitationnelle ...	80
4.3. Effets de la précession-nutation et du mouvement polaire sur l'axe de rotation de la Terre	81
4.3.1. Deux types de modèles de précession-nutation	82
4.3.2. Introduction à l'approche classique	83
4.3.3. Equations de la précession	83
4.3.4. Equations de la nutation	87
4.3.5. Effets du mouvement polaire	87
4.4. Conclusion	87
5. Restriction de l'échantillon d'étoiles candidates	88
5.1. Cas des étoiles circumpolaires	88
5.2. Cas des étoiles visibles en leur jour de conjonction avec le Soleil	89
6. Test de visibilité d'une étoile	92
6.1. Détermination du jour de conjonction avec le Soleil (jd_4)	92
6.2. Discussion relative aux échelles de temps	94
6.3. Détermination des instants de lever et de coucher de l'étoile et du Soleil en leur jour de conjonction jd_4	97
6.4. Les différentes sources d'extinction atmosphérique	99
6.4.1. La diffusion Rayleigh	102
6.4.2. La diffusion Mie	102
6.4.3. L'absorption par l'ozone stratosphérique	103
6.4.4. Coordonnées horizontales locales de l'étoile observée	104
6.4.5. Profils de taux d'humidité de l'air ambiant	104
6.4.6. Extinction atmosphérique totale	109
6.5. La brillance du ciel	110
6.6. Seuil de détection d'un point source par l'oeil humain	113
6.6.1. Condition de visibilité d'un astre dans le ciel	113
6.6.2. Acuité visuelle de l'observateur	114
6.7. Test de visibilité d'une étoile	116
7. Constitution de l'échantillon d'étoiles candidates	116
7.1. Date de coucher héliaque d'une étoile	117
7.2. Date de lever héliaque d'une étoile	117
7.3. Période d'invisibilité annuelle d'une étoile	117
8. Redéfinition des contours de l'anneau décanal	118
9. Discussion autour de l' <i>arcus visionis</i>	121
10. Conclusion	122

Chapitre 5 : Identification des décans égyptiens

1. Etude de cas : l'étoile Sirius	123
1.1. La latitude du site d'observation	124
1.2. La période d'invisibilité annuelle de Sirius	125
1.3. L'époque historique considérée	127
1.4. Révision de nos propositions de datation des listes d'étoiles	136
1.5. Conclusion	136
2. Les différentes étapes d'identification des décans égyptiens	137
3. Identification des décans égyptiens	142
3.1. Identification des décans 31a, 31b et 32	142
3.2. Identification du décan 33	147
3.3. Identification du décan 34	148
3.4. Identification des décans 35 et 35a	149
3.5. Identification des décans 36 et 36a	150
3.6. Identification des décans 37 et 38	151
3.7. Identification du décan A	152
3.8. Identification du décan 1	153
3.9. Identification du décan B	153
3.10. Identification du décan 2	154
3.11. Identification du décan C	154
3.12. Identification du décan 3	155
3.13. Discussion relative au décan 2a	156
3.14. Identification du décan D	156
3.15. Identification du décan 4	157
3.16. Identification du décan E	158
3.17. Identification du décan 5	158
3.18. Identification du décan F	159
3.19. Identification du décan 6	159
3.20. Identification des décans 3a, 3b, 4a, 4b et 5a	160
3.21. Identification du décan G	162
3.22. Identification du décan 7	163
3.23. Identification du décan H	163
3.24. Identification du décan 8	164
3.25. Identification du décan J	165
3.26. Identification du décan 9	165
3.27. Identification du décan K	165
3.28. Identification du décan 10	166
3.29. Identification du décan M	166
3.30. Identification du décan 11	166
3.31. Identification des décans 9a et 9b	167
3.32. Identification du décan 12	168
3.33. Identification des décans 13 et 12a	168
3.34. Identification du décan 14	169
3.35. Identification des décans 15, 13a et 14a	169
3.36. Identification du décan 16	170
3.37. Identification du décan 17	171

3.38. Identification du décan 18	171
3.39. Identification du décan 20	172
3.40. Identification du décan 19	172
3.41. Identification du décan 22	173
3.42. Identification du décan 23	173
3.43. Identification des décans 20a, 21, 21a, 21b, 21c et 22a	174
3.44. Identification du décan 24	175
3.45. Identification du décan 25	175
3.46. Identification des décans 26 et 26a	176
3.47. Identification du décan 28b	176
3.48. Identification du décan 28	177
3.49. Identification du décan 29	177
3.50. Identification du décan 26b	178
3.51. Identification du décan 30	179
3.52. Identification des décans 28a, 27a, 27b, 27c et 27d	180
3.53. Identification des décans 29a et 29b	181
3.54. Localisation des décans 39a, 39b, 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h et 40i	181
3.55. Localisation du décan L	183
4. Récapitulatif des étoiles candidates aux décans égyptiens	185
5. Conclusion	192

Chapitre 6 : Validation et exploitation des résultats

1. Examen de la validité des résultats obtenus	193
1.1. Comparaison avec les résultats publiés par d'autres auteurs	193
1.2. Tests de validité des identifications proposés	200
1.2.1. Effet d'une variation d'époque historique	201
1.2.2. Effet d'une variation de latitude du site d'observation	202
1.2.3. Effet d'une variation du taux d'humidité de l'air ambiant ..	203
1.2.4. Effet d'une variation d'acuité visuelle de l'observateur	204
1.2.5. Conclusion	205
1.3. Réalisme des identifications proposées	206
1.4. Interdépendance des identifications proposées	207
2. Examen de la « véracité » du contenu des six types de listes d'étoiles	208
3. Étude de la variabilité des heures de nuit égyptienne	216
4. Cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne	221
5. Conclusion	228

Conclusion	229
-------------------	-----

Notes des Chapitres 1 et 2	231
-----------------------------------	-----

Bibliographie	239
Annexe	247
1. Chronologie de l'Égypte ancienne	249
2. Index des termes égyptiens en hiéroglyphes accompagnés de leur translittération et de leur signification	251
3. Planches	261
4. Annexe au Chapitre 5	293
5. Listes des Tables et des Figures	345
6. Publications relatives au travail de thèse	357
6.1. Catalogue d'étoiles peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne	357
6.2. Préalable à l'identification des décans égyptiens : constitution d'une base de données archéologiques	357
6.3. L'année civile égyptienne et les horloges stellaires	358
6.4. Astronomical dating proposals of the ancient Egyptian stellar clocks	358
6.5. Le lever héliaque de Sirius, source de datation historique	358
6.6. Identifying the ancient Egyptian decanal stars	359
6.7. Détail du projet de constitution, à l'échelle internationale, d'un réseau de chercheurs en Astro-Égyptologie	359
6.8. Le lever du Soleil sur la Terre d'Égypte : une recreation au quotidien	359
6.9. Introduction aux méthodes de l'archéoastronomie. Première partie : Application à l'identification des décans égyptiens	360
6.10. Introduction aux méthodes de l'archéoastronomie. Seconde partie : Application à la détermination de la source astronomique d'orientation d'édifices égyptiens	360
7. Présentations orales du travail de thèse	361
7.1. Séminaire du Centre François Viète à Nantes	361
7.2. Séminaire du Bureau des Longitudes	361
7.3. Séminaire de l'Institut de Mathématiques de Toulouse	362
7.4. Séminaire du Bureau des Longitudes	362
7.5. Colloque de l'American Research Center in Egypt, Boston	363
7.6. Colloque de l'American Research Center in Egypt, Tucson	363
8. Valorisation du travail de thèse auprès du grand public	365
8.1. Documentaires pour Arte et France Télévisions	365
8.2. Interview réalisée pour la radio JetFM	365
8.3. Spectacles relatifs à l'Astronomie en Égypte Ancienne	365
8.4. Conférences grand public	365
8.5. Revues de presse	366
8.6. Publications sur le site Culture Diff'	366

Notes importantes

1. la thèse est constituée de deux volumes. Le manuscrit en lui-même constitue le premier volume. L'annexe constitue le second volume ;
2. le logiciel de détermination des dates de coucher et de lever héliaques d'étoiles conçus pour les besoins de la thèse est disponible en ligne à l'adresse : <http://www.culturediff.org/logiciel1.htm> ;
3. le diaporama de la soutenance est disponible en ligne à l'adresse : <http://www.culturediff.org/mediatic.htm> ;
4. les deux volumes du manuscrit de thèse sont disponibles en téléchargement à l'adresse : <http://www.culturediff.org/soutenanceKG.htm>

Notes de lecture

Abbreviations

BC : années avant notre ère

PT : *Pyramid Texts* (Faulkner, 1969)

BN : *Book of Nut* (Neugebauer et Parker, 1960, pages 43-80)

DT : *Dramatic Text* (Neugebauer et Parker, 1960, pages 67-80).

PC : *Papyrus Carlsberg I* (Neugebauer et Parker, 1960, pages 43-80)

Notes de bas de page et notes de fin

Les notes de bas de page sont désignées par un nombre : 1, 2, 3, etc.

Les notes de fin de chapitre sont désignées par un chiffre romain : i, ii, iii, etc. Elles sont disponibles en toute fin du Volume 1.

Sigles utilisés dans les citations de texte

() précision apportée au texte original

[] correction apportée au texte original

< > texte manquant

Introduction

Les anciens Égyptiens croyaient en une vie après la mort. Selon eux, le laps de temps nécessaire au défunt pour renaître dans le monde de l'au-delà était de 70 jours. Il réapparaissait alors, sous la forme d'une étoile, dans l'aube. En d'autres termes, il était devenu une étoile qui effectuait son lever héliaque après avoir disparu du ciel nocturne durant 70 jours.

Sur l'intérieur du couvercle de sarcophages, sur la surface extérieure de clepsydres, au plafond de temples et de tombes érigés le long de la rive occidentale du Nil, entre Alexandrie et Assouan, à une époque comprise entre l'an 2200 BC et l'an 50, figurent les appellations hiéroglyphiques de 90 étoiles caractérisées chacune par une période d'invisibilité annuelle de 70 jours. Leurs levers héliaques s'effectuaient alors à dix jours d'intervalle. Aussi, ces étoiles portent le qualificatif de décanes.

Identifier chacun des 90 décans égyptiens à des étoiles visibles à l'oeil nu du catalogue *Hipparcos*, et donc dresser la carte des constellations peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne, constitue l'objet de cette thèse de doctorat, préparée au Laboratoire d'Astrophysique de Toulouse-Tarbes, Observatoire Midi-Pyrénées, sous la direction de Robert Nadal puis de Sylvie Roques².

La démarche adoptée en vue d'établir une corrélation entre les bases de données hiéroglyphiques et *Hipparcos* a fait l'objet de six présentations orales dans des séminaires ou colloques d'égyptologie et d'astronomie et de six articles déjà parus, à paraître ou soumis à publication dans des revues d'égyptologie et d'histoire de l'astronomie³. Le détail de cette démarche est exposé dans les Chapitres 1 à 6 :

- ✓ dans le Chapitre 1, nous exposons les textes relatifs à la destinée stellaire du Pharaon défunt (*Textes des Pyramides* et *Textes des Sarcophages*) et les sources archéologiques (horloges stellaires peintes sur l'intérieur du couvercle de sarcophages, listes d'étoiles ornant la surface extérieure de clepsydres ainsi que le plafond de temples et de tombes) conduisant à l'établissement du catalogue de 90 décans égyptiens (Gadré et Roques, 2007a), ainsi que les propositions d'identification faites par d'autres auteurs (Gadré et Roques, 2007b) ;
- ✓ dans le Chapitre 2, nous détaillons le principe de fonctionnement des horloges stellaires peintes sur l'intérieur du couvercle de vingt sarcophages de bois constituant la base de données archéologiques (Gadré et Roques, 2007c). Nous en extrayons vingt listes d'étoiles que l'application de divers critères de natures archéologiques, égyptologiques et astronomiques nous permet de grouper en deux types de listes notés *tmꜣt* et *knmt* puis d'estimer l'époque de leur conception (Gadré et Roques, 2007d) ;

2 Ce travail de thèse s'est effectué en parallèle avec une activité de diffusion de la culture scientifique, dans le cadre de l'entreprise *Culture Diff'* créée en juillet 2000. N°SIRET : 431 708 643 00025.

3 La liste de ces présentations orales et publications figure en Annexe du manuscrit.

- ✓ dans le Chapitre 3, nous regroupons les quatre-vingt listes d'étoiles ornant la surface extérieure de clepsydres ainsi que le plafond de temples et de tombes constituant la base de données archéologiques en quatre types notés *Senenmout*, *Séthi IA*, *Séthi IB* et *Séthi IC*. Au total, nous disposons donc de six types de listes d'étoiles. La comparaison entre leurs arrangements stellaires respectifs permet de connaître l'ordre dans lequel les étoiles décanales y figurent – succession de leurs levers héliaques et de leurs levers nocturnes ou de leurs culminations successives – puis d'estimer l'époque et le lieu de conception de chacun des six prototypes de listes (Gadré et Roques, 2007e) ;
- ✓ dans le Chapitre 4, nous nous proposons de réduire l'échantillon de 5041 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos* aux seules étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était voisine de 70 jours – plus précisément, comprise entre 50 et 90 jours – aux lieux et époques de conception des six types de listes d'étoiles dont nous disposons et dans des conditions météorologiques et optiques réalistes (Gadré, 2004). Pour ce faire, nous concevons un modèle (Modèle 1) combinant diverses équations de mécanique céleste (Bureau des Longitudes, 1998 et Kovalevsky et Seidelman, 2004) et certains critères de visibilité à l'oeil nu d'un objet (Schaefer, 1993) dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne (Gadré et Roques, 2007e). Ainsi, nous obtenons un échantillon de 1166 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours aux lieux et époques considérés, dans les conditions météorologiques et optiques fixées (Gadré et Roques, 2007e) ;
- ✓ dans le Chapitre 5, nous nous proposons de réduire l'échantillon de 1166 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos* obtenu à partir du Modèle 1 aux seules étoiles dont la succession des levers héliaques et des apparitions nocturnes ou des culminations est en accord avec le contenu des six types de listes dont nous disposons. Pour ce faire, nous concevons deux autres modèles notés 2 et 3 :
 - le Modèle 2 combine les mêmes équations de mécanique céleste et critères de visibilité que le Modèle 1. Il permet de déterminer l'instant d'apparition à l'est d'une étoile dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne ;
 - le Modèle 3 établit la succession des culminations d'étoiles dans le méridien du lieu.

Puis nous établissons la succession des apparitions et des culminations d'étoiles dans le ciel de l'Égypte ancienne, en chaque début de décade ou période de dix jours de l'année civile égyptienne, à compter de la date de lever héliaque de l'étoile Sirius, seule étoile dont nous connaissons avec certitude la dénomination hiéroglyphique : *spd*. Par comparaison avec les six types de listes d'étoiles dont nous disposons, nous obtenons un échantillon d'étoiles candidates à chacun des 90 décans égyptiens. Afin de réduire la taille de chaque échantillon, nous appliquons aux étoiles ou groupes d'étoiles candidat(e)s à chacun des décans égyptiens divers critères de natures astronomique et égyptologique. Plus précisément, nous privilégions les étoiles de faible magnitude apparente dont la localisation spatiale et l'indice de couleur expliquent au mieux la signification hiéroglyphique du décan considéré ainsi que l'imagerie céleste associée. Au final, 175 étoiles ou groupes d'étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 sont candidat(e)s aux 90 décans égyptiens (Gadré et Roques, 2007e) ;

- ✓ dans le Chapitre 6, nous comparons les propositions d'identification déduites de ce travail avec celles d'autres auteurs. Nous examinons la validité des identifications proposées en soumettant l'échantillon de 175 étoiles candidates à des variations réalistes d'époque historique, de latitude du site d'observation, de taux d'humidité de l'air ambiant et d'acuité visuelle des astronomes égyptiens. Nous étudions la « véracité » du contenu des six types de listes dont nous disposons, examinons le découpage de la nuit égyptienne en heures puis dressons la cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne (Gadré et Roques, 2007e) ;
- ✓ suite à la Conclusion figure l'ensemble des ressources bibliographiques ayant permis de mener à bien ce travail ainsi que les notes des Chapitres 1 et 2.

En Annexe du manuscrit figurent :




- ✓ la chronologie de l'Égypte ancienne, établie par divers spécialistes ;
- ✓ un index des termes égyptiens en hiéroglyphes accompagnés de leur translittération (transcription phonétique) et de leur signification (en langue française) ;
- ✓ vingt-neuf planches. Plus précisément, il s'agit d'illustrations du *mythe d'Osiris* et d'extraits de la base de données archéologiques : dessin de l'horloge stellaire de *Idy*, représentations du plafond astronomique de la tombe de *Senenmout* à Deir-el Bahari, de la surface extérieure de la clepsydre de Karnak, du plafond astronomique des tombes de *Séthi I* et *Ramsès IV* dans la Vallée des Rois, du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos, du Ramasseum à Thèbes Ouest ; enfin, les représentations schématiques des vingt horloges stellaires ornant l'intérieur du couvercle de sarcophages de bois ainsi que l'un des plafonds de l'*Osiréion* à Abydos ;
- ✓ un Complément au Chapitre 5 : le détail de la succession des levers et culminations d'étoiles dans le ciel de l'Égypte ancienne en chaque début de décade de l'une des années égyptiennes comprises entre 2133 et 2130 BC ainsi que la localisation spatiale des étoiles candidates à chacun des décans égyptiens ;
- ✓ le contenu de huit articles déjà parus, à paraître ou en cours de soumission dans des revues d'égyptologie et d'histoire de l'astronomie : six de ces publications sont directement consécutives au travail de thèse⁴ ;
- ✓ la liste des présentations orales du travail de thèse, effectuées sur invitation à des colloques d'égyptologie organisés par l'*American Research Center in Egypt* (2004 et 2005), au *Bureau des Longitudes* (2007 et 2008), à l'*Institut de Mathématiques de Toulouse* (2007) et au *Centre François Viète de Nantes* (2008) ;
- ✓ les actions de valorisation du travail de thèse auprès du grand public : documentaires tv, émission de radio, spectacles de planétarium, conférences grand public, revues de presse, publications sur le site www.culturediff.org.

4 La figuration de ces articles en Annexe du manuscrit s'explique par la difficulté, pour les astronomes ou les égyptologues, de se procurer les articles parus dans les revues d'égyptologie ou d'histoire de l'astronomie

1. Prolégomènes

De nombreux *Textes des Pyramides* soulignent le devenir « céleste » du Pharaon défunt : à l'image d'*Osiris*, ce dernier renaissait, tel une étoile, à l'est du ciel, après être demeuré 70 jours dans le ventre de sa mère *Nout* (Golvin et Martinez, 1998). Ces 70 jours correspondaient à la durée de l'embaumement ainsi qu'à la période d'invisibilité annuelle des étoiles dont les appellations hiéroglyphiques ornent l'intérieur du couvercle de sarcophages ainsi que le plafond de temples et tombes érigés, le long de la Vallée du Nil, entre l'an 2200 BC et l'an 50.

1. Un cycle de soixante-dix jours

L'Égypte est un don du Nil, pensait l'historien grec Hérodote. Chaque année en effet, à la même époque ou presque (Neugebauer, 1939), les eaux du Nil gonflaient, charriant d'énormes quantités de limon fertile. A la saison de l'inondation succédait celle du retrait des eaux, propice aux travaux agricoles. Puis venait le temps des récoltes, suivi d'une période de sécheresse toujours plus grande (Vercoutter, 1992). Ce cycle naturel donna naissance aux trois saisons de l'année : *Akhet* (*3ht*, ) , *Peret* (*pṛt*, ) et *Chemou* (*šmw*, ) . Il inspira également l'un des mythes fondateurs de la civilisation égyptienne : le mythe d'*Osiris*.

Dès les époques reculées, il semble qu'*Osiris* ait incarné la fertilité du sol : il était alors associé à la venue de l'inondation et de son limon fertile. Sous l'Ancien Empire⁵, son culte s'étendit à l'ensemble de la vallée (Golvin et Martinez, 1998). Certains passages des *Textes des Pyramides* (Faulkner, 1969) nous content la violence de *Seth* à l'égard de son frère *Osiris*ⁱ, qu'il laissa pour mort à Nedit ou Gehestyⁱⁱ. Lorsqu'*Isis* et *Nephtys* découvrirent son cadavreⁱⁱⁱ, elles le trouvèrent dans un état de putréfaction relativement avancé^{iv}. Ce sont ses humeurs qui remplissent canaux et rivières, apportant la fertilité^v – ce qui explique leur fréquente assimilation avec l'inondation^{vi}.

Plusieurs extraits des *Textes des Pyramides* relatent le démembrement du cadavre d'*Osiris* par *Seth*^{vii}, la quête de chacun des morceaux^{viii} et la reconstitution de son corps^{ix} par son fils *Horus* ou ses soeurs *Isis* et *Nephtys*, en charge des rites funéraires^x (Guilhou, 1998) (voir Planche 1). Mort, *Osiris* est figuré sous l'aspect d'une momie presque entièrement recouverte d'un linceul blanc (voir Planche 2). Pour espérer ressusciter dans l'au-delà, le pharaon défunt devait, à la manière d'*Osiris*, franchir le seuil d'incorruptibilité corporelle (Golvin et Martinez, 1998). D'où l'assimilation de pharaon à *Osiris* dans les *Textes des Pyramides* (PT 167-93).

Le corps d'*Osiris*-défunt une fois reconstitué^{xi}, ce dernier quittait la terre et montait au ciel, rejoignant ainsi sa mère *Nout*^{xii}. Celle-ci est fréquemment assimilée au couvercle du sarcophage qui entoure le corps du défunt de sa protection^{xiii}. Elle lui indique le chemin de l'horizon^{xiv}, là où se trouve *Ré*^{xv}, le Soleil (voir Planche 3). En tant que mère d'*Osiris*, elle le porte^{xvi} puis lui redonne vie^{xvii}. Le défunt réapparaît alors, tel une étoile, à l'est^{xviii}.

5 La chronologie égyptienne est disponible en Annexe.

Pharaon est désormais l'une de ces étoiles qui entourent $R\hat{e}^{xxix}$ et dont le lever s'effectue dans les lueurs du Soleil levant^{xx}. En d'autres termes, il est une étoile qui effectue son lever héliaque, c'est-à-dire sa réapparition dans le ciel crépusculaire après avoir temporairement disparu du ciel nocturne. Deux passages des *Textes des Pyramides* situent cette renaissance matinale au début de la crue du Nil^{xxi}. *Osiris*-défunt est par ailleurs fréquemment mis en relation avec la constellation d'Orion et l'étoile Sirius^{xxii}, dont les levers héliaques précédaient de quelques jours la montée des eaux du Nil : « Son frère est Orion, sa soeur est Sirius, et le pharaon se tient entre eux dans son pays pour toujours » (PT 2126). Ces éléments suggèrent d'assimiler la renaissance du pharaon défunt au lever héliaque d'une étoile située à proximité d'Orion et de Sirius.

A l'image d'Orion et de Sirius, *Osiris*-défunt disparaissait à l'ouest, dans le monde de l'au-delà (PT 151), pour réapparaître, vivant, à l'est^{xxiii}. Le corps voûté de *Nout*, la déesse du Ciel, constitue le chemin vers cette résurrection : en effet, plusieurs passages des *Textes des Pyramides* soulignent qu'elle donne naissance au Soleil le matin, aux étoiles le soir, avant de les absorber à leur heure puis de les régénérer^{xxiv}. Elle est la trajectoire qu'empruntent le Soleil et les étoiles pendant toute la durée de leur invisibilité nocturne, diurne ou annuelle, souligne un extrait du *Texte Dramatique*^{xxv}. La période d'invisibilité annuelle des étoiles considérées était voisine alors de soixante-dix jours^{xxvi}. Elle égalait la durée de l'embaumement : « leurs funérailles sont analogues à celles des hommes », précise un extrait du *Papyrus Carlsberg I*^{xxvii}.

La période d'invisibilité annuelle d'une étoile dépend principalement de sa magnitude apparente, de sa distance à l'écliptique et de la latitude du site choisi pour l'observation. Près du quart de celles visibles à l'oeil nu est caractérisé par une période d'invisibilité annuelle comprise entre cinquante et quatre-vingt dix jours (voir Chap. 4 §.7). A l'Époque Dynastique, c'est-à-dire tout au long des trois millénaires d'histoire de la civilisation égyptienne, Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel nocturne, demeurait invisible du ciel d'Égypte près de soixante-dix jours par an^{xxviii}. Son lever héliaque, qui sanctionnait la fin de sa période d'invisibilité annuelle, coïncidait par ailleurs, nous l'avons vu, avec la montée des eaux du Nil, vers la mi-juillet. Pour cette raison, la réapparition de cette étoile à l'aube était interprétée comme le signe du retour à la vie – un signe de régénération, de résurrection, pour la nature dans son ensemble, pour le défunt en particulier.

Au sein du *Livre de Nout*, du *Texte Dramatique* et du *Papyrus Carlsberg I* (Neugebauer et Parker, 1960, pages 36-87)⁶, cette symbolique funéraire est étendue à l'ensemble des étoiles dont la période d'invisibilité annuelle avoisinait alors les soixante-dix jours et dont les levers héliaques se succédaient à dix jours d'intervalle^{xxix} : « l'une meurt et une autre naît chaque dix jours », ce qui leur vaut le qualificatif de décanes. Dans ce qui suit, nous emploierons le terme de « décanes » pour désigner les étoiles égyptiennes.

Les appellations hiéroglyphiques des décanes figurent, aux côtés de celle de Sirius, sur l'intérieur du couvercle de sarcophages datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire (vers 2200 – 1800 BC) ainsi qu'au plafond de temples et tombes du Nouvel Empire à l'Époque Romaine (vers 1500 BC – 50) (voir §.3). La plupart d'entre eux ont été regroupés en constellations dont la forme nous est parfois même connue.

6 Le *Texte Dramatique* se situe à côté du *Livre de Nout* et le *Papyrus Carlsberg I* en est une copie tardive.

Tjemat, Khentet, Seret, Kentou, Sah et *Kenmet* sont les noms de quelques-unes des constellations peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne. Les appellations hiéroglyphiques et la forme translittérée (phonétique) des étoiles décanales qui définissent les contours de ces constellations figurent en Table 1 (Gadré et Roques, 2007a). La signification de leurs appellations hiéroglyphiques respectives, lorsque proposée, a été déduite du lexique d'Hannig (Hannig et Vomberg, 1999)⁷. Elle figure dans l'index des termes égyptiens, disponible en Annexe.

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique
1		<i>tmʒt hrt</i>	La Tjemat supérieure
2		<i>tmʒt hrt</i>	La Tjemat inférieure
2a		<i>tmʒt hrt hrt</i>	La Tjemat supérieure inférieure
3		<i>wšʒt bkʒt</i>	Weshat Bekat
3a		<i>wšʒti</i>	Weshati
3b		<i>bkʒti</i>	Bekati
4		<i>ipds</i>	Ipedjes
4a		<i>sšpt</i>	Seshpet
4b		<i>sbʒw mḥw</i>	Champ d'étoiles
5		<i>sbšsn</i>	Sebshesen
5a		<i>tpy-^chntt</i>	Le prédécesseur de Khentet
6		<i>hntt hrt</i>	La Khentet supérieure
7		<i>hntt hrt</i>	La Khentet inférieure
8		<i>tms n hntt</i>	Le rouge qui se trouve dans Khentet
9		<i>ḳdty</i>	Qedety
9a		<i>spty</i>	Spty
9b		<i>spty hnwy</i>	Spty Khenouy
10		<i>hnwy</i>	Les deux poissons
10a		<i>hnwy</i>	Les deux poissons
11		<i>hry-ib wiʒ</i>	Celui qui se trouve au milieu de la barque sacrée
12		?	L'équipage ?
12a		<i>sšmw</i>	Seshemou

⁷ Nous pensons qu'il appartient aux linguistes de proposer la traduction des termes égyptiens lorsque celle-ci ne figure pas dans les dictionnaires existants, notamment le lexique d'Hannig (Hannig et Vomberg, 1999).

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique
13		<i>knm</i>	Kenem
13a		<i>tpy-^csmd</i>	Le prédécesseur de Semed
14		<i>smd srt</i>	Le semed de la brebis
14a		<i>smd</i>	Semed
15		<i>srt</i>	La brebis
16		<i>s3wy srt</i>	Les enfants de la brebis
17		<i>hry hpd srt</i>	Celui qui se trouve sous la croupe de la brebis
18		<i>tpy-3hwy</i>	Le prédécesseur des deux esprits
19		<i>3hwy</i>	Les deux esprits
20		<i>imy-ht 3hwy</i>	Le suivant des deux esprits
20a		<i>tpy-b3wy</i>	Le prédécesseur des deux âmes
21		<i>b3wy</i>	Les deux âmes
21a		<i>hntw hrw</i>	La Khentou supérieure
21b		<i>hntw hrw</i>	La Khentou inférieure
21c		<i>hry-ib hntw</i>	Celui qui se trouve au milieu de Khentou
22		<i>kd</i>	Qed
22a		<i>s3wy kd</i>	Les enfants de Qed
23		<i>h3w</i>	Les milliers
24		<i>rt</i>	Aryt
25		<i>hry rt</i>	Celui qui se trouve sous Aryt
26		<i>rmn hry</i>	Le bras supérieur
26a		<i>rmn hry s3h</i>	Le bras supérieur de Sah
26b		<i>ts rḳ</i>	Tjes Arek
27		<i>rmn hry</i>	Le bras inférieur
27a		<i>rmn hry s3h</i>	Le bras inférieur de Sah
27b		<i>rmn s3h</i>	Le bras de Sah
27c		<i>s3h</i>	Sah
27d		<i>s3h</i>	Le bras de Sah
28		<i>bwt</i>	About
28a		<i>msdr s3h</i>	L'oreille de Sah

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique
28b		<i>wn s3h</i>	La colonne (vertébrale) de Sah
29		<i>hrt wrt</i>	La jambe inférieure
29a		<i>wrt hrt s3h</i>	La jambe inférieure de Sah
29b		<i>wrt hrt s3h</i>	La jambe supérieure de Sah
30		<i>tpy-^cspd</i>	Le prédécesseur de Soped
31		<i>spd</i>	Soped
31a		<i>tpy-^cknmt</i>	Le prédécesseur de Kenmet
31b		<i>stwy</i>	Les deux tortues
32		<i>knmt</i>	Kenmet
33		<i>s3wy knmt</i>	Les enfants de Kenmet
34		<i>hry hpd n knmt</i>	Celui qui se trouve sous la partie postérieure de Kenmet
35		<i>h3t h3w</i>	Le début des milliers
35a		<i>h3t d3t</i>	Le début de Djat
36		<i>phwy h3w</i>	La fin des milliers
36a		<i>phwy d3t</i>	La fin de Djat
39a		<i>si3t</i>	Siat
39b		<i>si3tw</i>	Siatou
40a		<i>bn</i>	Ben
40b		<i>hnhn</i>	Henhen
40c		<i>k3k3</i>	Kaka
40d		<i>nbi wr</i>	La flamme puissante
40e		<i>nsrw</i>	Neserou
40f		<i>nhs</i>	Nehes
40g		<i>hpd</i>	Hepdes
40h		<i>b3s</i>	Abshes
40i		<i>ntr w3s</i>	Le dieu tout puissant
A		<i>smd rsy</i>	Le(s) semed du sud
B		<i>smd mhty</i>	Le(s) semed du nord
C		<i>ntr d3 pt</i>	Le dieu qui traverse le ciel
D		<i>rmn hry</i>	Le bras inférieur






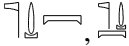




Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique
E		<i>h³w</i>	Les milliers
F		<i>tpy-cspd</i>	Le prédécesseur de Soped
G		<i>imy-ht spd</i>	Le suivant de Soped
H		<i>3hwy</i>	Les deux esprits
J		<i>h³w</i>	Les milliers
K		<i>ntr d³ pt</i>	Le dieu qui traverse le ciel
L		<i>s3bw</i>	Sabou
M		<i>phwy s3bw</i>	La fin de Sabou

Table 1 : Liste des étoiles mentionnées sur l'intérieur du couvercle de sarcophages datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire ainsi que sur les édifices du Nouvel Empire à l'Époque Romaine (leur numérotation sera explicitée au Chap. 2 §.2) (Gadré et Roques, 2007a).

2. Les constellations égyptiennes

A ce jour, seule l'une des constellations peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne a été localisée, et donc identifiée avec certitude : il s'agit de *Sah* (, *s3h*), assimilée par Heinrich Brugsch (Brugsch, 1883) puis Flinders Petrie (Petrie, 1940) à l'actuelle constellation d'Orion. L'étoile Sirius se nommait quant à elle *Soped* (, *spd*).

La constellation d'Orion et l'étoile Sirius, étroitement liées à *Osiris* et *Isis*, sont souvent citées dans les textes égyptiens :

- ✓ le terme *s3h* figure au sein de dix-huit *Textes des Pyramides* (Faulkner, 1969, page 324) et dix-huit *Textes des Sarcophages* (Barguet, 1986, page 711)^{xxx} ;
- ✓ le terme *spd* figure au sein de vingt-deux *Textes des Pyramides* (Faulkner, 1969, page 324) et dix-sept *Textes des Sarcophages* (Barguet, 1986, page 714)^{xxxi}.

Dans les *Textes des Pyramides* (Faulkner, 1969), les *Textes des Sarcophages* (Barguet, 1986), le *Livre de Nout* (Neugebauer et Parker, 1960), le *Papyrus Carlsberg I* (Neugebauer et Parker, 1960), etc., d'autres constellations du ciel sud sont également mentionnées – telles *tm3t*, *hntt*, *srt*, *hntw* et *knmt*. Toutefois, nous n'en connaissons ni la localisation ni la forme. Proposer leur identification à des étoiles ou groupes d'étoiles visibles à l'oeil nu du catalogue *Hipparcos* (CDS) permettrait certainement de mieux comprendre la signification de ces textes.

3. Les sources archéologiques

Les appellations hiéroglyphiques des étoiles qui définissent les contours des constellations peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne (Table 1) figurent (Gadré et Roques, 2007b) :

- ✓ sur l'intérieur du couvercle de dix-neuf sarcophages de bois datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire (voir Chap. 2), sous la forme de diagrammes qu'Alexander Pogo fut l'un des tous premiers à assimiler à de véritables horloges stellaires (Pogo, 1932)⁸. Ces vestiges, retrouvés sur les sites d'Assiout, Thèbes, Gebelein et Assouan, font à présent partie des collections égyptiennes du British Museum, du Musée de Turin, de l'Institut d'Égyptologie de l'Université de Tübingen, du Musée d'Hidelsheim, etc. Ils portent les références suivantes :
 - S1C, S1Tü (voir Planche 4), S2Chass, S3C, S6C, T3C, G2T, A1C, S3P, S9C, S5C, S11C (Neugebauer et Parker, 1960, pages 4-21), S#T (Locher, 1983), S1Hil (Eggerbrecht, 1990), X2Bas (Locher, 1992), S16C et S2Hil (Locher, 1998), EA 47605 et un autre fragment non numéroté que nous noterons EA (Symons, 2002).

Citons également :

- le fragment numéroté T3L ou EA29570 (Symons, 2002), que nous n'intégrerons pas à notre base de données archéologiques parce qu'il est dépourvu de tout contenu astronomique ;
 - le *Papyrus Tebtynis*, considéré comme une copie tardive d'une tombe du Moyen Empire (Osing et Rosati, 1998, page 94) ;
 - un fragment du sarcophage d'*Heny* retrouvé à Assiout et daté du Moyen Empire (Neugebauer et Parker, 1969, pages 8-10 et Kahl, 1999, page 201) ;
 - enfin, un fragment de diagramme stellaire similaire datant de *Merenptah* (dynastie XIX) et ornant l'un des plafonds de l'Osiréion ou cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (Neugebauer et Parker, 1960, page 32) ;
- ✓ sous la forme de listes, sur la surface extérieure de clepsydras, au plafond de temples et tombes, sur l'intérieur du couvercle de certains sarcophages datés du Nouvel Empire à l'Époque Romaine (voir Chap. 3). Parmi les vestiges les plus célèbres et les mieux préservés figurent :
 1. le plafond de la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (voir Planche 5) ;
 2. la clepsydre de Karnak (voir Planches 6a, 6b et 6c) ;
 3. le plafond de la tombe de *Séthi I* dans la Vallée des Rois (voir Planche 7) ;
 4. le plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (voir Planche 8) ;
 5. le plafond du temple de *Ramsès II* à Thèbes Ouest (voir Planche 9) ;
 6. le plafond de la tombe de *Ramsès IV* à Thèbes Ouest (voir Planche 10).

⁸ Le contenu et le principe de fonctionnement de ces horloges stellaires seront examinés au Chapitre 2. Ils ont fait l'objet d'un article à paraître (Gadré et Roques, 2007c).

Les plafonds astronomiques :

7. des temples de *Séthi I* et *Ramsès II* à Abydos ;
8. des tombes de *Merenptah* et *Tausert* dans la Vallée des Rois ;
9. du temple de *Ramsès III* à Medinet Habou ;

10. des tombes de *Ramsès VI*, *Ramsès VII* et *Ramsès IX* dans la Vallée des Rois, tout comme ceux d'époques ultérieures, apparaissent moins bien préservés en revanche. De plus, l'imagerie céleste développée en leur sein (7, 8, 9 et 10) dérive de celle ornant le plafond de la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (1), du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (4), de la tombe de *Séthi I* (3), du temple de *Ramsès II* (5) et de la tombe de *Ramsès IV* (6) à Thèbes Ouest (Neugebauer et Parker, 1969, pages 6-104). Aussi, notre étude se focalisera essentiellement sur le contenu des cinq vestiges (1, 3, 4, 5 et 6) datant des XVIIIème et XIXème dynasties, auxquels nous ajouterons la clepsydre de Karnak (2), datée de la XVIIIème dynastie.

En outre, les plafonds astronomiques du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (4) et de la tombe de *Ramsès IV* à Thèbes Ouest (6) se ressemblent, et se distinguent nettement de ceux ornant la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (1), la tombe de *Séthi I* (3) et le temple de *Ramsès II* (5) à Thèbes Ouest. Les vestiges numérotés 4 et 6 constituent donc un groupe à part.

L'ensemble des éléments ci-dessus nous permet de classer les vestiges astronomiques dont nous disposons à l'heure actuelle en trois groupes :

1. un premier groupe constitué des dix-neuf diagrammes stellaires ornant l'intérieur du couvercle des sarcophages de bois datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire (S1C, S1Tü, S2Chass, S3C, S6C, T3C, G2T, A1C, S3P, S9C, S5C, S11C, S#T, S1Hil, X2Bas, S16C, S2Hil, EA47605 et EA) et de la table décorant l'un des plafonds du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (Osiréion) ;
2. un second groupe constitué de la surface extérieure de l'horloge à eau de Karnak (2), des plafonds astronomiques de la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (1), de la tombe de *Séthi I* (3) et du temple de *Ramsès II* (5) à Thèbes Ouest ;
3. enfin, un troisième et dernier groupe constitué des plafonds astronomiques du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (4), de la tombe de *Ramsès IV* à Thèbes Ouest (6).

4. Les travaux antérieurs

Plusieurs tentatives d'identification des étoiles décanales ont vu le jour au cours du siècle dernier. L'assimilation, par Heinrich Brugsch puis Flinders Petrie, de *spd* à Sirius et de *s3h* aux étoiles de la constellation d'Orion, est à ce jour la plus ancienne et la mieux avérée (Brugsch, 1883 et Petrie, 1940). S'est ensuivie la localisation, sous le cercle de l'écliptique, de l'« anneau décanal » (Fig. 1), cette bande céleste à laquelle appartiennent les étoiles dont la période d'invisibilité annuelle avoisine les soixante-dix jours (Neugebauer, 1955).

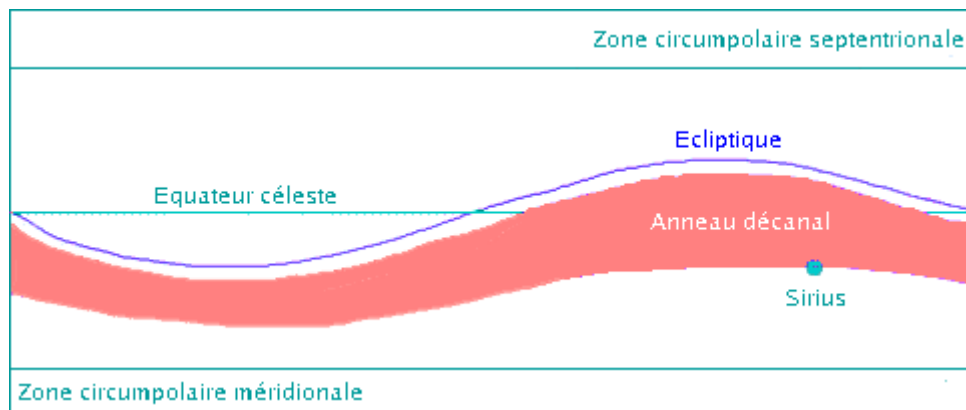


Figure 1 : Localisation de l'anneau décanal sur la voûte céleste locale (Neugebauer et Parker, 1960, pages 97-100).

Bien que formulé par les textes égyptiens (voir notes xxvi, xxvii, xxviii et xix), le critère d'invisibilité annuelle n'a pas été pris en compte par Reinhard Böcker, qui a considéré que les décans égyptiens, à l'instar des décans grecs puis médiévaux, se distribuaient de part et d'autre de l'écliptique, le long de la ceinture zodiacale, à environ dix degrés d'intervalle (Böcker, 1984). Or, comme le soulignent Otto Neugebauer et Richard A. Parker : « Puisque Sirius et Orion sont des décans, l'identification des décans avec l'écliptique doit être considérée comme le fruit d'un développement tardif, certainement liée à l'introduction du zodiaque en Égypte durant la Période Hellénistique » (Neugebauer et Parker, 1960, page 97). Marshall Clagett ajoute : « les décans grecs différaient nettement de ceux utilisés par les anciens égyptiens pour marquer la succession des heures de nuit, en ce qu'ils constituaient des divisions du cercle de l'écliptique » (Clagett, 1995, page 144) ; « les anciens égyptiens ne semblent pas avoir utilisé, dans le contexte astronomique tout du moins, le concept de mesure angulaire » (Clagett, 1995, page 366).

En réalité, les hypothèses de travail de Reinhard Böcker ne sont pas justifiées par les textes : ni son identification des décans égyptiens avec des divisions de l'écliptique, ni la relation qu'il établit entre la succession des culminations des décans et celle de la Lune en chacune des décades de l'an 2878-7 BC, ne repose sur la moindre base textuelle. Aussi, nous ne retiendrons pas les identifications qu'il suggère, à l'exception de ses propositions d'assimiler *hntt* au Scorpion, *wi3* au Sagittaire, *h3w* à l'amas des Pléiades et *knmt* au Lion, parce qu'elles ont également été avancées par d'autres auteurs (Locher, 1981, Davis, 1985, Leitz, 1995, Belmonte, 2001 et Lull, 2004).

Kurt Locher (Locher, 1981) et Virginia Lee Davis (Davis, 1985) ont comparé la forme de certaines constellations égyptiennes aux étoiles de nos constellations actuelles. Ils ont abouti à la localisation des constellations de la Barque (*wi3*) et de la Brebis (*srt*) dans le Scorpion – Sagittaire et le Capricorne – Verseau.

Plus récemment, l'égyptologue Christian Leitz (Leitz, 1995) et l'astronome Juan Antonio Belmonte (Belmonte, 2001) ont publié leur propre liste d'identification des décans égyptiens (Table 2). A cette fin, l'un et l'autre se sont inspirés des travaux antérieurs d'Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1960 et 1969) :

- ✓ Christian Leitz a divisé la sphère céleste en trente-six régions délimitées chacune par les contours de l'horizon occidental chaque dix jours de l'an 2100 BC en un lieu de latitude voisine de celle de Memphis, puis isolé les étoiles brillantes de déclinaison comprise entre -40 et +30 degrés situées à l'intersection entre un parallèle à l'équateur céleste et le cercle de l'horizon. Il a donc considéré que les diagrammes stellaires ornant l'intérieur du couvercle des sarcophages datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire fonctionnaient sur la base des couchers successifs d'étoiles⁹ et en a déduit l'assimilation de la constellation *hntt* à certaines étoiles du Loup et du Scorpion, de la Barque (*wi3*) à des étoiles du Sagittaire, de la Brebis (*srt*) à des étoiles du Capricorne et du Verseau (Table 2) ;
- ✓ Juan Antonio Belmonte a étudié la succession des levers et culminations d'étoiles brillantes situées sous le cercle de l'écliptique qui effectuaient leurs réapparitions dans l'angle sud-est du ciel de Memphis, d'Assouan et de Thèbes à dix jours d'intervalle après être demeurées invisibles du ciel d'Égypte entre 40 et 125 jours en l'an 2200 BC et en l'an 1500 BC. Il en a déduit l'assimilation des décans de la constellation *hntt* à certaines étoiles du Scorpion et du Sagittaire ; l'identification de la Barque (*wi3*) à quelques étoiles du Sagittaire et du Capricorne, de la Brebis (*srt*) à la Grue, des *h3w* à l'amas des Pléiades. L'ensemble de ses résultats figure en Table 2.

Citons enfin les identifications très récemment proposées par l'égyptologue José Lull (Lull, 2004, pages 244-62), sur la base d'une méthode voisine de celle employée par Kurt Locher et Virginia Lee Davis dans les années 1980 : après avoir divisé la voûte céleste en secteurs d'une dizaine de degrés chacun, il a cherché à établir une correspondance visuelle entre la forme des constellations égyptiennes et les positions occupées par les étoiles les plus brillantes sur la voûte céleste locale. Il en a déduit une liste d'étoiles candidates à 36 décans égyptiens (Table 2).

9 En réalité, les horloges stellaires datant de la fin de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire fonctionnaient sur la base de l'observation des levers successifs d'étoiles (voir Chap. 2 et Gadré et Roques, 2007b).

Décan	Translittération de l'appellation hiéroglyphique	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par R. Böcker
1	<i>tṃʒt hrt</i>	δ Crt	ι Car	δ Cru / α Cru	β Crv
2	<i>tṃʒt hrt</i>	ϵ Crv	η Car	β Cru	γ Hya / β Cru
2a	<i>tṃʒt hrt hrt</i>				
3	<i>wšʒt bkʒt</i>		α Cru / β Cru δ Cru / γ Cru	β Cen	Magellanica
3a	<i>wšʒti</i>	α Cru			
3b	<i>bkʒti</i>				
4	<i>ip̣ds</i>		β Cen / Crux	α Cen	ζ Cen / β Cen / α Cen
4a	<i>sšpt</i>	δ Cen			
4b	<i>sbʒw mḥw</i>				
5	<i>sbšsn</i>	η Cen	α Cen / β Cen	θ Cen / η Cen	α Boo
5a	<i>tpy-ḥntt</i>	θ Cen	α Sco / α Cen		
6	<i>ḥntt hrt</i>	α Lib	ϵ Sco	γ Lup / ϕ^1 Lup	
7	<i>ḥntt hrt</i>	β Lib / υ , τ Lib	λ Sco	ζ^2 Sco	ϕ Sco / σ Sco
8	<i>tms n ḥntt</i>	α Sco	γ Sgr	ϵ Sco / α Sco	α Sco
9	<i>ḳdty</i>		σ Sgr / CrA	η Sgr	υ CrA
9a	<i>spty</i>				
9b	<i>spty ḥnwy</i>	υ , λ Sco / θ Sco	CrA / α Sgr / β Sgr / σ Sgr / ζ Sgr		α Oph / σ Sgr
10	<i>ḥnwy</i>		α Sgr / β Sgr	δ Sgr / η Oph / δ Oph / ϵ Oph	
10a	<i>ḥnwy</i>				
11	<i>ḥry-ib wiʒ</i>	γ Sgr / ϵ Sgr	α Cap / β Cap	σ Sgr / τ Sgr	π Sgr / ρ Sgr
12	?		ω Cap	ρ^1 Sgr / α Sct	
12a	<i>sšmw</i>	λ Sgr			α Lyr
13	<i>knm</i>	π Sgr	δ Cap / γ Cap	λ Aql / α Ser	
13a	<i>tpy-ḥsmd</i>	δ Aql / ζ Aql	ι PsA		
14	<i>smd srt</i>		γ Gru	α Cap	
14a	<i>smd</i>	β Cap / α Aql			ι Cap
15	<i>srt</i>	ϵ Aqr	α Gru	δ Cap	α Aqr

Décan	Translittération de l'appellation hiéroglyphique	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par R. Böcker
16	<i>s³wy srt</i>	δ, γ Cap	δ^1 Gru / δ^2 Gru / α PsA	β Aqr	
17	<i>hry hpd srt</i>	α Aqr / α PsA	β Gru / δ^1 Gru / δ^2 Gru	α Aqr	
18	<i>tpy-³hwy</i>	ζ Peg	γ Sco		α Cyg / α Aqr / υ Aqr / ρ Aqr / η Aqr
19	<i>³hwy</i>	α, β Peg	β Sco		2, 3 Psc
20	<i>imy-ht ³hwy</i>		β Cet		δ Peg / α And / β Cas
20a	<i>tpy-ᶜb³wy</i>				
21	<i>b³wy</i>	α, γ And	η Cet	γ Peg / θ Cet / ζ Cet / χ Cet	γ Cas
21a	<i>hntw hrw</i>	β Cet			β Per
21b	<i>hntw hrw</i>				ξ Tau / ρ Tau
21c	<i>hry-ib hntw</i>				
22	<i>kd</i>	β Ari	ξ Cet	α And	
22a	<i>s³wy kd</i>	α, γ Cet			
23	<i>h³w</i>	Pléiades		M 31	
24	<i>ᶜrt</i>	λ Tau	α Tau / Hyades	α Ari / γ Cet / α Tri	χ Tau / τ Tau / α Aur
25	<i>hry ᶜrt</i>		θ Tau / Hyades	δ Ari / o Tau	
26	<i>rmn hry</i>			γ Tau	
26a	<i>rmn hry s³h</i>	α Tau	88 Tau / 90 Tau / π^3 Ori		α Ori
26b	<i>ts ᶜrk</i>				
27	<i>rmn hry</i>				
27a	<i>rmn hry s³h</i>		π^6 Ori / α Ori / γ Ori		γ Ori
27b	<i>rmn s³h</i>	α Ori			
27c	<i>s³h</i>		δ, ϵ, ζ Ori		
27d	<i>ᶜs³h</i>				
28	<i>ᶜbwt</i>		β Ori / δ, ϵ, ζ Ori	β Eri / β Ori	

Décan	Translittération de l'appellation hiéroglyphique	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par R. Böcker
28a	<i>msḡr s3ḥ</i>				
28b	<i>iwn s3ḥ</i>				
29	<i>ḥrt w^crt</i>		κ Ori / α Lep	ζ Ori	α Lep
29a	<i>w^crt ḥrt s3ḥ</i>				
29b	<i>w^crt ḥrt s3ḥ</i>				
30	<i>tpy-^cspd</i>		β CMa	β CMa	
31	<i>spd</i>	α CMa	α CMa	α CMa	α Cma
31a	<i>tpy-^cknmt</i>	β Cnc / η CMa / α Car	ϵ CMa		δ Hya
31b	<i>štwy</i>	α CMi / δ CMa / ϵ CMa			
32	<i>knmt</i>	ρ Pup / ζ Hya	ϵ CMa / π Pup		
33	<i>s3wy knmt</i>		π Pup		α Leo / δ Leo
34	<i>ḥry ḥpd n knmt</i>	γ Vel / α Hya	ζ Pup		υ Leo / β Leo
35	<i>ḥ3t ḥ3w</i>		γ Vel / α Car		μ Leo
35a	<i>ḥ3t ḡ3t</i>	δ Vel / λ Hya	γ Vel / α Car		
36	<i>pḥwy ḥ3w</i>		δ Vel		
36a	<i>pḥwy ḡ3t</i>	ι Car / ν Hya	δ Vel		
39a	<i>si3t</i>	ρ Pup			
39b	<i>si3tw</i>				
40a	<i>.bn</i>				
40b	<i>hnhn</i>				
40c	<i>k3k3</i>				
40d	<i>nbi wr</i>				
40e	<i>nsrw</i>				
40f	<i>nhs</i>				
40g	<i>hpds</i>				
40h	<i>^cbšs</i>				
40i	<i>ntr w3š</i>				
A	<i>smd rsy</i>				
B	<i>smd mḥty</i>				
C	<i>ntr ḡ3 pt</i>				
D	<i>rmn ḥry</i>				

Décan	Translittération de l'appellation hiéroglyphique	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par R. Böcker
E	<i>h³w</i>				
F	<i>tpy-^cspd</i>				
G	<i>imy-ht spd</i>				
H	<i>³hwy</i>				
J	<i>h³w</i>				
K	<i>ntr d³ pt</i>				
L	<i>s³bw</i>				
M	<i>p³hwy s³bw</i>				

Table 2 : Identifications proposées par Reinhard Böcker, Christian Leitz, Juan Antonio Belmonte et José Lull.

La méthode adoptée par Juan Antonio Belmonte consiste à développer une logique astronomique sur la base de données égyptologiques bien établies : période d'invisibilité annuelle voisine de soixante-dix jours, succession des levers et des culminations des décans en différents lieux et époques historiques. Elle est sans aucun doute la plus aboutie des méthodes proposées à ce jour. Pour autant, elle ne nous semble pas fournir des résultats satisfaisants :

- ✓ à l'image des autres méthodes utilisées jusqu'à présent, elle ne repose pas sur une base de données archéologiques aussi étendue que celle que nous détaillons au §.3 et que nous nous proposons d'étudier et d'utiliser (voir Chap. 2 et 3). En conséquence, elle n'est pas en mesure de proposer l'identification de chacune des quatre-vingt dix étoiles décanales mentionnées sur l'ensemble des vestiges découverts à ce jour (Table 1) ;
- ✓ elle ne combine pas non plus paramètres astrométriques (Bureau des Longitudes, 1998, Kovalevsky et Seidelmann, 2004) et critères de visibilité (Schaefer, 1993). Ces critères optiques sont pourtant seuls garants de la visibilité d'un objet sur la voûte céleste (voir Chap. 4).

Après avoir constitué une base de données archéologiques aussi étendue que possible (Gadré et Roques, 2007b – voir aussi Chap. 2 et 3) et conçu un modèle combinant divers paramètres astrométriques et critères de visibilité d'un objet dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne (voir Chap. 4), nous proposerons de déterminer l'ensemble des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 dont la période d'invisibilité annuelle avoisinait les soixante-dix jours et de maximiser la probabilité qu'elle aient effectivement été choisies pour marquer la succession des heures de nuit aux lieux et époques considérés, dans des conditions optiques fixées (voir Chap. 5).

5. Conclusion

Sur l'intérieur du couvercle de certains sarcophages datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire, sur la surface extérieure de clepsydras, au plafond de temples et tombes du Nouvel Empire à l'Époque Romaine également, figurent les appellations hiéroglyphiques de quatre-vingt dix étoiles (Gadré et Roques, 2007a) dont la période d'invisibilité annuelle avoisinait les soixante-dix jours aux lieux et époques considérés. L'examen approfondi de ces vestiges dans les Chapitres 2 et 3 montrera que la succession des apparitions de ces étoiles à l'est ou de leurs culminations dans le méridien du lieu sanctionnait alors la fin de chacune des douze heures de nuit noire en chaque début de décade de l'année civile égyptienne.

2. Les horloges stellaires et l'année civile égyptienne

Les vingt horloges stellaires dont nous disposons à l'heure actuelle (voir Chap. 1 §.3) fonctionnaient sur la base des apparitions successives d'étoiles à l'est au fil des trente-six décades de l'année civile égyptienne : le lever de chaque étoile dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne sanctionnait la fin de chacune des douze heures de nuit noire (Gadré et Roques, 2007c). La figuration de ces horloges sous forme de listes, la prise en compte de critères archéologiques, égyptologiques et astronomiques, nous permettent de les regrouper puis de les dater.

1. L'année civile égyptienne

Les horloges stellaires peintes sur l'intérieur du couvercle de dix-neuf sarcophages de bois datés de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire ainsi qu'au plafond de l'Osiréion à Abydos (voir Chap. 1 §.3) fonctionnaient sur la base de l'année civile égyptienne (Neugebauer et Parker, 1960, page 1) constituée de trois cent soixante cinq jours répartis comme suit (Grandet et Mathieu, 2003, page 237) :

- ✓ les trois cent soixante premiers jours étaient divisés en décades ou périodes de dix jours (𓆎𓅓, *sw*). Trois décades successives formaient un mois. Quatre mois, notés I, II, III ou IV dans ce qui suit, constituaient une saison de l'année qui en comportait donc trois : *Akhet*, *Peret* et *Chemou* ;
- ✓ les cinq jours supplémentaires ont été qualifiés d'« épagomènes » par les Grecs. Les anciens égyptiens les nommaient *heryou renpet* (𓆎𓅓𓅓𓅓𓅓𓅓, *hryw rnpt*).

Parce qu'un sixième jour épagomène n'était pas périodiquement ajouté, le calendrier civil égyptien vagabondait : tous les quatre ans en effet, le Jour de l'An, *Wepet Renpet* (𓆎𓅓𓅓𓅓𓅓𓅓, *wpt rnpt*), survenait un jour plus tôt ; tous les quarante ans, une décade plus tôt ; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il coïncide de nouveau avec le premier jour de la première décade du premier mois de l'année : le *I Akhet 1*. Au terme de chaque période de 1460 ans, le Jour de l'An coïncidait avec la date de lever héliaque de Sirius. Aussi, cette période a été qualifiée de « sothiaque »¹⁰.

¹⁰ Pour des raisons qui seront explicitées au Chapitre 5 (voir §.1.2), la date de lever héliaque de l'étoile Sirius demeura identique durant près de trois millénaires – voisine du 17-18 juillet en un lieu de latitude voisine de celle de Memphis (Schaefer, 2000). La durée de la période sothiaque peut donc être considérée comme stable – égale à 1460 ans – entre l'an 3000 BC et le tout début de notre ère. Cette durée peut par conséquent être utilisée pour dater les *apokatastases* antérieures à l'an 139.

Lorsque le lever héliaque de Sirius survient le Jour de l'An, une *apokatastase* a lieu. Selon le grammairien et chronologiste *Censorinus* (« De Die Natali »), ce fut le cas en l'an 139. La stabilité de la période sothiaque (voir note 10) nous permet de dater chacune des conjonctions précédentes, à quatre années près.

Ainsi donc, le lever héliaque de Sirius se serait produit le Jour de l'An :

- ✓ peu avant le règne du pharaon *Séthi I*, en l'an 1321 BC ;
- ✓ au tout début de l'Ancien Empire également : en l'an 2781 BC, époque à laquelle remonte probablement la constitution du calendrier civil égyptien.

Parce que les horloges stellaires fonctionnaient sur la base de l'année civile égyptienne constituée de 365 jours au lieu de 365,25 jours, leur contenu devait être adapté à l'époque historique considérée. En théorie, leur mise à jour devait être effectuée tous les quarante ans.

2. Description d'une horloge stellaire

Les horloges stellaires datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire (voir Chap. 1 §.3) se présentent sous la forme de tables semblables à celle de la Planche 4 (voir Annexe). Dans chacune des cases de ces tables figure l'appellation hiéroglyphique d'une étoile ou d'un groupe d'étoiles, comme le suggère la présence du sigle hiéroglyphique *seba* (\star , *sbj*) signifiant « étoile ».

Une table schématique, constituée de treize lignes et quarante colonnes, figure ci-après (Fig. 2). Pour l'obtenir, nous avons remplacé la dénomination de chaque étoile mentionnée dans les horloges stellaires dont nous disposons par un chiffre, un nombre ou une lettre, selon qu'il s'agit d'étoiles marquant la succession des heures de nuit durant les trente-six premières décades (1, 2, 3, ... 36) ou les cinq jours supplémentaires (A, B, ... M) de l'année civile égyptienne (voir Planches 11 à 29) (Neugebauer et Parker, 1960, pages 2-3 et Gadré et Roques, 2007a).

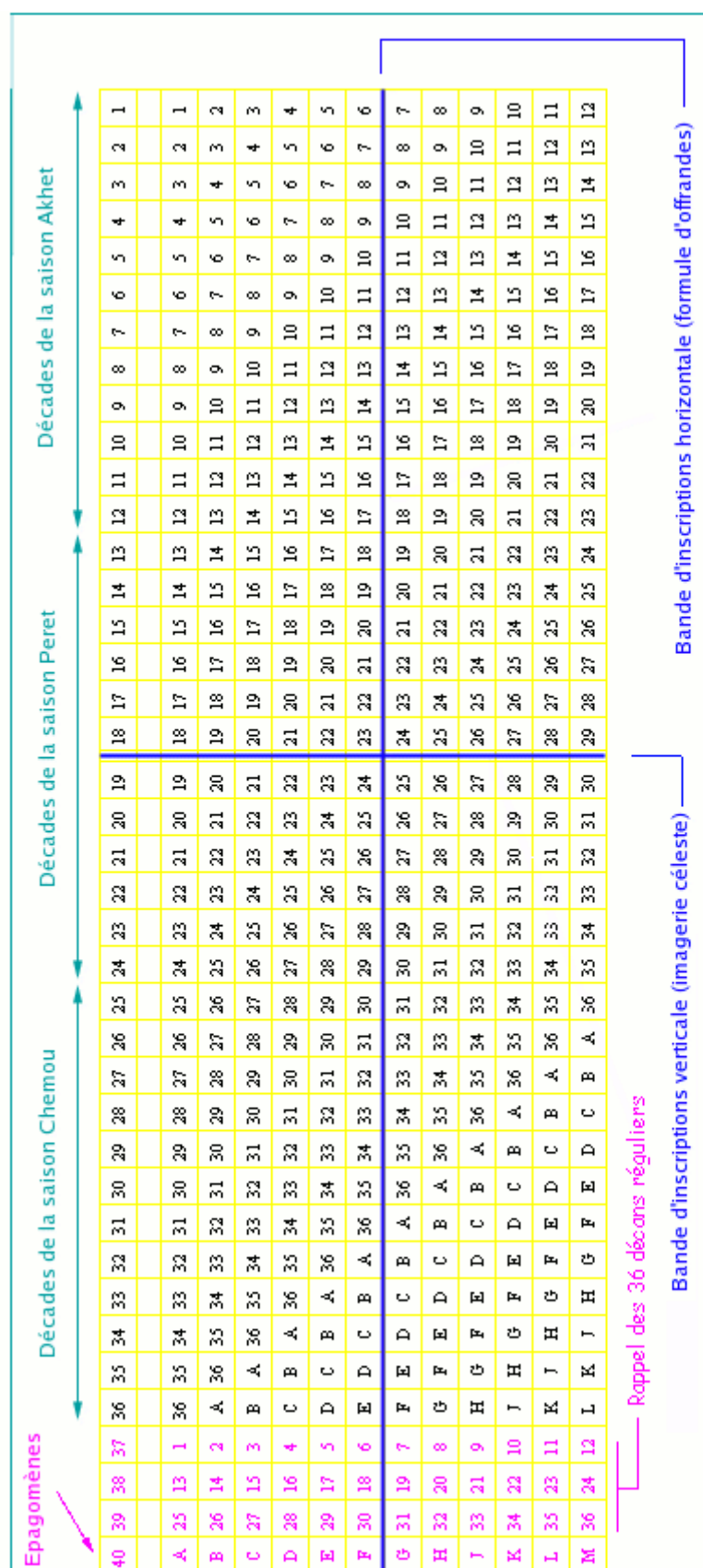


Figure 2 : Schéma général d'une horloge stellaire

Les horloges stellaires dont nous disposons (Fig. 2) sont souvent constituées de treize lignes :

- ✓ la ligne horizontale supérieure, parfois manquante, indique la décade de l'année égyptienne à laquelle chaque colonne se réfère. Les inscriptions hiéroglyphiques suivantes : *tepy sw* (𓂏𓂛𓂏, *tpy sw*), *hery-ib sw* (𓂏𓂛𓂏, *hry-ib sw*) et *hery-pehouy sw* (𓂏𓂛𓂏, *hry-phwy sw*), qui signifient respectivement « première décade », « décade centrale » et « dernière décade », sont parfois accompagnées du numéro du mois (I, II, III ou IV) et du nom de la saison concernée : *Akhet*, *Peret* ou *Chemou*¹¹ ;
- ✓ chacune des douze autres lignes se réfère à une heure de nuit (𓂏𓂛𓂏, *wnwt*)^{xxxii}, comme l'indiquent l'étude de l'horloge stellaire ornant le plafond de l'Osiréion à Abydos ainsi que l'examen d'horloges stellaires plus tardives, datant de l'époque Ramesside (Neugebauer et Parker, 1960, page 100 et Depuydt, 1998). De haut en bas figurent ainsi la première heure de nuit, la deuxième heure de nuit, et ainsi de suite, jusqu'à la douzième et dernière heure de nuit^{xxxiii}.


Théoriquement, les horloges stellaires sont constituées de quarante colonnes¹² (Fig. 2) :

- ✓ chacune des trente-six premières colonnes, en partant de la droite, se réfère à une décade de l'année civile égyptienne : elles mentionnent les étoiles marquant la succession des douze heures de nuit au cours de chacune des trente-six premières décades de l'année civile égyptienne :
 - les colonnes numérotées 1 à 12 se réfèrent aux douze décades de la première saison de l'année, *Akhet* ;
 - les colonnes 13 à 24 sont relatives aux douze décades de la seconde saison, *Peret* ;
 - enfin, les colonnes 25 à 36 se réfèrent aux douze décades de la troisième et dernière saison, *Chemou*^{xxxiv} ;
- ✓ trois autres colonnes, numérotées 37 à 39, constituent le rappel des étoiles indiquant chacune des douze heures de nuit au cours des trente-six premières décades de l'année civile égyptienne ;
- ✓ enfin, la quarantième et dernière colonne indique les étoiles marquant la succession des heures de nuit au cours des cinq jours épagomènes.

11 Sur la plupart des couvercles des sarcophages, le numéro du mois et le nom de la saison ont été inscrits à proximité de la désignation hiéroglyphique de la seule première décade : *I prt tpy sw*, par exemple.

12 En réalité, la plupart des horloges stellaires nous sont parvenues sous forme fragmentaire. Elles nous apparaissent bien souvent constituées d'un nombre inférieur de colonnes, voire de lignes (Symons, 2002).

3. Principe de fonctionnement d'une horloge stellaire

Considérons, sur le schéma théorique de la Figure 2, l'étoile numérotée 12 par exemple – *khery aryt* (, *hry ʿrt*) en l'occurrence (Table 1). Elle figure :

- ✓ en douzième et dernière ligne de la première colonne correspondant à la première décade de l'année civile égyptienne (*I Akhet 1-10*) ;
- ✓ en onzième et avant-dernière ligne de la seconde colonne correspondant à la seconde décade de l'année civile égyptienne (*I Akhet 11-20*) ;
- ✓ en dixième ligne de la troisième colonne correspondant à la troisième décade de l'année civile égyptienne (*I Akhet 21-30*) ;
- ✓ et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle figure en première ligne de la douzième colonne correspondant à la douzième décade de l'année civile égyptienne (*IV Akhet 21-30*).

Cela signifie que l'étoile numérotée 12 était observée durant les douze premières décades de l'année civile égyptienne et utilisée pour marquer les heures successives de la nuit :

- ✓ la douzième heure de nuit au cours de la première décade de l'année égyptienne ;
- ✓ la onzième heure de nuit au cours de la seconde décade de l'année égyptienne ;
- ✓ la dixième heure de nuit au cours de la troisième décade de l'année égyptienne ;
- ✓ et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elle indique la première heure de nuit lors de la douzième décade de l'année civile égyptienne.

Nous pouvons appliquer ce constat à l'ensemble des étoiles mentionnées au sein du schéma théorique (Fig. 2). Un tel diagramme constituait donc une véritable horloge stellaire fonctionnant sur la base de l'observation d'étoiles se comportant de façon identique : chacune d'elles devait en effet demeurer visible dans le ciel d'Égypte au moins onze décades et neuf jours par an. Ce laps de temps séparait le jour auquel elle indiquait, pour la première fois, la douzième heure de nuit, du jour auquel elle indiquait, pour la dernière fois, la première heure de nuit^{xxxv}.

A titre d'exemple, appliquons ce raisonnement à l'horloge stellaire n° 1 (voir Planche 11). Nous obtenons le calendrier stellaire de la Table 2 :

Désignation du décan	Jour à partir duquel le décan considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décan considéré indiqua la première heure de nuit
12	I Akhet 1	IV Akhet 30
13	I Akhet 11	I Peret 10
14	I Akhet 21	I Peret 20
15	II Akhet 1	I Peret 30
16	II Akhet 11	II Peret 10
17	II Akhet 21	II Peret 20
18	III Akhet 1	II Peret 30
20	III Akhet 11	III Peret 10
19	III Akhet 21	III Peret 20
22	IV Akhet 1	III Peret 30
23	IV Akhet 11	IV Peret 10
24	IV Akhet 21	IV Peret 20
25	I Peret 1	IV Peret 30
26	I Peret 11	I Chemou 10
28	I Peret 21	I Chemou 20
29	II Peret 1	I Chemou 30
30	II Peret 11	II Chemou 10
31	II Peret 21	II Chemou 20
32	III Peret 1	II Chemou 30
33	III Peret 11	III Chemou 10
34	III Peret 21	III Chemou 20
35	IV Peret 1	III Chemou 30
36	IV Peret 11	IV Chemou 10
1	IV Peret 21	IV Chemou 20
2	I Chemou 1	IV Chemou 30
A	I Chemou 11	<i>I Akhet 5</i>
1	<i>I Chemou 16</i>	I Akhet 10
B	I Chemou 21	<i>I Akhet 15</i>
2	<i>I Chemou 26</i>	I Akhet 20
C	II Chemou 1	<i>I Akhet 25</i>
3	<i>II Chemou 6</i>	I Akhet 30
D	II Chemou 11	<i>II Akhet 5</i>
4	<i>II Chemou 16</i>	II Akhet 10
E	II Chemou 21	<i>II Akhet 15</i>

Désignation du décan	Jour à partir duquel le décan considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décan considéré indiqua la première heure de nuit
5	<i>II Chemou 26</i>	II Akhet 20
F	III Chemou 1	<i>II Akhet 25</i>
6	<i>III Chemou 6</i>	II Akhet 30
G	III Chemou 11	<i>III Akhet 5</i>
7	<i>III Chemou 16</i>	III Akhet 10
H	III Chemou 21	<i>III Akhet 15</i>
8	<i>III Chemou 26</i>	III Akhet 20
J	IV Chemou 1	<i>III Akhet 25</i>
9	<i>IV Chemou 6</i>	III Akhet 30
K	IV Chemou 11	<i>IV Akhet 5</i>
10	<i>IV Chemou 16</i>	IV Akhet 10
M	IV Chemou 21	<i>IV Akhet 15</i>
11	<i>IV Chemou 26</i>	IV Akhet 20

Table 3 : Dates auxquelles chaque décan indiquait les première et dernière heures de nuit sur l'horloge stellaire n° 1. En noir figurent les dates indiquées sur l'horloge ; en italique, celles qu'il a fallu déduire du découpage de l'année égyptienne en 36 décades et 5 jours épagomènes¹³. Prenons l'exemple de l'étoile numérotée 1 sur le schéma théorique (Fig. 2) : le fait qu'elle figure en première ligne et première colonne signifie qu'elle indiquait la première heure de nuit au cours de la première décade de l'année civile égyptienne. En théorie, elle aurait pu marquer la douzième heure de nuit onze décades plus tôt, soit entre le *I Chemou 16* et le *I Chemou 25* de l'année précédente. Mais parce que cinq jours épagomènes clôturaient l'année, le décan A puis le décan B indiquaient alors cette dernière heure de nuit.

¹³ Le fait que la première décade d'une nouvelle année débute six jours après la fin de la dernière décade de l'année précédente implique l'appartenance des décans 1 à 12 et A à M à une même région du ciel. Chacun des décans épagomènes – le décan A par exemple – se situe à mi-chemin entre les décans réguliers correspondants – les décans 36 et 1, en l'occurrence (Neugebauer et Parker, 1960, Fig. 30 page 108).

L'étoile Sirius, numérotée 31 (Table 1), figure au bas de la dix-huitième colonne des horloges stellaires n° 1, 2, 3, 7, 9 et 10¹⁴. Cela signifie que cette étoile marquait la douzième et dernière heure de nuit à compter de la dix-huitième décade de l'année civile égyptienne, c'est-à-dire cent soixante dix à cent soixante dix-neuf jours après le début de l'année civile – plus exactement, du *II Peret 21* au *II Peret 30*. Quarante ans plus tôt, en vertu du vagabondage de l'année civile égyptienne (voir §.1), Sirius indiquait la douzième heure de nuit du *II Peret 11* au *II Peret 20* ; quatre-vingts ans plus tôt, elle marquait la douzième heure de nuit du *II Peret 1* au *II Peret 10*. On peut ainsi remonter à l'une des années comprises entre 2781 et 2742 BC, au cours desquelles Sirius indiquait la douzième heure de nuit du *I Akhet 1* au *I Akhet 10*. Une horloge stellaire conçue à cette époque aurait donc mentionné le décan 31 au bas de la toute première colonne. En l'an 2781 BC, le lever héliaque de Sirius coïncidait par ailleurs avec le Jour de l'An (*I Akhet 1*) (voir §.1). Il s'effectuait dans les lueurs de l'aube, une trentaine de minutes avant le lever du Soleil. Ainsi, le lever héliaque de cette étoile sanctionnait la fin de la nuit, c'est-à-dire la douzième et dernière heure de nuit.

Le fait que le lever héliaque de l'étoile Sirius marquait la douzième heure de nuit au cours de la première décade (*I Akhet 1-10*) de l'une des années comprises entre 2781 et 2742 BC, ajouté au fait que le décan 31 figure au bas de la dix-huitième colonne des horloges n° 1, 2, 3, 7, 9 et 10, suggère que le lever héliaque de Sirius indiquait également la douzième heure de nuit du *II Peret 21* au *II Peret 30* de l'époque de constitution de ces horloges : l'une des années comprises entre $(2781 - 17 \times 40 =) 2101$ et $(2781 - 18 \times 40 + 1 =) 2062$ BC¹⁵. En effet, au tout début du XXI^{ème} siècle BC – plus précisément, entre l'an 2097 et l'an 2090 BC, le *II Peret 21* coïncidait avec le 17-18 juillet, c'est-à-dire avec la date de lever héliaque de Sirius en un lieu de latitude voisine de celle de Memphis (Schaefer, 2000). Une décade plus tard, Sirius effectuait son lever une dizaine de minutes après le début de l'aube – donc par nuit presque noire. Chacune des dix décades suivantes, son apparition s'effectuait dans le ciel nocturne. Le comportement des étoiles mentionnées au sein de ces horloges était par ailleurs calqué sur celui de Sirius^{xxxvi} : « l'une meurt et une autre naît chaque dix jours », « après avoir passé soixante-dix jours dans la Douat », précisent les textes. En d'autres termes, l'une effectuait son coucher héliaque tandis qu'une autre réapparaît à l'est, dans le ciel crépusculaire, après être demeurée invisible du ciel d'Égypte pendant soixante-dix jours.

Puisque le lever héliaque de Sirius marquait, selon toute vraisemblance, la douzième heure de nuit au cours de la dix-huitième décade, le lever héliaque des autres étoiles mentionnées au sein des horloges stellaires indiquait vraisemblablement lui aussi la douzième heure de nuit au cours des autres décades de l'année civile égyptienne. Ainsi donc, ces horloges fonctionnaient sur la base des apparitions successives d'étoiles à l'est (Neugebauer et Parker, 1960, pages 1, 100-1), sur fond de ciel nocturne (lever nocturne) ou crépusculaire (lever héliaque). Plus précisément, le lever nocturne ou héliaque de chacune des étoiles mentionnées marquait, soit le début, soit la fin d'une heure de nuit.

14 Le décan 31 est mentionné sur 9 des 20 horloges stellaires connues à ce jour. Il apparaît au bas de la 18^{ème} colonne sur 6 d'entre elles (n°1, 2, 3, 7, 9, 10) ; sur deux autres, il figure au bas de la 17^{ème} (n°4) ou de la 19^{ème} (n°12) colonne ; enfin, sur l'horloge n°8, il n'a été omis qu'en douzième ligne (voir Planche 18).

15 Une datation similaire peut être obtenue à partir de la mention, sur le *papyrus El-Lahoun*, de la survenue du lever héliaque de l'étoile Sirius le *IV Peret 16* de la 7^{ème} année de règne de *Sésostris III*. Entre le *II Peret 21-30* et le *IV Peret 16* s'écoulaient 46 à 55 jours. En raison du vagabondage de l'année civile égyptienne, le lever héliaque de Sirius s'est produit 46 à 55 jours plus tôt 184 à 220 ans plus tôt, soit entre les années (2093 ± 3) et (2057 ± 3) BC – l'imprécision est liée à l'incertitude entourant la latitude du lieu d'observation (Gadré, 2004).

4. Les heures de nuit égyptienne

Afin de savoir si le lever héliaque ou nocturne d'un décan marquait le début ou la fin d'une heure de nuit, étudions le cas de l'étoile Sirius :

- ✓ le 17-18 juillet (*II Peret 21*) de l'une des années comprises entre l'an 2097 et l'an 2090 BC, cette étoile effectuait son lever héliaque plus d'une heure après le début de l'aube et une trentaine de minutes avant le lever du Soleil ;
- ✓ onze décades et neuf jours plus tard, c'est-à-dire le 13-14 novembre (*II Chemou 20*), elle apparaissait à l'est, trois heures environ après le coucher du Soleil et une heure et demi après la fin du crépuscule astronomique. Son lever s'effectuait par nuit noire.

Examinons à présent les répercussions de chacune des hypothèses envisagées au §.3 :

- H1. **le lever héliaque ou nocturne de Sirius sanctionnait le début d'une heure de nuit.** Cette hypothèse implique que la nuit égyptienne aurait débuté une heure et demi après la fin du crépuscule astronomique (début de la première heure de nuit) et se serait achevée avec le lever du Soleil (fin de la douzième heure de nuit)¹⁶. Ainsi, la nuit égyptienne aurait été constituée de onze heures de nuit noire et une heure de nuit plus claire ;
- H2. **le lever héliaque ou nocturne de Sirius sanctionnait la fin d'une heure de nuit.** Cette hypothèse implique que la nuit égyptienne aurait débuté simultanément ou presque avec la nuit noire et se serait achevée durant l'aube. Or, toutes les étoiles visibles à l'oeil nu sont de magnitude apparente plus élevée que celle de Sirius ; leur lever héliaque s'effectue donc bien avant le lever du Soleil, soit peu après le début de l'aube. Ainsi, la nuit égyptienne aurait été constituée de douze heures de nuit noire et se serait vraisemblablement étendue de la fin du crépuscule astronomique (début de la première heure de nuit) au début de l'aube (fin de la douzième heure de nuit).

Divers auteurs ont privilégié l'hypothèse (H2) selon laquelle le lever de chaque décan sanctionnait la fin d'une heure de nuit. En effet, selon Otto Neugebauer, « l'utilisation des décans pour la mesure du temps nocturne conduit à la division de la nuit noire en douze heures » (Neugebauer, 1955). D'après Richard A. Parker, « la première heure de nuit était de durée indéterminée, commençant avec la nuit noire et s'achevant avec l'apparition d'une étoile décanale à l'est du ciel. La durée de cette heure de nuit diminuait au fil des jours de la décade considérée, jusqu'à ce que le lever d'un autre décan indique la première heure de nuit ; et ce, durant toute la décade suivante. La fin de la douzième heure de nuit de chaque début de décade coïncidait quant à elle avec le lever héliaque d'un décan et précédait l'aube de très peu de temps. Au fil des jours de la décade considérée, la douzième heure de nuit était suivie d'une période d'obscurité toujours plus longue, vraisemblablement incorporée à la douzième heure de nuit » (Parker, 1974). Plus généralement, « l'apparition d'une étoile à l'est indiquait la fin d'une heure de nuit et le début de la suivante » (Neugebauer et Parker, 1960, page 96)¹⁷.

16 Toutefois, la logique aurait voulu que la nuit égyptienne débute avec le coucher du Soleil et s'achève avec son lever. La nuit égyptienne aurait ainsi été constituée d'une première heure de nuit claire (entre le coucher du Soleil et la fin du crépuscule astronomique), puis de dix heures de nuit noire (entre la fin du crépuscule astronomique et le début de l'aube) et enfin d'une douzième heure de nuit claire (entre le début de l'aube et le lever du Soleil).

17 En cela, les heures de nuit égyptiennes différaient des heures de nuit grecques, qui correspondaient au

Parce qu'elle nous apparaît bien plus logique et cohérente que l'hypothèse H1 (voir notes i et 16), nous adopterons l'hypothèse H2 selon laquelle l'apparition d'un décan à l'est marquait la fin d'une heure de nuit. Le fait que la nuit égyptienne débute avec la fin du crépuscule astronomique et s'achève avec le début de l'aube implique la variabilité de la durée de la nuit égyptienne au fil des saisons de l'année. La variabilité de la durée de chacune des douze heures de nuit résulte quant à elle de la différence de magnitudes apparentes et de localisations spatiales des étoiles décanales (voir Chap. 6 §.3).

Considérant que chacun des décans égyptiens constituait le point d'intersection entre l'écliptique et l'horizon local à une heure donnée et en chaque début de décade de l'année ronde égyptienne constituée de 360 jours, Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont établi un graphique (Fig.3) traduisant la variabilité de la durée des douze heures de nuit au fil des décades de l'année ronde égyptienne. Au chapitre 6 (voir §.3), nous en affinerons les contours au moyen du calcul.

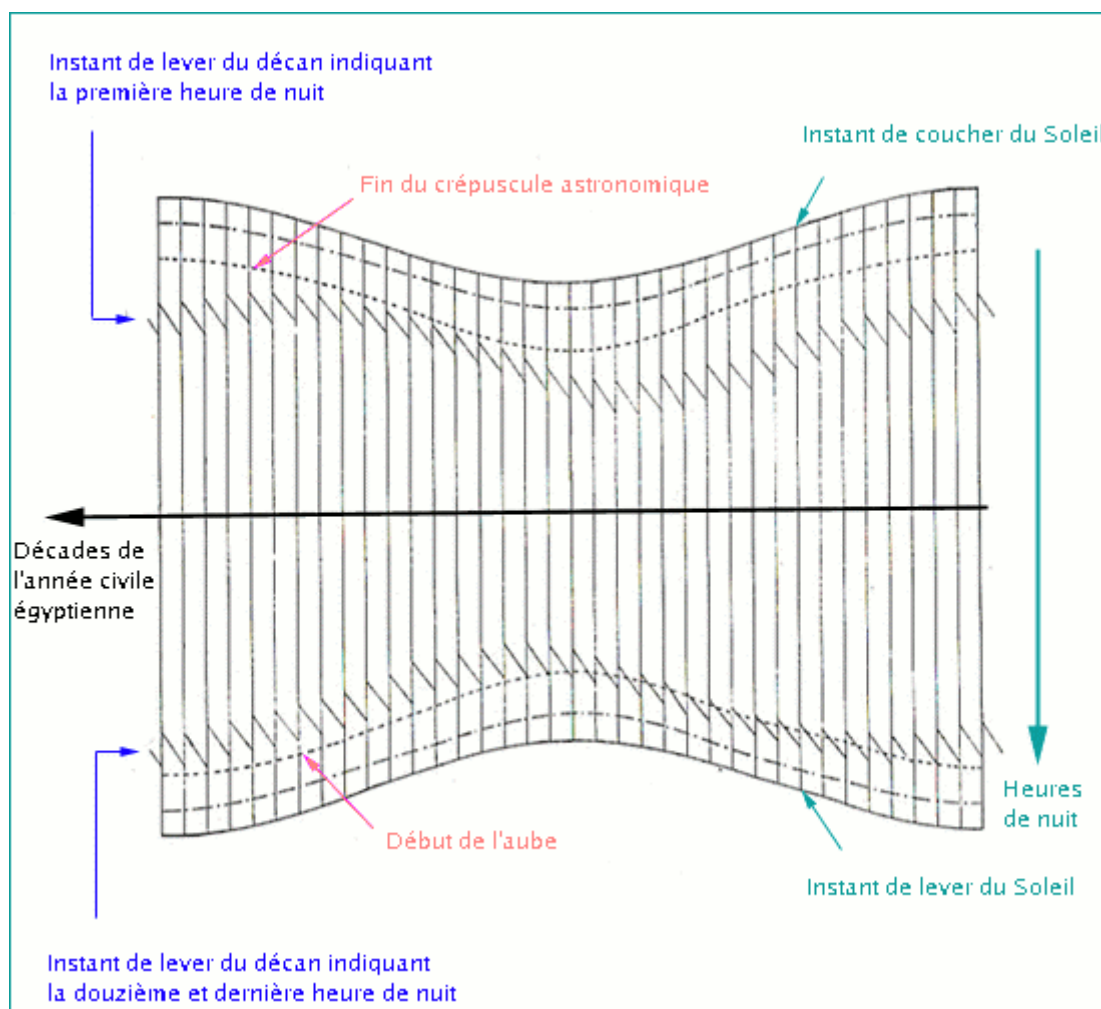


Figure 3 : Instants de lever des décans de début et de fin de nuit (Neugebauer et Parker, 1960, Fig. 29 page 104).

douzième de la durée écoulée entre le coucher et le lever du Soleil (Neugebauer et Parker, 1960, page 101).

5. Constitution d'une liste d'étoiles à partir d'une horloge stellaire théorique

Nous avons établi aux §. 3 et 4 que les vingt horloges stellaires dont nous disposons (voir Chap. 1 §.3) fonctionnaient sur la base de la succession des apparitions d'étoiles à l'est entre la fin du crépuscule astronomique et le début de l'aube. Établissons à présent une liste de ces étoiles à partir du schéma théorique de la Figure 2 :

- ✓ les douze premières lignes de cette liste sont constituées des étoiles numérotées 1 à 12 au sein de la première colonne de l'horloge stellaire théorique. Il s'agit des étoiles marquant la succession des douze heures de nuit au cours de la première décade de l'année civile égyptienne ;
- ✓ chacune des lignes suivantes est constituée du numéro (13 à 36) ou de la lettre (A à L) désignant l'étoile mentionnée au bas des colonnes numérotées 2 à 36 : ce sont les étoiles marquant la douzième et dernière heure de nuit au cours de chacune des trente-cinq décades suivantes ;
- ✓ puis vient l'étoile M, mentionnée au bas de la quarantième colonne, réservée aux jours épagomènes.

Nous obtenons ainsi une liste de 48 étoiles dans l'ordre de leurs levers héliaques et nocturnes successifs. Nous ne connaissons que le décan 31, nommé *spd* et clairement identifié à Sirius (voir Chap. 1 §.2). Les quarante-sept autres étoiles sont donc à identifier. Proposer l'identification de chacune de ces étoiles constitue l'objet de ce travail de thèse (voir Chap. 5).

6. Regroupement des horloges stellaires

Tout comme nous avons converti l'horloge stellaire théorique de la Figure 2 en une liste d'étoiles (voir §.5), nous pouvons extraire, de chacune des vingt horloges stellaires dont nous disposons (n°1 à 20), une liste d'étoiles (Table 4)¹⁸.

¹⁸ La conversion des vingt horloges stellaires en listes d'étoiles préserve le nombre total et l'ordre des décans mentionnés sur ce type de vestiges archéologiques.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S1C	S3C	S6C	S1Tü	S2Chass	S16C	S1Hil	T3C	G2T	A1C	S2Hil	S3P	S9C	S5C	X2Bas	S#T	EA47605	EA	S11C	Osireion
1	1	1	[1]	1	[1]	1	1	1	1		1		31a	32		31a	[31a]	[31a]	
2	2	2	2	2	[2]	2	2	2	2		2	[2]	32	34		32	32	[32]	
3	3	3	[3]	3	[3]	3	3	3	3		3a	32	35a	35a	[34]	34	34	34	
4	4	4	4	4	[4]	4	4	4	4		3b	31a	36a	36a	35a	35a		35a	
5	5	5	[5]	5	[5]	5	5	5	5		4		1	1	36a	36a		36a	
6	6	6	6	6	[6]	6	6	6	6		5	[35a]	2	[2]	1	1		1	
7	7	7	7	7	[7]	7	7	7	7		[6]	[36a]	23	3a	2	2		2	
8	8	8	[8]	8	[8]	8	8	8	8		[7]	1	22	3b	3a	3a		3a	
9	9	9	[9]	9	[9]	9	9	9	9	11	8	2	24	4a	3b	3b		3b	
10	10	10	[10]	10	[10]	10	10	10	10	12	[9]	3a	26a	5a	[4a]	4a		[5a]	
11	11	11	[11]	11		11	11	11	11		[10]	3b	27a	6	[5a]	5a		[6]	
12	12	12	[12]	12		12	12	12	12		11	6	22	7	[6]	6		[7]	
13	13	13	13	13		13	13	13	13	[13]	12	7	27a	8	[7]	7		8	
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	[14]	13	10a	26a	9b	[8]			9b	9a
15	15	15	16	15		15	15	15	15	[15]	14a	3a	24	11	[9b]			11	10a
16	16	16	17	16		16	16	16	16	16	15		22	12a	[11]			12a	11
17	17	17	18	17		17	17	17	17		16	3b	23	13	[12a]			13	12a
18	18	18	20	18	[18]	18	18	18	18		17	6	1	13a	[13]			13a	13
20	20	20	19	20	[20]	20	20	20	20		18	10a	1	14a	[13a]			14a	13a
19	19	19	22	19	[19]	19	19	22	22	18	20	[11]	32	15	[14a]			15	14a
22	22	22	23	22		22	22	23	23	[23]	19	11	21b		[15]			16	15
23	23	23	[24]	23		23	23	24	24	[24]	22	22	21a		[16]			[17]	
24	24	24	25	24		24	24	25	25	25	23	22	31a		[17]			[18]	
25	25	25	26	25		25	20	19	19		24	19	16		[18]			21	
26	26	26	28	26		26	26	26	26		25	19	16		19			21a	
28	28	28	29	28		28	28	28	28		26	17			21a			21b	
29	29	29	30	29		29	29	29	29		28	21a	14a		21b			22	
30	30	30	[31]			30	18	30	30		29	22	13a		22			22a	
31	31	31	32			31	32	31	31		30	22a	13		22a				
32	32	32				32	33	32	32		31		32		23				
33	33	33				33	34	33	33		32		3a						
34	34					34	35	34	34		[33]		24						
35	35					35	36	35	35				24						
36	36					36	1	36	36				27b						
1	1					1	2	1	1										
2	2					2	A	2	2										
A	A					A	B	A	A										
B	B					B	C	B	B										
C	C						D	C	C										
D	D						E	26	D										
E	E						F	E	E										
F	F						G	F	F										
G	G						H	G	G										
H							J	H	H										
J							K	J	J										
K							M	K	K										
M								M	M										

Table 4 : Listes d'étoiles obtenues à partir des vingt horloges stellaires dont nous disposons.

Bien qu'elles présentent de nombreuses analogies, aucune de ces listes n'apparaît strictement identique à une autre. En effet, les vingt listes d'étoiles diffèrent au travers :

- ✓ du nombre d'étoiles mentionnées : les listes n° 1, 2, 7, 8, 9 et 10 sont ainsi les seules à énumérer l'ensemble des décans réguliers (1 à 36) et tout ou partie des décans épagomènes (A à M) ; les listes n° 6, 11, 17, 18 et 20 sont particulièrement incomplètes ;
- ✓ de l'appellation hiéroglyphique de ces étoiles : au sein des horloges n° 13 à 20, les décans 3, 4, 5, 9, 10, 12, 14 et 20 notamment disparaissent, au profit de nouveaux décans indexés a ou b (Table 5) ;
- ✓ de la position occupée par ces étoiles : à titre d'exemple, les listes n° 1 à 12 font apparaître les décans de la constellation *ḫmṣt* (1 et 2) en première et seconde positions ; au sein des listes n° 14 à 19, ils sont remplacés par les décans de la constellation *knmt* (31a, 32 et 34).

Au total, ce sont 65 décans qu'il nous faut identifier :

- ✓ 35 décans sont numérotés 1 à 36¹⁹ ;
- ✓ 11 décans figurent sous la forme d'une lettre (A à M)²⁰ ;
- ✓ enfin, 19 décans sont constitués d'un chiffre et indexés a ou b (3a, 3b, 4a, 5a, 9a, 9b, 10a, 12a, 13a, 14a, 21a, 21b, 22a, 26a, 27a, 27b, 31a, 35a, 36a)²¹.

La prise en compte de divers critères archéologiques, égyptologiques et astronomiques nous permet de regrouper ces vingt listes d'étoiles. Voici la liste de ces critères :

- ✓ **la provenance géographique des vestiges** sur lesquels les horloges stellaires dont les listes dérivent ont été peintes (Neugebauer et Parker, 1960, pages 4-21 et 32-35, Locher, 1983, Eggerbrecht, 1990, Locher, 1992, Locher, 1998 et Symons, 2002) :
 - Assiout (Moyenne Égypte) constitue le lieu d'origine de seize des vingt horloges (n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 et 19) ;
 - trois autres horloges (n° 8, 9 et 10) ont été retrouvées en Haute Égypte, à Thèbes, Gebelein et Assouan ;
 - enfin, une dernière horloge (n° 20) a été retrouvée à Abydos, en Moyenne Égypte ;
- ✓ **l'ornementation des sarcophages étudiés** : à titre d'exemple, de semblables décorations (textes et imagerie) ornent les parois intérieures et extérieures des sarcophages n° 8, 9 et 10. Cela leur confère une origine commune et permet de les grouper (Willems, 1988, pages 109-10 et 234 et Willems, 1996, pages 22-3) ;

19 Le décan 27 (Table 1) ne figure pas au sein des listes issues des horloges dont nous disposons (Table 4).

20 Le décan L, mentionné au sein des horloges n° 8 et 10, n'apparaît jamais en douzième et dernière ligne. Il ne figure donc pas au sein des listes d'étoiles correspondantes (Table 4).

21 La numérotation des décans a été empruntée à Neugebauer et Parker, 1960, pages 2-3.

- ✓ ***l'ordre dans lequel les divinités célestes sont mentionnées*** au sein de la bande d'inscriptions verticale (Neugebauer et Parker, 1960, page 28, Locher, 1983, Eggerbrecht, 1990, Locher, 1992 et Locher, 1998) :
 - *Nout, Meshketiu, Sah et Soped* sur les horloges n° 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 15 et 16 ;
 - *Soped, Sah, Meshketiu et Nout* sur les horloges n° 8, 9, 10, 11 et 13 ;
 - *Soped, Meshketiu, Sah et Nout* sur les horloges n° 14 et 19 ;
- ✓ ***le contenu des « formules d'offrandes »*** séparant les sixième et septième heures de nuit (voir note ii) : les divinités y figurent dans un ordre semblable à celui dans lequel certaines d'entre elles (*Nout, Meshketiu, Sah et Soped*) apparaissent au sein de la bande d'inscriptions verticale (Neugebauer et Parker, 1960, page 27, Locher, 1983, Eggerbrecht, 1990 et Locher, 1992) ;
- ✓ ***l'appellation hiéroglyphique des étoiles mentionnées*** : au sein des horloges n° 12 à 20 figurent des décans absents des horloges n° 1 à 11 – il s'agit des décans indexés a ou b (Table 1), que l'on retrouve également au plafond de la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (Table 5). Les noms des décans 3a (*wš3ti*) et 3b (*bk3ti*) sont toutefois à rapprocher de celui du décan 3 (*wš3t bk3t*), cité au sein des listes n° 1 à 10. Les listes n° 13 et 20 possèdent par ailleurs la particularité de mentionner les décans 9a (*spty*) et 10a (*hnwy*), en lieu et place du seul décan 9b (*spty hnwy*) ;
- ✓ ***l'ordonnement de ces étoiles au sein de chaque liste*** :
 - les listes n° 1 à 10 et 12 débutent par les décans 1 (*tm3t hrt*) et 2 (*tm3t hrt*) de la constellation *tm3t* ;
 - les listes n° 14, 15, 17, 18 et 19 débutent avec les décans 31a (*tpy-^cknmt*), 32 (*knmt*) et 34 (*hry hpd n knmt*) de la constellation *knmt*.

Stars Lists	3a	3b	4a	5a	9a 10a	9b	12a	13a	14a	21	21a	21b	22a	31a	35a	36a
12	x	x							x							
13	x	x		x	x		x		x	x	x		x	x	x	x
14	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
15	x	x	x	x		x	x	x	x						x	x
16	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
17	x	x	x	x										x	x	x
18														x		
19	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20					x		x	x	x							
S	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Table 5 : Figuration des décans indexés a ou b au sein des listes n° 12 à 20 ainsi qu'au plafond de la tombe de *Senenmout* (S) à Deir el-Bahari (XVIIIème dynastie).

Deux types de listes d'étoiles se dégagent ainsi (Kahl, 1999 et Symons, 2002) :

- ✓ **les listes de type *tm3t***, ainsi nommées parce que les étoiles appartenant à la constellation *tm3t* (décans 1 et 2) y figurent en tête : à ce groupe appartiennent les listes n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 12. Parce qu'elles ornent le couvercle de sarcophages retrouvés en diverses nécropoles de Haute Égypte, les listes n° 8, 9 et 10 constituent un sous-groupe à part ;
- ✓ **les listes de type *knmt***, caractérisées par la figuration, en tête, des décans de la constellation *knmt* (décans 31a, 32 et 34) : à ce groupe appartiennent les listes n° 14, 15, 17, 18 et 19.

Quatre listes numérotées 11, 13, 16 et 20 ne figurent pas parmi les types de listes énumérés ci-dessus. Pour autant, il apparaît possible de les classer dans l'un ou l'autre groupe :

- ✓ sur l'horloge stellaire n° 11 ne figure aucun des décans indexés a ou b (voir Planche 21) – ce qui implique sa parenté avec les horloges n° 1 à 10. Bien que les décans de tête de liste manquent, nous pouvons certainement classer la liste n° 11 parmi les listes de type *tm3t* ;
- ✓ les horloges n° 13 et 20 se distinguent des horloges n° 14, 15, 16 et 19 et de la liste de *Senenmout* par la figuration commune des décans 9a et 10a en lieu et place du seul décan 9b (Table 5)²². Aucun décan ne figure en tête de liste (Table 4) ; la présence de nombreux décans indexés a ou b, dans un ordre semblable à celui dans lequel ils figurent sur les horloges n° 15, 16 et 19 pour ce qui concerne l'horloge n° 20, nous incite toutefois à classer la liste correspondante et, par extension, la liste n° 13 également, parmi celles de type *knmt* (Symons, 2002) ;
- ✓ la succession des décans sur la liste n° 16 est semblable à celle caractérisant la liste n° 17 (Table 5). Nous pouvons donc classer la liste n° 16 parmi celles de type *knmt*.

En résumé, les vingt listes d'étoiles peuvent être classées en cinq groupes différents :

- ✓ **Groupe A1** : listes de type *tm3t* n° 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 11 issues des horloges stellaires peintes sur l'intérieur du couvercle de sarcophages découverts à Assiout (Moyenne Égypte) et ne mentionnant aucun des décans indexés a ou b ;
- ✓ **Groupe A2** : listes de type *tm3t* n° 8, 9 et 10 issues des horloges stellaires ornant l'intérieur du couvercle de sarcophages retrouvés en des nécropoles de Haute Égypte et ne mentionnant aucun des décans indexés a ou b ;
- ✓ **Groupe B** : liste de type *tm3t* n° 12 issue de l'horloge stellaire ornant l'intérieur du couvercle d'un sarcophage découvert à Assiout et mentionnant certains des décans indexés a ou b (Table 5). En ce sens, elle constitue une liste « intermédiaire » entre les listes des groupes A1 et A2 d'une part, les listes des groupes C et D d'autre part ;

²² Ce constat explique en partie la raison pour laquelle Otto Neugebauer et Richard A. Parker datèrent l'horloge n°20 ornant le plafond de l'*Osireion* d'une époque antérieure de 600 ans à celle du monument en question (Neugebauer et Parker, 1960, page 34, Neugebauer et Parker, 1969, page 149 et Parker, 1974, page 56).

- ✓ **Groupe C** : listes n° 13 et 20 issues des horloges stellaires ornant l'intérieur du couvercle d'un sarcophage d'Assiout ainsi que le plafond de l'Osiréion à Abydos et mentionnant certains des décans indexés a ou b (Table 5). En ce sens, elles paraissent plus proches des horloges formant le groupe D ;
- ✓ **Groupe D** : listes de type *knmt* n° 14, 15, 16, 17, 18 et 19 issues des horloges stellaires peintes sur l'intérieur du couvercle de sarcophages retrouvés à Assiout et mentionnant certains des décans indexés a ou b (Table 5).

7. Datation des horloges stellaires

Plusieurs critères de datation peuvent être appliqués :

1. *le vagabondage de l'année civile égyptienne* : supposons que l'horloge n° 1 constitue le prototype des horloges stellaires connues à ce jour²³. Toute horloge conçue ($n \times 40$) ans après l'horloge stellaire n° 1 et selon un schéma identique devrait logiquement mentionner le décan 1 en $(n + 1)$ -ième position et le décan 31 en $(n + 18)$ -ième position ; n décans numérotés 37, 38, 39, 40, 41, etc., devraient par ailleurs figurer avant le décan 1 (Fig. 4a, b, c, d, e, f et Table 6). Appliquons ce raisonnement aux horloges dont nous disposons :
 - ✓ sur les horloges n° 1, 2, 3, 7, 9 et 10, le décan 31 (Sirius) figure au bas de la dix-huitième colonne. Cela implique qu'elles ont été conçues entre l'an 2101 et l'an 2062 BC (voir §.3)²⁴. Ainsi, les listes du groupe A2²⁵ seraient contemporaines de celles formant le groupe A1²⁶ ;
 - ✓ sur l'horloge n° 12, la mention des décans 3a et 3b en lieu et place du seul décan 3 s'est traduite par la figuration du décan 31 au bas de la dix-neuvième colonne. Cela nous conduit à dater cette horloge d'une époque postérieure de 40 ans à celle des horloges des groupes A1 et A2, c'est-à-dire de l'une des années comprises entre 2061 et 2022 BC²⁷ ;

23 Ce ne pourrait être le cas des horloges n° 9 et 10, pourtant complètes, qui diffèrent de l'horloge n° 1 au travers du décalage observé dans la position occupée par le décan 19 (Table 4) – sans doute une erreur de copie, comme en atteste le contenu des première et deuxième lignes (voir Planches 19 et 20). L'horloge n° 8 se caractérise par l'omission d'une colonne, ce qui se traduit par l'absence du décan 31 en douzième et dernière ligne (voir Planche 18). Aucune de ces trois horloges n'a donc constitué le prototype des horloges stellaires connues à ce jour, mais bien plutôt une copie d'autres horloges – de l'horloge n° 1, par exemple.

24 Dans l'éventualité où les décans 21 et 27 auraient été involontairement omis, le décan 31 devrait figurer au bas de la vingtième colonne et ces listes d'étoiles seraient à dater d'une époque postérieure de 80, comme le suggère Jochem Kahl (Kahl, 1993) – c'est-à-dire de l'une des années comprises entre 2021 et 1942 BC.

25 La liste n° 8 a été obtenue à partir de la première colonne et de la douzième ligne de l'horloge stellaire correspondante (voir §.5). Toutefois, le contenu de cette douzième ligne ne reflète pas celui des autres lignes : entre les décans 24 et 26 a été inséré le décan 20 au lieu du décan 25 ; entre les décans 29 et 32 figure le décan 18 en lieu et place des décans 30 et 31 (voir Planche 18). L'oubli d'une colonne est responsable de cette dernière erreur. Toutefois, après correction, la liste n° 8 ressemble aux listes n° 9 et 10. Toutes trois peuvent donc être datées d'une même époque.

26 Sur l'horloge n° 4, le décan 31 figure au bas de la 17ème colonne, suite à l'omission du décan 15 (Table 4). Les horloges n° 5, 6 et 11 sont quant à elles incomplètes : elles ne mentionnent pas le décan 31. Leur ressemblance avec les autres horloges du groupe A1 (Table 4) incite toutefois à les dater d'une même époque.

27 Dans l'éventualité où l'omission des décans 21 et 27 aurait été involontaire, cette horloge devrait être datée de l'une des années comprises entre 1981 et 1942 BC.

- ✓ sur les listes n° 14 et 15, le décan 1 figure en cinquième position, après les décans 31a et 32 ou 32 et 34 puis 35a et 36a (Table 4)²⁸, ce qui nous amène à dater ces listes de l'une des années comprises entre $(2101 - 4 \times 40 =) 1941$ et $(2062 - 4 \times 40 =) 1902$ BC²⁹ ;
- ✓ sur les listes n° 16, 17 et 19 – et probablement sur la liste n° 18 à l'origine –, le décan 1 figure en sixième position, après les décans 31a, 32, 34, 35a et 36a (Table 4)³⁰, ce qui nous conduit à dater ces listes de l'une des années comprises entre $(2101 - 5 \times 40 =) 1901$ et $(2062 - 5 \times 40 =) 1862$ BC.

En tout état de cause, les listes de type *knmt* (groupes C et D) sont donc postérieures à celles de type *tmʿt* (groupes A1, A2 et B) (voir §. 6). En outre, la disposition des décans en leur sein résulte des effets du vagabondage de l'année civile égyptienne sur une liste de type *tmʿt* telle que la liste n° 1 (Fig. 4e, 4f et Table 6) (Neugebauer et Parker, 1960, pages 31-2, 108-9 et Locher, 1998). Selon toute vraisemblance, les listes de type *knmt* constituent donc une révision des listes de type *tmʿt* ³¹.

2. **la ressemblance entre les listes du groupe D et la liste ornant le plafond de la tombe de Senenmout à Deir el-Bahari** – la commune figuration des décans 3a, 3b, 5a, 9b, 12a, 13a, 14a, 21a, 21b, 22a, 31a, 35a et 36a, notamment (Tables 5 et 8). La liste n° 19 est quasiment identique à la liste de *Senenmout*³². Les listes n° 15, 16 et 17 diffèrent de la liste de *Senenmout* au travers la mention du décan 4a entre les décans 3b et 5a (Table 4). Ces constatations nous invitent à répartir les listes du groupe D en trois sous-groupes notés D1, D2 et D3 :
 - ✓ le groupe D1 constitué de la liste n° 14 : seuls les six premiers décans, numérotés 31a, 32, 35a, 36a, 1 et 2 paraissent mentionnés dans un ordre correct – en effet, la position occupée par les autres décans ne peut s'expliquer par le vagabondage de l'année civile égyptienne (Fig. 4e) ;
 - ✓ le groupe D2 constitué des listes n° 15, 16 et 17 qui mentionnent toutes le décan 4a entre les décans 3b et 5a ;
 - ✓ le groupe D3 constitué de la liste n° 19, quasiment identique à celle figurant au plafond de la tombe de *Senenmout*³³. Ainsi donc, la liste de *Senenmout* se situe dans la continuité des listes de type *knmt*, et plus particulièrement de la liste n° 19.

28 Les décans 31a et 32 ou 32 et 34 puis 35a et 36a peuvent être assimilés aux décans 40, 39, 38 et 37 (Fig. 4e).

29 Selon Joachim Friedrich Quack (communication privée), la construction typique du couvercle du sarcophage n° 15 suggère que l'horloge correspondante débutait originellement avec le décan 31a, ce qui placerait le décan 1 en sixième position et amènerait à la dater de l'une des années comprises entre 1901 et 1862 BC.

30 Les décans 31a, 32, 34, 35a et 36a peuvent être assimilés aux décans 41, 40, 39, 38 et 37 (Fig. 4f).

31 Ce constat implique que le décan 3 donna naissance aux décans 3a et 3b.

32 La liste n° 19 diffère de la liste de *Senenmout* au travers l'absence du décan 19 entre les décans 18 et 21.

33 L'incomplétude de l'horloge n° 18 nous empêche d'affirmer son appartenance au sous-groupe D2 ou D3.

3. *La mention du décan 9b sur les listes du groupe C :*

- ✓ les listes des groupes A1, A2 et B mentionnent les décans 9 (*kḏty*) et 10 (*ḥnwy*) entre les décans 8 et 11 ;
- ✓ la liste n° 20 (groupe C) mentionne les décans 9a (*spty*) et 10a (*ḥnwy*) avant le décan 11 ;
- ✓ les listes des groupes D1, D2 et D3 mentionnent le décan 9b (*spty ḥnwy*) entre les décans 8 et 11.

Le décan 9b résulte-t-il de la fusion des décans 9a et 10a ou bien a-t-il donné lieu aux décans 9a et 10a ? Dans le premier cas, les listes du groupe C dateraient d'une époque intermédiaire entre les listes des groupes A1, A2, B et D1, D2, D3. Dans le second cas, elles dateraient d'une époque postérieure à celle des groupes D1, D2 et D3. Le décan 10 ou 10a figure déjà au sein des listes des groupes A1, A2 et B. Il nous paraît donc plus plausible que le décan 9 ait été remplacé par le décan 9a, puis que les décans 9a et 10a aient fusionné pour donner le décan 9b. Ce qui nous invite à dater les listes du groupe C d'une époque intermédiaire entre celles des groupes A1, A2, B et D1, D2, D3.

La Table 7 regroupe les propositions de datation des vingt listes d'étoiles dont nous disposons à l'heure actuelle, établies sur la base de critères purement astronomiques. Elle révèle que la transition des listes de type *ṯmꜣt* (Groupes A1, A2 et B) aux listes de type *knmt* (Groupes C et D) s'est produite à la charnière entre les XI^{ème} et XII^{ème} dynasties :

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	20	14	15	16	17	18	19
Groupes A1 et A2											B	C	D1	D2			D2 ou D3	D3	
2101-2062 BC											2061 – 2022		1941 – 1902	1901 – 1862 BC					
Dynastie XI													Dynastie XII						

Table 7 : Datation proposée des vingt listes d'étoiles en relation avec la chronologie égyptienne³⁴.

³⁴ Claude Vandersleyen situe la dynastie XI entre les années 2137 et 1994 BC et la dynastie XII entre les années 1994 et 1797 BC (Vandersleyen, 1995, pages 11-118).

[illegible]

2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	37
B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
I	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	

[illegible]

[illegible][illegible][illegible]

Horloge n° 1	Horloge conçue 40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 2×40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 3×40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 4×40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 5×40 ans après l'horloge n° 1
1	37	38	39	40	41
2	1	37	38	39	40
3	2	1	37	38	39
4	3	2	1	37	38
5	4	3	2	1	37
6	5	4	3	2	1
7	6	5	4	3	2
8	7	6	5	4	3
9	8	7	6	5	4
10	9	8	7	6	5
11	10	9	8	7	6
12	11	10	9	8	7
13	12	11	10	9	8
14	13	12	11	10	9
15	14	13	12	11	10
16	15	14	13	12	11
17	16	15	14	13	12
18	17	16	15	14	13
20	18	17	16	15	14
19	20	18	17	16	15
22	19	20	18	17	16
23	22	19	20	18	17
24	23	22	19	20	18
25	24	23	22	19	20
26	25	24	23	22	19
28	26	25	24	23	22
29	28	26	25	24	23
30	29	28	26	25	24
31	30	29	28	26	25
32	31	30	29	28	26
33	32	31	30	29	28
34	33	32	31	30	29
35	34	33	32	31	30
36	35	34	33	32	31
1	36	35	34	33	32
2	1	36	35	34	33
A	2	1	36	35	34
B	A	2	1	36	35
C	B	A	2	1	36
D	C	B	A	2	1
E	D	C	B	A	2
F	E	D	C	B	A
G	F	E	D	C	B
H	G	F	E	D	C
J	H	G	F	E	D
K	J	H	G	F	E

Horloge n° 1	Horloge conçue 40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 2×40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 3×40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 4×40 ans après l'horloge n° 1	Horloge conçue 5×40 ans après l'horloge n° 1
M	K	J	H	G	F

Table 6 : Listes d'étoiles déduites d'horloges stellaires théoriques développées selon le modèle de l'horloge stellaire n° 1 (Fig. 4a, b, c, d, e et f) mais conçues (n × 40) ans plus tard.

Nous allons à présent comparer nos propositions de datation des horloges stellaires (Table 7) à la datation des sarcophages correspondants, établie sur la base de critères archéologiques, philologiques ou topologiques :

- ✓ les parois de la tombe d'*It-ib* à Assiout sont ornées de motifs (frises) caractéristiques de la Première Période Intermédiaire et d'inscriptions hiéroglyphiques relatives aux actions militaires menées par *It-ib* à l'encontre des agresseurs Thébains (El-Khadragy et Kahl, 2004). Ces informations permettent de dater le sarcophage n° 2 de cette époque à laquelle l'Égypte n'était pas encore unifiée, c'est-à-dire du début de la XIème dynastie – plus précisément, de l'une des années comprises entre 2137 et 2050 BC ou 2137 et 2023 BC (voir note 36). Elles confirment notre datation établie à partir de critères astronomiques (Table 7)³⁵ ;
- ✓ selon Anne Eggerbrecht (Eggerbrecht, 1990), le sarcophage n° 7 daterait de la XIème dynastie (2137 – 1994 BC) (Vandersleyen, 1995, pages 11-39). Cette proposition est compatible avec notre proposition de datation, déduite de la position occupée par le décan 31 sur l'horloge correspondante (Table 7) ;
- ✓ la liste n° 8 provient de l'horloge stellaire peinte sur l'intérieur du couvercle du sarcophage d'*Ashyt*, l'une des épouses du roi *Montouhotep II* qui régna sur la Haute Égypte puis sur l'Égypte toute entière entre l'an 2064 et l'an 2013 BC (Vandersleyen, 1995, pages 17-31). D'après Harco Willems, la tombe de cette reine aurait été close avant la réunification de l'Égypte (Willems, 1988, pages 109-10), survenue entre l'an 2050 et l'an 2023 BC (Vandersleyen, 1995, pages 17-22)³⁶. Ainsi, le sarcophage correspondant daterait du milieu de la XIème dynastie – plus précisément, de l'une des années comprises entre 2064 et 2050 BC ou 2064 et 2023 BC. Cette datation est donc postérieure de quelques années à celle que nous avons proposée (Table 7)³⁷;

35 La redécouverte de cette tombe infirme l'hypothèse selon laquelle le sarcophage n°2 daterait de la fin de la XIème, voire du début de la XIIème dynastie (Kahl, 1999, page 199).

36 Selon Claude Vandersleyen (Vandersleyen, 1995, pages 17-22), il est difficile de dater avec précision la réunification de la Haute et de la Basse Égypte par le roi *Montouhotep II* : le changement de titulature royale après l'an 14 de son règne, « les monuments qu'il produit alors expriment le mieux l'idée de reconquête, de triomphe, d'autorité sur les « deux terres » et de légitimité ». « La preuve « administrative » que la réunification est bien effective n'est donnée qu'à partir de l'an 41 (...) » de son règne (2064 – 2013 BC). Ces éléments permettent de situer la réunification entre l'an 2050 et l'an 2023 BC.

37 Le faible écart entre les datations historique et astronomique plaide en faveur de l'hypothèse selon laquelle

- ✓ l'examen de l'équipement funéraire et des motifs peints sur les surfaces intérieure et extérieure du sarcophage n° 10, les nombreuses similitudes qu'il présente avec le sarcophage n° 9 (Willems, 1996, pages 21-5), permettent de dater ces deux sarcophages de la fin de la XI^{ème} dynastie ou du tout début de la XII^{ème} dynastie – au plus tard, de l'époque de règne d'*Amenemhat I* – selon toute vraisemblance, de l'une des années comprises entre 2050 et 1964 BC ou 2023 et 1964 BC (Vandersleyen, 1995, pages 43-55). Cette proposition est postérieure de quelques dizaines d'années à celle que nous avons obtenue à partir de la position occupée par le décan 31 sur les horloges correspondantes (Table 7). L'arrangement des décans en leur sein, strictement identique à celui caractérisant l'horloge n° 8, ne nous permettait pas d'envisager une datation si tardive (Table 4) ;
- ✓ selon Ahmed Kamal, les sarcophages n° 13 et 19 datent de la XII^{ème} dynastie (Kamal, 1916). Ces datations sont compatibles avec les résultats de notre étude, portés en Table 7 : l'arrangement des décans au sein de l'horloge n° 13 suggère qu'elle fut conçue entre la fin de la XI^{ème} et le début de la XII^{ème} dynastie ; le contenu de la liste n° 19 plaide en faveur d'une conception plus tardive, sous le règne du pharaon *Amenemhat II* (1919 – 1881 BC) ou *Sésostris II* (1881 – 1873 BC) ou *Sésostris III* (1872 – 1854 BC) (Vandersleyen, 1995, pages 77-99) ;
- ✓ selon Günter Lapp, les sarcophages n° 14 et 16 datent également de la XII^{ème} dynastie (Kahl, 1999, page 203). Ces propositions sont conformes aux résultats que nous avons obtenus à partir de l'étude astronomique du contenu des horloges stellaires correspondantes (Table 7) ;
- ✓ selon Harco Willems (Willems, 1988, page 103), le sarcophage n° 15 date de l'époque du pharaon *Sésostris I* (vers 1964 – 1919 BC) (Vandersleyen, 1995, pages 57-75). Cette datation, déduite de l'étude des motifs peints sur la surface extérieure du sarcophage, est compatible avec la datation de la liste correspondante, établie sur la base de seuls critères astronomiques (Table 7) ;
- ✓ enfin, les sarcophages n° 1 et 5 sont communément datés de la fin de la XI^{ème} ou du début de la XII^{ème} dynastie et les sarcophages n° 3, 4 et 15 de la XII^{ème} dynastie (Kahl, 1999, page 199)³⁸.

les décans 21 et 27 n'auraient pas été omis sur les horloges stellaires dont nous disposons (voir note 27), contrairement à ce qu'affirme Jochem Kahl (Kahl, 1993).

38 Toutefois, le réexamen des tombes abritant les sarcophages n°1 et 5 pourrait aboutir à une révision de leur datation, comme ce fut le cas pour le sarcophage n°2.

Dans la moitié des cas, notre datation des listes d'étoiles est compatible avec celle des sarcophages correspondants (n° 2, 7, 8, 13, 14, 15, 16 et 19) ; dans les autres cas, elle est antérieure de plusieurs dizaines d'années, voire d'une centaine d'années, à celle des sarcophages en question (n° 1, 3, 4, 5, 9, 10 et 12). Ainsi donc, les sarcophages n° 2, 7, 8, 13, 14, 15, 16 et 19 sont contemporains des horloges stellaires peintes sur l'intérieur de leur couvercle ; les sarcophages n° 1, 3, 4, 5, 9, 10 et 12 sont quant à eux ornés d'horloges stellaires caduques – vraisemblablement des copies tardives et incomplètes d'horloges antérieures – mais non symboliques puisque leur contenu reflète une réalité astronomique passée.

8. Conclusion

La figuration des vingt horloges stellaires dont nous disposons sous la forme de listes d'étoiles puis l'application de divers critères de natures archéologique, égyptologique et astronomique, nous ont permis de les regrouper et de les dater des dynasties XI (fin de la Première Période Intermédiaire) à XII (Moyen Empire). Les listes les plus tardives – de type *knmt* (Groupes C et D) – constituent le prototype de listes ornant la surface extérieure de clepsydres, le plafond de temples et tombes du Nouvel Empire à l'Epoque Ptolémaïque, dont nous examinerons le contenu au Chapitre 3.

3. Les listes d'étoiles

Le long de la Vallée du Nil, entre Alexandrie et Assouan, ont été édifiés de nombreux monuments entre le Nouvel Empire et l'Époque Romaine. Leurs parois ou plafonds sont bien souvent ornés de multiples représentations astronomiques dont nous avons extrait quatre-vingt listes d'étoiles. Ces listes viennent s'ajouter aux vingt listes précédemment obtenues (voir Chap. 2). Elles se répartissent en quatre types caractérisés par des arrangements stellaires similaires et une origine commune.

1. La base de données archéologiques

Vingt listes d'étoiles différentes (n° 1 à 20) regroupées en deux types *tmꜣt* et *knmt* (voir Chap. 2 §.6) ont été extraites des vingt horloges stellaires découvertes à ce jour. Quatre-vingt autres listes d'étoiles ornent les bords extérieurs de clepsydres, le plafond de temples et tombes ainsi que l'intérieur du couvercle de certains sarcophages datés du Nouvel Empire à l'Époque Romaine (voir Chap. 1 §.3).

Les caractéristiques communes à ces vestiges permettent de les regrouper en quatre types distincts (Neugebauer et Parker, 1969, pages 105-40)³⁹ :

- ✓ les listes de type *Senenmout* dont le prototype orne le plafond de la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (dynastie XVIII)⁴⁰ ;
- ✓ les listes de type *Séthi IC* dont le prototype orne le plafond de la tombe de *Séthi I* dans la Vallée des Rois (dynastie XIX)⁴¹ ;
- ✓ les listes de types *Séthi IA* et *Séthi IB* dont les prototypes ornent le plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (dynastie XIX)⁴².

39 Nous ne tenons pas compte ici des listes de type *Tanis* dont le prototype date de la XXVIème dynastie. Notre étude porte sur les seules listes d'étoiles conçues entre la fin de la Première Période Intermédiaire et le Nouvel Empire.

40 Les listes de type *Senenmout*, datées du Nouvel Empire à l'Époque Ptolémaïque, sont au nombre de dix-huit. Elles diffèrent principalement les unes des autres au travers du choix et de l'arrangement des décans de la constellation d'Orion. Les listes d'étoiles ornant les bords extérieurs de la clepsydre de Karnak ainsi que le plafond du temple de *Ramsès II* à Thèbes Ouest (voir Chap. 1 §.3) constituent deux des listes de type *Senenmout*.

41 Les listes de type *Séthi IC* sont au nombre de sept. Toutes datent de la XIXème dynastie.

42 Les listes de type *Séthi IA*, datées du Nouvel Empire à l'Époque Ptolémaïque, sont au nombre de huit. Celles de type *Séthi IB*, datées du Nouvel Empire à l'Époque Romaine, sont au nombre de onze. Au plafond de la tombe de *Ramsès IV* à Thèbes Ouest (voir Chap. 1 §.3) figurent deux listes de types *Séthi IA* et *Séthi IB*.

Au total, la base de données archéologiques est constituée de six types de listes d'étoiles : les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*⁴³. En leur temps, Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1969, pages 158-9) avaient proposé de classer :

- ✓ les horloges stellaires ornant l'intérieur du couvercle des sarcophages de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire en cinq groupes : A1, A2, B, C et D ;
- ✓ les vestiges astronomiques datant du Nouvel Empire à l'Epoque Ptolémaïque en quatre types : *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*.

La récente découverte de nouvelles horloges stellaires numérotées 6, 7, 11, 15, 16, 17 et 18 (voir Chap. 1 §.3) suivie de l'établissement, par nos propres soins, de leur lien de parenté avec les autres listes de type *tm̓t* ou *knmt* (voir Chap. 2 §.3), n'a aucunement modifié ce classement.

La Table 8 dresse le comparatif entre les six types de listes d'étoiles :

- ✓ l'examen des listes extraites des horloges stellaires n° 1 à 10 (Table 4) nous a permis d'établir l'arrangement standard des décans sur les listes de type *tm̓t*⁴⁴ ;
- ✓ l'examen des listes extraites des horloges n° 15 à 19 (Table 4) nous a permis d'établir l'arrangement standard des décans sur les listes de type *knmt*⁴⁵ ;
- ✓ Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont déduit l'arrangement standard des décans sur les listes de type *Senenmout* de la comparaison entre les dix-huit listes formant cette famille (Neugebauer et Parker, 1969, pages 105-18)⁴⁶ ;
- ✓ Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont établi l'arrangement standard des décans sur les listes de type *Séthi IC* en comparant le contenu des sept listes formant cette famille (Neugebauer et Parker, 1969, pages 129-33) ;
- ✓ Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont établi l'arrangement standard des décans sur les listes de type *Séthi IA* en comparant le contenu des huit listes formant cette famille (Neugebauer et Parker, 1969, pages 118-28) ;
- ✓ Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont déduit l'arrangement standard des décans sur les listes de type *Séthi IB* de la comparaison entre les onze listes formant cette famille (Neugebauer et Parker, 1969, pages 133-40).

43 La liste ornant les murs de l'une des chambres de la tombe de *Ramsès VI* dans la Vallée des Rois est incomplète (Neugebauer et Parker, 1969, pages 34 et 149-50). L'ordre de succession des décans et la mention du décan 28b permet toutefois de la rapprocher des listes de type *Séthi IC* ou *Séthi IA*.

44 Les listes n° 9 et 10 se distinguent des huit autres listes au travers de la figuration du décan 19 entre les décans 25 et 26 en lieu et place des décans 20 et 22 (Table 4). La dénomination de cette étoile la rapproche toutefois de celle des décans 18 et 20 (Table 1). Nous considérerons donc l'ordre suivant : 18 – 20 – 19 comme arrangement standard.

45 Les décans 4a et 19 ne figurent pas dans la liste n° 19, dont l'arrangement stellaire est très proche de celui de la liste figurant au plafond de la tombe de *Senenmout* (voir Chap. 2 §. 7). Le décan 4a ne figure pas non plus entre les décans 3b et 5a sur les autres listes de type *Senenmout* ni sur les listes de types *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. Le décan 19 est mentionné sur la liste n° 16 ainsi que sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* – sur la liste n° 19, il est remplacé par le décan 21, dont la signification est proche (Table 1). Le décan 21 est absent de la liste n° 16 en revanche. D'où l'arrangement standard proposé : 18 – 19 ou 21 – 21a.

46 Les listes de type *Senenmout* diffèrent principalement au travers du choix et de l'ordre des décans liés à la constellation d'Orion. Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont proposé que les décans d'Orion figurent dans l'ordre suivant : 24 – 26a – 27a – 27b – 27c (Table 8) (Neugebauer et Parker, 1969, pages 112-4).

Listes de type <i>ṯmʒt</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de type <i>Senenmout</i>	Listes de type <i>Séthi IC</i>	Listes de type <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>
1	31a	31a	31a	31a	31
2	32	32	32	32	31b
3	34	34	34	34	32
4	35a	35a	35a	35a	34
5	36a	36a	36a	36a	35a
6	1	1	1	1	36a
7	2	2	2	2	2a
8	3a	3a	3a	3 (ou 3a)	3
9	3b	3b	3b	4b (ou 3b)	4
10	4a	5a	5a	5a	5
11	5a	6	6	6	5a
12	6	7	7	7	6
13	7	8	8	8	7
14	8	9b	9b	9b	8
15	9b	11	11	11	9b
16	11	12a	12a	12a	11
17	12a	13	13	13	12a
18	13	13a	13a	13a	13
20	13a	14a	14a	14a	13a
19	14a	15	15	15	14a
22	15	16	16	16	15
23	16	17	17	17	16
24	17	18	18	18	17
25	18	19	19	19	18
26	19 ou 21	21	21	(20a)	19
28	21a	21a	21a	21	20a
29	21b	21b	21c	21a	21
30	22	22	21b	21c	21a
31	22a	22a	22	21b	21b
32	23	23	22a	22	22a
33		24	23	22a	23
34		26a	24	23	24
35		27a	28b	24	26
36		27b	26	28b	26b
1		27c	28a	26a	29
2		31	27a	28a	30
A		Jupiter	27d	27a	
B		Saturne	27c	27d	
C		Mars	31	27c	
D		31b	Jupiter	31	
E		40e	Saturne	39a	
F		4a	Mars	29b	
G		4 (ou 40g)	31b	29a	
H		5 (ou 40h)	40e	Jupiter	
J		40i	4a	Saturne	
K		Mercuré	4	Mars	
M		Vénus	5	31b	
			40i	39b	

Listes de type <i>tm³t</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de type <i>Senenmout</i>	Listes de type <i>Séthi IC</i>	Listes de type <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>
			<i>Mercure</i> <i>Vénus</i>	(40a) (40b) (40c) (40d) 40e 4a 40f 4 (ou 40g) 5 40i <i>Mercure</i> <i>Vénus</i>	

Table 8 : Comparatif entre les six types de listes d'étoiles décanales⁴⁷.

En italique figurent les décans épagomènes et les planètes visibles de notre système solaire.
Entre parenthèses figurent les décans mentionnés sur une minorité de listes du type considéré.

Les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent 23 nouveaux décans notés 2a, 4b, 20a, 21c⁴⁸, 26b, 27c, 27d, 28a, 28b, 29a, 29b, 31b⁴⁹, 39a, 39b, 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h et 40i (Table 1), ce qui porte le nombre total d'étoiles à identifier à 88 (voir Chap. 2 §.6)⁵⁰.

47 Sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, les appellations hiéroglyphiques des planètes Jupiter, Saturne, Mars, Mercure et Vénus figurent parmi celles des décans.

48 Le décan 21c est mentionné au sein du *Papyrus Tebtynis*, considéré comme une copie tardive d'une tombe du Moyen Empire (dynastie XII). Six décans y figurent dans l'ordre suivant : 18–19–21–21c–22–22a (Osing et Rosati, page 94).

49 Le décan 31b est mentionné sur l'horloge n° 14 (voir Planche 24). Toutefois, il ne figure pas dans la liste correspondante (Table 4).

50 Le passage des listes de type *knmt* aux listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* s'est accompagné d'un changement dans la graphie de certains décans : sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, *knm* (décan 13) est noté *knmw*, *spd* (décan 31) est remplacé par *spdt* ; sur les listes de type *Senenmout*, *srt* (décan 15) se nomme *sit*, *s³wy srt* (décan 16) est remplacé par *s³wy sit* ; sur les listes de type *Séthi IA*, *tm³t hrt* (décan 1) et *tm³t hrt* (décan 2) sont notés *tm³t hrt* et *tm³t hrt*. Enfin, sur les listes de type *Séthi IB*, *štwy* (décan 31b) est remplacé par *štw*, le décan 2a s'écrit *tm³t hrt hrt* au lieu de *tm³t hrt hrt*, *s³wy srt* (décan 16) devient *s³ srt* et *tpy-špd* (décan 30) s'écrit *tpy-špdt*. Au vu des arrangements stellaires portés en Table 8, cette évolution de syntaxe semble n'avoir eu aucun impact sur la forme et la localisation spatiale des constellations correspondantes. Notons que l'écriture du décan 31 sous la forme *spdt* remonte vraisemblablement au Moyen Empire, comme en atteste un fragment du sarcophage d'*Heny* retrouvé à Assiout et daté de la XIIème dynastie (Neugebauer et Parker, 1969, pages 8-10 et Kahl, 1999, page 201).

2. Caractéristiques des listes d'étoiles

Les listes de types *tmʾt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* diffèrent principalement au travers du nombre d'étoiles mentionnées :

- ✓ les listes de type *tmʾt* mentionnent 47 décans (Table 8) :
 - 36 d'entre eux, numérotés 1 à 36, sont des décans réguliers ;
 - les 11 autres, notés A à M, sont des décans épagomènes (voir Chap. 2 §.2) ;
- ✓ les listes de type *knmt* mentionnent 30 décans réguliers (Table 8). La régularité du décan 4a sera discutée au §.3⁵¹ ;
- ✓ les listes de type *Senenmout* mentionnent 42 décans (Table 8) :
 - 36 d'entre eux figurent entre les décans 31a et 31. Il s'agit de décans réguliers, marquant la succession des heures de nuit au cours des trente-six décades de l'année ronde égyptienne ;
 - 6 autres décans, notés 31b, 40e, 4a, 4 (ou 40g), 5 (ou 40h) et 40i, sont mentionnés entre les planètes Jupiter, Saturne et Mars d'une part, Mercure et Vénus d'autre part. D'après Otto Neugebauer et Richard A. Parker, il s'agit de décans épagomènes (Neugebauer et Parker, 1969, pages 117-8)⁵² ;
- ✓ les listes de type *Séthi IC* mentionnent 45 décans (Table 8) :
 - entre les décans 31a et 31 figurent 39 décans. L'analogie entre les listes de type *Senenmout* et les listes de type *Séthi IC* suggère que trois d'entre eux – les décans 21c, 28b et 28a – ont été insérés par erreur parmi les 36 décans réguliers. D'après Otto Neugebauer et Richard A. Parker, ces trois décans sont épagomènes (Neugebauer et Parker, 1969, page 133) ;
 - à la suite du décan 31, entre les planètes Jupiter, Saturne et Mars d'une part, Mercure et Vénus d'autre part, figurent 6 autres décans : 31b, 40e, 4a, 4, 5 et 40i. Tout comme sur les listes de type *Senenmout*, il s'agit de décans épagomènes – ce qui porte leur nombre total à 9 ;
- ✓ les listes de type *Séthi IA* mentionnent 54 ou 55 décans (Table 8) :
 - entre les décans 31a et 31 figurent 39 ou 40 décans selon que nous tenons compte ou pas du décan 20a mentionné sur l'une des huit listes. L'analogie avec les listes de types *Senenmout* et *Séthi IC* permet de classer les décans 21c, 28b et 28a parmi les décans épagomènes (Neugebauer et Parker, 1969, pages 127-8) ;

51 Sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, qui dérivent des listes de type *knmt*, le décan 4a figure après le décan 31, parmi les décans épagomènes (Table 8). Par conséquent, il est possible que le décan 4a, mentionné sur les listes n° 15, 16 et 17, ait été inséré par erreur entre les décans 3b et 5a. Il ne figure pas sur la liste n° 19 (Table 4).

52 En comparant les listes de type *Senenmout* aux listes de type *Séthi IA*, Neugebauer et Parker sont parvenus à constituer une liste de 12 décans épagomènes qui auraient dû figurer à la suite du décan 31 : 31b – 39b – 40a – 40b – 40c – 40d – 40e – 4a – 40f – 4 – 5 – 40i (Neugebauer et Parker, 1969, pages 118 et 125-6).

- à la suite du décan 31 figurent trois autres décans notés 39a, 29b et 29a. D'après Otto Neugebauer et Richard A. Parker, il s'agit également de décans épagomènes (Neugebauer et Parker, 1969, page 127). Logiquement, les décans 29b et 29a, relatifs à la constellation d'Orion, auraient dû figurer avant le décan 31 ;
- entre les planètes Jupiter, Saturne et Mars d'une part, Mercure et Vénus d'autre part, sont mentionnés 7 (ou 11) autres décans⁵³, ce qui porte à 12 le nombre maximal de décans épagomènes figurant entre les planètes extérieures et intérieures : 31b, 39b, 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 4a, 40f, 4 (ou 40g), 5 et 40i (Neugebauer et Parker, 1969, pages 125-6)⁵⁴ ;
- ✓ Les listes de type *Séthi IB* mentionnent 36 décans. Il s'agit de 36 décans réguliers marquant la succession des heures de nuit au cours des 36 décades de l'année ronde égyptienne, comme en attestent les dates inscrites aux côtés des noms des décans 5, 26b, 29, 31b, 32, 34, 35a, 36a, 2a, 3 et 4, au plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (Table 9) (Neugebauer et Parker, 1960, pages 84-6).

Décan	Première heure	Entrée dans la Douat	Naissance
5	II Peret 6	I Chemou 6	III Chemou 16
5a	II Peret 16	I Chemou 16	III Chemou 26
6	II Peret 26	I Chemou 26	IV Chemou 6
7	III Peret 6	II Chemou 6	IV Chemou 16
8	III Peret 16	II Chemou 16	IV Chemou 26
9b	III Peret 26	II Chemou 26	I Akhet 6
11	IV Peret 6	III Chemou 6	I Akhet 16
12a	IV Peret 16	III Chemou 16	I Akhet 26
13	IV Peret 26	III Chemou 26	II Akhet 6
13a	I Chemou 6	IV Chemou 6	II Akhet 16
14a	I Chemou 16	IV Chemou 16	II Akhet 26
15	I Chemou 26	IV Chemou 26	III Akhet 6
16	II Chemou 6	I Akhet 6	III Akhet 16
17	II Chemou 16	I Akhet 16	III Akhet 26
18	II Chemou 26	I Akhet 26	IV Akhet 6
19	III Chemou 6	II Akhet 6	IV Akhet 16

53 Une seule des huit listes de type *Séthi IA* mentionne onze décans (Neugebauer et Parker, 1969, page 124).

54 Neugebauer et Parker ont proposé une liste de décans épagomènes qui auraient dû figurer à la suite du décan 31 : 21c - ? - ? - ? - ? - 28b - 28a - 29b - 29a - 31b - 39b - ? (Neugebauer et Parker, 1969, page 128).

Décan	Première heure	Entrée dans la Douat	Naissance
<i>20a</i>	III Chemou 16	II Akhet 16	IV Akhet 26
<i>21</i>	III Chemou 26	II Akhet 26	I Peret 6
<i>21a</i>	IV Chemou 6	III Akhet 6	I Peret 16
<i>21b</i>	IV Chemou 16	III Akhet 16	I Peret 26
<i>22a</i>	IV Chemou 26	III Akhet 26	II Peret 6
<i>23</i>	I Akhet 6	IV Akhet 6	II Peret 16
<i>24</i>	I Akhet 16	IV Akhet 16	II Peret 26
<i>26</i>	I Akhet 26	IV Akhet 26	III Peret 6
<i>26b</i>	II Akhet 6	I Peret 6	III Peret 16
<i>29</i>	II Akhet 16	I Peret 16	III Peret 26
<i>30</i>	II Akhet 26	I Peret 26	IV Peret 6
<i>31</i>	III Akhet 6	II Peret 6	IV Peret 16
<i>31b</i>	III Akhet 16	II Peret 16	IV Peret 26
<i>32</i>	III Akhet 26	II Peret 26	I Chemou 6
<i>34</i>	IV Akhet 6	III Peret 6	I Chemou 16
<i>35a</i>	IV Akhet 16	III Peret 16	I Chemou 26
<i>36a</i>	IV Akhet 26	III Peret 26	II Chemou 6
<i>2a</i>	I Peret 6	IV Peret 6	II Chemou 16
<i>3</i>	I Peret 16	IV Peret 16	II Chemou 26
<i>4</i>	I Peret 26	IV Peret 26	III Chemou 6

Table 9 : Au plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos figurent les dates auxquelles un décan donné cessa d'indiquer la première heure de nuit (première heure), débuta sa période d'invisibilité annuelle (entrée dans la Douat) et effectua son lever héliaque (naissance) au cours de l'année ronde considérée.

En italique figurent les décans non mentionnés au plafond du cénotaphe de *Séthi I* mais dont les noms ont été obtenus par comparaison avec les autres listes de type *Séthi IB* (Table 8).

La comparaison entre les arrangements stellaires caractérisant chacun des six types de listes d'étoiles (Table 8) permet de connaître leur principe de fonctionnement :

- ✓ au Chapitre 2 (voir §.3), nous avons établi que les horloges de type *tm³t* fonctionnaient sur la base de l'observation des apparitions successives d'étoiles dans le ciel nocturne (lever nocturne) puis crépusculaire (lever héliaque) au fil des décades de l'année civile égyptienne ;
- ✓ l'ordonnancement des décans au sein des listes de type *knmt* s'obtient en appliquant, aux listes de type *tm³t*, le principe du vagabondage de l'année civile égyptienne (voir Chap. 2 §.7). Cela implique que les horloges de type *knmt* fonctionnaient aussi sur la base de l'observation des levers successifs d'étoiles ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* diffèrent très peu les unes des autres :
 - les listes de type *Séthi IA* mentionnent les 39 premiers décans dans un ordre identique à celui caractérisant les listes de type *Séthi IC*⁵⁵ (Table 8);
 - les listes de type *Séthi IC* mentionnent les 36 décans réguliers dans un ordre identique à celui caractérisant les listes de type *Senenmout*⁵⁶ (Table 8) ;
 - les listes de type *Senenmout* mentionnent les 24 premiers décans dans un ordre quasiment identique à celui dans lequel ils figurent sur les listes de type *knmt*⁵⁷ (Table 8).

Ces quelques constatations suggèrent que les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent elles aussi les étoiles dans l'ordre de leurs levers successifs ;

- ✓ les inscriptions hiéroglyphiques figurant au plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos laissent penser que les listes de type *Séthi IB* mentionnent les étoiles dans l'ordre de leurs levers héliaques et de leurs culminations successives : entre le jour de leur lever héliaque (naissance) et celui auquel elles cessèrent d'indiquer la première heure de nuit (première heure de nuit) s'écoulent vingt décades (Table 9). Huit décades séparent donc l'instant de leur lever héliaque de celui auquel elles marquent pour la première fois la douzième et dernière heure de nuit, ce qui, selon Richard Parker, indique que l'instant de leur culmination dans le méridien du lieu sanctionnait chaque heure de nuit : « Puisqu'une étoile passe 80 jours à l'est du ciel avant de travailler, il est clair qu'elle indique une heure de nuit par son transit » (Parker, 1974, page 56).

55 La figuration des décans 3 et 4b au lieu des décans 3a et 3b sur certaines listes de type *Séthi IA* constitue la seule différence notable entre les deux types de listes (Table 8). Nous ne tenons pas compte ici de la liste mentionnant le décan 20a entre les décans 19 et 21. Les décans 26 et 26a portent des dénominations semblables (Table 1).

56 Les listes de type *Séthi IC* diffèrent des listes de type *Senenmout* au travers l'insertion de trois décans épagomènes (21c, 28b et 28a) parmi les décans réguliers (Table 8). Les décans 26 et 26a d'une part, 27b et 27d d'autre part, portent quant à eux des dénominations semblables (Table 1).

57 L'ajout du décan 4a entre les décans 3b et 5a sur trois des listes de type *knmt* constitue la seule différence notable entre les listes de types *Senenmout* et *knmt*.

En résumé,

- les listes de types *tmꜣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent les étoiles dans l'ordre de leurs levers successifs dans le ciel nocturne (lever nocturne) puis crépusculaire (lever héliaque) ;
- les listes de type *Séthi IB* mentionnent les décans dans l'ordre de leurs levers héliaques, de leurs culminations et de leurs couchers héliaques successifs (Neugebauer et Parker, 1969, page 156).

3. Datation des listes d'étoiles

Au chapitre précédent, nous avons daté les listes de types *tmꜣt* et *knmt* des dynasties XI et XII (Table 7). Cette datation a été principalement déduite des positions occupées, sur ces listes, par les décans 1 et 31 (voir Chap. 2, §.3 et 7). Cette même méthode va nous permettre d'estimer l'époque de conception des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. La datation ainsi obtenue devra être compatible avec deux des constats dressés auparavant (C1 et C2), au sein des notes 10, 11, 12 et 13, et répondre aux questions qu'ils soulèvent :

- C1. la mention et l'appellation hiéroglyphique de certains des décans mentionnés sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* remontent au Moyen Empire (voir notes 48, 49 et 50). Se pourrait-il que les prototypes de ces listes aient été conçus sous le Moyen Empire (dynastie XII), parallèlement aux horloges de type *knmt* ?
- C2. Les décans 4 et 5 puis 31b et 4a sont tour à tour passés du rang de décans réguliers au rang de décans épagomènes (voir note 51 et Table 8). Ce constat témoigne de la postériorité des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* sur les listes de types *tmꜣt* et *knmt* : en effet, « la rotation du calendrier civil égyptien transforme un nombre toujours plus grand de décans épagomènes en décans réguliers et certains décans réguliers en décans épagomènes » (Neugebauer et Parker, 1960, page 110). Qu'en est-il des listes de type *Séthi IB* ? La figuration des décans 31b, 4 et 5 parmi les 36 décans réguliers implique-t-elle leur antériorité (H1) ou leur postériorité (H2) sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* ?

Afin de répondre à ces questions et d'estimer l'époque de conception des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, examinons plus en détail chacun des éléments dont nous disposons :

1. la mention et l'appellation hiéroglyphique de certains décans :

- ✓ en note 12, nous avons noté l'évolution constatée dans la graphie des décans 1, 2, 13, 15, 16, 30, 31 et 31b. Il est notamment apparu que l'écriture du décan 31 sous la forme *spdt* était commune à l'ensemble des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, et qu'elle remontait au Moyen Empire (dynastie XII) ;

- ✓ le décan 21c, mentionné sur les listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA* entre les décans 21a et 21b (Table 8), est cité dans le *Papyrus Tebtynis*. Son apparition date donc du Moyen Empire (voir note 48) ;
- ✓ le décan 31b est mentionné pour la première fois sur l'horloge n° 14 (voir note 49), datée de la dynastie XII (Table 7) ;

2. *les positions occupées par les décans 4, 4a, 5 et 31b :*

- ✓ sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, les décans 31b, 4a, 4 et 5 figurent parmi les décans épagomènes (voir §.2) ;
- ✓ sur les listes de type *Séthi IB*, les décans 31b, 4 et 5 figurent parmi les décans réguliers ; le décan 4a est absent (Table 8) ;
- ✓ sur les horloges de type *knmt* n° 14, 15, 16 et 17, le décan 4a figure parmi les décans réguliers. Sur l'horloge n° 14, les décans 31b, 4 et 5 figurent également parmi les décans réguliers ; en revanche, ils sont absents des autres horloges de type *knmt* ;
- ✓ sur les listes de type *tm̓t*, les décans 4 et 5 sont mentionnés parmi les décans réguliers ; en revanche, les décans 4a et 31b sont absents (Tables 4 et 8) ;

3. *la position occupée par le décan 1 :*

- ✓ sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, le décan 1 figure en 6ème position (Table 8), ce qui, en vertu du vagabondage de l'année civile égyptienne (voir Chap. 2 §.7), nous permet de les dater d'une époque postérieure de $(50 \times 4 =) 200$ ans à l'époque de constitution des listes de type *tm̓t* (Table 7), c'est-à-dire de l'une des années comprises entre 1901 et 1862 BC ;
- ✓ sur les listes de type *Séthi IB*, le décan 1 est remplacé par le décan 2a (Table 8) dont le lever héliaque se produit le *II Chemou 16* (Table 9). Sur les listes de type *tm̓t*, le décan 1 marque la douzième et dernière heure de nuit à compter du *IV Peret 21* ou du *I Chemou 16* (Table 3) :
 - entre le *IV Peret 21* et le *II Chemou 16* s'écoulent 55 jours, ce qui nous incite à dater les listes de type *Séthi IB* d'une époque postérieure de $(55 \times 4 =) 220$ ans à l'époque de conception des listes de type *tm̓t*, c'est-à-dire de l'une des années comprises entre 1881 et 1842 BC ;
 - entre le *I Chemou 16* et le *II Chemou 16* s'écoulent 30 jours, ce qui nous incite à dater les listes de type *Séthi IB* d'une époque postérieure de $(30 \times 4 =) 120$ ans à l'époque de constitution des listes de type *tm̓t*, c'est-à-dire de l'une des années comprises entre 1981 et 1942 BC ;

4. *la position occupée par le décan 31 :*

- ✓ sur les listes de type *Senenmout*, le décan 31 est mentionné en 36ème position (Table 8). Leur figuration sous forme d'horloge stellaire (Fig. 5) se traduit par la mention du décan 31 au bas de la 25ème colonne. Sur les listes de type *tm̓t*, le décan 31 figure au bas de la 18ème colonne (voir Chap. 2 §.3). Nous en déduisons que le prototype des listes de type *Senenmout* date d'une époque postérieure de

- ✓ sur les listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA*, le décan 31 figure en 39ème position – en raison de l'insertion des décans 21c, 28b et 28a (Table 8)⁵⁸. Ces trois décans ont été, nous l'avons vu au §.2, insérés par erreur parmi les 36 décans réguliers. Nous en déduisons que les listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA* sont contemporaines des listes de type *Senenmout* : elles datent de l'une des années entre 1821 et 1782 BC ;
- ✓ les listes de type *Séthi IB* mentionnent la survenue du lever héliaque du décan 31 le *IV Peret 16* (Table 9). Les listes de type *tm3t*, datées d'une époque comprise entre l'an 2101 et l'an 2062 avant notre ère (Table 7), mentionnent la survenue de ce lever héliaque le *II Peret 21* (voir Chap. 2 §.3). Entre le *II Peret 21* et le *IV Peret 16* s'écoulent 55 jours. Etant donnée la position occupée par le décan 31, les listes de type *Séthi IB* datent de l'une des années entre (2101 – 55 x 4 =) 1881 et (2062 – 55 x 4 =) 1842 BC. Notre proposition est compatible avec un extrait du *Papyrus el-Lahoun*⁵⁹.

[illegible]

Figure 5 : Figuration des listes de type *Senenmout* sous la forme d'une horloge stellaire.⁶⁰

60 La ligne horizontale au-dessus de laquelle figurent les appellations des décans 7 à 31 (voir Planche 5) rappelle le bord inférieur des horloges stellaires des dynasties XI et XII. Selon Otto Neugebauer et Richard A. Parker, elle constitue le rappel des décans sanctionnant la douzième et dernière heure de nuit au fil des décades de l'année de conception de la liste de *Senenmout* (Neugebauer et Parker, 1960, page 22 et Clagett, 1995, page 114).

La Table 10 dresse le récapitulatif des résultats que nous avons obtenus par application, sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, des deux méthodes de datation basées, l'une sur la position occupée par le décan 1, l'autre sur la position occupée par le décan 31.

	Listes de type <i>Senenmout</i>	Listes de type <i>Séthi IC</i>	Listes de type <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>
Datation déduite de la position occupée par le décan 1	1901 – 1862 BC	1901 – 1862 BC	1901 – 1862 BC	1981 – 1942 BC (H1) 1881 – 1842 BC (H2)
Datation déduite de la position occupée par le décan 31	1821 – 1782 BC	1821 – 1782 BC	1821 – 1782 BC	1881 – 1842 BC (H1)

Table 10 : Datation des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* déduite des positions occupées sur ces listes par les décans 1 et 31.

Au vu de ces résultats, il apparaît que :

- ✓ les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* ont été conçues à une même époque⁶¹, simultanément ou quelques décennies après les listes de type *knmt* (1941 – 1862 BC) (Table 7) ;
- ✓ la datation des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* déduite de la position occupée par le décan 1 est antérieure de 80 ans à la datation obtenue à partir de la position occupée par le décan 31. Notre travail d'identification des décans permettra d'expliquer cet écart par diverses erreurs intervenues dans l'arrangement des décans au sein de ces listes (voir Chap. 6 §.2) ;
- ✓ la cyclicité des listes de type *Séthi IB* – en d'autres termes, la mention des seuls 36 décans réguliers – ainsi que la référence au *Papyrus el-Lahoun* (voir note 59) nous permettent d'exclure l'hypothèse selon laquelle ces listes auraient été conçues entre l'an 1981 et l'an 1942 BC. Ainsi, le prototype des listes de type *Séthi IB* aurait été conçu entre l'an 1881 et l'an 1842 BC.

61 La reconstitution des listes de 12 décans épagomènes figurant à la suite du décan 31 sur les listes de types *Senenmout* et *Séthi IA* (voir notes 52 et 54) a conduit Otto Neugebauer et Richard A. Parker à dater les listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA* d'une époque postérieure de 200 ou 400 ans à l'époque de constitution des listes de type *Senenmout*, estimée à partir de la position occupée par le décan 31 (Neugebauer et Parker, 1969, pages 126-8).

Les résultats portés en Table 10 vont dans le sens des constatations dressées précédemment :

- ✓ les prototypes des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* datent de la XII^{ème} dynastie, comme le laissent supposer la mention et la graphie des décans 31, 31b et 21c (C1) ;
- ✓ les prototypes des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* sont postérieurs aux listes de type *knmt*, conformément à ce que suggère le passage des décans 4 et 5 puis 31b et 4a du rang de décans réguliers au rang de décans épagomènes (C2) ;
- ✓ de par l'incertitude entourant l'époque de datation des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 10), nous ne pouvons trancher en faveur de l'hypothèse H1 ou H2 : le prototype des listes de type *Séthi IB* a été conçu bien avant (H1), simultanément ou peu après (H2) les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*.

Parce que leurs arrangement stellaires présentent quelques notables différences, les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* peuvent être considérées comme autant de révisions des horloges stellaires de type *knmt*, elles-mêmes issues des horloges de type *tm̓t* (Neugebauer et Parker, 1969, pages 118 et 128).

4. Discussion relative à l'époque et au lieu de constitution des six prototypes de listes d'étoiles

4.1. Époque de constitution des six prototypes de listes d'étoiles

Les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* ont été extraites de vestiges communément datés de la Fin de la Première Période Intermédiaire à l'Époque Romaine (Table 8). Nous avons déduit l'époque de conception de leurs prototypes respectifs (Tables 7 et 10) des positions occupées par les décans 1 et 31 :

- ✓ la position occupée par le décan 31 sur les listes de type *tm̓t* – en d'autres termes, la date de lever héliaque de l'étoile Sirius à l'époque considérée (voir Chap. 2 §.3 et 7) – nous a permis de connaître l'époque de constitution des listes de ce type (Table 7) ;
- ✓ la position occupée par le décan 1 sur les listes de type *knmt* – c'est-à-dire l'application du principe de vagabondage de l'année civile égyptienne aux listes de type *tm̓t* (voir Chap.2 §.7) – nous a permis de déterminer l'époque de constitution des listes de type *knmt* (Table 7) ;
- ✓ les positions occupées par les décans 1 et 31 sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* – c'est-à-dire l'application du principe de vagabondage de l'année civile égyptienne aux listes de type *tm̓t* (voir §.3) – nous a permis de connaître l'époque de constitution des prototypes de ces quatre types de listes (Table 10).

Nos propositions de datation :

- ✓ des listes de types *tmꜣt* et *knmt* (Table 7) ont été confirmées par la datation de la moitié des sarcophages correspondants, établie sur la base de critères archéologiques, philologiques, topologiques, etc. (voir Chap. 2 §.7) ;
- ✓ du prototype des listes de type *Séthi IB* (Table 10) a trouvé confirmation dans la référence au *Papyrus el-Lahoun* (voir note 59) ;
- ✓ des prototypes des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 10) n'ont été étayées par aucun élément de nature archéologique.

Ainsi, notre datation astronomique des prototypes des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* ne peut être confirmée. Toutefois, ils ont nécessairement été conçus entre la dynastie XII (Table 10) et l'époque d'édification des monuments sur lesquels ils figurent, c'est-à-dire :

- ✓ entre l'an 1900 et l'an 1450 BC⁶² pour ce qui est des listes de type *Senenmout* ;
- ✓ entre 1900 et 1280 BC⁶³, pour ce qui est des listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA*.

Notre travail d'identification des décans égyptiens – plus particulièrement, nos propositions d'identification de chacun des 90 décans –, devra tenir compte de l'incertitude entourant la datation des prototypes des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*⁶⁴.

4.2. Lieu de conception des six prototypes de listes d'étoiles

Les listes de types *tmꜣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* ornent des édifices disséminés le long de la Vallée du Nil, entre Alexandrie au nord ($\varphi = 31^\circ$) et Assouan au sud ($\varphi = 24^\circ$) (Neugebauer et Parker, 1969, pages 6-140) :

- dix-sept des vingt horloges stellaires de types *tmꜣt* et *knmt* ont été retrouvées à Assiout ou Abydos, en Moyenne Égypte ; les trois autres proviennent de la région thébaine, en Haute Égypte (voir Chap. 2 §. 6) ;
- douze des dix-huit listes de type *Senenmout* proviennent de la région thébaine ; deux autres ont été retrouvées près de Memphis, en Basse Égypte ; deux autres ont été découvertes à Hermopolis, en Moyenne Égypte ; enfin, deux sont d'origine inconnue ;
- cinq des sept listes de type *Séthi IC* proviennent de la région thébaine ; les deux autres ornent des édifices d'Abydos, en Moyenne Égypte ;
- cinq des huit listes de type *Séthi IA* proviennent de la région thébaine ; une autre d'Abydos ; une autre du Fayoum ; une dernière est d'origine inconnue ;
- cinq des onze listes de type *Séthi IB* proviennent de Sohag, Abydos et Dendérah, en Moyenne Égypte ; cinq autres listes ornent des édifices de Haute Égypte, entre Esna et Assouan ; une dernière liste a été retrouvée dans le delta.

62 *Senenmout* était l'architecte de la reine *Hatchepsout* (1479 à 1457 BC) (Vandersleyen, 1995, pages 271-318).

63 Le règne du pharaon *Séthi I* est daté des environs de 1290-1279 BC (Vandersleyen, 1995, pages 497-512).

64 Les effets d'un changement d'époque historique sur l'échantillon d'étoiles candidates aux décans égyptiens seront examinés au Chapitre 6 (voir §.1.2.1).

Toutes les listes qui appartiennent à un même type n'ont pas été retrouvées en un même lieu, ni en une même région d'Égypte. Leur contenu, similaire, ne reflète donc pas la différence de latitudes géographiques entre villes égyptiennes. Pourtant, le lever héliaque d'une étoile survient d'autant plus tard qu'il est observé en un lieu de latitude φ élevée : en moyenne, la variation d'un degré de la latitude de l'observateur se traduit par le décalage d'une journée de la date de lever héliaque de l'étoile considérée (Schaefer, 2000). En toute rigueur, les horloges stellaires retrouvées en des lieux de latitudes différentes devraient faire état de ce décalage. En réalité, le principe de fonctionnement des horloges stellaires (voir Chap. 2 §.3) dont sont extraites les listes de types *tmꜣt* et *knmt* permet de s'affranchir des variations de latitude géographique. A titre d'exemple, considérons l'horloge n° 1 : le décan 31 figure au bas de la 18ème colonne. Cela signifie que le lever (héliaque) de l'étoile Sirius marquait la douzième et dernière heure de nuit entre le *II Peret 21* et le *II Peret 30* de l'époque considérée : l'une des années comprises entre l'an 2101 et l'an 2062 BC (voir Chap. 2 §.3 et Table 7). Les dates de lever héliaque de Sirius en différents lieux de latitude égyptienne figurent en Table 11 :

Epoque considérée	Date de lever héliaque de Sirius (<i>II Peret 21</i>)	Site d'observation
2101 – 2098 BC	19 juillet	Alexandrie ($\varphi \approx 31^\circ$)
2097 – 2094 BC	18 juillet	Memphis ($\varphi \approx 30^\circ$)
2093 – 2090 BC	17 juillet	
2089 – 2086 BC	16 juillet	Assiout ($\varphi \approx 27^\circ$)
2085 – 2082 BC	15 juillet	
2081 – 2078 BC	14 juillet	
2077 – 2074 BC	13 juillet	Thèbes ($\varphi \approx 25^\circ$)
2073 – 2070 BC	12 juillet	
2069 – 2066 BC	11 juillet	Assouan ($\varphi \approx 24^\circ$)
2065 – 2062 BC	10 juillet	

Table 11 : Dates de lever héliaque de Sirius en différents lieux de latitude égyptienne⁶⁵.

Au vu de la Table 11, il apparaît qu'entre le *II Peret 21* et le *II Peret 30* de l'une des années comprises entre l'an 2101 et l'an 2062 BC, le lever héliaque de l'étoile Sirius a pu être observé en chacun des sites égyptiens caractérisé par une latitude comprise entre 22° et 31° . Il en est de même pour les autres décans mentionnés sur ces horloges. Cela s'explique par le fait que moins de 10° de latitude séparent les villes d'Alexandrie et d'Assouan (voir note 65).

⁶⁵ Sirius effectue son lever héliaque à Memphis le 17-18 juillet de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC. Pour connaître sa date de lever héliaque en tout autre lieu d'Égypte, il suffit d'appliquer le principe selon lequel la variation d'un degré de latitude de l'observateur se traduit par le décalage d'une journée de la date de lever héliaque de l'étoile considérée (Schaefer, 2000).

En conclusion :

- ✓ parce qu'elles fonctionnaient sur la base de l'année civile égyptienne divisée en décades ou périodes de dix jours, les horloges stellaires de types *tmꜣt* et *knmt* pouvaient être utilisées en tout lieu d'Égypte ;
- ✓ comme en attestent les dates figurant au plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (Table 9), les listes de type *Séthi IB* fonctionnaient elles aussi sur la base de l'année civile égyptienne. Leur contenu s'adaptait donc à toute latitude égyptienne ;
- ✓ aucune date ne figure aux côtés des décans mentionnés sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*. Toutefois, leur similitude avec les listes de type *knmt* implique qu'elles fonctionnaient également sur la base de l'année civile égyptienne (voir §.2). Leur contenu s'adaptait donc à toute latitude égyptienne⁶⁶.

L'examen du contenu des six types de listes d'étoiles dont nous disposons ne permet pas de déterminer la latitude du site d'observation des étoiles décanales. Pour ce faire, il nous faut considérer une donnée que nous n'avons pas encore exploitée : leur période d'invisibilité annuelle – celle de l'étoile Sirius notamment – dont nous savons qu'elle avoisinait les 70 jours à l'époque historique considérée et qu'elle varie en fonction de la latitude géographique. Ce point sera abordé au Chapitre 5 (voir §.1), après que nous ayons détaillé le principe de détermination de la période d'invisibilité annuelle des étoiles au Chapitre 4.

5. Conclusion

Les similitudes entre les arrangements stellaires des quatre-vingt nouvelles listes d'étoiles ont permis de les regrouper en quatre types : *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. A l'instar des listes de types *tmꜣt* et *knmt* (voir Chap. 2), les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent les étoiles dans l'ordre de leurs apparitions successives à l'est : levers nocturnes et levers héliaques. Les listes de type *Séthi IB* mentionnent quant à elles les décans dans l'ordre de leurs levers héliaques, de leurs culminations et de leurs couchers héliaques successifs. Afin de déterminer ces instants, nous allons, au Chapitre 4, développer un modèle combinant divers paramètres astronomiques et certains critères de visibilité d'une étoile dans le ciel nocturne et crépusculaire de l'Égypte ancienne.

⁶⁶ Les effets d'une variation de latitude géographique sur l'échantillon d'étoiles candidates aux décans égyptiens seront examinés au Chapitre 6 (voir §.1.2.2).

4. Détermination de la période d'invisibilité annuelle des étoiles

Les listes de types *tm3t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent, dans l'ordre de leurs apparitions ou de leurs culminations successives (Table 8), 90 étoiles visibles à l'oeil nu caractérisées par une période d'invisibilité annuelle voisine de 70 jours aux lieux et époques considérés (voir Chap. 1 §.1). Afin de les localiser sur la voûte céleste et d'affiner les contours de l'anneau décanal défini par Neugebauer et Parker (Fig. 1), nous allons concevoir un modèle de visibilité d'étoile à l'oeil nu. Ce modèle combine certains paramètres astrométriques (Bureau des Longitudes, 1998 et Kovalevsky et Seidelmann, 2004) et divers critères de visibilité à l'oeil nu (Schaefer, 1993) d'une étoile dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne. Les éléments astrométriques et photométriques n'ayant pas d'impact réel sur la période d'invisibilité annuelle des étoiles seront tour à tour négligés.

1. Étapes de constitution du modèle de visibilité stellaire

La constitution du modèle de visibilité stellaire que nous proposons requiert :

1. la constitution d'une base de données stellaires. Cette base de données doit mentionner l'ensemble des étoiles visibles à l'oeil nu – c'est-à-dire de magnitude apparente inférieure ou égale à 6 (voir §.3) ;
2. la localisation des étoiles constituant la base de données sur la voûte céleste locale à l'époque historique considérée⁶⁷. A cette fin, divers éléments astrométriques doivent être considérés : le mouvement qui anime chaque étoile (voir §.4.1), les effets de parallaxe et d'aberration (voir §.4.2) ainsi que les effets de précession-nutation et du mouvement polaire sur l'axe de rotation de la Terre (voir §.4.3). Leurs importances respectives seront tour à tour discutées, en relation avec la précision recherchée (voir §.2) ;
3. la localisation du Soleil sur la voûte céleste locale en chaque instant de l'époque historique considérée. Cela nécessite de considérer divers éléments de l'orbite de révolution de la Terre autour du Soleil (voir §.6.1) ;
4. la détermination des instants auxquels chaque étoile et le Soleil traversent l'horizon local en chaque jour de l'époque historique considérée (voir §.6.3) ;

⁶⁷ Les étapes 3, 4 et 5 du test de visibilité concernent uniquement les étoiles non circumpolaires. Cette deuxième étape s'accompagne donc de l'exclusion, de la base de données stellaires, des étoiles dont la période d'invisibilité annuelle est égale à 0 ou 365 jours aux lieux et époques considérés (voir §.5.1).

5. la mise en place d'un test de visibilité de chaque étoile non circumpolaire entre les instants auxquels l'étoile et le Soleil apparaissent à l'est d'une part, disparaissent à l'ouest d'autre part. Cette dernière étape présuppose la quantification des effets de l'extinction atmosphérique sur l'augmentation de la magnitude apparente de chaque étoile (voir §.6.4), le calcul de la brillance du ciel en lieu et place de l'étoile considérée (voir §.6.5) ainsi que la détermination du seuil de détection du point source que constitue chaque étoile par l'observateur égyptien (voir §.6.6).

Afin de prendre en compte les seuls éléments astrométriques et photométriques ayant un impact réel sur la visibilité des étoiles dans le ciel de l'Égypte ancienne, nous allons établir la précision à laquelle les calculs doivent s'effectuer.

2. Estimation de la précision recherchée

Les éléments astrométriques et photométriques dont les effets sur la période d'invisibilité annuelle des étoiles sont négligeables sont ceux dont l'ordre de grandeur est nettement inférieur à la précision recherchée. La précision recherchée sur la période d'invisibilité annuelle de chaque étoile est de deux jours : en effet, nous admettons une erreur d'une journée sur la détermination de leur date de coucher héliaque ainsi qu'une erreur d'une journée sur la détermination de leur date de lever héliaque. Cette erreur d'une journée est la somme des incertitudes caractérisant chacun des éléments astrométriques et photométriques considérés⁶⁸.

Le *jour sidéral* ou période de rotation apparente des étoiles autour de la Terre est inférieur de 3 min 56 sec au *jour solaire* défini comme la période de rotation apparente du Soleil autour de la Terre. Chaque jour, l'instant auquel une étoile traverse l'horizon oriental ou occidental survient donc 3 min 56 sec plus tôt, et durant vingt-quatre heures solaires, une étoile parcourt en apparence une distance supérieure à 360 degrés – plus exactement, égale à 360,98 degrés. Ainsi donc, une erreur d'une journée sur la date de coucher ou de lever héliaque d'une étoile se traduit par un décalage Δ voisin du degré dans la position qu'occupe cette étoile sur la voûte céleste locale – hauteur h et azimut az confondus. En valeur absolue,

$$\Delta = \sqrt{(\Delta h)^2 + (\Delta az \times \cos \Delta h)^2} = 0,98^\circ$$

où Δh et Δaz désignent respectivement les différences de hauteurs et d'azimuts d'une même étoile à vingt-quatre heures solaires d'intervalle.

68 D'après Bradley E. Schaefer, l'incertitude sur la date de coucher ou de lever héliaque d'une étoile – date calculée à partir d'un modèle combinant des équations de mécanique céleste et divers critères de visibilité d'un objet dans le ciel – résulte principalement des variations de magnitude apparente de la Lune au cours de son cycle ainsi que de la présence de nuages dans le ciel (Schaefer, 1987). Les observations ont été menées sur plusieurs dizaines voire centaines d'années – en tous instants du cycle lunaire, donc. Pour des raisons statistiques, nous ignorerons la contribution de la Lune à la brillance totale du ciel (voir §.6.5). Par ailleurs, l'aridité du climat égyptien permet de supposer que les observations ont été conduites par temps clair, en l'absence de nuages. L'incertitude sur la date de coucher ou de lever héliaque de chaque étoile se trouve ainsi réduite au strict minimum.

Par ailleurs, afin de tenir compte des incertitudes relatives à chacun des éléments photométriques d'importance – augmentation de la magnitude apparente d'une étoile sous l'effet de l'extinction atmosphérique (voir §.6.4), brillance du ciel en lieu et place de l'étoile (voir §.6.5) et acuité visuelle de l'observateur (voir §.6.6.2), nous admettons qu'en son jour de coucher ou de lever héliaque, une étoile doit demeurer visible à l'observateur durant 2 minutes⁶⁹.

Ainsi donc, nous attribuons l'erreur d'une journée sur la date de coucher ou de lever héliaque de chaque étoile, pour moitié à des incertitudes astrométriques, pour moitié à des incertitudes photométriques. Cela se traduit par une erreur admise sur la position de chaque astre de ± 30 minutes d'arc, et donc par une erreur admise sur la position du Soleil et de chaque étoile de ± 15 minutes d'arc. Dans ce qui suit, la précision recherchée est notée :

$$p = \pm 15 \text{ minutes d'arc} \quad (2.1)$$

Connaissant la précision recherchée, nous sommes à présent en mesure de déterminer les éléments astrométriques et photométriques dont la prise en compte est nécessaire à la détermination de la période d'invisibilité annuelle des étoiles visibles à l'oeil nu constituant la base de données stellaires.

3. Constitution de la base de données stellaires

Le premier catalogue d'étoiles a été réalisé par *Hipparque* au II^{ème} siècle BC. Il a été repris et étendu, trois siècles plus tard, par *Ptolémée*. Ainsi, dans l'*Almageste* figure une liste de 1028 étoiles visibles depuis Rhodes et Alexandrie (Schaefer, 2001). Cette liste a constitué, durant mille ans, le catalogue de référence des astronomes arabes et médiévaux qui l'ont progressivement enrichi⁷⁰. S'est ensuivie la réalisation, à partir d'observatoires au sol puis dans l'espace, de catalogues stellaires toujours plus complets et précis, en termes photométriques et astrométriques. A présent, nous disposons de catalogues qui mentionnent cent milliers à plusieurs millions d'étoiles tels que les catalogues *Hipparcos* et *Tycho* (Capitaine, 2006).

Ces deux catalogues ont été réalisés à partir de la mission *Hipparcos* pilotée par l'ESA (European Space Agency) entre novembre 1989 et mars 1993 et publiés en 1997 (ESA, 1997)⁷¹. Ils fournissent les coordonnées équatoriales célestes, les mouvements propres en ascension droite et en déclinaison, les parallaxes trigonométriques, les magnitudes apparentes, les indices de couleurs, etc., d'étoiles pour l'époque de référence J1991.25⁷² dans le système ICRS (International Celestial Reference System) adopté par l'IAU (International Astronomical Union) dès 1998 (ESA, 1997, Capitaine, 2006 et IAU, 2007).

⁶⁹ Ce laps de temps de 2 minutes correspond au pas de l'itération.

⁷⁰ Citons, à titre d'exemple, les tables sultaniennes, parues en 1437, enrichies par Ulug Beg jusqu'à sa mort en 1449 puis traduites en langue occidentale à Venise en 1500.

⁷¹ Le contenu de ces catalogues est disponible sur le site Web du Centre de Données Astronomiques de Strasbourg (CDS) sous la référence I/239 : <http://cdsarc.u-strasbg.fr/viz-bin/Cat?I/239>.

⁷² J1991.25 correspond à JD 2448349.0625 en Temps Terrestre (TT).

Le système ICRS coïncide avec le système FK5 dont l'origine sur l'équateur instantané est l'équinoxe de la date J2000⁷³. La détermination de cette origine, et donc la construction du système FK5, nécessitait l'observation préalable des objets du système solaire (afin de déterminer l'écliptique), de l'axe de rotation de la Terre (afin de déterminer l'équateur céleste) et l'utilisation de théories dynamiques indiquant les variations de ces directions au cours du temps (sous l'effet des champs gravitationnels produits par les corps du système solaire). En revanche, le système ICRS a été construit à partir de l'observation de 610 radio-sources compactes extragalactiques – principalement des quasars : ses axes pointent en direction de ces objets lointains dont la position est connue à 0,5 millisecondes d'arc (mas) près et varie très peu au fil du temps ; son centre se confond avec le barycentre du système solaire.

Le système ICRS présente l'avantage d'être non-tournant (fixe) par rapport à l'ensemble de ces objets lointains, contrairement aux systèmes de référence antérieurs basés sur l'équateur et l'écliptique de la date J2000 tels que les systèmes FK. Il fournit donc, pour chaque objet, des positions fixes (indépendantes de la rotation et du mouvement de la Terre)⁷⁴ avec une grande précision (ESA, 1997, Volume 3, pages 388-9 et IAU, 2007).

Les catalogues *Hipparcos* et *Tycho* constituent l'extension, dans le domaine visible, du système ICRS⁷⁵. Ils diffèrent au travers du nombre d'étoiles qu'ils mentionnent (ou densité d'étoiles dans chaque zone du ciel considérée) ainsi qu'au travers de la précision qu'ils fournissent sur leurs coordonnées équatoriales célestes, leurs mouvements propres en ascension droite et en déclinaison (Capitaine, 2006). Ainsi,

- ✓ le catalogue *Hipparcos* est constitué de 118 218 étoiles de magnitude apparente inférieure à 12,4⁷⁶ dont la précision sur la position est comprise entre 1 et 3 millisecondes d'arc pour l'époque J1991.25 et la précision sur le mouvement propre entre 1 et 2 millisecondes d'arc par année julienne⁷⁷ ;
- ✓ le catalogue *Tycho-1* est constitué de 1 058 332 étoiles de magnitude apparente inférieure à 11,5⁷⁸, c'est-à-dire environ 100 000 fois moins brillantes que Sirius. La précision sur leur position et sur leur mouvement propre est environ 30 fois inférieure à celle caractérisant les étoiles du catalogue *Hipparcos* ;
- ✓ le catalogue *Tycho-2*, publié en 2000, constitue une synthèse entre le catalogue *Tycho-1* et 144 autres catalogues constitués à partir d'observations terrestres. Il mentionne les caractéristiques astrométriques et photométriques de 2 539 913 étoiles de magnitude comprise entre 1,9 et 11,5 avec une précision meilleure que le catalogue *Tycho-1* (Hog et al., 2000). En effet, l'incertitude sur les positions des étoiles est comprise entre 10 et 100 millisecondes d'arc ; l'incertitude sur leurs mouvements propres est, selon la magnitude considérée, comprise entre 1 et 3 millisecondes d'arc par année julienne.

73 J2000 correspond à JD 2451545.0, c'est-à-dire au 1er Janvier 2000 à 12h (en Temps Terrestre).

74 La position de chaque objet varie toutefois sous l'effet de son mouvement propre (voir §.4.1).

75 L'incertitude sur l'alignement des axes du système *Hipparcos* par rapport aux axes du système ICRS est de 0,6 mas à la date J1991.25 ; l'incertitude sur le taux de rotation du système *Hipparcos* par rapport au système ICRS est de 0,25 mas par année julienne (ESA, 1997, Volume 1, page 22).

76 Le catalogue *Hipparcos* est complet jusqu'à la magnitude V égale à 7,3.

77 Une année julienne est précisément constituée de 365,25 jours.

78 Le catalogue *Tycho-1* constitue une extension du catalogue *Hipparcos* aux magnitudes comprises entre 8 et 11. Le catalogue *Tycho-1* contient 97% des données du catalogue *Hipparcos* (ESA, 1997).

L'objectif de ce travail étant d'identifier les décans égyptiens à des étoiles visibles à l'oeil nu – c'est-à-dire de magnitude apparente inférieure ou égale à 6, nous allons constituer une base de données stellaires à partir du catalogue *Hipparcos*. Cette base de données rassemble 5041 étoiles de magnitude apparente inférieure ou égale à 6. Les caractéristiques propres à chaque étoile requises pour effectuer le travail d'identification des décans sont :

- ✓ leur identifiant dans le catalogue *Hipparcos* (*HIP*) ;
- ✓ leur magnitude apparente (m_{reel})⁷⁹ ;
- ✓ leur parallaxe (π)⁸⁰ ;
- ✓ leur ascension droite (α_1)⁸¹ exprimée en degrés ;
- ✓ leur déclinaison (δ_1) exprimée en degrés ;
- ✓ leur mouvement propre en ascension droite (α_{mp}) exprimé dans le catalogue *Hipparcos* en millisecondes d'arc par année julienne⁸² ;
- ✓ leur mouvement propre en déclinaison (δ_{mp}) exprimé dans le catalogue *Hipparcos* en millisecondes d'arc par année julienne ;
- ✓ leur indice de couleur [B-V]⁸³.

Ces données ont été regroupées dans un tableau constitué de 5041 lignes – autant que d'étoiles de magnitude inférieure ou égale à 6 – et de 7 colonnes. Chacune de ces colonnes fournit la valeur de l'un des huit paramètres stellaires définis ci-dessus : *HIP*, m_{reel} , π , α_1 , δ_1 , α_{mp} , δ_{mp} et [B-V] dans le système ICRS à l'époque J1991.25.

4. Reconstitution de la voûte céleste à l'époque historique considérée

Afin de localiser les 5041 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 sur la voûte céleste locale à l'époque historique considérée – l'une des années comprises entre l'an 2100 et l'an 1800 BC (Tables 7 et 10) –, il nous faut déterminer leurs coordonnées équatoriales célestes, c'est-à-dire leur ascension droite α_2 et leur déclinaison δ_2 ⁸⁴. Celles-ci diffèrent des coordonnées équatoriales célestes (α_1 et δ_1) fournies par le catalogue *Hipparcos* en raison :

1. du mouvement qui anime chaque étoile ;
2. des effets de parallaxe et d'aberration ;
3. du mouvement de précession-nutation qui anime l'axe de rotation de la Terre.

79 Il s'agit de la magnitude visuelle V dans le système Johnson (centré sur $0,55 \mu\text{m}$) fournie par le catalogue *Hipparcos*. L'incertitude sur la magnitude apparente est inférieure à quelques centièmes de magnitude (ESA, 1997, Volume 1, page 41).

80 Cette donnée sera utilisée pour quantifier les effets d'une variation de mouvement propre (voir §.4.1.2).

81 L'indice 1 se réfère à l'époque de constitution du catalogue : jour julien J1991.25 = JD 2448349.0625.

82 En réalité, le catalogue *Hipparcos* fournit la quantité $\alpha_{\text{mp}} \cos(\delta_1)$.

83 L'indice de couleur [B-V] mesure la différence de magnitudes d'une même étoile dans le bleu (B) et dans le domaine de sensibilité de l'oeil humain (V). Il nous renseigne sur la couleur et la température de surface de cette étoile, et intervient dans le calcul du seuil de détection d'un point source par l'oeil humain (voir §.6.5). Sa valeur a été déduite d'observations terrestres ou de techniques photométriques développées pour les besoins du catalogue *Tycho-1* (ESA, 1997, Volume 1, page 44).

84 L'indice 2 se réfère à l'époque considérée, c'est-à-dire à l'époque de constitution des listes d'étoiles dont nous disposons – l'une des années comprises entre 2100 et 1800 BC (Tables 7 et 10).

Dans ce qui suit, nous allons quantifier l'impact du mouvement de chaque étoile (voir §.4.1), des effets de parallaxe et d'aberration (voir §.4.2) ainsi que l'effet du mouvement de précession-nutation de l'axe de rotation de la Terre et du mouvement polaire (voir §.4.3) sur les coordonnées équatoriales célestes des étoiles constituant la base de données stellaires.

4.1. Effets du mouvement qui anime chaque étoile

Le catalogue *Hipparcos* fournit les coordonnées équatoriales célestes (α_1 et δ_1) de chaque étoile à la date de référence jd_1 ($= J1991.25 = JD\ 2448349.0625$) dans le système ICRS centré sur le barycentre du système solaire (voir §.3). Le mouvement qui anime chaque étoile induit une lente variation de ses coordonnées équatoriales célestes avec le temps. Ce déplacement par rapport au barycentre du système solaire s'effectue selon deux axes principaux : la ligne de visée et la perpendiculaire à la ligne de visée. Plus particulièrement,

- ✓ le déplacement selon la ligne de visée se définit comme la *vitesse radiale*. Il représente la dérivée, par rapport au temps, de la distance qui sépare l'étoile du barycentre du système solaire. Il se traduit par le déplacement des raies spectrales (*effet Doppler*), c'est-à-dire le rougissement ou le bleuissement de l'étoile selon qu'elle s'éloigne ou s'approche de l'observateur. La valeur de la vitesse radiale V_0 est obtenue à partir d'observations spectroscopiques et s'exprime en kilomètres par seconde (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 247-8) :

$$V_0 = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \quad (4.1.1)$$

où c désigne la vitesse de la lumière dans le vide et $\Delta\lambda$ l'effet Doppler, c'est-à-dire l'écart à la longueur d'onde λ_0 ;

- ✓ le déplacement selon la perpendiculaire à la ligne de visée est défini comme le *mouvement propre* à chaque étoile, exprimé dans le catalogue *Hipparcos* en millisecondes d'arc par an. Il est la somme des mouvements propres en ascension droite (α_{mp}) et en déclinaison (δ_{mp}) de l'étoile considérée par rapport au barycentre du système solaire. Il représente donc la dérivée par rapport au temps des coordonnées α_1 et δ_1 de cette étoile à l'époque de constitution du catalogue (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, page 240) :

$$\alpha_{mp} = \frac{d\alpha_1}{dt} \quad et \quad \delta_{mp} = \frac{d\delta_1}{dt} \quad (4.1.2)$$

En toute rigueur, le déplacement d'une étoile dans une direction donnée est la somme de sa vitesse radiale et de son mouvement propre en ascension droite et en déclinaison. Leur prise en compte se traduit par le passage du système de référence international (ICRS) au système de référence barycentrique (BCRS) (IAU 2007, page 6).

En premier lieu, nous allons examiner l'effet de son mouvement propre sur ses coordonnées barycentriques (voir §.4.1.1). Puis, nous discuterons de l'effet de sa vitesse radiale sur les variations temporelles de son mouvement propre (voir §.4.1.2).

4.1.1. Effets du mouvement propre

En première approximation, l'effet des mouvements propres sur les coordonnées équatoriales célestes d'une étoile entre jd_2 et jd_1 se traduit comme suit (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 165-6 et 251-3) :

$$\begin{aligned}\alpha_{1mp} &= \alpha_1 + \alpha_{mp} jd_{21} \\ \delta_{1mp} &= \delta_1 + \delta_{mp} jd_{21}\end{aligned}\tag{4.1.1.1}$$

où $jd_{21} = (jd_2 - jd_1) / 365250$ représente le nombre de milliers d'années juliennes séparant jd_2 et jd_1 .

Les mouvements propres en ascension droite et en déclinaison des étoiles mentionnées dans le catalogue *Hipparcos* (α_{mp} et δ_{mp}) ont été obtenus à partir de mesures de position effectuées sur 4 ans. Cette période est très courte comparée aux décennies d'observation au sol qui ont abouti à la constitution des catalogues antérieurs. Aussi, les valeurs fournies par le catalogue *Hipparcos* peuvent être considérées comme des variations instantanées des coordonnées barycentriques α_1 et δ_1 de chaque étoile à l'époque de constitution du catalogue ($jd_1 = J1991.25$). Cela n'a aucune incidence pour les étoiles simples, dont le mouvement par rapport au barycentre du système solaire peut être considéré comme linéaire et uniforme. Cela n'est pas le cas en revanche pour les systèmes d'étoiles doubles – plus généralement, multiples – dont chaque composante est animée d'un mouvement non uniforme (ESA 1997, Volume 1, pages 20-1).

Aussi, les valeurs de mouvements propres en ascension droite et en déclinaison (α_{mp} et δ_{mp}) qui figurent dans le catalogue *Hipparcos* peuvent différer de celles fournies par d'autres catalogues constitués à partir d'observations au sol menées sur plusieurs décennies et donc plus précises. Afin de déterminer l'ordre de grandeur de cette différence et de mesurer son éventuel impact sur les coordonnées équatoriales célestes des étoiles à l'époque historique considérée (jd_2), nous allons considérer deux bases de données stellaires : la première constituée à partir des données du catalogue *Hipparcos*, la seconde à partir d'un catalogue d'étoiles dont les mouvements propres ont été déduits d'observations répétées sur plusieurs décennies.

Parmi les catalogues récents – publiés après 2000 – figurent :

- ✓ le catalogue *Tycho-2* (I/259) ;
- ✓ le catalogue *FK6* (I/264) ;
- ✓ le catalogue *PMFS* (I/266) ;
- ✓ le catalogue *LHSC* (I/279) ;
- ✓ le catalogue *ASCC-2.5* (I/280A) ;
- ✓ le catalogue *USNO-B1.0* (I/284) ;
- ✓ le catalogue *PUL2* (I/295) ;

- ✓ le catalogue *NOMAD* (I/297) ;
- ✓ le catalogue des étoiles animées d'un grand mouvement propre (I/306)⁸⁵.

Tous ces catalogues ont été constitués à partir d'observations répétées, sur plusieurs décennies. En particulier,

- ✓ les catalogues *Tycho-2*, *FK6*, *PMFS*, *ASCC-2.5* et *NOMAD* ont été constitués à partir des données issues de la mission *Hipparcos* et de centaines d'observations au sol ;
- ✓ les catalogues *Tycho-2*, *ASCC-2.5* et *NOMAD* fournissent les valeurs moyennes des mouvements propres en ascension droite et en déclinaison de plusieurs millions d'étoiles dans le système ICRS ;
- ✓ les catalogues *FK6* et *PMFS* ainsi que le catalogue des étoiles animées d'un grand mouvement propre fournissent les valeurs moyennes des mouvements propres en ascension droite et en déclinaison de plusieurs milliers d'étoiles dans le système ICRS.

Le catalogue *PMFS* (Proper Motion of Fundamental Stars) (Gontcharov et al., 2001) et le catalogue des étoiles animées d'un grand mouvement propre (Ivanov, 2007) sont plus récents que le catalogue *Tycho-2*. Le catalogue des étoiles animées d'un grand mouvement propre ne mentionne que les étoiles dont la déclinaison était comprise entre -2° et $+90^\circ$ à la date J2000. Pour des raisons d'homogénéité spatiale, nous allons comparer l'écart angulaire, sur 4000 ans, auquel conduit la différence de mouvements propres en ascension droite et en déclinaison des 1350 étoiles communes aux catalogues *PMFS*⁸⁶ et *Hipparcos*. En d'autres termes, nous allons calculer les quantités suivantes :

$$\begin{aligned}\Delta \alpha_{1mp} &= (\alpha_{mp}(HIP) - \alpha_{mp}(PMFS)) jd_{21} \\ \Delta \delta_{1mp} &= (\delta_{mp}(HIP) - \delta_{mp}(PMFS)) jd_{21}\end{aligned}\tag{4.1.1.2}$$

où $\Delta \alpha_{1mp}$ et $\Delta \delta_{1mp}$ désignent respectivement la différence en ascension droite et la différence en déclinaison générées par les valeurs de mouvement propre en ascension droite et en déclinaison issues des catalogues *Hipparcos* et *PMFS*.

Les calculs, effectués sur les 1350 étoiles communes aux deux catalogues, indiquent que la différence des mouvements propres en ascension droite et en déclinaison de :

- ✓ 95% des 1350 étoiles communes aux deux catalogues conduit à un écart angulaire inférieur, en valeur absolue, à la minute d'arc, sur 4000 ans ;
- ✓ 5% des 1350 étoiles communes aux deux catalogues conduit à un écart angulaire dont la valeur absolue est comprise entre 5 et 14 minutes d'arc sur 4000 ans : il s'agit des 8 étoiles notées HIP11757, HIP11767, HIP25918, HIP37391, HIP71683, HIP94648, HIP107089, HIP116727 ;
- ✓ 0% des 1350 étoiles communes aux deux catalogues ne conduit à un écart angulaire supérieur, en valeur absolue, à 15 minutes d'arc, sur 4000 ans.

⁸⁵ Entre parenthèses figure l'identifiant de chaque catalogue dans la base de données du CDS.

⁸⁶ L'incertitude sur les valeurs de mouvements propres en ascension droite et en déclinaison fournies par le catalogue *PMFS* est de 0,57 millisecondes d'arc par année julienne, soit de 2,4 secondes d'arc sur 4000 ans.

L'écart angulaire généré sur 4000 ans par la différence de mouvements propres en ascension droite et en déclinaison fournis par les catalogues *Hipparcos* et *PMFS* est, dans 95% des cas, nettement inférieur à la précision recherchée de 15 minutes d'arc (eq. 2.1). Nous pouvons donc utiliser les valeurs de mouvement propres fournies par le catalogue *Hipparcos*. Toutefois, dans le cas des 8 étoiles notées HIP11757, HIP11767, HIP25918, HIP37391, HIP71683, HIP94648, HIP107089 et HIP116727, nous remplacerons les valeurs de mouvement propre en ascension droite et en déclinaison fournies par le catalogue *Hipparcos* par celles, plus précises, du catalogue *PMFS*.

4.1.2. Effets d'une variation de mouvement propre

Au cours de son déplacement, une étoile est soumise à des gradients de champs gravitationnels. Cela se traduit par de faibles variations temporelles de son mouvement propre et de sa vitesse radiale à proximité de la structure gravitationnelle rencontrée – le Soleil, par exemple. L'amplitude de ces variations est proportionnelle à la masse de cette structure et inversement proportionnelle au carré de la distance qui la sépare de cette structure (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, page 153).

Plus spécifiquement, le déplacement d'une étoile le long de la ligne de visée s'accompagne de la variation de son mouvement propre total (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 250-1) :

$$\frac{d\mu}{dt} = -0.00000205 \mu \pi V_0 \quad (4.1.2.1)$$

où :

- $\mu = \sqrt{(\alpha_{mp} \cos(\delta_1))^2 + (\delta_{mp})^2}$ désigne le mouvement propre total de l'étoile en secondes d'arc par an ;
- π désigne la parallaxe de l'étoile en secondes d'arc. Cette quantité est inversement proportionnelle à la distance qui sépare l'étoile du barycentre du Système Solaire ;
- V_0 désigne la vitesse radiale de l'étoile en kilomètres par seconde.

Cette variation du mouvement propre avec le temps est d'autant plus importante que l'étoile considérée est proche du barycentre du système solaire et animée d'une grande vitesse radiale. Un rapide calcul effectué sur les 5041 étoiles de magnitude apparente inférieure ou égale à 6 commune aux catalogues *Hipparcos* et *CRVAD* (Khartchenko et al., 2004)⁸⁷ indique que :

- ✓ la variation de mouvement propre ($d\mu/dt$) générée par le déplacement d'une étoile le long de la ligne de visée est, sur une période de 4000 ans, toujours inférieure à une seconde d'arc par an ;
- ✓ la variation de mouvement propre ($d\mu/dt$) générée par le déplacement d'une étoile le long de la ligne de visée représente, sur une période de 4000 ans, une quantité toujours inférieure à 5% de son mouvement propre total (μ) sauf pour treize d'entre elles, c'est-à-dire 0,25% des étoiles du catalogue *Hipparcos*. Dans ces treize cas, la variation représente 5 à 13% de leur mouvement propre total. Il s'agit des étoiles HIP5336, HIP15510, HIP19849, HIP37853, HIP71681,

⁸⁷ Le catalogue de Khartchenko (III/239) mentionne les vitesses radiales des étoiles du catalogue *Hipparcos*.

HIP71683, HIP81693, HIP95447, HIP99461, HIP99825, HIP102422, HIP104214 et HIP108870, caractérisées par des valeurs élevées de mouvement propre, de parallaxe et de vitesse radiale.

Les résultats de ces calculs montrent que nous pouvons négliger les effets du mouvement radial de chaque étoile sur son mouvement propre, de nature transversale. Plus généralement, nous négligerons, dans ce qui suit, les variations temporelles de mouvement propre en ascension droite et en déclinaison des étoiles qui constituent la base de données stellaires.

4.2. Effets de parallaxe, d'aberration et déviation gravitationnelle

La direction dans laquelle un objet céleste apparaît à l'observateur terrestre – situé le long de la Vallée du Nil en l'occurrence, n'est pas la direction dans laquelle la lumière en provenance de cet objet a réellement été émise ni la direction fournie par le catalogue. En effet,

- ✓ la position de l'observateur terrestre diffère de celle du barycentre du système solaire, origine du système de référence lié au catalogue *Hipparcos* ;
- ✓ la vitesse de la lumière est finie et l'observateur terrestre est en mouvement par rapport au barycentre du système solaire ;
- ✓ lors de sa traversée de l'espace interstellaire, la lumière en provenance d'un objet céleste subit diverses déviations d'origine gravitationnelle⁸⁸.

En toute rigueur, des corrections doivent donc être apportées aux coordonnées équatoriales célestes α_{imp} et δ_{imp} (voir §.4.1) des étoiles mentionnées dans le catalogue *Hipparcos* : des corrections de *parallaxe*, d'*aberration* et de *déviation gravitationnelle*, respectivement. Ces corrections se traduisent par le passage du système de référence barycentrique (CBRS) au système de référence géocentrique (CGRS) (IAU 2007 page 6).

La prise en compte du mouvement propre à chacune des 5041 étoiles de magnitude inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos* nous a permis d'obtenir leurs coordonnées barycentriques α_{imp} et δ_{imp} (voir §.4.1.1). Parce que la distance des étoiles est finie, le passage d'un système de référence centré sur le barycentre du système solaire (CBRS) à un système de référence centré sur l'observateur terrestre affecte leur direction apparente. Aussi, le mouvement de l'observateur terrestre par rapport au barycentre du système solaire⁸⁹ se traduit par un mouvement apparent de l'étoile par rapport au système de référence fixe : un *déplacement parallactique* dont les composantes diurne et annuelle ont une amplitude toujours inférieure à la seconde d'arc (BDL, 1998, page 172 et Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 131-5). Etant donnée la précision recherchée (eq. 2.1), cet effet peut être négligé.

⁸⁸ Les déviations que subit la lumière lors de sa traversée de l'atmosphère terrestre seront étudiées au §.6.

⁸⁹ Ce mouvement est la somme du mouvement de l'observateur terrestre par rapport au centre de masse de la Terre, du centre de masse de la Terre par rapport au barycentre du système Terre-Lune et du barycentre du système Terre-Lune par rapport au barycentre du système solaire.

Parce que la vitesse de la lumière est finie, la direction dans laquelle un objet céleste apparaît à l'observateur est affectée par les mouvements de cet objet et de l'observateur. La prise en compte du mouvement de l'observateur terrestre⁹⁰ se traduit par l'introduction d'une correction : l'*aberration stellaire*, dont les composantes diurne, annuelle et séculaire résultent des trois composantes du mouvement de l'observateur. L'amplitude totale de l'*aberration stellaire* est de quelques dizaines de secondes d'arc (BDL, 1998, page 172-4 et Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 135-42). Cet effet sur les coordonnées barycentriques des étoiles (α_{imp} et δ_{imp}) peut par conséquent être négligé.

Etant donnée la précision requise (eq. 2.1), nous négligerons également la courbure des rayons lumineux au voisinage d'une structure gravitationnelle ou *déviations gravitationnelles* (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 152-4).

4.3. Effets de la précession-nutation et du mouvement polaire sur l'axe de rotation de la Terre

Chacun des objets du système solaire (Soleil, planètes, satellites, astéroïdes, comètes, etc.) exerce, sur le renflement équatorial de la Terre, des perturbations d'origine gravitationnelle dont l'amplitude est directement proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare de la Terre. Ces perturbations gravitationnelles d'une part, la dynamique des différents constituants de la Terre (noyau, manteau, océans, atmosphère, etc.) d'autre part, ont pour effet de modifier l'orientation de l'axe de rotation de la Terre ainsi que l'inclinaison du plan de son orbite autour du Soleil. Aussi, l'équateur céleste – défini comme le plan perpendiculaire à l'axe de rotation de la Terre – et l'écliptique – défini comme le plan moyen de l'orbite terrestre – ainsi que l'équinoxe – qui se situe à l'intersection de l'équateur moyen de la Terre et de l'écliptique, sont en mouvement.

Les grands cercles de la sphère céleste subissent les effets combinés de la précession, de la nutation et du mouvement polaire qui diffèrent essentiellement au travers de leur périodicité et de leur amplitude (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 172-7) :

- ✓ la *précession luni-solaire*, découverte par *Hipparque* il y a 2200 ans, consiste en la rotation du pôle moyen de l'équateur autour du pôle de l'écliptique. Sa périodicité est de 25 800 ans ;
- ✓ la *précession planétaire* se traduit par le déplacement de l'équinoxe le long de l'équateur de 12 secondes d'arc par siècle et la diminution de l'obliquité de l'écliptique de 47 secondes d'arc par siècle ;
- ✓ la *précession géodésique* est une rotation du système de référence géocentrique (CGRS) par rapport au système de référence barycentrique (CBRS) : l'amplitude de cet effet est inférieure à 2 secondes d'arc par siècle julien ;
- ✓ la *nutation* consiste en un ensemble d'oscillations périodiques de l'axe de rotation de la Terre de faible amplitude. L'effet le plus important est caractérisé par une amplitude de 9 secondes d'arc en obliquité, de 17 secondes d'arc en longitude, et une période de 18,6 ans. Il a été découvert par *Bradley* en 1748 ;

⁹⁰ Ce mouvement est la somme de trois composantes : la rotation diurne de la Terre, le mouvement orbital de la Terre autour du barycentre du système solaire et le mouvement du barycentre dans l'espace.

- ✓ enfin, le *mouvement polaire* est défini comme le mouvement de l'axe de rotation de la Terre par rapport à la croûte terrestre. Il résulte du déplacement des différents constituants de la Terre (noyau, manteau, océans, atmosphère, etc.) ainsi que d'interactions mécaniques (gravitation, pression et viscosité) et électromagnétiques entre ces constituants (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, page 219). Récemment, il a été décidé de regrouper, sous l'appellation de mouvement polaire, l'ensemble des perturbations dont la période est inférieure à 2 jours (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, page 228).

4.3.1. Deux types de modèles de précession-nutation

En raison des phénomènes de précession et de nutation, tout système de référence basé sur l'équateur moyen, l'écliptique et l'équinoxe est défini pour une époque donnée : J2000, par exemple. Ce n'est pas le cas du nouveau système ICRS dont les axes pointent en direction d'objets lointains et est donc fixe et indépendant de l'époque considérée (voir §.3). Dans ce système, le CIO (*Celestial Intermediate Origin*) constitue l'origine des ascensions droites sur l'équateur céleste intermédiaire (mobile). Contrairement à l'équinoxe, le CIO est indépendant de la position de l'écliptique. Il ne se déplace pas le long de l'équateur céleste mais oscille autour de la position moyenne qu'il occupe sur l'équateur céleste. Pour information, l'équinoxe se meut sur l'équateur d'environ 50 secondes d'arc par an, tandis que la position du CIO ne varie que de 20 millisecondes d'arc par siècle (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, page 176).

A chacun de ces systèmes de référence correspond un modèle de précession-nutation :

- ✓ classiquement, les équations de Lieske et al. (1977) permettent de déterminer la position de l'équateur moyen et de l'écliptique à une époque donnée – jd_2 en l'occurrence ; le passage à l'équateur et à l'écliptique vrais de la date jd_2 s'effectue grâce à la théorie de la nutation IAU 1980 (Wahr, 1981 et Seidelmann, 1982) ; enfin, la relation entre le Temps Sidéral Moyen de Greenwich (GMST) et le temps UT1 a été établie par Aoki et al. (1982) ;
- ✓ depuis peu, le modèle de précession-nutation IAU 2000 permet de déterminer l'équateur vrai et le CIP (*Celestial Intermediate Pole*) ; la position du CIO sur l'équateur est déduite du trajet parcouru par le CIP depuis l'époque de référence (Capitaine et al., 2003) ; il s'ensuit la détermination de l'angle de rotation de la Terre ERA (*Earth Rotation Angle*), qui varie linéairement avec UT1⁹¹.

L'un et l'autre modèles conduisent à des résultats semblables. L'adoption du nouveau modèle est nécessaire pour les calculs requérant une précision supérieure à 50 millisecondes d'arc (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, page 166). Elle ne s'impose pas dans le cadre de cette étude. Aussi, dans ce qui suit, nous adoptons l'approche classique dans laquelle les effets de la précession et de la nutation sont considérés séparément, tout en tenant compte des améliorations apportées par les observations et les développements récents (IERS, 1992 et Simon et al., 1994). Puis, nous comparerons les résultats ainsi obtenus à ceux fournis par le nouveau modèle PO3 (Capitaine et al., 2003).

91 L'échelle de temps UT1 est une échelle de Temps Universel (voir §.4.3.5) qui tient compte du mouvement du pôle. Il est calculé par l'IERS (International Earth Rotation Service) (BDL, 1998, page 58).

4.3.2. Introduction à l'approche classique

Les effets de la précession et de la nutation se traduisent, nous l'avons vu, par le déplacement des plans de l'équateur et de l'écliptique, et donc de l'équinoxe – en d'autres termes, par un changement des axes et de l'origine de tout système de référence basé sur l'équateur moyen, l'écliptique et l'équinoxe. Aussi, le système de référence d'un observateur à la date jd_2 diffère du système de référence correspondant à l'époque de constitution du catalogue (jd_1). S'ensuivent les variations de coordonnées équatoriales célestes des étoiles entre les époques jd_1 et jd_2 (voir §.4.3.3). En effet,

- ✓ l'ascension droite (α_1) et la déclinaison (δ_1) de référence sont rapportées à l'équateur et à l'équinoxe moyens de la date jd_1 de constitution du catalogue ;
- ✓ l'ascension droite (α_2) et la déclinaison (δ_2) « observées » sont généralement rapportées à l'équateur et à l'équinoxe vrais de la date jd_2 .

Afin de tenir compte de ces changements d'origine et de plan de référence, des corrections de précession puis de nutation doivent être apportées aux coordonnées barycentriques de chaque étoile α_{1mp} et δ_{1mp} (eq. 4.1.1.1) :

1. en premier lieu nous devons appliquer, aux coordonnées équatoriales célestes de l'astre considéré (α_{1mp} , δ_{1mp}), plusieurs rotations correspondant à la précession – luni-solaire, planétaire et géodésique. Nous obtenons ainsi ses coordonnées équatoriales célestes « moyennes » en jd_2 : α_{2m} et δ_{2m} ;
2. en second lieu nous devons appliquer, aux coordonnées équatoriales célestes moyennes (α_{2m} , δ_{2m}) de l'astre en question, plusieurs rotations correspondant à la nutation – en longitude et en obliquité. Nous obtenons ainsi les coordonnées équatoriales célestes « vraies » de l'astre en jd_2 : α_{2v} et δ_{2v} .

4.3.3. Equations de la précession

Classiquement, la prise en compte des effets de la précession permet de passer des coordonnées équatoriales célestes moyennes en jd_1 (α_{1mp} et δ_{1mp}) aux coordonnées équatoriales célestes moyennes en jd_2 (α_{2m} et δ_{2m}) (BDL, 1998, page 106) :

$$\begin{aligned}\sin(\delta_{2m}) &= \sin(\theta) \cos(\delta_{1mp}) \cos(\alpha_{1mp} + \zeta) + \cos(\theta) \sin(\delta_{1mp}) \\ \cos(\alpha_{2m} - z) \cos(\delta_{2m}) &= \cos(\theta) \cos(\delta_{1mp}) \cos(\alpha_{1mp} + \zeta) - \sin(\theta) \sin(\delta_{1mp}) \\ \sin(\alpha_{2m} - z) \cos(\delta_{2m}) &= \cos(\delta_{1mp}) \sin(\alpha_{1mp} + \zeta)\end{aligned}\quad (4.3.3.1)$$

où θ , ζ et z constituent des angles de précession complètement déterminés par les mouvements du pôle de l'équateur et du pôle de l'écliptique (eq. 4.3.3.2, 4.3.3.3 et 4.3.3.4).

Plus précisément,

- θ mesure l'angle entre les équateurs moyens A_1 et A_2 aux dates jd_1 et jd_2 ;
- ζ mesure l'arc (90° - distance entre le point γ_1 et intersection entre les équateurs moyens A_1 et A_2) ;
- z mesure l'arc (distance entre le point γ_2 et intersection entre les équateurs moyens A_1 et A_2 - 90°) (Fig. 6).

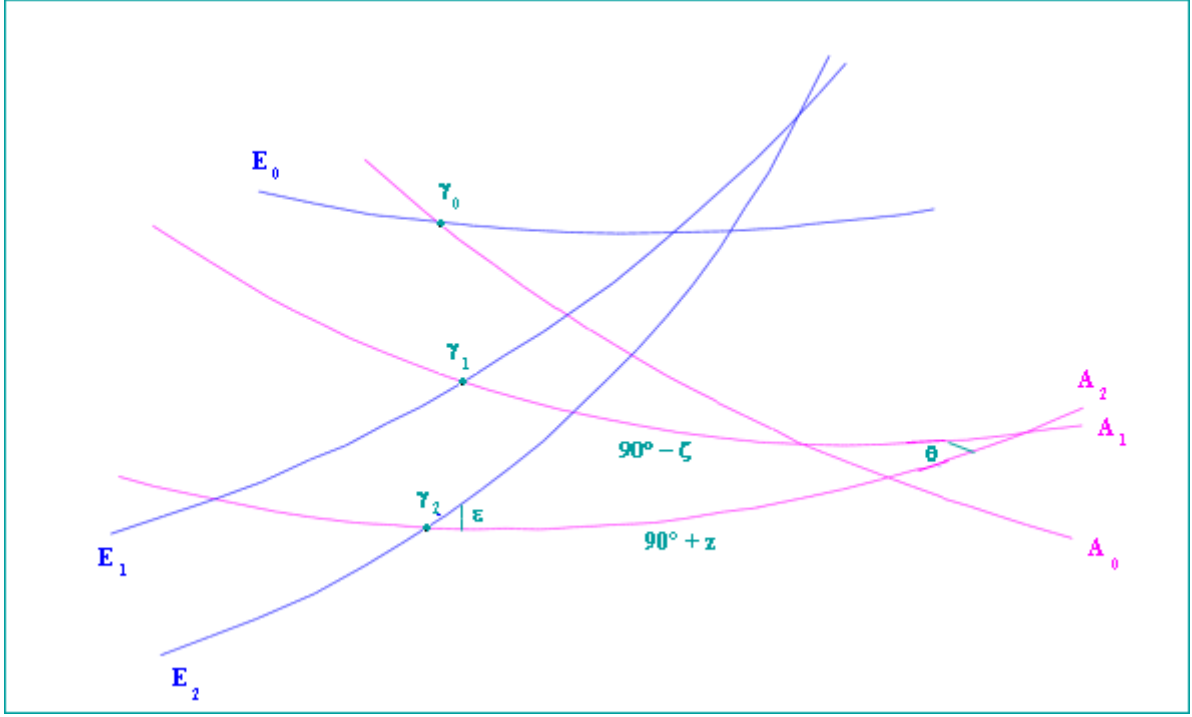


Figure 6 : Positions successivement occupées par l'écliptique (E_0, E_1, E_2) et l'équateur moyen (A_0, A_1, A_2) aux dates jd_0, jd_1 et jd_2 (BDL, 1998, page 126).

Les mouvements du pôle de l'équateur et du pôle de l'écliptique peuvent s'exprimer sous la forme de développements polynomiaux en fonction du temps. Ainsi, les effets de la précession se traduisent par les variations temporelles des angles de précession (θ, ζ, z). Leurs valeurs, exprimées ci-dessous en secondes d'arc, peuvent être affinées grâce à la prise en compte des effets de l'incertitude caractérisant les masses des planètes du système solaire ($d\theta_1, d\zeta_1, dz_1$) ainsi que les constantes de précession (P_1) et d'obliquité (ϵ_0) ($d\theta_2, d\zeta_2, dz_2$) (BDL, 1998, pages 131-3) :

$$\begin{aligned}
 \theta &= (20042.0198 - 85.3137 \, jd_{10} - 0.2111 \, jd_{10}^2 + 0.3642 \, jd_{10}^3 + 0.0008 \, jd_{10}^4 - 0.0005 \, jd_{10}^5) \, jd_{21} \\
 &\quad + (-42.6568 - 0.2111 \, jd_{10} + 0.5463 \, jd_{10}^2 + 0.0017 \, jd_{10}^3 - 0.0012 \, jd_{10}^4) \, jd_{21}^2 \\
 &\quad + (-41.8238 + 0.0359 \, jd_{10} + 0.0027 \, jd_{10}^2 - 0.0001 \, jd_{10}^3) \, jd_{21}^3 \\
 &\quad + (-0.0731 + 0.0019 \, jd_{10} + 0.0009 \, jd_{10}^2) \, jd_{21}^4 \\
 &\quad + (-0.0127 + 0.0011 \, jd_{10}) \, jd_{21}^5 + 0.0004 \, jd_{21}^6 \\
 d\theta_1 &= [(2.8 \, M - 27 \, J - 5.2 \, S - 0.03 \, N) + (-29 \, J - 2.3 \, S) \, jd_{10}] \, jd_{21} + (-1.2 \, S) \, jd_{21}^2 \\
 d\theta_2 &= [(0.3978 \, dP_1 + 0.2236 \, d\epsilon_0) + (-0.0017 \, dP_1) \, jd_{10}] \, jd_{21} \\
 &\quad + (-0.0008 \, dP_1) \, jd_{21}^2 + (-0.0025 \, dP_1) \, jd_{21}^3
 \end{aligned} \tag{4.3.3.2}$$

$$\begin{aligned}
\zeta = & (23060.9099 + 139.7508 \, jd_{10} - 0.0038 \, jd_{10}^2 - 0.5918 \, jd_{10}^3 - 0.0037 \, jd_{10}^4 + 0.0007 \, jd_{10}^5) \, jd_{21} \\
& + (30.2228 - 0.2523 \, jd_{10} - 0.3840 \, jd_{10}^2 - 0.0014 \, jd_{10}^3 + 0.0007 \, jd_{10}^4) \, jd_{21}^2 \\
& + (18.0183 - 0.1326 \, jd_{10} + 0.0006 \, jd_{10}^2 + 0.0005 \, jd_{10}^3) \, jd_{21}^3 \\
& + (-0.0583 - 0.0001 \, jd_{10} + 0.0007 \, jd_{10}^2) \, jd_{21}^4 - 0.0285 \, jd_{21}^5 - 0.0002 \, jd_{21}^6 \\
d\zeta_1 = & [(1.1 \, S) + (64 \, J + 5.2 \, S) \, jd_{10}] \, jd_{21} + (1.3 \, S) \, jd_{21}^2 \\
d\zeta_2 = & [(0.4588 \, dP_1 - 0.0485 \, d\epsilon_0) + (0.0038 \, dP_1) \, jd_{10}] \, jd_{21} \\
& + [(0.0009) \, dP_1] \, jd_{21}^2 + (0.0011 \, dP_1) \, jd_{21}^3
\end{aligned} \tag{4.3.3.3}$$

$$\begin{aligned}
z = & (23060.9099 + 139.7508 \, jd_{10} - 0.0038 \, jd_{10}^2 - 0.5918 \, jd_{10}^3 + 0.0037 \, jd_{10}^4 + 0.0007 \, jd_{10}^5) \, jd_{21} \\
& + (109.5280 + 0.2446 \, jd_{10} - 1.3913 \, jd_{10}^2 - 0.0134 \, jd_{10}^3 + 0.0026 \, jd_{10}^4) \, jd_{21}^2 \\
& + (18.2667 - 1.1400 \, jd_{10} - 0.0173 \, jd_{10}^2 + 0.0044 \, jd_{10}^3) \, jd_{21}^3 \\
& + (-0.2821 - 0.0093 \, jd_{10} + 0.0032 \, jd_{10}^2) \, jd_{21}^4 \\
& + (-0.0301 + 0.0006 \, jd_{10}) \, jd_{21}^5 - 0.0001 \, jd_{21}^6 \\
dz_1 = & [(1.1 \, S) + (64 \, J + 5.2 \, S) \, jd_{10}] \, jd_{21} + (49 \, J + 4 \, S) \, jd_{21}^2 \\
dz_2 = & [(0.4588 \, dP_1 - 0.0485 \, d\epsilon_0) + (0.0038 \, dP_1) \, jd_{10}] \, jd_{21} \\
& + (0.0028 \, dP_1) \, jd_{21}^2 + (0.0011 \, dP_1) \, jd_{21}^3
\end{aligned} \tag{4.3.3.4}$$

où :

- $jd_{10} = (jd_1 - jd_0) / 365250$ désigne le nombre de milliers d'années juliennes séparant l'époque de réalisation du catalogue ($jd_1 = J1991.25 = JD2448349.0625$) de l'époque de base ($jd_0 = J2000 = JD 2451545.0$) ;
- $jd_{21} = (jd_2 - jd_1) / 365250$ représente le nombre de milliers d'années juliennes séparant l'époque historique considérée (jd_2) de l'époque jd_1 ;
- M, J, S et N sont les incertitudes relatives $\Delta m/m$ sur la masse des planètes Mercure, Jupiter, Saturne et Neptune, respectivement (BDL, 1998, page 127) ;
- dP_1 et $d\epsilon_0$ sont les incertitudes sur la constante de précession (P_1) et l'obliquité (ϵ_0) de l'écliptique (BDL, 1998, page 133).

Les équations (4.3.3.2), (4.3.3.3) et (4.3.3.4) du sixième ordre en temps ont été obtenues à partir des expressions (6) et (8) de Simon et al. (1994) (dénotées ci-après S94) tenant compte des dérivées des expressions par rapport aux masses des planètes et des masses de l'IERS 1992 (International Earth Rotation Service). Elles fournissent des valeurs d'angles de précession plus précises que les équations publiées par Lieske et al. (1977) qui se limitent au troisième ordre en temps et utilisent les valeurs des constantes de précession (P_1), d'obliquité de l'écliptique (ϵ_0) et des masses des planètes du système UAI 1976.

Par ailleurs, les équations (4.3.3.2), (4.3.3.3) et (4.3.3.4) sont valables sur la période s'étendant de l'an 4000 BC à l'an 8000. Sur cet intervalle de temps, les incertitudes internes sont dominées par l'incertitude sur la constante de précession (dP_1), actuellement voisine de 0,5 seconde d'arc par millier d'années. L'incertitude sur l'obliquité de l'écliptique ($d\epsilon_0$) est voisine de 0,1 seconde d'arc (BDL, 1998, page 133). Il s'ensuit une précision de l'ordre de la seconde d'arc sur les quantités de précession (θ, ζ, z) et leurs termes correctifs ($d\theta_1, d\zeta_1, dz_1$) et ($d\theta_2, d\zeta_2, dz_2$) pour la période historique considérée.

➤ Discussion relative aux corrections apportées par la prise en compte des incertitudes concernant les masses des planètes ainsi que les constantes de précession et d'obliquité

Les corrections apportées par la prise en compte des effets de l'incertitude sur les masses des planètes du système solaire ($d\theta_1, d\zeta_1, dz_1$) ainsi que sur les constantes de précession (P_1) et d'obliquité (ϵ_0) ($d\theta_2, d\zeta_2, dz_2$) sont très faibles comparées aux valeurs prises par les angles de précession (θ, ζ, z) sur 4000 ans. En effet,

- ✓ les corrections apportées par la prise en compte de l'incertitude sur les masses des planètes du système solaire ($d\theta_1, d\zeta_1, dz_1$) sont toujours inférieures à 3 millisecondes d'arc sur 4000 ans ;
- ✓ les corrections apportées par la prise en compte de l'incertitude sur les constantes de précession (P_1) et d'obliquité (ϵ_0) ($d\theta_2, d\zeta_2, dz_2$) sont toujours inférieures à la seconde d'arc sur 4000 ans.

Les effets cumulés de la précession entre l'an 2000 BC et l'an 2000 se traduisent par des valeurs d'angles de précession (θ, ζ, z) comprises, en valeur absolue, entre 21 et 25 degrés. Nous négligerons donc, dans ce qui suit, les corrections apportées par la prise en compte des effets de l'incertitude sur les masses des planètes du système solaire ($d\theta_1, d\zeta_1, dz_1$) ainsi que sur les constantes de précession et d'obliquité ($d\theta_2, d\zeta_2, dz_2$). Notre calcul se limitera à la seule détermination des angles θ, ζ et z (eq. 4.3.3.2, 4.3.3.3 et 4.3.3.4).

➤ Discussion relative au modèle de précession utilisé

L'accumulation de données observationnelles récentes et le développement de nouvelles méthodes de résolution des équations de la précession ont donné lieu à la formulation de nouveaux développements polynomiaux, en accord avec le modèle de précession IAU 2000, telle que la solution P03 (Capitaine et al., 2003).

Les calculs, effectués pour l'an 2000 BC, montrent que la différence entre les angles de précession déduits de la solution S94 et de la solution PO3 avoisine les 3 minutes d'arc. Il s'ensuit des différences de l'ordre de la minute d'arc entre les coordonnées équatoriales célestes fournies par les solutions S94 et PO3.

Les résultats fournis par les solutions existantes (S94, PO3, etc.) convergent en J2000. Leurs divergences s'accroissent à mesure que l'on s'écarte de cette date de référence (Capitaine et al., 2003). En toute rigueur, un modèle de précession incluant des termes à très longue période devrait être utilisé pour déterminer les coordonnées équatoriales célestes des étoiles à l'époque historique considérée. Toutefois, étant donnée la précision requise (eq. 2.1), l'utilisation d'un tel modèle ne s'impose pas. Nous intégrerons donc les expressions de la solution S94 dans le modèle de visibilité stellaire développé ici.

4.3.4. Equations de la nutation

Classiquement, la prise en compte des effets de la nutation se traduit par le passage des coordonnées équatoriales célestes moyennes de l'astre considéré (α_{2m} , δ_{2m}) (voir §.4.3.3) à ses coordonnées équatoriales célestes vraies en jd_2 (α_{2v} , δ_{2v}) (BDL, 1998, page 109). Toutefois, la nutation est un phénomène périodique dont l'amplitude est nettement inférieure à la précision recherchée : 15 minutes d'arc (eq. 2.1). Aussi, nous négligerons les effets de la nutation. Cela se traduit par l'égalité des coordonnées équatoriales célestes moyennes et vraies de chaque astre :

$$\begin{aligned}\alpha_{2v} &= \alpha_{2m} \\ \delta_{2v} &= \delta_{2m}\end{aligned}\tag{4.3.4.1}$$

Dans ce qui suit, nous employons l'expression coordonnées équatoriales célestes pour désigner les coordonnées équatoriales célestes moyennes de chaque astre et notons :

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \alpha_{2m} \\ \delta_2 &= \delta_{2m}\end{aligned}\tag{4.3.4.2}$$

4.3.5. Effets du mouvement polaire

Le déplacement du pôle terrestre fait l'objet d'observations depuis la fin du XIX^{ème} siècle. Les mesures publiées par l'IERS (International Earth Rotation Service) indiquent que, sur le XX^{ème} siècle, le déplacement total n'a pas excédé 0,5 seconde d'arc⁹². L'ordre de grandeur de cet effet est très inférieur à la précision requise de 15 minutes d'arc (eq. 2.1). Pour cette raison, nous négligerons, dans ce qui suit, la contribution du mouvement polaire à la variation de l'axe de rotation de la Terre.

4.4. Conclusion

Nous disposons à présent de l'ensemble des équations nécessaires à déterminer les coordonnées équatoriales célestes (α_2 et δ_2) de chacune des 5041 étoiles constituant la base de données stellaires à l'époque historique considérée (jd_2). Nous sommes donc en mesure de les localiser sur la voûte céleste. La prochaine étape consiste à restreindre le catalogue d'étoiles aux seules étoiles dont la période d'invisibilité annuelle est strictement comprise entre 0 et 365 jours. Cela revient à éliminer les étoiles circumpolaires, toujours ou jamais visibles depuis le lieu de latitude considérée, (voir §.5.1) ainsi que les étoiles visibles en leur jour de conjonction avec le Soleil, qui sont visibles toute l'année au lieu de latitude considérée (voir §.5.2).

92 Cette information figure sur le site Web de l'IERS : <http://www.iers.org/MainDisp.csl?pid=95-89>.

5. Restriction de l'échantillon d'étoiles candidates

5.1. Cas des étoiles circumpolaires

Connaissant les coordonnées équatoriales célestes (α_2 , δ_2) de chaque étoile en jd_2 (voir §.4.3.3), il devient possible de les localiser sur la voûte céleste locale :

- C1. une étoile caractérisée par une hauteur de culmination supérieure ($h_{2\text{sup}}$) négative est invisible 365 jours par an du lieu de latitude considérée. Elle peut par conséquent être extraite de l'échantillon d'étoiles candidates aux décans égyptiens ;
- C2. une étoile caractérisée par une hauteur de culmination inférieure ($h_{2\text{inf}}$) positive est visible tout l'année au lieu de latitude considérée. Elle peut par conséquent être également éliminée de l'échantillon initial.

Afin de restreindre l'échantillon d'étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 1) aux seules étoiles visibles à l'oeil nu dont la période d'invisibilité annuelle est strictement comprise entre 0 et 365 jours – en d'autres termes, aux étoiles non circumpolaires – considérons l'une des équations établies dans le triangle horizontal-équatorial (BDL, 1998, page 110) :

$$\sin(\delta_2) = -\cos(\varphi) \cos(a_2) \cos(h_2) + \sin(\varphi) \sin(h_2) \quad (5.1.1)$$

où δ_2 désigne la déclinaison de l'étoile, a_2 son azimuth et h_2 sa hauteur à la date jd_2 ; φ est la latitude du site d'observation.

- ✓ Les étoiles qui effectuent leur culmination supérieure dans le ciel de l'hémisphère nord ($\varphi > 0^\circ$) ainsi que les étoiles qui effectuent leur culmination inférieure dans le ciel de l'hémisphère sud ($\varphi < 0^\circ$) sont caractérisées par un azimuth nul : $a_2 = 0^\circ$. En posant $a_2 = 0^\circ$, l'équation ci-dessus (eq. 5.1.1) devient :

$$\sin(\delta_2) = -\cos(\varphi) \cos(h_2) + \sin(\varphi) \sin(h_2)$$

$$\cos(90^\circ + \delta_2) = \cos[\pm(\varphi + h_2)]$$

$$h_2 = \begin{cases} -90^\circ - \delta_2 - \varphi = h_{2\text{inf}} & (\varphi < 0) \\ +90^\circ + \delta_2 - \varphi = h_{2\text{sup}} & (\varphi > 0) \end{cases}$$

- ✓ Les étoiles qui effectuent leur culmination inférieure dans le ciel de l'hémisphère nord ($\varphi > 0^\circ$) ainsi que les étoiles qui effectuent leur culmination supérieure dans le ciel de l'hémisphère sud ($\varphi < 0^\circ$) sont caractérisées par un azimut égal à 180° : $a_2 = 180^\circ$. En posant $a_2 = 180^\circ$, l'équation ci-dessus (eq. 5.1.1) devient :

$$\sin(\delta_2) = \cos(\varphi) \cos(h_2) + \sin(\varphi) \sin(h_2)$$

$$\cos(90^\circ - \delta_2) = \cos[\pm(\varphi - h_2)]$$

$$h_2 = \begin{cases} -90^\circ + \delta_2 + \varphi = h_{2\text{inf}} & (\varphi > 0) \\ +90^\circ - \delta_2 + \varphi = h_{2\text{sup}} & (\varphi < 0) \end{cases}$$

Les latitudes égyptiennes sont positives – plus exactement, comprises entre 24° (Assouan) et 31° (Alexandrie). En vertu des constats établis plus haut (C1 et C2), la période d'invisibilité annuelle d'une étoile dans le ciel d'Égypte est strictement comprise entre 0 et 365 jours si et seulement si :

1. $h_{2\text{sup}} > 0^\circ$, ce qui implique : $+90^\circ + \delta_2 - \varphi > 0$ et donc $\delta_2 > \varphi - 90^\circ$;
2. et $h_{2\text{inf}} < 0^\circ$, ce qui implique : $-90^\circ + \delta_2 + \varphi < 0$ donc $\delta_2 < 90^\circ - \varphi$.

Les étoiles dont nous déterminerons la période d'invisibilité annuelle sont donc des étoiles non circumpolaires – qui peuplent la zone « intermédiaire » du ciel, située entre les régions circumpolaires nord et sud – caractérisées par :

$$\varphi - 90^\circ < \delta_2 < 90^\circ - \varphi \quad (5.1.2)$$

5.2. Cas des étoiles visibles en leur jour de conjonction avec le Soleil

La période d'invisibilité annuelle d'une étoile se définit comme le laps de temps qui sépare son jour de coucher héliaque de son jour de lever héliaque. Compte tenu du déplacement du Soleil parmi les étoiles, les jours de coucher et de lever héliaques d'une étoile donnée sont approximativement symétriques l'un de l'autre par rapport au jour de conjonction de cette étoile avec le Soleil⁹³ (Fig. 7). Toute étoile visible en son jour de conjonction avec le Soleil est visible 365 jours par an : elle est caractérisée par une période d'invisibilité annuelle nulle. Elle peut par conséquent être éliminée de l'échantillon d'étoiles candidates aux décans égyptiens.

⁹³ Le jour de conjonction d'une étoile avec le Soleil se définit comme le jour auquel leurs ascensions droites sont identiques. Leurs culminations s'effectuent donc simultanément.

Afin de déterminer les étoiles non circumpolaires (eq. 5.1.2) dont la période d'invisibilité annuelle est non nulle, il nous faut réaliser un test de visibilité de chaque étoile en son jour de conjonction avec le Soleil. Ce test de visibilité, que nous détaillons au §.6, consiste à rechercher les instants de lever et de coucher du Soleil et de l'étoile considérée en leur jour de conjonction :

- ✓ si l'étoile se lève après le Soleil et se couche avant lui en ce jour précis de l'année, elle est invisible à l'observateur terrestre. Sa période d'invisibilité annuelle est donc non nulle. C'est le cas de Sirius pour un observateur de l'hémisphère nord (Fig. 8) ;
- ✓ si l'étoile se lève avant le Soleil et se couche après lui en son jour de conjonction avec le Soleil, il nous faut explorer chacune des minutes séparant les instants de lever de l'étoile et du Soleil d'une part, les instants de coucher du Soleil et de l'étoile d'autre part.

En chacune des minutes séparant les instants auxquels l'étoile et le Soleil traversent l'horizon sont plus particulièrement calculés :

- la hauteur de l'étoile au-dessus de l'horizon local, corrigée des effets de la *réfraction atmosphérique* (voir §.6.3) ;
- le coefficient d'*extinction atmosphérique* total, responsable de l'augmentation de magnitude apparente de l'étoile (voir §.6.4.6) ;
- la hauteur du Soleil sous l'horizon ;
- la brillance totale du ciel en lieu et place de l'étoile (voir §.6.5).

Si le seuil de détection par l'oeil du point source que constitue l'étoile (voir §.6.6) est atteint, cela signifie que l'étoile considérée est visible en son jour de conjonction avec le Soleil, peu avant son lever et peu après son coucher. Sa période d'invisibilité annuelle est alors nulle. Pour un observateur de l'hémisphère nord, c'est le cas des étoiles situées à très grande proximité de la zone circumpolaire nord – *Arcturus* en constitue un exemple (Fig. 8).

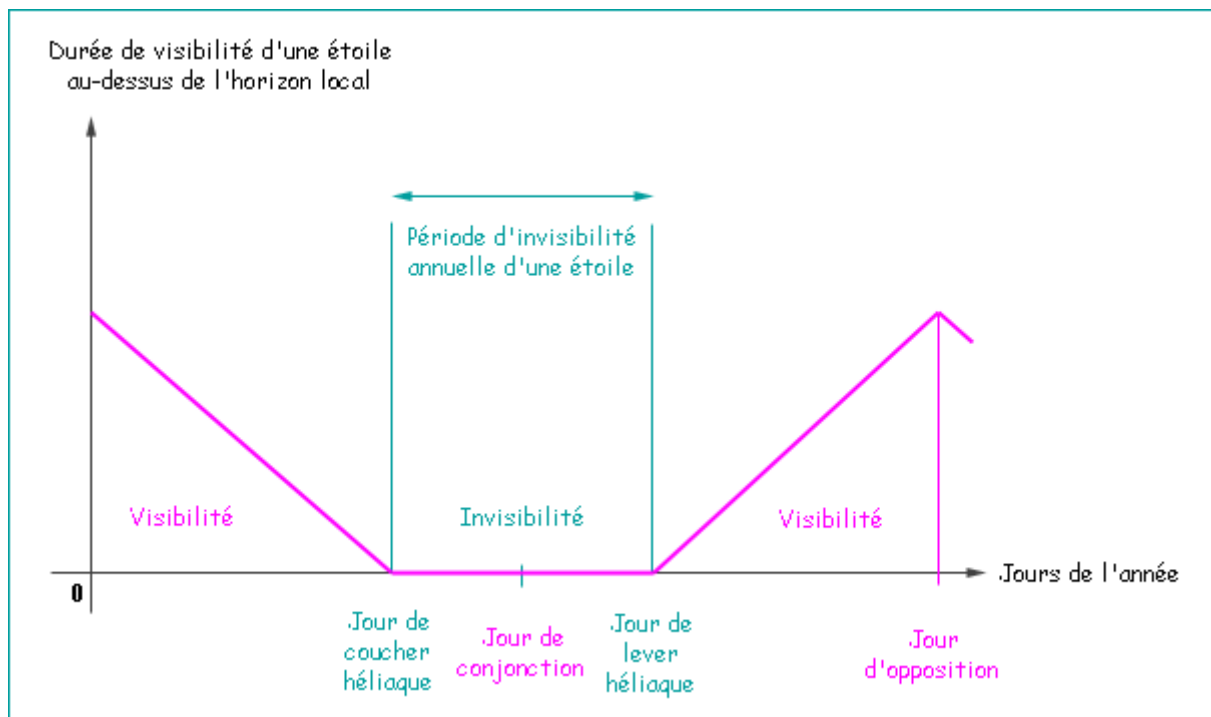


Figure 7 : Représentation schématique de la période d'invisibilité annuelle d'une étoile.

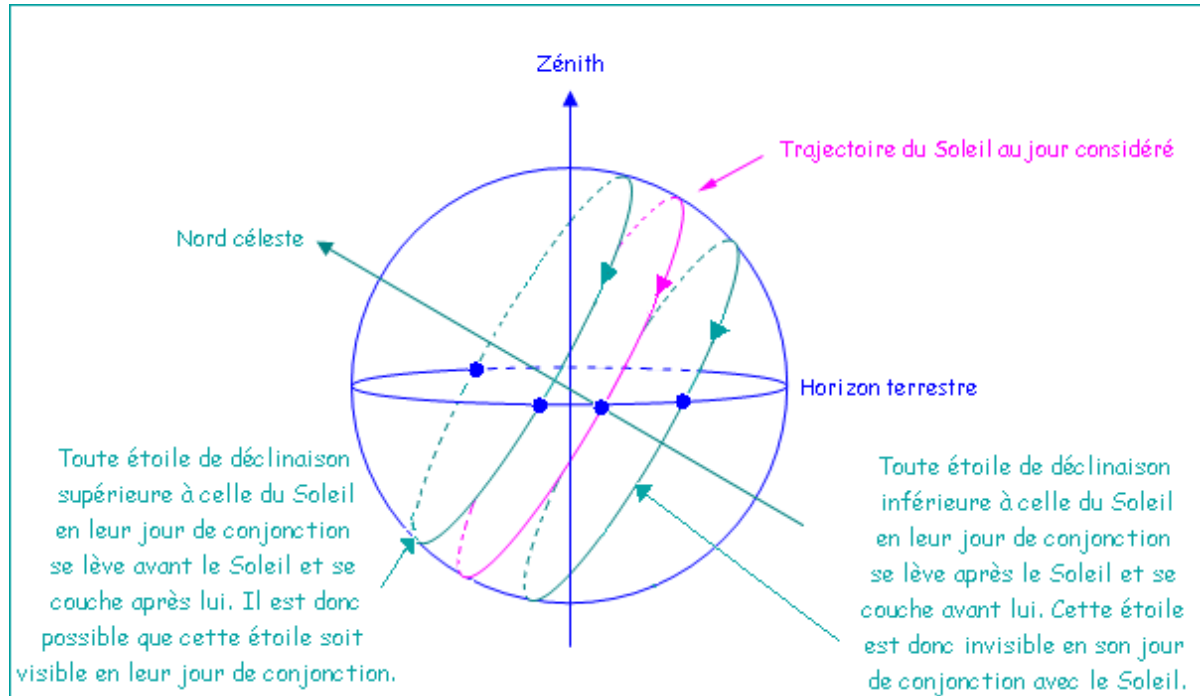


Figure 8 : La visibilité d'une étoile en son jour de conjonction avec le Soleil en un lieu de latitude donnée dépend essentiellement de la valeur de sa déclinaison.

6. Test de visibilité d'une étoile

6.1. Détermination du jour de conjonction avec le Soleil (jd_4)

En leur jour de conjonction, le Soleil et l'étoile considérée sont caractérisés par une même ascension droite (voir note 93). A l'échelle d'une année,

- ✓ l'ascension droite d'une étoile demeure relativement constante ;
- ✓ en revanche, celle du Soleil varie entre 0 et 24 h.

Aussi, la détermination de ce jour de conjonction (jd_4) présuppose le calcul de l'ascension droite du Soleil (α_{04}) en chacun des jours de l'année considérée à compter de jd_2 , jusqu'à ce que l'égalité avec l'ascension droite de l'étoile (α_4) se trouve réalisée.

Les coordonnées équatoriales célestes de l'étoile considérée en jd_2 (α_2 , δ_2) sont obtenues à partir des équations 4.3.3.1. Les coordonnées équatoriales célestes du Soleil (α_{02} , δ_{02}) peuvent être déduites de ses coordonnées écliptiques (λ_{02} , β_{02}), obtenues à partir des lois de l'orbite terrestre (BDL, 1998, page 105)⁹⁴ :

$$\begin{aligned}\sin(\delta_{02}) &= \sin(\lambda_{02}) \cos(\beta_{02}) \sin(\epsilon) + \sin(\beta_{02}) \cos(\epsilon) \\ \cos(\alpha_{02}) \cos(\delta_{02}) &= \cos(\lambda_{02}) \cos(\beta_{02}) \\ \sin(\alpha_{02}) \cos(\delta_{02}) &= \sin(\lambda_{02}) \cos(\beta_{02}) \cos(\epsilon) - \sin(\beta_{02}) \sin(\epsilon)\end{aligned}\quad (6.1.1)$$

où ϵ mesure l'inclinaison moyenne de l'écliptique E_2 sur l'équateur céleste A_2 en jd_2 (Fig. 6) (BDL, 1998, pages 131-3) :

$$\begin{aligned}\epsilon &= 23^\circ 26' 21''.412 - 468''.0956 \, jd_{10} - 0''.0152 \, jd_{10}^2 + 1''.9989 \, jd_{10}^3 - 0''.0051 \, jd_{10}^4 \\ &\quad - 0''.0025 \, jd_{10}^5 + (-468''.0956 - 0''.0303 \, jd_{10} + 5''.9967 \, jd_{10}^2 - 0''.0205 \, jd_{10}^3) \, jd_{21} \\ &\quad + (-0''.0125 \, jd_{10}^4 - 0''.0002 \, jd_{10}^5) \, jd_{21} \\ &\quad + (-0''.0152 + 5''.9967 \, jd_{10} - 0''.0308 \, jd_{10}^2 - 0''.0250 \, jd_{10}^3 - 0''.0006 \, jd_{10}^4) \, jd_{21}^2 \\ &\quad + (1''.9989 - 0''.0205 \, jd_{10} - 0''.0250 \, jd_{10}^2 - 0''.0008 \, jd_{10}^3) \, jd_{21}^3 \\ &\quad + (-0''.0051 - 0''.0125 \, jd_{10} - 0''.0006 \, jd_{10}^2) \, jd_{21}^4 \\ &\quad + (-0''.0025 - 0''.0002 \, jd_{10}) \, jd_{21}^5\end{aligned}\quad (6.1.2a)$$

Notons que, à l'image des autres paramètres de précession (θ , ζ , z) (voir §.4.3.3), ϵ peut être corrigé des incertitudes par rapport aux masses des planètes ($d\epsilon_1$) ainsi que par rapport aux constantes de précession (P_1) et d'obliquité (ϵ_0) ($d\epsilon_2$) (eq. 6.1.2b). La précision résultante est voisine de la seconde d'arc sur l'intervalle [4000 BC, 8000] (BDL, 1998, page 132-3) :

$$\begin{aligned}d\epsilon_1 &= [(-2.7 \, M - 286 \, V - 159 \, J - 13 \, S - 0.04 \, N) \, jd_{10}] \\ &\quad + [(-2.7 \, M - 286 \, V - 159 \, J - 13 \, S - 0.04 \, N) + (1.4 \, S) \, jd_{10}] \, jd_{21} \\ d\epsilon_2 &= (d\epsilon_0) + [(0.0004 \, dP_1) \, jd_{10}] \, jd_{21} + [(0.0004 \, dP_1) \, jd_{10}] \, jd_{21}^2\end{aligned}\quad (6.1.2b)$$

où V désigne l'incertitude relative $\Delta m/m$ sur la masse de la planète Vénus.

⁹⁴ Pour les raisons évoquées plus haut (voir §.4.3.4), les effets de la nutation sur les coordonnées équatoriales célestes et écliptiques du Soleil sont négligés. Il s'ensuit l'égalité entre coordonnées moyennes et vraies.

L'application de la seconde loi de Képler⁹⁵ à l'orbite solaire apparente permet de définir la longitude écliptique moyenne du Soleil (λ_{02m}) comme suit (BDL, 1998, page 159) :

$$\lambda_{02m} = (\varpi_{02} + M_{02}) + 2 e_{02} \sin(M_{02}) + \dots \quad (6.1.3)$$

où :

- ϖ_{02} désigne la longitude du périégée du Soleil ;
- M_{02} est l'anomalie moyenne du Soleil, c'est-à-dire la distance angulaire parcourue depuis son passage au périégée si son mouvement était uniforme ;
- e_{02} est l'excentricité de l'orbite solaire autour de la Terre.

Le terme $2 e_{02} \sin(M_{02})$ est appelé « équation du centre ». Il représente l'inégalité de la longitude du Soleil résultant de l'excentricité de l'orbite de la Terre autour du Soleil (e_{T2})⁹⁶.

L'anomalie moyenne du Soleil (M_{02}) étant égale à celle de la Terre (M_{T2}), l'équation 6.1.3 devient :

$$\lambda_{02m} = (\varpi_{T2} + 180^\circ + M_{T2}) + 2 e_{T2} \sin(M_{T2}) \quad (6.1.4)$$

L'anomalie moyenne de la Terre (M_{T2}) peut être déduite de sa longitude écliptique moyenne (λ_{T2m}) au moyen de la relation suivante (BDL, 1998, page 215) :

$$M_{T2} = \lambda_{T2m} - \varpi_{T2} \quad (6.1.5)$$

où ϖ_{T2} désigne la longitude du périhélie.

Ainsi, la longitude écliptique moyenne du Soleil en jd_2 (λ_{02m}) peut s'exprimer en fonction des seuls paramètres orbitaux de la Terre :

$$\lambda_{02m} = (\lambda_{T2m} + 180^\circ) + 2 e_{T2} \sin(\lambda_{T2m} - \varpi_{T2m}) \quad (6.1.6)$$

L'excentricité de l'orbite terrestre (e_{T2}), la longitude moyenne de la Terre (λ_{T2m}) et la longitude du périhélie (ϖ_{T2}) sont quelques-uns des *éléments moyens* de la Terre. Ces développements par rapport au temps des perturbations à longue période des théories générales définissent, à chaque instant, une orbite moyenne qui n'est pas l'orbite osculatrice de la planète considérée à cet instant. En principe, toute éphéméride calculée à partir de ces *éléments moyens* serait de très faible précision – en particulier pour les planètes supérieures.

95 La seconde loi de Képler, ou loi des aires, stipule que le rayon vecteur joignant le Soleil à la Terre balaie des aires égales en des temps égaux.

96 Par définition, l'excentricité de l'orbite de la Terre autour du Soleil (e_{T2}) est égale à l'excentricité de l'orbite apparente du Soleil autour de la Terre : $e_{T2} = e_{02}$.

En réalité, il est tout à fait possible d'obtenir des éphémérides approchées des planètes de précision satisfaisante à partir d'expressions comprenant les *éléments moyens* et un petit nombre de termes périodiques. Les perturbations périodiques des théories planétaires classiques, non prises en compte dans le calcul des *éléments moyens* des planètes, sont très faibles pour les planètes intérieures : en effet, l'amplitude des termes périodiques les plus importants de la longitude moyenne de la Terre (λ_{T2m}) n'excède pas les 4 secondes d'arc. Les *éléments moyens* de la Terre peuvent donc fournir les éphémérides approchées de la Terre avec une précision de quelques dizaines de secondes d'arc (Simon et al., 1994, pages 663-83). Dans le problème posé, cette précision est suffisante. Nous calculerons donc la longitude écliptique moyenne du Soleil (eq. 6.1.6) à partir des *éléments moyens* de la Terre.

Les constantes d'intégration des théories planétaires sont obtenues par comparaison des solutions sous leur forme complète avec les observations (BDL, 1998, page 218). Les *éléments moyens* d'une orbite planétaire sont rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe fixes de l'époque de référence jd_0 . Par application des équations de variation des éléments d'une orbite entre deux époques données, nous obtenons les *éléments moyens* rapportés à l'écliptique et à l'équinoxe moyens de la date jd_2 (BDL, 1998, page 231 et Simon et. al, 1994) :

$$\begin{aligned}\lambda_{T2m} &= 100^\circ.46645683 + 1296027711''.03429 \, jdt db_{20} + 109''.15809 \, jdt db_{20}^2 \\ &\quad + 0''.07207 \, jdt db_{20}^3 - 0''.23530 \, jdt db_{20}^4 - 0''.00180 \, jdt db_{20}^5 + 0''.00020 \, jdt db_{20}^6 \\ e_{T2} &= 0.0167086342 - 0.0004203654 \, jdt db_{20} - 0.0000126734 \, jdt db_{20}^2 + 1444.10^{-10} \, jdt db_{20}^3 \\ &\quad - 2.10^{-10} \, jdt db_{20}^4 + 3.10^{-10} \, jdt db_{20}^5 \\ \varpi_{T2} &= 102^\circ.93734808 + 61900''.55290 \, jdt db_{20} + 164''.47797 \, jdt db_{20}^2 - 0''.06365 \, jdt db_{20}^3 \\ &\quad - 0''.12090 \, jdt db_{20}^4 + 0''.00298 \, jdt db_{20}^5 + 0''.00020 \, jdt db_{20}^6\end{aligned}\quad (6.1.7)$$

où $jdt db_{20} = (tdb_2 - jd_0) / 365250$ désigne le *Temps Dynamique Barycentrique* mesuré en milliers d'années juliennes à partir de jd_0 (voir §.6.2).

6.2. Discussion relative aux échelles de temps

En raison de l'excentricité de l'orbite de la Terre autour du Soleil et de l'inclinaison du plan de l'écliptique par rapport au plan de l'équateur céleste, le mouvement apparent du Soleil autour de la Terre n'est pas uniforme. Afin de pallier cette non-uniformité, la notion de *Soleil moyen* a été introduite. Au contraire du Soleil vrai, le Soleil moyen se déplace le long de l'équateur moyen à une vitesse uniforme. A ce mouvement uniforme est associée une échelle de temps uniforme : le temps solaire moyen ou *Temps Universel* (ut), qui traduit la rotation diurne moyenne de la Terre autour du Soleil. En un lieu de la surface terrestre, l'écart entre le temps solaire moyen indiqué par une horloge et le temps solaire vrai fourni par un cadran solaire⁹⁷ peut atteindre 16 minutes (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 231-2).

⁹⁷ Cette différence se nomme *équation du temps*.

Le gain de précision dans les observations astronomiques et l'adoption d'horloges atomiques ont permis de mettre en évidence diverses irrégularités dans la rotation de la Terre autour de son axe⁹⁸. Ce constat a abouti, en 1960, à l'abandon du *Temps Universel* au profit d'échelles de temps plus uniformes (BDL, 1998, pages 56-7) :

- ✓ le *Temps des Ephémérides*, basé sur la révolution de la Terre autour du Soleil, a été utilisé dans le calcul des éphémérides géocentriques apparentes des corps du système solaire entre 1960 et 1967. Puis il a été remplacé par le *Temps Dynamique Terrestre* et enfin par le *Temps Terrestre* (tt) ;
- ✓ le *Temps Dynamique Barycentrique* (tdb) est utilisé pour calculer les éphémérides des corps du système solaire dans un système d'axes ayant pour origine le barycentre du système solaire. Il diffère du Temps Terrestre (tt) au travers de la prise en compte d'effets relativistes – des termes périodiques dont l'amplitude est inférieure à 0,0017 seconde (BDL, 1998, pages 64-74) :

$$tdb_2 = tt_2 + P$$

$$\text{avec} \quad P = \sum_{\alpha} jdt db_2^{\alpha} \left[\sum_i A_i^{\alpha} \sin(v_i^{\alpha} jdt db_2 + \psi_i^{\alpha}) \right] \quad (6.2.1)$$

où $jdt db_2 = (tt_2 - jd_0) / 36525$ désigne le nombre de siècles juliens écoulés depuis jd_0 (= J2000). La fonction tdb fournit la valeur de P ⁹⁹.

La relation suivante lie le Temps Terrestre (tt) au Temps Universel (tu) exprimé en jours juliens (jd_2) (BDL, 1998, pages 61-2 et 371) :

$$tt_2 = jd_2 + \Delta T \quad (6.2.2)$$

L'écart ΔT , que calcule la fonction tt , a été déduit :

- ✓ pour les années comprises entre l'an 1620 et l'an 2000, d'observations télescopiques : occultations stellaires de la Lune, éclipses de Soleil et transits de la planète Mercure dans le disque solaire (Stephenson et Morrison, 1984). Les valeurs les plus récentes ont été obtenues à partir de l'observation de puissantes radio-sources (étoiles et quasars) ;
- ✓ pour les années antérieures à l'an 1620, de l'antique observation d'éclipses de Soleil et de Lune (Stephenson et Morrison, 1995 et Stephenson, 1997).

⁹⁸ Les irrégularités dans la rotation de la Terre sont de trois types : 1. des termes périodiques saisonniers d'amplitude variant de +0.042 seconde au début de juin à -0.023 seconde à la fin de septembre ; 2. des fluctuations irrégulières de caractère aléatoire pouvant provoquer des écarts de plusieurs dizaines de secondes ; 3. un ralentissement séculaire de la rotation de la Terre qui se traduit par l'augmentation de la durée du jour de 0.02 seconde par siècle environ (BDL, 1998, page 58).

⁹⁹ Seuls quelques-uns des termes du développement de P en puissances de α seront considérés, une précision d'ordre supérieur ne modifiant pas la valeur de P : pour $\alpha = 0$, $i = 1, 2, 3, 4, 5$; pour $\alpha = 1$, $i = 1, 2, 3$; pour $\alpha = 2$, $i = 1$.

Diverses relations semi-empiriques, relatives chacune à une valeur précise du coefficient de marée, ont été établies à partir de ces données. Dans le modèle que nous nous proposons d'élaborer, nous avons utilisé :

- pour les années comprises entre 390 BC et 1620, les expressions dérivées de Stephenson et Morrison (1984) par Chapront-Touzé et Chapront (Chapront-Touzé et Chapront, 1991), afin de les rendre compatibles avec le modèle ELP2000 / DE200¹⁰⁰ qui repose sur une accélération des marées de -23,8946 secondes d'arc par siècle au carré :

$$\begin{aligned}\Delta T &= 2177 + 495 s + 42.4 s^2 && \text{sur la période } [390 \text{ BC} - 948] \\ \Delta T &= 102 + 100 s + 23.6 s^2 && \text{sur la période } [948 - 1600]\end{aligned}$$

(6.2.3)

où $s = (\text{annee} - 2000) / 100$ désigne le nombre de siècles écoulés depuis l'an 2000. ΔT est ici exprimé en secondes ;

- pour les années antérieures à l'an 390 BC, l'équation de Borkowski (Borkowski, 1988) obtenue à partir de l'observation d'éclipses de Soleil entre les années 2137 BC et 1715 en adoptant, pour le coefficient de marée, la valeur de -23,8946 secondes d'arc par siècle au carré :

$$\Delta T = 40 + 35 s^2 \quad (6.2.4)$$
 où $s = (\text{annee} - 1625) / 100$ désigne le nombre de siècles écoulés depuis l'an 1625.

La valeur de ΔT ainsi obtenue, exprimée en secondes, est comprise entre celle que donnerait l'expression de Chapront-Touzé (eq. 6.2.3) étendue aux années antérieures à l'an 390 BC et celle fournie par le JPL Horizon (JPL).

- Discussion relative à la nécessité ou non de prendre en compte les corrections apportées par le passage du Temps Universel (jd_2) au Temps Terrestre (tt_2) et par le passage du Temps Terrestre (tt_2) au Temps Dynamique Barycentrique (tdb_2)

Les calculs suivants ont été effectués pour l'époque 2000 BC :

- ✓ la différence entre le Temps Terrestre (tt_2) et le Temps Universel (jd_2) avoisine les 12 heures 45 minutes – c'est-à-dire 0,53 jour julien. La prise en compte de la correction apportée par le terme ΔT (eq. 6.2.2) est donc indispensable dans un contexte archéoastronomique ;
- ✓ la différence entre le Temps Dynamique Barycentrique (tdb_2) et le Temps Terrestre (tt_2) est très faible – inférieure à 2 millisecondes ou $2 \cdot 10^{-8}$ jour julien. Il n'est donc pas nécessaire de prendre en compte, dans ce qui suit, la correction apportée par le terme P (eq. 6.2.1).

Dans les équations 6.1.7, le terme tdb_2 peut donc être remplacé par le terme tt_2 .

¹⁰⁰ Les constantes d'intégration des théories planétaires du Bureau des Longitudes ont été obtenues par ajustement sur le repère DE200/LE200 du Jet Propulsion Laboratory (BDL, 1998, pages 87 et 227).

➤ Effets d'une imprécision sur le terme ΔT

Les calculs ci-dessus ont permis de connaître la valeur prise par le terme ΔT à l'époque historique considérée : 12 heures 45 minutes (vers 2000 BC).

Une imprécision d'une heure sur la valeur de ΔT se traduit par une légère modification des *éléments moyens* de la Terre, et donc de la longitude écliptique moyenne du Soleil (voir §.6.1). En effet, elle entraîne une augmentation ou une diminution de la longitude écliptique du Soleil voisine de 3 minutes d'arc. Cette différence est toutefois inférieure à la précision recherchée : 15 minutes d'arc (eq. 2.1).

Une imprécision de six heures sur la valeur de ΔT entraînerait une augmentation ou une diminution de la longitude écliptique du Soleil voisine de la précision recherchée. Toutefois, une telle imprécision est hautement improbable.

6.3. Détermination des instants de lever et de coucher de l'étoile et du Soleil en leur jour de conjonction jd_4

Connaissant les coordonnées équatoriales célestes de l'étoile et du Soleil en leur jour de conjonction (jd_4) (voir §.6.1), nous pouvons déterminer les instants auxquels ils traversent l'horizon local : TUL_4 , TUL_{04} , TUC_4 et TUC_{04} ¹⁰¹. Ces instants s'expriment en *Temps Universel* (UT) défini par (BDL, 1998, page 163) :

$$UT = \frac{1}{r} (GMST - GMST_0) \quad (6.3.1)$$

où :

- r désigne le rapport des durées de la seconde de temps sidéral à la seconde de temps universel UT (BDL, 1998, page 96) :

$$r = 1.002737909350795 + 5.9006.10^{-11} jd_{40} - 5.9.10^{-15} jd_{40}^2 ;$$

- $GMST_0$ désigne le *Temps Sidéral Moyen de Greenwich* à 0h UT en jd_4 :

$$GMST_0 = 6h41min50.54841sec + 8640184.812866sec jd_{40} + 0.093104sec jd_{40}^2 - 6.2.10^{-6} sec jd_{40}^3$$

et jd_{40} le nombre de siècles juliens écoulés entre jd_0 et jd_4 à 0h UT (BDL, 1998, page 96):

$$jd_{40} = (Round(jd_4) + 0.5 - jd_0) / 36525 ;$$

- $GMST$ désigne le *Temps Sidéral Moyen de Greenwich* à l'instant considéré en jd_4 (BDL, 1998, page 96) :

$$GMST = GST - [\Delta \psi \cos(\epsilon) + 0''.00264 \sin(\Omega_L) + 0''.00006 \sin(2 \Omega_L)]$$

¹⁰¹ TUL indique l'instant de lever et TUC l'instant de coucher en *Temps Universel*. L'indice 0 se réfère au Soleil.

En théorie, la détermination de *GMST* nécessite le calcul préalable :

- du terme de nutation en longitude ($\Delta\psi$) ;
- de l'angle de précession ϵ (eq. 6.1.2a) ;
- de la longitude moyenne du noeud ascendant de l'orbite de la Lune sur l'écliptique rapportée à l'équinoxe moyen de la date (Ω_L) ;
- du *Temps Sidéral de Greenwich* (BDL, 1998, page 102) :

$$GST = H + \alpha + L, \text{ où } H \text{ désigne l'angle horaire de l'astre considéré.}$$

Le fait de négliger les effets de la nutation (voir §.4.3.4) se traduit par la simplification suivante : $GMST = GST$.

La valeur de l'angle horaire de l'astre observé (H) s'obtient à partir de la relation suivante (BDL, 1998, page 110) :

$$\sin(h_0) = \cos(\varphi) \cos(H) \cos(\delta) + \sin(\varphi) \sin(\delta) \quad (6.3.2)$$

où φ désigne la latitude du site d'observation, δ la déclinaison de l'astre considéré et h_0 sa hauteur vraie au-dessus de l'horizon local.

En raison du phénomène de *réfraction atmosphérique*, chaque astre nous apparaît à une hauteur h_v supérieure à sa hauteur théorique h_0 (exprimée en degrés) :

$$h_v = h_0 + R \quad (6.3.3)$$

où R désigne le coefficient de *réfraction atmosphérique* à proximité de l'horizon terrestre (Saemundson, 1986)¹⁰² :

$$R = \frac{1.02'}{\tan(h_0 + \frac{10.3}{h_0 + 5.11})} \quad (6.3.4)$$

A l'instant apparent de lever ou de coucher d'un astre, $h_v = 0$; il s'ensuit $R \simeq 0^\circ 34'$. L'angle horaire H de l'astre considéré s'obtient à partir de la relation suivante (BDL, 1998, page 203) :

$$\cos(H) = \frac{-\sin(R) - \sin(\varphi) \sin(\delta)}{\cos(\varphi) \cos(\delta)} \quad (6.3.5)$$

¹⁰² En toute rigueur, la valeur de l'indice de réfraction R dépend de la température, de la pression et du taux d'humidité de l'air ambiant ainsi que de la longueur d'onde des photons incidents. Toutefois, nous ne connaissons pas le climat de l'Égypte ancienne avec exactitude. Par ailleurs, diverses corrections liées à la non-sphéricité de la Terre et de l'atmosphère ainsi qu'à l'altitude du site d'observation peuvent également être introduites. Toutefois, la précision résultante est faible (Kovalevsky et Seidelmann, 2004, pages 125-9).

Connaissant la valeur de l'angle horaire de l'étoile (H), nous sommes à présent en mesure de déterminer les instants de lever et de coucher de l'étoile et du Soleil en leur jour de conjonction (jd_4) (eq. 6.3.1). Deux cas de figure se présentent :

C1. l'étoile se lève après le Soleil ($TUL_4 > TUL_{04}$) et se couche avant lui ($TUC_4 < TUC_{04}$). Dans ce cas, elle est invisible depuis le lieu de latitude considérée (φ) en leur jour de conjonction (jd_4) ;

C2. l'étoile se lève avant le Soleil ($TUL_4 < TUL_{04}$) et se couche après lui ($TUC_4 > TUC_{04}$). Dans ce cas, il est nécessaire d'effectuer un test de visibilité de l'étoile :

- ✓ en chacune des minutes séparant l'instant de son lever (TUL_4) et l'instant de lever du Soleil (TUL_{04}) d'une part ;
- ✓ en chacune des minutes séparant l'instant de coucher du Soleil (TUC_{04}) et l'instant de son coucher (TUC_4) d'autre part.

Ce test de visibilité nécessite la quantification préalable des effets de l'*extinction atmosphérique totale* sur la magnitude visuelle de l'étoile (voir §.6.4), le calcul de la brillance du ciel en lieu et place de l'étoile (voir §.6.5) ainsi que la détermination du seuil de détection par l'oeil du point source que constitue cette étoile (voir §.6.6).

6.4. Les différentes sources d'extinction atmosphérique

Soit $\phi_{\nu 0}$, le flux de photons de fréquence ν en provenance d'une étoile de magnitude visuelle m_{teel} . Lors de leur traversée de l'atmosphère terrestre, les photons incidents subissent une perte énergétique qui se traduit par la diminution du flux initial de photons de fréquence ν . Cette diminution de flux est proportionnelle à l'épaisseur ds de la strate traversée dans la direction Z :

$$d\phi_{\nu} = -\phi_{\nu} \kappa_{\nu}(s) \rho(s) ds \quad (6.4.1)$$

où :

- κ_{ν} désigne le coefficient d'absorption par gramme de matière à la fréquence ν considérée ;
- ρ désigne la densité de matière traversée ;
- ds est le parcours élémentaire de chaque photon dans la direction Z : $Z = 90^\circ - h_{\nu}$ (Fig. 9).

La résolution de l'équation 6.4.1 permet de déterminer le flux de photons de fréquence ν qui atteint la surface de l'horizon terrestre :

$$\phi_{\nu} = \phi_{\nu 0} \exp\left(-\int \kappa_{\nu}(s) \rho(s) ds\right) \quad (6.4.2)$$

Cette loi de décroissance exponentielle ou *loi de Bouguer* (Bouguer, 1729) traduit la perte d'éclat ou l'augmentation Δm de magnitude visuelle de l'étoile observée :

$$\Delta m = m_{app} - m_{reel} = -2.5 \log\left(\frac{\phi_v}{\phi_{v0}}\right) \quad (6.4.3)$$

où m_{app} est la magnitude de l'étoile perçue par l'observateur terrestre.

$$\begin{aligned} \Delta m &= -2.5 \log(\exp(-\int \kappa_v(s) \rho(s) ds)) \\ \Delta m &= 2.5 \log(e) (\int \kappa_v(s) \rho(s) ds) \end{aligned} \quad (6.4.4)$$

A l'observateur terrestre, cette étoile apparaît de magnitude (m_{app}) supérieure à sa magnitude visuelle (m_{reel}) fournie par le catalogue (voir §.3) :

$$m_{app} = m_{reel} + 1.086 (\int \kappa_v(s) \rho(s) ds) \quad (6.4.5)$$

La magnitude apparente de l'étoile observée peut s'écrire sous la forme :

$$m_{app} = m_{reel} + 1.86 K \cdot X ,$$

où $K \cdot X$ représente l'extinction atmosphérique totale dans la direction de l'étoile. Elle est constituée :

- ✓ d'un terme météorologique (K) qui désigne la valeur du coefficient d'extinction dans la direction zénithale ($Z = 0^\circ$) à la fréquence ν considérée, et s'exprime en unités de magnitude par masse d'air (Table 12) ;
- ✓ d'un terme géométrique (X) qui désigne la fraction de masse d'air traversée par le flux de photons incidents dans la direction Z .

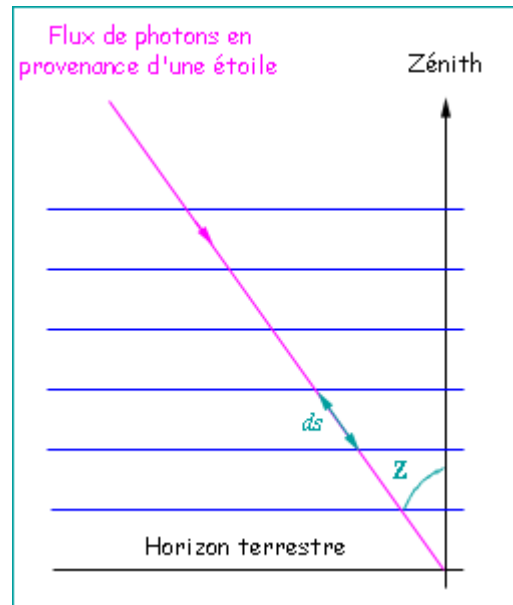


Figure 9 : Lors de sa traversée de l'atmosphère terrestre stratifiée, le flux de photons subit diverses absorptions.

Valeurs de K	Luminosité du ciel	Humidité de l'air	Altitude
0.10	Nuit noire	Temps sec	Sommet d'une montagne
0.15	Nuit sombre	Temps sec	Sommet d'une montagne
0.20	Nuit claire Nuit noire	Temps sec	Sommet d'une montagne Niveau de la mer
0.25	Nuit sombre Nuit noire	Temps sec Temps humide	Niveau de la mer
0.30	Nuit sombre	Temps humide	Niveau de la mer
0.40	Nuit claire	Temps humide	Niveau de la mer
0.50	Très mauvaises conditions d'observation		

Table 12 : Estimation photométrique des valeurs prises par le coefficient d'extinction atmosphérique K dans différentes conditions d'obscurité, d'humidité et d'altitude (Schaefer, 1986).

Le terme géométrique (X) représente la longueur du trajet optique en direction de la source (Z) en unités de longueur du trajet optique en direction du zénith ($Z = 0^\circ$) :

- ✓ lorsque la source se situe très au-dessus de l'horizon, $X = \frac{1}{\cos(Z)}$;
 - ✓ lorsque la source se situe à proximité de l'horizon (Rozenberg, 1966) :
- $$X = \frac{1}{\cos(Z) + 0.025 \exp(-11 \cos(Z))} \quad (6.4.6)$$

Les deux expressions ci-dessus décrivent précisément une masse d'air homogène. Toutefois, l'atmosphère terrestre peut être découpée en strates horizontales (Fig. 9) qui diffèrent les unes des autres au travers de leurs constituants majoritaires : molécules de gaz, d'aérosols et d'ozone. Ces constituants sont responsables, dans leurs strates respectives, c'est-à-dire à des échelles de hauteurs différentes, de la diffusion et de l'absorption d'une partie du flux de photons incidents (ϕ_{v0}) – en d'autres termes, de la perte d'éclat Δm de l'étoile observée (eq. 6.4.4) :

- ✓ les molécules de gaz sont responsables de la *diffusion Rayleigh* (voir §.6.4.1) ;
- ✓ les aérosols sont responsables de la *diffusion Mie* (voir §.6.4.2) ;
- ✓ l'ozone stratosphérique est responsable d'*absorption* (voir §.6.4.3).

Ce sont là autant de sources d'extinction atmosphérique dont il est nécessaire de tenir compte dans le calcul du terme $K \cdot X$ ¹⁰³.

¹⁰³ Etant donné la situation géographique de l'Égypte et le contexte historique, les autres sources possibles d'extinction que sont le volcanisme et la pollution urbaine ne seront pas ici évoquées : en effet, la Terre d'Égypte est dépourvue de toute activité volcanique depuis plusieurs millions d'années (Maness, 1984) ; de plus, aucun problème de pollution urbaine ne se pose à l'époque historique considérée.

6.4.1. La diffusion Rayleigh

La contribution κ_g de la *diffusion Rayleigh* à l'extinction atmosphérique totale varie en fonction de (Hayes et Latham, 1975) :

- ✓ la longueur d'onde λ du flux de photons incidents (en μm) ;
- ✓ l'altitude H_{alt} du site choisi pour l'observation (en km);
- ✓ l'indice n de réfraction de l'air au niveau de la mer : $n = 1.00029290295$:

$$\kappa_g = 113700 (n-1)^2 \exp\left(\frac{-H_{\text{alt}}}{H_g}\right) \left(\frac{1}{\lambda}\right)^4$$

où H_g désigne l'échelle de hauteur considérée. Dans le cas de la *diffusion Rayleigh*, $H_g = 8.2$ km (Allen, 1976).

Dans la partie visible du spectre électromagnétique centrée sur $\lambda = 0.55 \mu\text{m}$, cette équation devient :

$$\kappa_g = 0.1066 \exp\left(\frac{-H_{\text{alt}}}{H_g}\right) \quad (6.4.7a)$$

La fraction de masse d'air associée à la *diffusion Rayleigh* est définie par (Schaefer, 1993) :

$$X_g = \frac{1}{\cos(Z) + 0.01 \sqrt{H_g} \exp\left(\frac{-30 \cos(Z)}{\sqrt{H_g}}\right)} \quad (6.4.7b)$$

6.4.2. La diffusion Mie

Les gouttelettes d'eau, les poussières, les grains de pollen, etc., présents dans l'atmosphère terrestre sont sources de *diffusion Mie*. Les brusques variations de leurs concentrations respectives obéissent à des lois générales : variations saisonnières, taux d'humidité de l'air ambiant (*hum*), altitude H_{alt} du site d'observation (en km) et longueur d'onde λ de la source (en μm). Leur contribution à l'extinction atmosphérique totale s'écrit (Schaefer, 1993) :

$$\kappa_a = 0.12 \left(\frac{0.55}{\lambda}\right)^{1.3} \exp\left(\frac{-H_{\text{alt}}}{H_a}\right) \left(1 - \frac{0.32}{\ln(\text{hum})}\right)^{4/3} (1 + 0.33 \sin(\alpha_0))$$

où α_0 désigne l'ascension droite du Soleil (en rad) et H_a l'échelle de hauteur considérée (en km). Dans le cas de la *diffusion Mie*, $H_a = 1.5$ km (Hayes et Latham, 1975). Dans la partie visible du spectre électromagnétique centrée sur $\lambda = 0.55 \mu\text{m}$, cette équation devient :

$$\kappa_a = 0.12 \exp\left(\frac{-H_{\text{alt}}}{H_a}\right) \left(1 - \frac{0.32}{\ln(\text{hum})}\right)^{4/3} (1 + 0.33 \sin(\alpha_0)) \quad (6.4.8a)$$

L'incertitude sur la valeur de κ_a est : $\sigma_a = 0.01 + 0.4 \kappa_a$. Généralement supérieure à 0.05, elle influe considérablement sur la valeur totale de l'extinction atmosphérique. Elle en constitue d'ailleurs la source d'incertitude la plus importante à grande distance zénithale (Z).

La fraction de masse d'air associée à la *diffusion Mie* est définie par (Schaefer, 1993) :

$$X_a = \frac{1}{\cos(Z) + 0.01 \sqrt{H_a} \exp\left(\frac{-30 \cos(Z)}{\sqrt{H_a}}\right)} \quad (6.4.8b)$$

6.4.3. L'absorption par l'ozone stratosphérique

L'ozone stratosphérique est responsable, dans la partie visible du spectre électromagnétique, de l'*extinction* caractérisée par le coefficient suivant (Bower et Ward, 1982 et Allen, 1976) :

$$\kappa_o = 0.031 (1 + 0.133 (\varphi \cos(\alpha_0) - \cos(3 \varphi))) \quad (6.4.9a)$$

où φ désigne la latitude du site d'observation et α_0 l'ascension droite du Soleil (en radians)¹⁰⁴. Ainsi donc, le coefficient d'absorption par l'ozone stratosphérique est sensible au moindre changement de latitude (φ) et de saison (α_0). Toutefois, la contribution de l'ozone stratosphérique à l'extinction atmosphérique totale est nettement inférieure à celle des molécules de gaz et d'aérosols (Table 13). De telles variations sont donc sans conséquence réelle sur la valeur du terme d'extinction : $K \cdot X$.

La fraction de masse d'air associée à l'absorption par l'ozone stratosphérique est (Schaefer, 1993) :

$$X_o = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\sin(Z)}{1 + (H_o / R_T)}\right)^2}} \quad (6.4.9b)$$

où H_o désigne l'échelle de hauteur considérée (en km) et R_T le rayon équatorial de la Terre (en km). Dans ce cas précis, $H_o = 20\text{km}$ (Meinel et Meinel, 1983).

¹⁰⁴ La contribution nocturne de l'ozone stratosphérique à l'extinction atmosphérique totale équivaut à 30% de sa contribution diurne.

6.4.4. Coordonnées horizontales locales de l'étoile observée

Les équations 6.4.7b, 6.4.8b et 6.4.9b font intervenir la distance zénithale Z liée à la hauteur observée de l'étoile (h_v) par : $Z = 90^\circ - h_v$. Cette hauteur peut être calculée à partir de la relation suivante (BDL, 1998, page 110) :

$$\sin(h_0) = \cos(\varphi) \cos(H) \cos(\delta) + \sin(\varphi) \sin(\delta)$$

en posant $h_v = h_0 + R$ où h_0 désigne la hauteur théorique de l'étoile et R le coefficient de *réfraction atmosphérique* défini au §.6.3 (eq. 6.3.4). Le terme φ désigne la latitude du site d'observation, H l'angle horaire et δ la déclinaison de l'étoile observée.

Connaissant la hauteur vraie de l'étoile (h_v), nous pouvons calculer la valeur de son azimut vrai (a_v) au moyen des relations suivantes (BDL, 1998, page 110) :

$$\sin(a_v) \cos(h_v) = \sin(H) \cos(\delta)$$

et
$$\cos(a_v) \cos(h_v) = \sin(\varphi) \cos(H) \cos(\delta) - \cos(\varphi) \sin(\delta) \quad (6.4.10)$$

6.4.5. Profils de taux d'humidité de l'air ambiant

Le calcul des coefficients κ_g , κ_a et κ_o de diffusion et d'absorption atmosphériques (eq. 6.4.7a, 6.4.8a et 6.4.9a) requiert la détermination préalable de divers paramètres astronomiques et atmosphériques :

- la latitude φ et l'altitude H_{alt} du site d'observation ;
- l'ascension droite du Soleil (α_0) en chacun des jours de l'année considérée ;
- le taux d'humidité de l'air ambiant (hum) à chaque instant de l'année en question.

Comme indiqué au Chapitre 3 (voir §. 4), les listes d'étoiles dont nous disposons ornent des édifices disséminés le long de la Vallée du Nil, entre Alexandrie et Assouan. Par conséquent, la latitude φ du site d'observation oscille entre 24° et 31° et l'altitude H_{alt} varie entre 10 et 100 m. L'ascension droite α_0 du Soleil peut être déduite des équations de mécanique céleste (eq. 6.1.1) définies au §.6.1. Enfin, le taux d'humidité hum de l'air ambiant en chacun des instants de l'année considérée peut être calculé à partir de données météorologiques publiées par la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOOA).

Les tables météorologiques de la NOAA mentionnent les valeurs de taux d'humidité de l'air ambiant en différents lieux de latitude égyptienne : Abbassia, Assiout, Assouan, etc., et en différents instants de la journée : 8 h, 14 h et 20 h, à compter de l'an 1904. Ces valeurs sont des moyennes mensuelles sur la base desquelles nous avons tracé des profils météorologiques rendant compte des variations horaires de taux d'humidité moyens de l'air ambiant à l'Époque Dynastique¹⁰⁵.

105 Au début du XXème siècle, les effets du réchauffement climatique global sur les profils de température et de taux d'humidité de l'air ambiant étaient suffisamment faibles pour que nous puissions les ignorer. En l'absence de données météorologiques antérieures, nous avons considéré les profils établis sur la base des

Afin de tracer ces profils météorologiques, nous avons calculé :

1. la moyenne des valeurs mensuelles de taux d'humidité de l'air ambiant sur dix ans – entre les années 1904 et 1913 – en trois villes égyptiennes de latitudes différentes :
 - Abbassia : $\varphi = 30^{\circ} 04' 11,6''$ et $H_{\text{alt}} = 30 \text{ m}$;
 - Assiout : $\varphi = 27^{\circ} 11' 00''$ et $H_{\text{alt}} = 55,5 \text{ m}$;
 - Assouan : $\varphi = 24^{\circ} 02' 25''$ et $H_{\text{alt}} = 99,5 \text{ m}$;
2. les valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant en chaque heure de la journée et en chaque jour de l'année, à compter du jour de l'équinoxe de printemps.

Les figures suivantes (Fig. 10a, 10b et 10c) illustrent les profils météorologiques obtenus pour les villes d'Abbassia, Assiout et Assouan.

Le jour de l'équinoxe de printemps (jd_3), le Soleil occupe l'une des deux intersections du cercle de l'écliptique avec l'équateur céleste. Sa longitude écliptique (λ_{03}) est alors nulle. Aussi, la détermination de ce jour de l'année suppose la recherche du jour auquel $\lambda_{03} = 0^{\circ}$ (eq. 6.1.3 et 6.1.6). Le calcul du nombre de jours écoulés depuis jd_3 conduit ensuite à la détermination des valeurs météorologiques caractérisant l'instant considéré : date et heure.

valeurs de température et de taux d'humidité recueillies au tout début du XXème siècle comme représentatifs du climat de l'Égypte ancienne. Au Chapitre 6, nous montrerons que nos propositions d'identification des décans égyptiens résistent aux effets de brusques variations météorologiques (voir §.1.2.3).

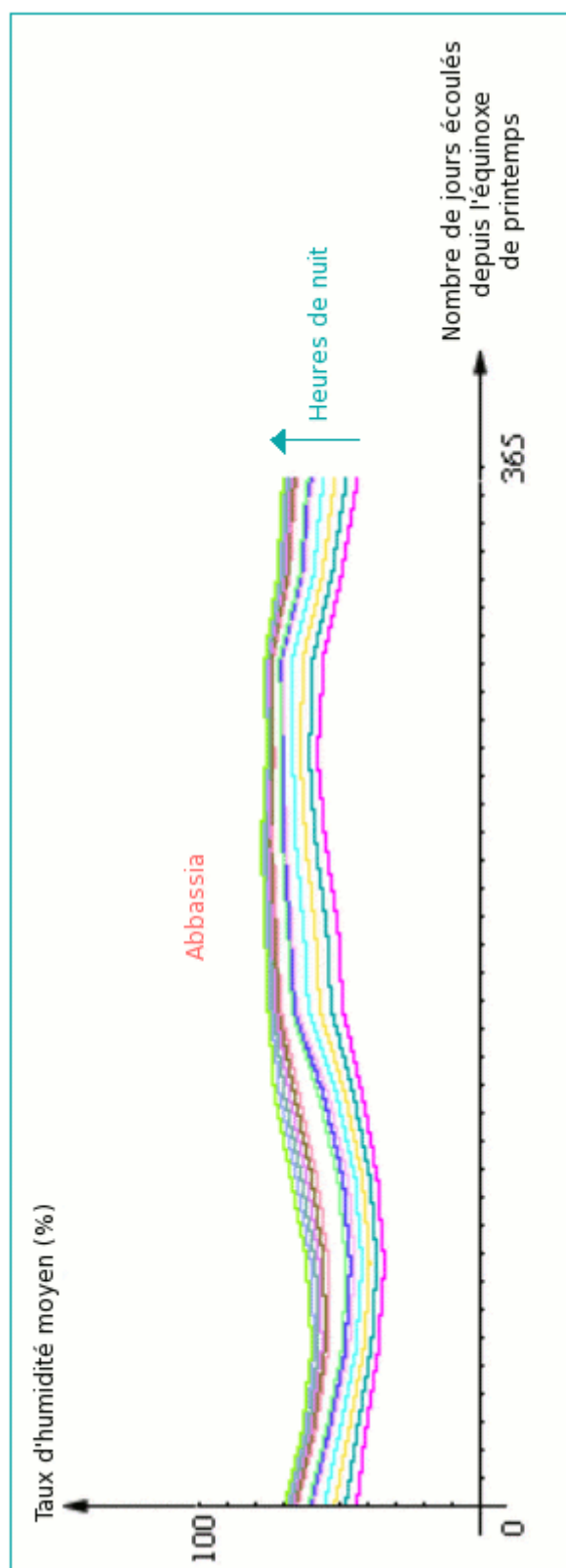


Figure 10a : Variations horaires des valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant à Abbassia à compter de l'équinoxe de printemps, entre les instants de coucher et de lever du Soleil

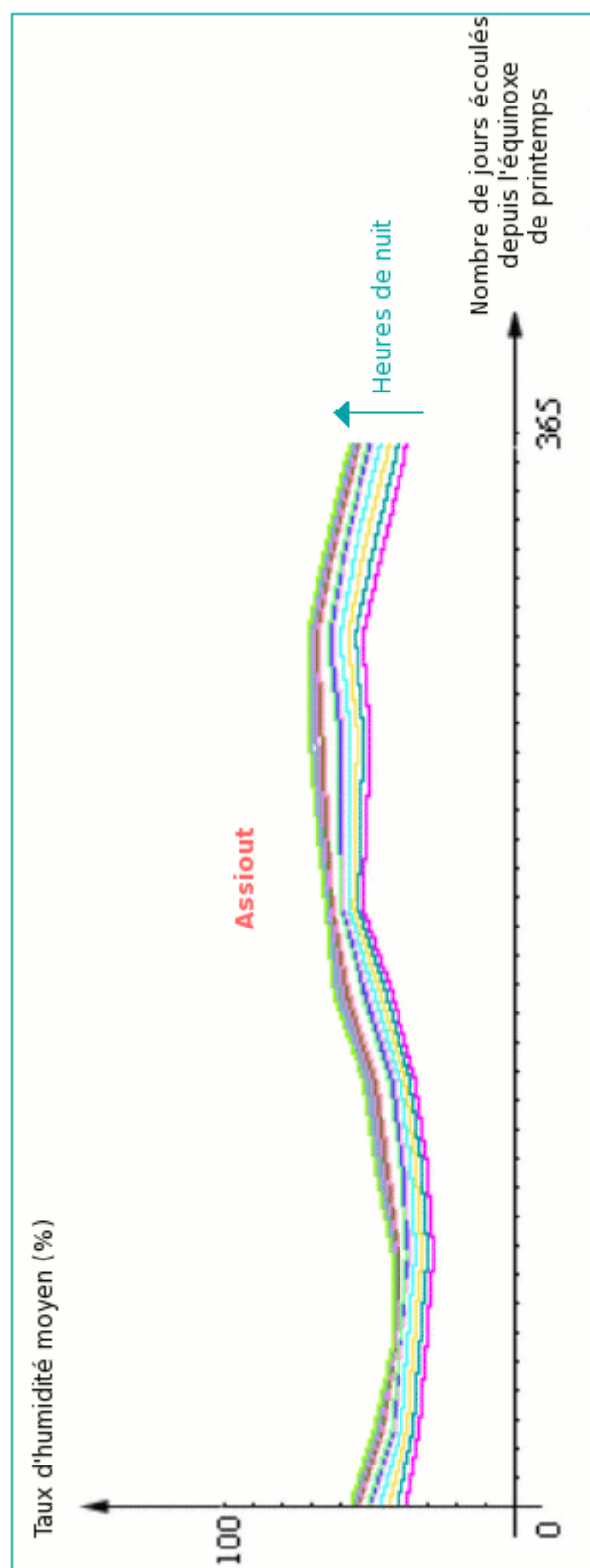


Figure 10b : Variations horaires des valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant à Assiout à compter de l'équinoxe de printemps, entre les instants de coucher et de lever du Soleil

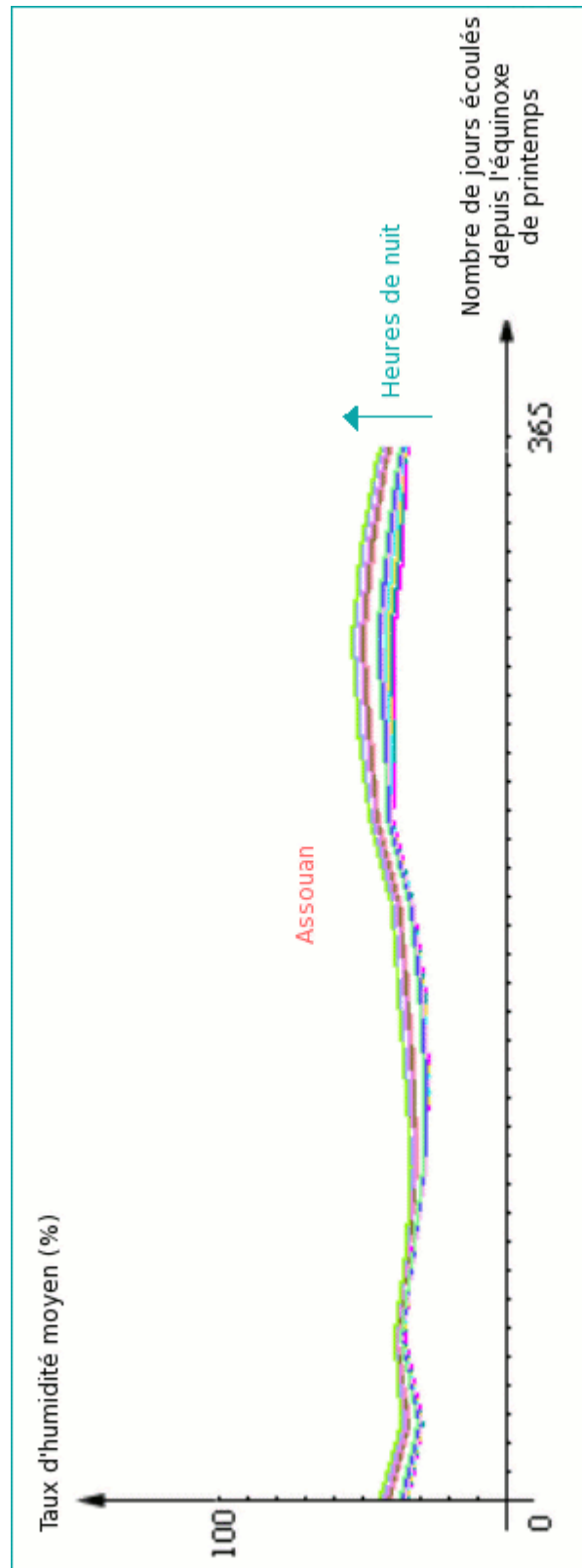


Figure 10c : Variations horaires des valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant à Assouan à compter de l'équinoxe de printemps, entre les instants de coucher et de lever du Soleil

6.4.6. Extinction atmosphérique totale

Lors de sa traversée de l'atmosphère terrestre, le flux de photons incidents (ϕ_{v0}) subit l'extinction totale suivante :

$$K \cdot X = \kappa_g X_g + \kappa_a X_a + \kappa_o X_o \quad (6.4.11)$$

Il s'ensuit l'augmentation Δm de magnitude apparente de l'étoile considérée :

$$\Delta m = 1.086 K \cdot X = 1.086 (\kappa_g X_g + \kappa_a X_a + \kappa_o X_o) \quad (6.4.12)$$

Les résultats portés en Table 13 ont été obtenus à partir des équations 6.4.7a et 6.4.7b, 6.4.8a et 6.4.8b, 6.4.9a et 6.4.9b, dans des conditions voisines de celles régnant le jour de lever héliaque de l'étoile Sirius dans le ciel d'Abbassia en l'an 2000 BC :

- latitude du site d'observation : $\varphi \simeq 30^\circ$;
- altitude du site d'observation : $H_{\text{alt}} = 30$ m ;
- date : 17 juillet vers 4 h 00 min (instant de lever héliaque) ;
- température de l'air ambiant : 26°C ;
- taux d'humidité de l'air ambiant : $hum = 60\%$.

Z (degrés)	$\kappa_g X_g$	$\kappa_a X_a$	$\kappa_o X_o$	$K \cdot X$	Δm
0	0.10621	0.14005	0.03072	0.27698	0.30081
10	0.10785	0.14222	0.03119	0.28125	0.30544
20	0.11303	0.14904	0.03268	0.29475	0.32010
30	0.12264	0.16172	0.03543	0.31980	0.34730
40	0.13865	0.18283	0.04001	0.36149	0.39258
50	0.16523	0.21789	0.04758	0.43069	0.46773
60	0.21236	0.28011	0.06087	0.55334	0.60092
70	0.30982	0.40949	0.08777	0.80708	0.87649
80	0.59571	0.80574	0.16143	1.65289	1.69730
81	0.65564	0.89378	0.17572	1.72514	1.87350
82	0.72829	1.00342	0.19240	1.92411	2.08958
83	0.81791	1.14342	0.21197	2.17329	2.36020
84	0.93080	1.32786	0.23491	2.49356	2.70800
85	1.07668	1.58069	0.26158	2.91894	3.16997
86	1.27130	1.94590	0.29186	3.50906	3.81084
87	1.54184	2.51290	0.32445	4.37920	4.75581
88	1.93936	3.49189	0.35583	5.78707	6.28476
89	2.57150	5.50544	0.37970	8.45664	9.18391
90	3.70904	11.43549	0.38880	15.53333	16.86919

Table 13 : Importances relatives des diverses sources d'extinction (molécules de gaz, aérosols et ozone) en différentes distances zénithales Z.

Les résultats portés en Table 13 confirment la faible contribution de l'ozone stratosphérique (voir §.6.4.3) à l'extinction atmosphérique totale et la nette prédominance de la *diffusion Mie* (voir §.6.4.2) à proximité de l'horizon terrestre. La contribution des aérosols est relativement difficile à évaluer : en effet, l'erreur sur la valeur de Δm peut avoisiner le quart de magnitude sous l'effet d'une brusque variation de taux d'humidité de l'air ambiant – de 15 à 100 %¹⁰⁶. Elle constitue donc la principale source d'erreur sur la visibilité d'un objet situé à proximité de l'horizon terrestre. Les effets de la variation du taux d'humidité de l'air ambiant sur la période d'invisibilité annuelle des étoiles que nous assimilerons aux décans égyptiens seront étudiés au Chapitre 6 (voir §.1.2.3).

6.5. La brillance du ciel

Le Soleil, la Lune, les planètes, les comètes, etc., constituent des sources de luminosité du ciel. Ce sont des sources de photons que les différents constituants de l'atmosphère terrestre – ozone stratosphérique, aérosols, molécules de gaz, etc. – se chargent d'absorber et de diffuser dans différentes directions.

En toute rigueur,

- ✓ les positions occupées par chacun de ces astres à un instant donné ;
- ✓ les phénomènes d'absorption et de diffusion à différentes échelles de hauteur ;
- ✓ la sphéricité de la Terre,

devraient être pris en compte dans le calcul de la brillance du ciel dans la direction zénithale (Z) considérée.

Toutefois, le système d'équations traduisant cette réalité est d'une très grande complexité (Pyakovskaya-Fesenkova, 1957 et Rozenberg, 1966). Par ailleurs, Bradley E. Schaefer estime que la précision obtenue grâce à l'approximation suivante (eq. 6.5.1) avoisine les 80% (Schaefer, 1993), ce qui est suffisant dans le problème étudié (voir §.2).

Ainsi, la diffusion de la lumière par l'atmosphère terrestre, première source de luminosité du ciel, peut être décrite à l'aide de la fonction simplifiée suivante (Krisciunas et Schaefer, 1991) :

$$f(\rho) = 10^{5.36} (1.06 + \cos^2(\rho)) + 10^{6.15 - (\rho / 40^\circ)} + 6.2 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{\rho}\right)^2 \quad (6.5.1)$$

où ρ désigne la distance angulaire (en degrés) séparant la direction (Z) considérée de la source de luminosité : le Soleil, la Lune, etc.

¹⁰⁶ Toutefois, une si brusque variation de taux d'humidité moyen de l'air ambiant est rarissime. En effet, la valeur minimale du taux d'humidité moyen de l'air ambiant relevée à Assouan est de 27%. Seule la survenue d'un orage pourrait augmenter cette valeur de quelques dizaines de pourcents.

Plus généralement, la brillance d'un ciel clair (en nanoLamberts) dans la direction Z considérée peut s'exprimer sous la forme d'une série de contributions (Schaefer, 1993) :

$$B_{ciel} = B_{nuit} + B_{lune} + \min(B_{crep}, B_{jour}) + B_{ville} \quad (6.5.2)$$

où :

- B_{nuit} désigne la contribution du fond du ciel nocturne ;
- B_{lune} désigne la contribution de la Lune ;
- B_{crep} et B_{jour} désignent la contribution du Soleil selon qu'il se situe en-dessous (B_{crep}) ou au-dessus de l'horizon (B_{jour}) ;
- enfin, B_{ville} est la contribution des sources de lumière terrestre.

Etant donnés la nature et le contexte historique du problème posé, nous négligeons la contribution de la Lune à la luminosité totale du ciel (voir note 68) ainsi que la luminosité générée par une éventuelle ville située à proximité du site d'observation. Au terme de ces simplifications, la brillance totale du ciel s'écrit comme suit :

$$B_{ciel} = B_{nuit} + \min(B_{crep}, B_{jour}) \quad (6.5.3)$$

Chacune de ces contributions (eq. 6.5.4a, 6.5.4b et 6.5.4c) est une fonction complexe :

- ✓ de la distance zénithale du Soleil (Z_0) ;
 - ✓ de la direction (Z) de l'étoile considérée ;
 - ✓ de la distance angulaire (ρ_0) séparant l'étoile (Z) et le Soleil (Z_0) ;
 - ✓ de la hauteur du Soleil (h_0) au-dessus ou au-dessous de l'horizon terrestre ;
 - ✓ du coefficient d'extinction $K = \kappa_g + \kappa_a + \kappa_o$
- ✓ La brillance du ciel nocturne s'écrit (Krisciunas et al., 1987, Pilachowski et al., 1989, Garstang, 1989 et Schaefer, 1990) :

$$B_{nuit} = B_0 \left[0.4 + \frac{0.6}{\sqrt{1 - 0.96 \sin^2(Z)}} \right] 10^{-0.4 K X(Z)}$$

où B_0 est un paramètre variant avec l'heure du jour, le cycle solaire, les éruptions volcaniques, etc. (Krisciunas, 1990). Typiquement, $B_0 = 180$ nL. Toutefois, selon Bradley E. Schaefer (Schaefer, 2001), cette équation de définition de la brillance du ciel nocturne ne s'appliquerait pas aux basses latitudes : mieux vaudrait lui substituer l'équation suivante, davantage en accord avec les données de Pilachowski et Garstang (Pilachowski et al., 1989, Garstang, 1989) :

$$B_{nuit} = 120 \left[(1 - 10^{-0.4 K X_g}) + \left(0.4 + \frac{0.6}{\sqrt{1 - 0.96 \sin^2(Z)}} \right) 10^{-0.4 K X_s} \right] \quad (6.5.4a)$$

où X_g désigne la fraction de masse d'air associée à la *diffusion Rayleigh* (eq. 6.4.7b).

- ✓ La brillance du ciel crépusculaire s'écrit sous la forme suivante (Koomen et al., 1952) :

$$B_{crep} = \max(1, 10^{(\rho_0 / 90^\circ) - 1.1}) 10^{8.45 + 0.4 h_0} (1 - 10^{-0.4 K X(Z)}) \quad (6.5.4b)$$

où $X(Z)$ désigne la fraction de masse d'air associée à une atmosphère homogène (eq. 6.4.6) :

$$X = \frac{1}{\cos(Z) + 0.025 \exp(-11 \cos(Z))}$$

- ✓ La brillance du ciel diurne se calcule à partir de l'équation suivante (Weaver H.F., 1947, Koomen et al., 1952, Tousey et al., 1948) :

$$B_{jour} = 11700 f(\rho_0) 10^{-0.4 K X(Z_0)} (1 - 10^{-0.4 K X(Z)}) \quad (6.5.4c)$$

Dans la Table 14 ont été portées, pour indication, les valeurs de brillance du ciel caractéristiques de différents instants de la journée : à minuit, lors du crépuscule nautique¹⁰⁷, lors du crépuscule civil¹⁰⁸ et à midi (Schaefer, 1993).

Instant de la journée	Angle zénithal (Z) (en degrés)	Brillance du ciel (B_{ciel}) (en nanoLamberts)
Minuit	0° 90°	20 nL 240 nL
Crépuscule nautique	0°	300 nL
Crépuscule civil	0°	10 000 nL
Lever du Soleil	0°	30 000 000 nL
Midi	0°	500 000 000 nL

Table 14 : Valeurs caractéristiques de la brillance du ciel en différents instants de la journée.

107 Le crépuscule nautique est défini comme l'instant auquel la hauteur du Soleil sous l'horizon est de 12°.

108 Le crépuscule civil est défini comme l'instant auquel la hauteur du Soleil sous l'horizon est égale à 6°.

6.6. Seuil de détection d'un point source par l'oeil humain

Diverses expériences relatives à la détection d'un point source par l'oeil humain dans des conditions physiologiques et atmosphériques variées ont été menées dans les années 1940 et 1950. Elles ont abouti à la formulation d'un critère de visibilité, par l'oeil humain, d'un point source sur fond de ciel nocturne ou crépusculaire. Il est ainsi apparu que tout astre de luminosité inférieure à la luminosité seuil (I_{seuil}) définie ci-après est invisible à l'oeil nu (Hecht, 1947) :

$$I_{\text{seuil}} = C_1 (1 + \sqrt{C_2 B})^2 \quad (6.6.1)$$

où C_1 et C_2 sont des coefficients définis comme suit :

$$\begin{cases} \log(C_1) = -8.35 & \text{et} & \log(C_2) = -5.90 & \text{si} & \log(B) > 3.17 \\ \log(C_1) = -9.80 & \text{et} & \log(C_2) = -1.90 & \text{si} & \log(B) < 3.17 \end{cases}$$

Les valeurs de C_1 et C_2 dépendent de la brillance B du fond du ciel, directement proportionnelle à la quantité B_{ciel} définie auparavant (eq. 6.5.3) et exprimée en nanoLamberts (Schaefer, 1993 et Schaefer, 1990) :

$$B = B_{\text{ciel}} F_c \quad \text{avec} \quad F_c = \begin{cases} 1 \\ 10^{-0.4 (1 - [B - V] / 2)} \end{cases} \quad \text{si} \quad \begin{cases} \log(B) > 3.17 \\ \log(B) < 3.17 \end{cases}$$

où F_c est un facteur de correction optique lié à la couleur de la source et $[B - V]$ désigne l'indice de couleur de la source – qu'il s'agisse d'un astre (voir §.3) ou du fond du ciel.

6.6.1. Condition de visibilité d'un astre dans le ciel

Tout comme la brillance du ciel définie au §.6.6, l'intensité réelle (I_0) de la source doit être corrigée de facteurs optiques liés à sa couleur (F_c), à l'extinction atmosphérique (F_e) et au pouvoir de résolution de l'oeil (F_r) (Schaefer, 1990 et Schaefer, 1993) :

$$I_0 = I_v F_c F_e F_r \quad (6.6.1.1)$$

où :

- $I_v = I_0 10^{-\Delta m / 2.5}$ désigne l'intensité apparente de la source ou intensité perçue à travers l'atmosphère terrestre et $\Delta m = m_{\text{app}} - m_{\text{reel}} = 1.086 K \cdot X$ l'augmentation de magnitude de l'étoile sous l'effet de l'extinction atmosphérique (eq. 6.4.6.2) ;
- F_c a été défini précédemment (voir §.6.6) ;
- $F_e = \begin{cases} 10^{0.4 \Delta m} \\ 10^{0.48 \Delta m} \end{cases} \quad \text{si} \quad \begin{cases} \log(B) > 3.17 \\ \log(B) < 3.17 \end{cases}$
- $F_r = \frac{1}{S^2}$ où S désigne le rapport de Snellen défini au §.6.6.2¹⁰⁹

¹⁰⁹ La détermination de la valeur moyenne de l'acuité visuelle des astronomes égyptiens a fait l'objet d'un article disponible en Annexe (Gadré, 2004).

La magnitude apparente de la source s'écrit donc sous la forme suivante :

$$m_{app} = m_{reel} + \Delta m = m_{reel} + 2.5 \log\left(\frac{I_0}{I_v}\right)$$

$$m_{app} = m_{reel} + 2.5 \log(F_c F_e F_r) \quad (6.6.1.2)$$

La magnitude réelle de la source (m_{reel}) est fournie par le catalogue *Hipparcos* (voir §.3). Elle est liée à l'intensité réelle de la source par la relation suivante (Schaefer, 1993) :

$$m_{reel} = -16.57 - 2.5 \log(I_0)$$

$$m_{reel} = -16.57 - 2.5 \log(I_v F_c F_e F_r)$$

La magnitude seuil (m_{seuil}) au-delà de laquelle tout astre de magnitude apparente m_{app} est invisible à l'oeil nu s'écrit donc :

$$m_{seuil} = -16.57 - 2.5 \log(I_{seuil} F_c F_e F_r) \quad (6.6.1.3)$$

Il s'ensuit la *condition de visibilité* dans le ciel de tout astre de magnitude apparente m_{app} :

$$m_{app} < m_{seuil} \quad (6.6.1.4)$$

6.6.2. Acuité visuelle de l'observateur

Le *rapport de Snellen* (S) mesure l'acuité visuelle d'une personne, c'est-à-dire sa capacité à distinguer les détails brillants et contrastés d'un objet situé à une distance donnée, sous un angle donné :

- ✓ le fait que $S = 20 / 20$ signifie que cette personne est capable de distinguer des détails séparés d'une minute d'arc à une distance de 20 pieds (6 mètres). Il s'agit là d'une personne dotée d'une vision normale ;
- ✓ le fait que $S = 20 / 10$ signifie que cette personne est capable de distinguer des détails séparés d'une demi-minute d'arc à une distance de 20 pieds. Il s'agit là d'une personne dotée d'une vision exceptionnelle ;

La plupart des jeunes adultes ont un *rapport de Snellen* voisin de 20/15. Rares, très rares sont ceux dont le *rapport de Snellen* est inférieur à 20/10. Toutefois, l'âge n'est pas le seul facteur déterminant : la luminosité de l'objet observé, la brillance du fond du ciel, le contraste entre cet objet et le fond du ciel, la taille de l'objet, etc., déterminent également la valeur du *rapport de Snellen*.

De façon générale, la valeur du *rapport de Snellen* dépend de :

- ✓ paramètres physiques : qualité optique de l'oeil, présence de sources de lumière aveuglantes, erreurs de réfraction ;
- ✓ paramètres anatomiques : diamètre, séparation et orientation des photorécepteurs rétiniens, connexions et interactions neuronales ;
- ✓ paramètres physiologiques : nature des connexions neuronales et intégrité du système visuel, capacité d'accommodation visuelle liées à l'âge¹¹⁰.

Notre détermination de la valeur du *rapport de Snellen* a reposé sur l'étude de la mention du lever héliaque de Sirius dans divers écrits égyptiens datant du Moyen Empire à l'Époque Romaine : le *papyrus el-Lahoun* (1), le *calendrier Ebers* (2), un *texte d'Eléphantine* (3), le *décret de Canope* (4), une *inscription ptolémaïque à Assouan* (5), le *De Die Natali* de Censorinus (6), les *textes de fondation du temple d'Hathor à Dendérah* (7).

Ce travail, publié sous la forme d'un article dans les Cahiers Caribéens d'Egyptologie (Gadré, 2004), est disponible en Annexe (voir §.6.5). Il a été mené sur la base d'une double constatation :

- C1. le lever héliaque d'une étoile survient d'autant plus tard que la latitude (φ) du site d'observation est élevée : en effet, une différence d'un degré de latitude se traduit par l'avancée ou le recul de la date de lever héliaque d'une journée (Schaefer, 2000) ;
- C2. le lever héliaque d'une étoile survient d'autant plus tard que la valeur du *rapport de Snellen* (S) est faible : un observateur doté d'une excellente acuité visuelle ($S = 2.0$) assiste au lever héliaque de l'étoile Sirius plusieurs jours avant un observateur doté d'une vision moyenne ($S = 1.0$), situé en un lieu de même latitude. Cette différence temporelle augmente avec une diminution de brillance apparente de l'objet visé : elle avoisine les 43 jours pour une étoile de magnitude égale à 6 (Gadré, 2004).

En d'autres termes, un observateur situé à Assouan ($\varphi = 24^\circ 04' 48''$) et doté d'une excellente acuité visuelle ($S = 2.0$) assiste au lever héliaque de Sirius une quinzaine de jours avant un observateur situé à Alexandrie ($\varphi = 31^\circ 13' 12''$) et doté d'une vision moyenne ($S = 1.0$) (Gadré, 2004). L'examen de ces deux situations géographiques et optiques extrêmes nous a permis de définir les limites d'un intervalle temporel auquel doit appartenir chacune des mentions du lever héliaque de l'étoile Sirius dans le passé de l'Égypte :

- ✓ la date de lever héliaque la plus précoce a été obtenue pour Assouan ($\varphi = 24^\circ$) en posant $S = 2.0$;
- ✓ la date de lever héliaque la plus tardive a été obtenue pour Alexandrie ($\varphi = 31^\circ$) en posant $S = 1.0$.

L'intervalle temporel ainsi obtenu a été qualifié d'astronomique, par opposition à l'intervalle historique déduit de chronologies publiées par divers spécialistes de l'Égypte ancienne (Vandersleyen, 1995, Hornung, 1999, Von Beckerath, 1997).

110 Référence Jay Enoch, University of Berkeley, participant in the development of standards relative to specification of visual acuity through the National Academy of Science, National Research Council, USA : communication privée.

La comparaison entre les intervalles astronomique et historique déduits de l'étude :

- ✓ du *Décret de Canope* (4) ;
- ✓ de l'*inscription d'Assouan* (5) ;
- ✓ du *De Die Natali* de Censorinus (6) ;
- ✓ des *textes de fondation du temple d'Hathor à Dendérah* (7),

nous a permis de fixer la valeur du *rapport de Snellen* à 1.70 – et donc d'attribuer aux astronomes égyptiens une excellente acuité visuelle – et d'affiner les dates de début de règne des pharaons *Sésostri III*, *Amenhotep I* et *Thoutmosis III* auxquels se réfèrent le *papyrus el-Lahoun* (1), le *calendrier Ebers* (2) et le *texte d'Eléphantine* (3).

Les effets d'une variation d'acuité visuelle de plus ou moins deux dixièmes sur la période d'invisibilité annuelle des étoiles que nous assimilerons aux décans égyptiens seront étudiés en fin de manuscrit (voir Chap. 6 §.1.2.4).

6.7. Test de visibilité d'une étoile

Connaissant la valeur du *rapport de Snellen* (S) (voir §.6.6.2), l'augmentation de magnitude stellaire causée par l'extinction atmosphérique (Δm) (voir §.6.4.6) ; enfin, la brillance du ciel (B_{ciel}) en lieu et place de l'étoile considérée (voir §.6.5), nous sommes désormais en mesure d'effectuer le test de visibilité de cette étoile en son jour de conjonction avec le Soleil (jd_4) (voir §.6.1) :

- ✓ en chacun des instants séparant le lever de l'étoile (TUL_4) de celui du Soleil (TUL_{04}) ;
- ✓ en chacun des instants séparant le coucher du Soleil (TUC_{04}) de celui de l'étoile (TUC_4).

Un résultat positif au test signifie que l'étoile est visible en chacun des jours de l'année – en d'autres termes, que sa période d'invisibilité annuelle est nulle. Dans ce cas, l'étoile peut être éliminée de l'échantillon d'étoiles candidates. Dans le cas contraire, il nous faut rechercher ses dates de coucher et de lever héliaques afin de déterminer sa période d'invisibilité annuelle.

7. Constitution de l'échantillon d'étoiles candidates

Afin de déterminer les jours de coucher et de lever héliaques des étoiles constituant l'échantillon¹¹¹, nous devons explorer chacun des jours juliens à compter de leur jour de conjonction avec le Soleil (jd_4), puis effectuer un test de visibilité (voir §.6) en chacune des minutes séparant le coucher du Soleil de celui de l'étoile ou le lever de l'étoile de celui du Soleil. L'exploration s'achève lorsque le seuil de détection par l'oeil du point source que constitue l'étoile est atteint (voir §.6.6), c'est-à-dire aux instants précis de son coucher et de son lever héliaques. Connaissant ces dates, il devient possible de calculer la période d'invisibilité annuelle de chaque étoile.

¹¹¹ Cet échantillon est constitué d'étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 non circumpolaires (voir §.5.1) et invisibles en leur jour de conjonction avec le Soleil (voir §.5.6).

7.1. Date de coucher héliaque d'une étoile

En son jour de coucher héliaque (jd_{ch}) débute la période d'invisibilité annuelle d'une étoile, qui est approximativement centrée sur le jour de conjonction de l'étoile et du Soleil (jd_4) (voir §.5.2). Le jour de coucher héliaque précède le jour de conjonction de quelques jours, de plusieurs semaines voire de quelques mois, selon la position qu'occupe cette étoile sur la voûte céleste locale. Aussi, sa détermination suppose d'effectuer un test de visibilité de l'étoile considérée en chacun des jours (jd_5) antérieurs au jour de conjonction (jd_4) :

1. il nous faut tout d'abord vérifier que le coucher de l'étoile (TUC_4) succède à celui du Soleil (TUC_{04}) en leur jour de conjonction (jd_4) : $TU_4 = TUC_{04} - TUC_4 < 0$. Si tel n'est pas le cas, le modèle recherche le jour jd_5 ($jd_5 \leq jd_4$) auquel cette condition se trouve remplie ;
2. puis le modèle effectue, en chacun des jours antérieurs à jd_5 , un test de visibilité de l'étoile entre l'instant de coucher du Soleil (TUC_{05}) et l'instant de coucher de l'étoile (TUC_5). Ce test est identique à celui effectué au jour de conjonction de l'étoile avec le Soleil (jd_4) (voir §.6). La recherche du jour de coucher héliaque (jd_{ch}) prend fin lorsque la condition de visibilité de l'étoile de magnitude apparente m_{app} sur fond de ciel crépusculaire se trouve vérifiée : $m_{app} < m_{seuil}$ (eq. 6.6.1.4).

7.2. Date de lever héliaque d'une étoile

Le lever héliaque d'une étoile (jd_{lh}) sanctionne la fin de sa période d'invisibilité annuelle. Il survient quelques jours, plusieurs semaines voire des mois après son jour de conjonction avec le Soleil (jd_4) (voir §.5.2). Aussi, sa détermination suppose d'effectuer un test de visibilité de l'étoile considérée en chacun des jours (jd_6) postérieurs au jour de conjonction (jd_4) :

1. la première étape consiste à vérifier que le lever de l'étoile (TUL_4) précède celui du Soleil (TUL_{04}) en leur jour de conjonction (jd_4) : $TU_4 = TUL_4 - TUL_{04} < 0$. Si tel n'est pas le cas, le modèle recherche le jour jd_6 ($jd_6 \geq jd_4$) auquel cette condition se trouve remplie ;
2. puis le modèle effectue, en chacun des jours postérieurs à jd_6 , un test de visibilité de l'étoile entre l'instant de son lever (TUL_6) et l'instant de lever du Soleil (TUL_{06}). Ce test est identique à celui effectué au jour de conjonction de l'étoile avec le Soleil (jd_4) (voir §.6). La recherche du jour de lever héliaque (jd_{lh}) s'achève lorsque la condition de visibilité de l'étoile de magnitude apparente m_{app} sur fond de ciel crépusculaire se trouve remplie : $m_{app} < m_{seuil}$ (eq. 6.6.1.4).

7.3. Période d'invisibilité annuelle d'une étoile

Les jours de coucher (jd_{ch}) et de lever (jd_{lh}) héliques d'une étoile constituent les limites d'un intervalle temporel que nous notons dpi et définissons comme suit :

$$dpi = jd_{lh} - jd_{ch} \quad (7.3.1)$$

8. Redéfinition des contours de l'anneau décanal

La rédaction du modèle est à présent achevée. L'ensemble des phénomènes astronomiques, météorologiques et optiques nécessaires à la détermination de la période d'invisibilité annuelle des étoiles (*dpi*) constituant l'échantillon a été pris en compte.

L'application de ce modèle que nous noterons Modèle 1 à chacune des 5041 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos* (voir §.3) nous permet d'établir une nette dépendance de leur période d'invisibilité annuelle (*dpi*) avec leur déclinaison (δ_2) ou leur latitude écliptique (λ_2)¹¹² (Fig. 11 et 12) :

- ✓ à chacune des extrémités des Figures 11 et 12 se situent les étoiles peuplant les zones circumpolaires nord et sud du ciel d'Abbassia ($\varphi \simeq 30^\circ$) en l'an 2000 BC : il s'agit d'étoiles situées à grande distance de l'écliptique, caractérisées par une période d'invisibilité annuelle égale à 0 ou 365 jours ;
- ✓ la partie centrale des Figures 11 et 12 est occupée par les étoiles non circumpolaires dont la période d'invisibilité annuelle était strictement comprise entre 0 et 365 jours – et plus particulièrement celles dont la période d'invisibilité annuelle avoisinait les 70 jours dans le ciel d'Abbassia ($\varphi \simeq 30^\circ$) en l'an 2000 BC. La majorité de ces étoiles se situe sous le cercle de l'écliptique (Fig. 13).

La Figure 13 fait apparaître que la distance à l'écliptique des 1166 étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à Abbassia en l'an 2000 BC est d'autant plus grande que leur magnitude apparente est faible :

- ✓ l'étoile Sirius, la plus brillante du ciel nocturne, occupe, conformément aux prévisions d'Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1960, pages 97-100), l'extrémité inférieure de l'*anneau décanal* (Fig.1) dont nous sommes à présent en mesure d'affiner les contours (Fig. 14) ;
- ✓ les étoiles de grande magnitude visuelle se situent à grande proximité du cercle de l'écliptique (Fig. 14).

¹¹² Les coordonnées écliptiques de chaque étoile (λ_2, β_2) peuvent être déduites de leurs coordonnées équatoriales célestes (α_2, δ_2) à partir des relations suivantes (BDL, 1998, page 105) :

$$\sin(\beta_2) = -\sin(\alpha_2) \cos(\delta_2) \sin(\epsilon) + \sin(\delta_2) \cos(\epsilon)$$

$$\cos(\lambda_2) \cos(\beta_2) = \cos(\alpha_2) \cos(\delta_2)$$

$$\sin(\lambda_2) \cos(\beta_2) = \sin(\alpha_2) \cos(\delta_2) \cos(\epsilon) + \sin(\delta_2) \sin(\epsilon)$$

où ϵ mesure l'inclinaison moyenne de l'écliptique sur l'équateur céleste en jd_2 (eq. 6.1.2a).

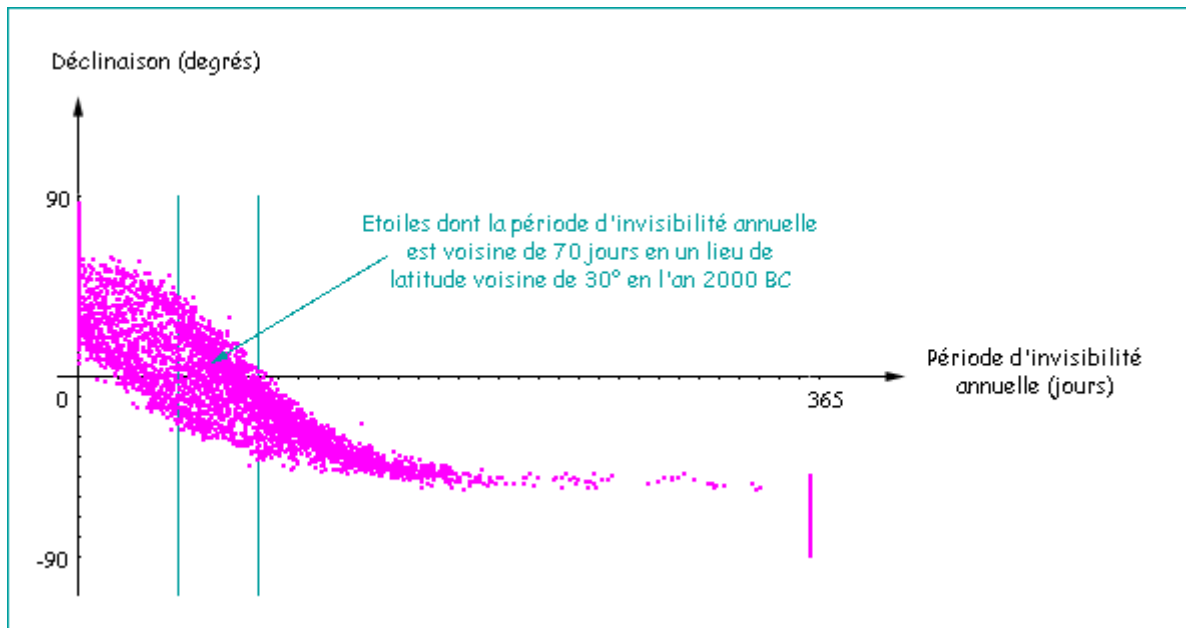


Figure 11 : Relation entre la période d'invisibilité annuelle des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 et leur déclinaison.

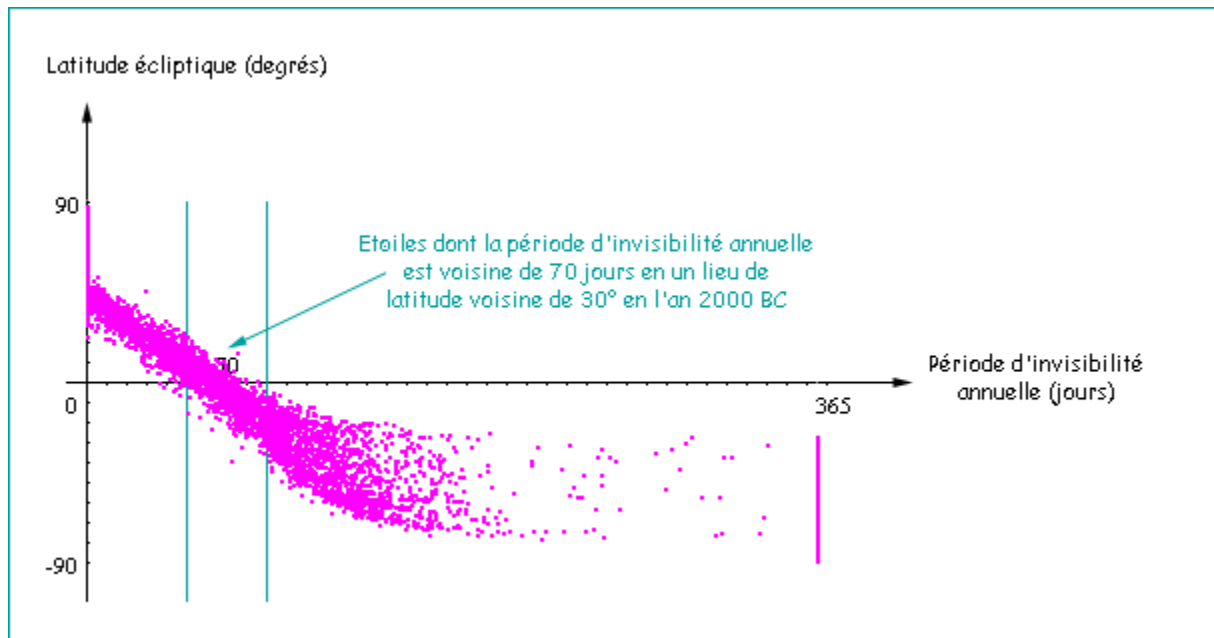


Figure 12 : Relation entre la période d'invisibilité annuelle des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 et leur latitude écliptique.

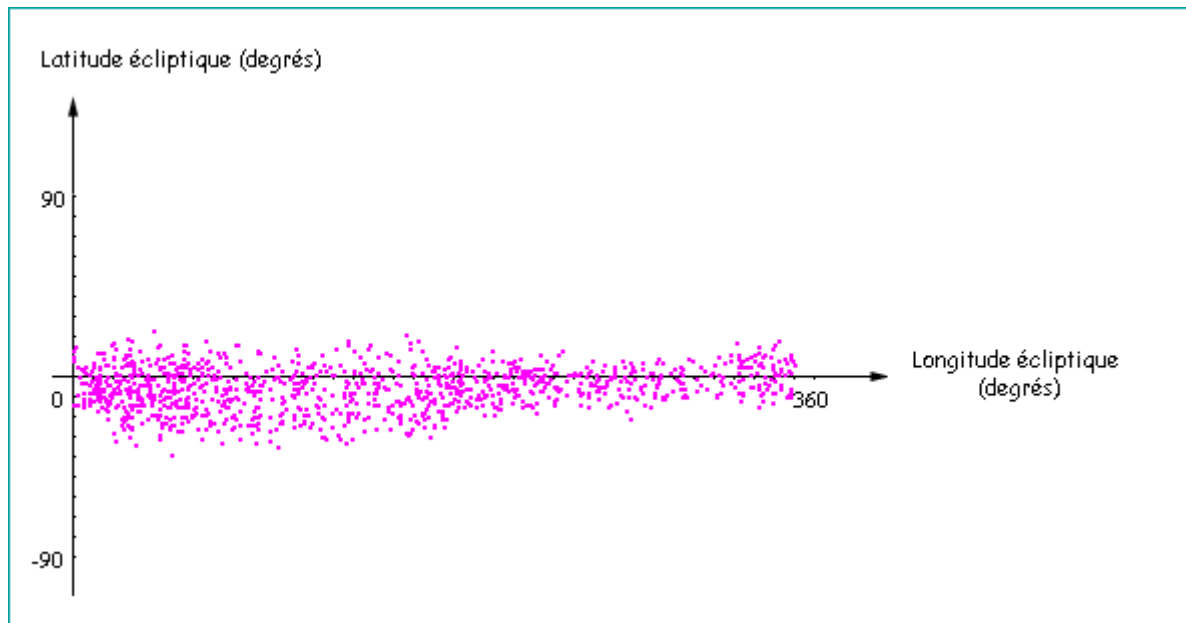


Figure 13 : Localisation spatiale des étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à Abbassia ($\varphi \simeq 30^\circ$) en l'an 2000 BC.

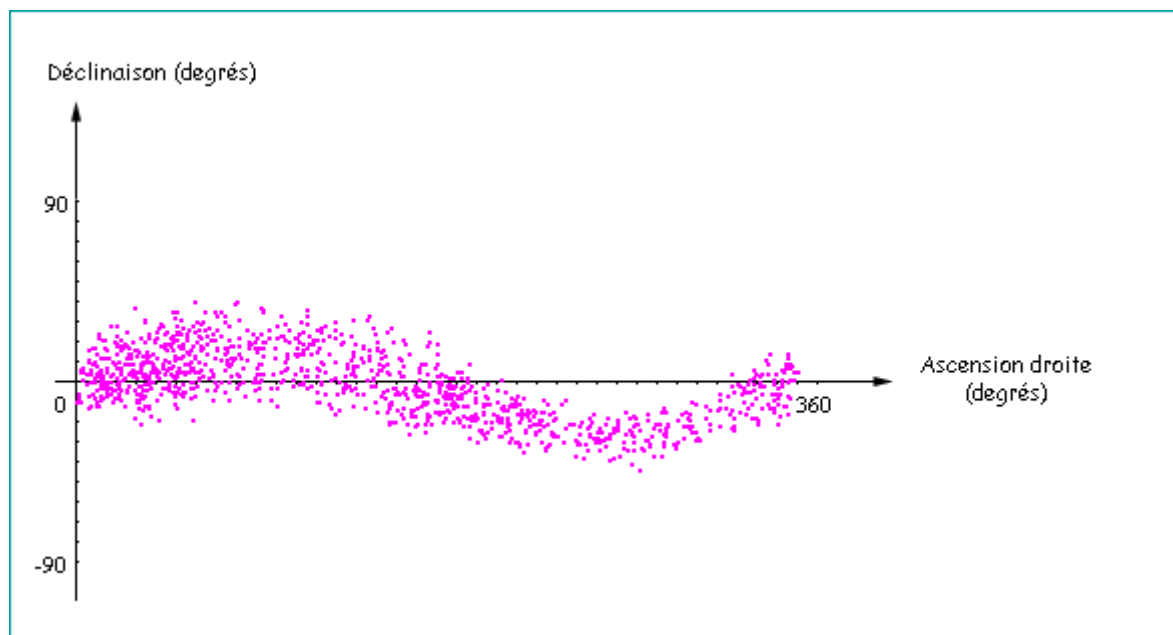


Figure 14 : Redéfinition des contours de l'anneau décanal, constitué des 1166 étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à Abbassia en l'an 2000 BC.

9. Discussion autour de l'*arcus visionis*

Longtemps, la détermination de la date de lever héliaque d'une étoile (voir §.7.2) a reposé sur une estimation préalable de l'*arcus visionis*¹¹³. L'*arcus visionis* est défini comme la différence de hauteur minimale entre l'étoile et le centre du Soleil requise pour apercevoir cette étoile dans les lueurs de l'aube. Il s'agit d'une donnée expérimentale tenant compte :

- ✓ de la magnitude visuelle de l'étoile considérée (voir §.3) ;
- ✓ des effets combinés de la *réfraction* (voir §.6.3) et de l'*extinction atmosphériques* (voir §.6.4) ;
- ✓ de la brillance du ciel en lieu et place de l'étoile (voir §.6.5) ;
- ✓ de l'acuité visuelle de l'observateur (voir §.6.6.2).

L'*arcus visionis* d'une étoile aussi brillante que Sirius est estimé entre 6 et 12° en un lieu de latitude comprise entre 22° et 32°, de longitude comprise entre -25° et -35°, sur une période s'étendant de l'an 4401 BC à l'an 2800. La date de lever héliaque de cette étoile peut être déduite de l'adoption de deux approches différentes :

1. la première approche consiste à rechercher, de manière itérative, le jour et l'heure auxquels l'*arcus visionis* atteint la limite de visibilité fixée – généralement 9°, le Soleil se situant alors à quelque 7° sous l'horizon oriental ;
2. la seconde approche repose sur l'inversion des séries fournissant les coordonnées locales des corps célestes en fonction de l'époque et du lieu d'observation (Bretagnon, 2000) (Table 15).

<i>Arcus visionis</i> (degrés)	6	7	8	9	10	11	12
Date de lever héliaque de Sirius	12/07	13/07	15/07	16/07	17/07	18/07	20/07

Table 15 : Dates de lever héliaque de Sirius en un lieu de latitude égale à 30° en l'an 2000 BC déduites de différentes valeurs de l'*arcus visionis*.

Les deux approches exposées ci-dessus – (1) et (2) – reposent sur une estimation préalable de la valeur de l'*arcus visionis*. La valeur généralement adoptée pour Sirius est 9° ou 10°. Il s'ensuit une date de lever héliaque voisine du 16-17 juillet. Ce résultat est proche de celui proposé par Bradley E. Schaefer (Schaefer, 2000) et de celui obtenu au moyen du Modèle 1 : le 18 juillet. L'*arcus visionis* de Sirius était alors voisin de 11°, conformément aux résultats portés en Table 16.

113 Cette méthode a été inventée par l'astronome Grec *Ptolémée* (Schaefer, 1987).

La méthode de détermination de la date de lever héliaque de Sirius développée par Pierre Bretagnon et qui repose sur l'inversion des séries fournissant les coordonnées locales des corps célestes en fonction de l'époque et du lieu d'observation (2) pourrait être extrapolée à chacune des 5041 étoiles constituant l'échantillon initial :

- ✓ si l'on connaissait la valeur de l'*arcus visionis* de chacune des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 peuplant le ciel de l'Égypte ancienne ;
- ✓ ou s'il existait des tables fournissant la valeur de cet *arcus visionis* en fonction de la magnitude visuelle de chaque étoile, de sa distance au Soleil et de l'acuité visuelle de l'observateur, aux lieux et époques historiques considérés.

Une incertitude de 3° sur la valeur moyenne de l'*arcus visionis* d'une étoile aussi brillante que Sirius (9°) conduit à une incertitude de 4 jours sur sa date de lever héliaque (Table 16). L'incertitude sur la date de lever héliaque d'une étoile de magnitude visuelle plus grande serait bien plus élevée. Il s'ensuivrait la détermination très approximative de sa période d'invisibilité annuelle et, par voie de conséquence, des étoiles candidates aux décans égyptiens.

A la méthode de l'*arcus visionis*, nous préférons donc le modèle présenté dans ce chapitre (voir §.1 à 7) qui présente les avantages d'être :

- applicable à toute étoile ;
- adaptable à toutes conditions optiques et météorologiques ;
- garant d'une meilleure précision (Schaefer, 1987).

10. Conclusion

La prise en compte de certains paramètres astrométriques et de divers critères de visibilité d'un astre dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne nous a permis de développer un modèle permettant de déterminer les dates de coucher et de lever héliaques de toute étoile de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6, et, par voie de conséquence, leur période d'invisibilité annuelle. Appliqué à la base de données archéologiques présentée aux Chapitres 2 et 3, ce modèle va nous permettre de proposer l'identification de chacun des 90 décans égyptiens (Table 1) à des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos*. Ce travail d'identification est précisément l'objet du chapitre suivant.

5. Identification des décans égyptiens

Le modèle développé au Chapitre 4 (Modèle 1) nous a permis d'isoler, parmi les 5041 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos*, celles dont la période d'invisibilité annuelle était voisine de 70 jours – plus exactement, comprise entre 50 et 90 jours – en un lieu de latitude voisine de 30° en l'an 2000 BC. Ces étoiles sont au nombre de 1166. Afin de réduire la taille de cet échantillon d'étoiles candidates, nous allons construire une horloge stellaire théorique semblable à celles figurant dans la base de données archéologiques (voir Chap. 2). En d'autres termes, nous allons examiner la succession de leurs apparitions à l'est en chaque début de décade de l'année civile égyptienne. Puis, nous comparerons l'ordre de succession de ces étoiles sur les listes de types *tm³t* et *knmt* à l'ordre dans lequel elles figurent sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 8). Nous obtiendrons ainsi un échantillon d'étoiles candidates à chacun des 90 décans égyptiens (Table 1). L'application de divers critères astronomiques et égyptologiques nous permettra de réduire la taille de chaque échantillon au strict minimum.

1. Etude de cas : l'étoile Sirius

Sirius est l'étoile la plus brillante du ciel nocturne ($m_{app} = -1,44$). Elle est la seule étoile du catalogue *Hipparcos* dont nous connaissons la dénomination égyptienne : *spd(t)* (voir Chap. 1 §.2). L'identification certaine du décan 31 à l'étoile Sirius nous a permis de comprendre la nature des listes d'étoiles dont nous disposons, d'estimer l'époque de leur conception (Tables 7 et 10), de calibrer puis de tester le Modèle 1 développé au Chapitre 4. Ainsi, pour mémoire :

1. l'examen de la position qu'occupe Sirius sur les horloges de type *tm³t* (Table 4) nous a permis, au Chapitre 2 :
 - 1.1. de déterminer leur principe de fonctionnement : les apparitions successives d'étoiles dans le ciel nocturne ou crépusculaire sanctionnaient la fin de chacune des douze heures de nuit ;
 - 1.2. de définir la nuit égyptienne comme la durée s'écoulant entre la fin du crépuscule astronomique (début de la première heure de nuit) et le début de l'aube (fin de la douzième heure de nuit) ;
 - 1.3. d'estimer l'époque de conception de sept de ces horloges : la dynastie XI (Table 7) ;
2. l'examen de la position qu'occupe Sirius sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 8) nous a permis, au Chapitre 3 :
 - 2.1. d'établir que les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent les décans dans l'ordre de leurs levers successifs et constituent autant de révisions des listes de types *tm³t* et *knmt* ;
 - 2.2. d'établir que les listes de type *Séthi IB* mentionnent les décans dans l'ordre de leurs levers héliques, de leurs culminations et de leurs

coucher héliques successifs ;
2.3. de dater leurs prototypes de la dynastie XII ;

3. l'examen de divers écrits stipulant la survenue du lever hélique de Sirius dans le passé de l'Égypte (Gadré, 2004) (voir aussi Chap. 4 §.4.5.2) nous a permis :
 - 3.1. d'affiner les dates de début de règne de trois pharaons : *Sésostris III*, *Amenhotep I* et *Thoutmosis III* ;
 - 3.2. de déterminer la valeur moyenne de l'acuité visuelle (SR) des astronomes égyptiens : $\langle SR \rangle = 1.70$;
4. enfin, sa période d'invisibilité annuelle de 70 jours a constitué le critère de choix de l'ensemble des étoiles mentionnées sur les listes de types *tmꜣt* et *knmt* ainsi que sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 1). Au Chapitre 4, la recherche des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours en un lieu de latitude égale à 30° et en l'an 2000 BC nous a permis de restreindre l'échantillon initial à 1166 étoiles candidates.

Ainsi, l'identification certaine du décan 31 à l'étoile Sirius nous permet d'établir les contraintes spatio-temporelles du travail d'identification des décans égyptiens que nous menons (voir §.3) : la latitude du site d'observation (voir §.1.1) ainsi que l'époque historique considérée (voir §.1.3).

1.1. La latitude du site d'observation

Notre discussion relative à la latitude du site d'observation des apparitions et culminations successives des étoiles décanales (voir Chap. 3 §.4) a abouti à la formulation des hypothèses suivantes :

- ✓ le principe de fonctionnement des horloges stellaires dont sont extraites les listes de types *tmꜣt* et *knmt* permet de s'affranchir des variations de latitude géographique ;
- ✓ le contenu des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* s'adapte à toute latitude égyptienne.

En théorie, tout lieu de latitude comprise entre 24° (Assouan) et 31° (Alexandrie) est susceptible d'avoir constitué un site d'observation des apparitions et culminations successives des étoiles décanales. En réalité, la latitude du site choisi pour l'observation doit être compatible avec leur période d'invisibilité annuelle, fixée à 70 jours. Dans le cadre du travail d'identification qui s'ensuit, nous adopterons la latitude pour laquelle Sirius – seule étoile décanale identifiée à ce jour – était invisible 70 jours par an vers l'an 2000 BC.

En Table 17 figurent les différentes valeurs prises par la période d'invisibilité annuelle de Sirius en trois lieux de latitudes différentes – Abbassia, Assiout et Assouan – et en des époques historiques distinctes – en 3000, 2500, 2000, 1500, 1000 et 500 BC. Ces résultats ont été obtenus par application, à l'étoile Sirius, du Modèle 1 détaillé au Chapitre 4.

Époque	Abbassia ($\varphi \simeq 30^\circ$)	Assiout ($\varphi \simeq 27^\circ$)	Assouan ($\varphi \simeq 24^\circ$)
3000 BC	75 jours	70 jours	63 jours
2500 BC	73 jours	68 jours	61 jours
2000 BC	72 jours	66 jours	60 jours
1500 BC	70 jours	65 jours	59 jours
1000 BC	69 jours	64 jours	58 jours
500 BC	69 jours	64 jours	58 jours

Table 17 : Variation de la période d'invisibilité annuelle de l'étoile Sirius avec l'époque historique et la latitude géographique.

Les données portées en Table 17 montrent que :

- ✓ la condition d'invisibilité annuelle se trouve réalisée en tout lieu de latitude égale à 30° à une époque comprise entre l'an 2000 BC et le début de notre ère ;
- ✓ la période d'invisibilité annuelle de Sirius demeura relativement constante durant près de 3000 ans (voir §.1.2).

Dans le cadre du travail d'identification des décans égyptiens que nous présentons au §.3, nous fixerons la latitude du site d'observation à 30° . Nous examinerons ensuite les effets d'une variation de latitude géographique sur les résultats obtenus (voir Chap. 6).

1.2. La période d'invisibilité annuelle de Sirius

La Figure 15, établie à partir du Modèle 1, montre la variation de la période d'invisibilité annuelle de Sirius (d_{pi}) à Abbassia ($\varphi \simeq 30^\circ$) sur l'intervalle [7000 BC – 8000]. Elle indique que celle-ci est demeurée à peu près constante – voisine de 70 jours – durant près de 5000 ans avant de croître de nouveau. Or, la période d'invisibilité annuelle d'une étoile dépend essentiellement de trois facteurs : sa magnitude apparente, sa localisation spatiale et la latitude du site d'observation. La magnitude apparente de Sirius et la latitude du site d'observation étant constantes, il s'ensuit que la faible variation de la période d'invisibilité annuelle de Sirius sur cette période s'explique par la variation de ses coordonnées équatoriales célestes et/ou écliptiques sous l'effet de la précession des équinoxes (Fig. 16 et 17).

Sur l'intervalle [7000 BC – 8000], la latitude écliptique de Sirius a diminué linéairement, d'environ 2 minutes d'arc par siècle (Fig. 17) ; en revanche, sa déclinaison a varié semblablement à sa période d'invisibilité annuelle (Fig. 16). Plus précisément,

- ✓ entre l'an 7000 BC et l'an 3000 BC, la déclinaison de Sirius a augmenté en moyenne de 28 minutes d'arc par siècle ;
- ✓ entre l'an 3000 BC et l'an 4000, la déclinaison de Sirius a augmenté puis diminué en moyenne de 10 minutes d'arc par siècle ;
- ✓ entre l'an 4000 et l'an 8000, la déclinaison de Sirius a diminué en moyenne de 28 minutes d'arc par siècle.

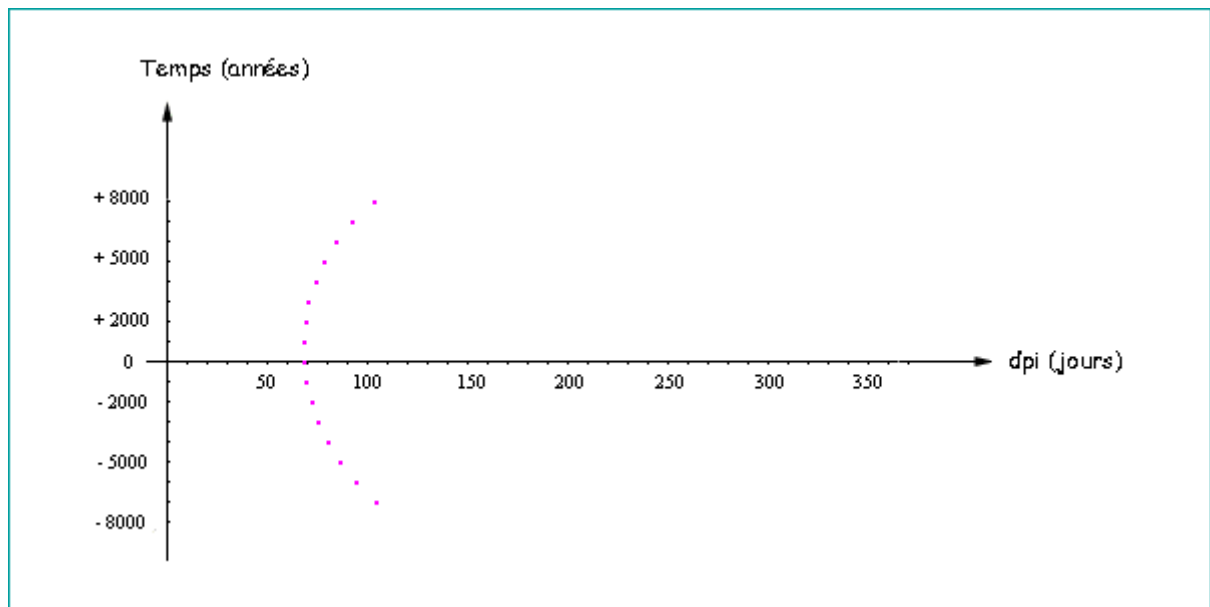


Figure 15 : Variation de la période d'invisibilité annuelle (*dpi*) de Sirius à Abbassia entre l'an 7000 BC et l'an 8000.

L'éloignement de Sirius de l'équateur céleste (Fig. 16) et du cercle de l'écliptique (Fig. 17) est demeuré relativement constant entre l'an 3000 BC et l'an 4000. Cela explique la raison pour laquelle sa période d'invisibilité annuelle est demeurée quasi inchangée tout au long de cette période, et notamment au cours de la Période Dynastique.

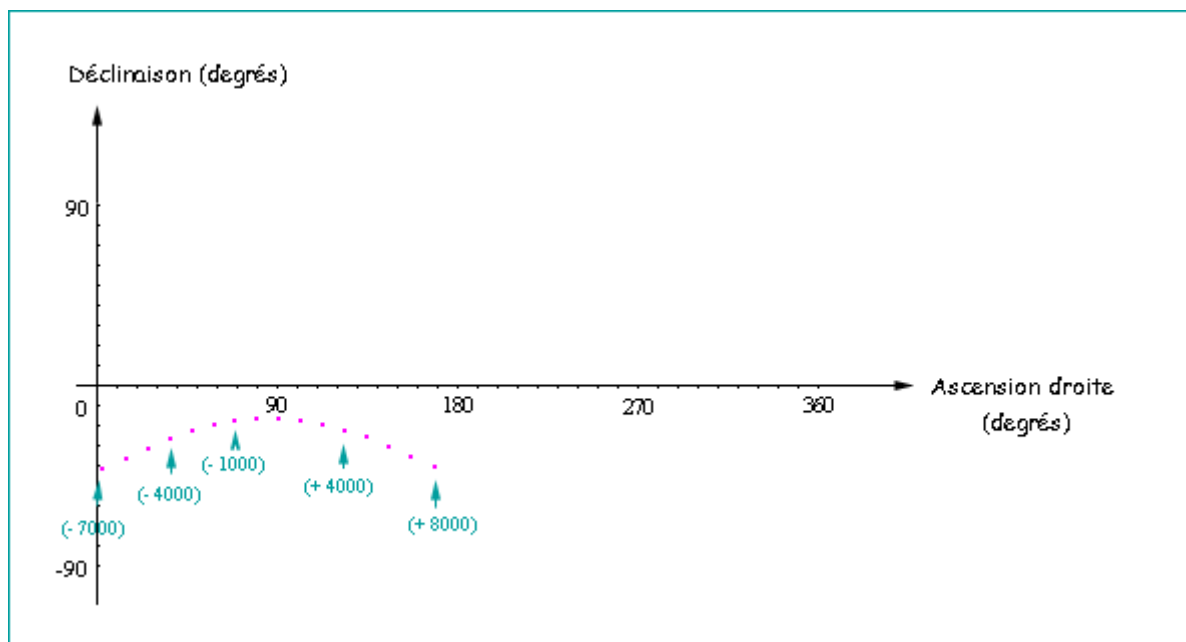


Figure 16 : Variations de la déclinaison et de l'ascension droite de Sirius entre l'an 7000 BC et l'an 8000.

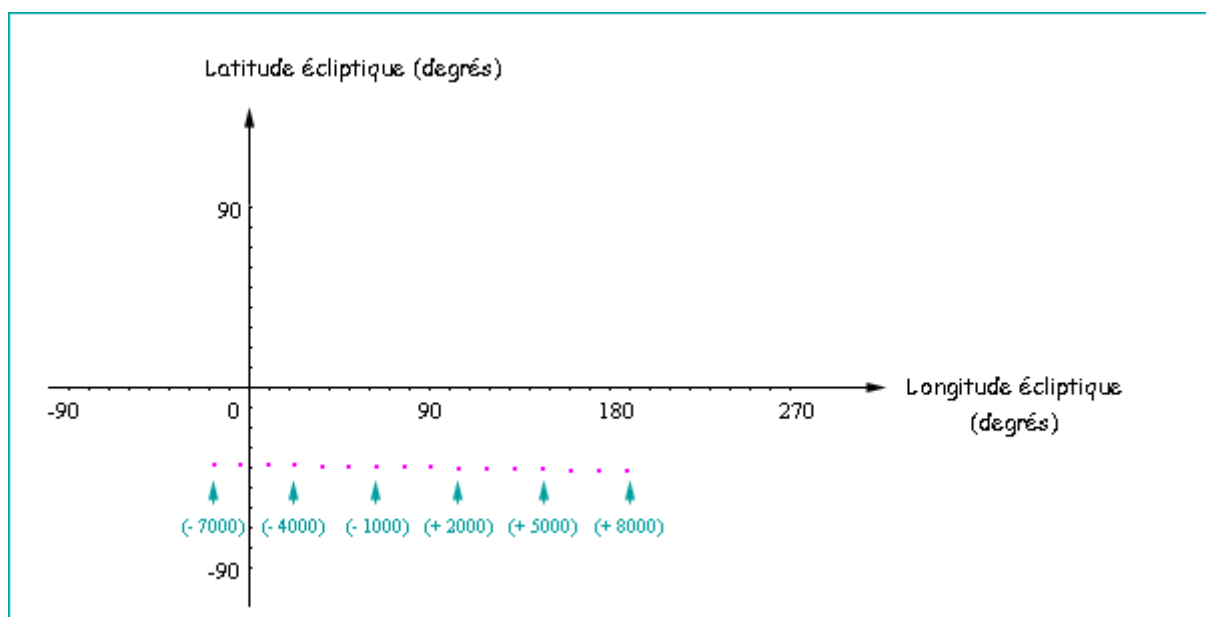


Figure 17 : Variations de la latitude et de la longitude éclipseptiques de Sirius entre l'an 7000 BC et l'an 8000.

1.3. L'époque historique considérée

Les horloges stellaires de type *ṯmḳt* ont été conçues au tout début du XXIème siècle avant notre ère (Table 7). Logiquement, l'horloge stellaire théorique de la Figure 2 devrait être établie sur la base des levers successifs d'étoiles vers l'an 2100 BC – plus précisément, entre les années 2097 et 2090 BC au cours desquelles le *II prt 21* coïncidait exactement avec la date de lever héliaque de l'étoile Sirius en un lieu de latitude voisine de 30°, c'est-à-dire avec le 17 ou le 18 juillet (voir Chap. 2 §.3 et Table 11).

De part sa brillance élevée, Sirius effectue son lever héliaque une trentaine de minutes seulement avant le lever du Soleil (voir Chap. 2 §.4). Les 1165 autres étoiles de l'échantillon obtenu à partir du Modèle 1 (voir Chap. 4 §.7), de magnitude apparente plus élevée que celle de Sirius, effectuent leurs levers héliaques plus d'une heure avant le lever du Soleil – en d'autres termes, au tout début de l'aube. Afin de mesurer l'éventuel impact, sur l'époque historique considérée, de cette différence de magnitudes stellaires ou différence de durées écoulées entre l'instant de leur lever héliaque et l'instant de lever du Soleil, examinons les apparitions successives d'étoiles :

- à l'aube des 17 juillet (*II prt 21*), 27 juillet (*III prt 1*), 6 août (*III prt 11*) et 16 août (*III prt 21*) de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC ;
- au soir des 13 novembre (*II šmw 20*), 23 novembre (*II šmw 30*), 3 décembre (*III šmw 10*) et 13 décembre (*III šmw 20*) de cette même époque historique, c'est-à-dire onze décades et neuf jours plus tard (Table 3).

Afin d'établir la succession des apparitions d'étoiles à l'est, il nous faut concevoir un second modèle (Modèle 2) tenant compte des mêmes paramètres astrométriques et photométriques que le modèle détaillé au Chapitre 4 (Modèle 1). Ce second modèle :

1. calcule tout d'abord les coordonnées équatoriales célestes (α_{81} , δ_{81} et α_{82} , δ_{82}) de l'une des 1166 étoiles considérées, ainsi que celles du Soleil (α_{081} , δ_{081} et α_{082} , δ_{082}) en chaque début de décade de l'année civile égyptienne¹¹⁴ :

$$\begin{aligned}jd_{81} &= jd_2 - 0.25 \\jd_{82} &= jd_2 + 0.25\end{aligned}$$

2. détermine ensuite l'heure de lever théorique de l'étoile considérée – c'est-à-dire l'instant auquel elle traverse l'horizon local : TUL_{81} ou TUL_{82} , selon que ce lever se produit avant ou après minuit (jd_2) – ainsi que les instants de coucher (TUC_{081}) et de lever du Soleil (TUL_{082}) ;
3. effectue un test de visibilité de l'étoile entre les instants de coucher et de lever du Soleil (TUC_{081} et TUL_{082}). Deux cas de figure se présentent alors :
 - 3.1. si l'apparition de l'étoile à l'est se produit en plein jour ($TUL_{81} < TUC_{081}$ ou $TUL_{082} < TUL_{82}$), elle est invisible à l'observateur et ne peut figurer parmi les étoiles candidates au décan considéré ;
 - 3.2. si l'apparition de l'étoile à l'est se produit entre les instants de coucher et de lever du Soleil ($TUC_{081} < TUL_{81}$ ou $TUL_{82} < TUL_{082}$), le modèle détermine la hauteur au-dessus de l'horizon local à partir de laquelle l'étoile devient visible à l'oeil nu dans le ciel nocturne ou crépusculaire : il calcule l'augmentation de magnitude stellaire causée par l'extinction atmosphérique (eq. 6.4.12) ainsi que la brillance du ciel en lieu et place de l'étoile (eq. 6.5.3) puis effectue un test de visibilité de cette étoile (voir Chap. 4 §.6.7) en chacun des instants succédant à son lever théorique (TUL_{81} ou TUL_{82}) et précédant le lever du Soleil (TUL_{082}). Ce test, effectué en boucle sur chacune des 1166 étoiles dont la période d'invisibilité annuelle est comprise entre 50 et 90 jours (voir Chap. 4 §.7), nous permet d'isoler les seules étoiles dont les apparitions à l'est se succèdent, entre l'instant de coucher du Soleil (TUC_{081}) et l'instant de son lever (TUL_{082}), au début de la décade considérée.

¹¹⁴ Dans cet exemple, jd_{81} coïncide avec le soir du 16 juillet (18h00min *TU*) et jd_{82} avec le matin du 17 juillet (6h00min *TU*). Ainsi donc, jd_2 correspond avec le 16 juillet à 24h00min *TU* ou le 17 juillet à 0h00min *TU*.

Les Tables 18a et 18b dressent la liste des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 dont les apparitions se succédèrent à l'aube des 17 juillet, 27 juillet, 6 août et 16 août (Table 18a) ainsi qu'au soir des 13 novembre, 23 novembre, 3 décembre et 13 décembre (Table 18b) de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC. La comparaison de leurs colonnes respectives permet d'obtenir une liste d'étoiles candidates aux décans 31, 32, 33 et 34 (Tables 3 et 19) dont les apparitions à l'est :

- ✓ sanctionnaient la fin de la douzième et dernière heure de nuit à compter du 17 juillet, du 27 juillet, du 6 août et du 16 août, respectivement ;
- ✓ sanctionnaient la fin de la première heure de nuit onze décades et neuf jours plus tard, c'est-à-dire les 13 novembre, 23 novembre, 3 décembre et 13 décembre, respectivement.

En italique figurent les noms des étoiles – plus exactement, leurs appellations dans le catalogue *Hipparcos* – dont les apparitions à l'est s'effectuaient lors de la phase crépusculaire succédant au coucher du Soleil ou précédant son lever¹¹⁵.

Levers d'étoiles le matin du 16 août	Levers d'étoiles le matin du 6 août	Levers d'étoiles le matin du 27 juillet	Levers d'étoiles le matin du 17 juillet
Sirius HIP46750	HIP36425	HIP32362 HIP24436 HIP37740	HIP28716 HIP30343 HIP22797 HIP25336 HIP32246 HIP26207 HIP26176 HIP30883 HIP34693 HIP27511 HIP29038 HIP26366 HIP29434 HIP25813 HIP29426 HIP31681 HIP27989 HIP36046 HIP25142 HIP25473 HIP28614 HIP25302 HIP37629 HIP26594 HIP25930

¹¹⁵ Cette phase crépusculaire est caractérisée par une hauteur du Soleil sous l'horizon inférieure ou égale à 18°.

Levers d'étoiles le matin du 16 août	Levers d'étoiles le matin du 6 août	Levers d'étoiles le matin du 27 juillet	Levers d'étoiles le matin du 17 juillet
HIP34622	HIP32578	HIP38538	HIP23875
HIP44066	HIP40167	HIP26549	HIP35550
HIP39311	HIP42806	HIP26736	HIP25044
HIP42313	HIP37279	HIP35350	HIP26311
HIP43109	HIP36041	HIP31978	HIP34088
HIP43234	HIP36284	HIP32249	HIP25281
HIP42799	HIP30867	HIP26241	HIP36962
HIP43813	HIP34769	HIP39424	HIP26727
HIP39211	HIP42911	HIP33202	HIP24436
HIP39863	HIP33971	HIP31216	HIP32362
HIP42402	HIP40526	HIP30419	HIP37740
HIP37447	HIP46750	HIP27366	HIP38538
HIP39079	Sirius	HIP32533	HIP26549
HIP41307	HIP34622	HIP36188	HIP35350
HIP47508	HIP44066	HIP37908	HIP26736
HIP46771	HIP39311	HIP36425	HIP32249
HIP45336	HIP42313	HIP40167	HIP31978
HIP44659	HIP43109	HIP32578	HIP26241
HIP42835	HIP43234	HIP42806	HIP33202
HIP40084	HIP43813	HIP37279	HIP39424
HIP47310	HIP42799	HIP36284	HIP31216
HIP49637	HIP39211	HIP36041	HIP30419
HIP46776	HIP39863	HIP30867	<i>HIP27366</i>
HIP49029	HIP42402	HIP34769	<i>HIP32533</i>
<i>HIP51624</i>	HIP37447	HIP42911	<i>HIP36188</i>
<i>HIP46509</i>	HIP39079	HIP33971	<i>HIP37908</i>
<i>HIP47431</i>	HIP41307	<i>HIP40526</i>	<i>HIP36425</i>
<i>HIP43067</i>	<i>HIP47508</i>	<i>Sirius</i>	<i>HIP37279</i>
<i>HIP46390</i>	<i>HIP45336</i>	<i>HIP46750</i>	<i>Sirius</i>

Table 18a : Levers d'étoiles à l'aube des 17 juillet, 27 juillet, 6 août et 16 août
de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC.

Levers d'étoiles le soir du 13 décembre	Levers d'étoiles le soir du 3 décembre	Levers d'étoiles le soir du 23 novembre	Levers d'étoiles le soir du 13 novembre
<i>HIP37279</i>	<i>HIP24436</i>	<i>HIP27989</i>	<i>HIP30343</i>
<i>HIP36188</i>	<i>HIP26241</i>	<i>HIP31681</i>	<i>HIP29655</i>
<i>HIP30867</i>	<i>HIP27366</i>	<i>HIP25930</i>	<i>HIP25336</i>
<i>HIP33971</i>	<i>HIP30419</i>	<i>HIP26311</i>	<i>HIP32246</i>
<i>HIP34769</i>	<i>HIP31216</i>	<i>HIP23875</i>	<i>HIP22797</i>
<i>HIP42911</i>	<i>HIP37908</i>	<i>HIP24436</i>	<i>HIP26207</i>
<i>HIP40526</i>	<i>HIP36188</i>	<i>HIP26727</i>	<i>HIP27989</i>
<i>HIP46750</i>	<i>HIP36425</i>	<i>HIP35550</i>	<i>HIP28716</i>
<i>Sirius</i>	<i>HIP37279</i>	<i>HIP28614</i>	<i>HIP26176</i>
<i>HIP34622</i>	<i>HIP40167</i>	<i>HIP36962</i>	<i>HIP27511</i>
<i>HIP44066</i>	<i>HIP36041</i>	<i>HIP25302</i>	<i>HIP26366</i>
<i>HIP39311</i>	<i>HIP42806</i>	<i>HIP34088</i>	<i>HIP30883</i>
<i>HIP42313</i>	<i>HIP36284</i>	<i>HIP25473</i>	<i>HIP34693</i>
HIP43109	<i>HIP30867</i>	<i>HIP25281</i>	<i>HIP36046</i>
HIP43234	<i>HIP34769</i>	<i>HIP26594</i>	<i>HIP25142</i>
HIP43813	<i>HIP42911</i>	<i>HIP25044</i>	<i>HIP25813</i>
HIP42799	HIP33971	<i>HIP26241</i>	<i>HIP29038</i>
HIP39211	HIP40526	<i>HIP26549</i>	<i>HIP29434</i>
HIP39863	HIP46750	<i>HIP26736</i>	<i>HIP25473</i>
HIP42402	<i>Sirius</i>	<i>HIP31978</i>	<i>HIP29426</i>
HIP39079	HIP34622	<i>HIP32249</i>	<i>HIP31681</i>
HIP37447	HIP44066	<i>HIP32362</i>	<i>HIP28614</i>
HIP41307	HIP39311	<i>HIP38538</i>	<i>HIP25302</i>
HIP47508	HIP42313	<i>HIP37740</i>	<i>HIP25930</i>
HIP46771	HIP43109	<i>HIP33202</i>	<i>HIP26594</i>
HIP45336	HIP43234	<i>HIP35350</i>	<i>HIP37629</i>
HIP44659	HIP42799	<i>HIP39424</i>	<i>HIP25044</i>
HIP40084	HIP39211	<i>HIP31216</i>	<i>HIP23875</i>
HIP42835	HIP43813	<i>HIP30419</i>	<i>HIP34088</i>
HIP47310	HIP39863	<i>HIP32533</i>	<i>HIP35550</i>
HIP49637	HIP42402	HIP27366	<i>HIP25281</i>
HIP46776	HIP39079	HIP37908	<i>HIP26311</i>
HIP49029	HIP37447	HIP36188	<i>HIP36962</i>
HIP51624	HIP41307	HIP36425	<i>HIP24436</i>
HIP46509	HIP47508	HIP32578	<i>HIP32362</i>
HIP47431	HIP46771	HIP40167	<i>HIP38538</i>
HIP43067	HIP45336	HIP42806	HIP26727
HIP46390	HIP44659	HIP37279	HIP37740
HIP49641		HIP36041	HIP26549
		HIP36284	HIP26736
		HIP30867	HIP32249
		HIP34769	HIP35350
		HIP42911	HIP31978
		HIP33971	HIP33202
		HIP40526	HIP39424
		HIP46750	HIP26241
		<i>Sirius</i>	HIP31216
		HIP34622	HIP30419

Levers d'étoiles le soir du 13 décembre	Levers d'étoiles le soir du 3 décembre	Levers d'étoiles le soir du 23 novembre	Levers d'étoiles le soir du 13 novembre
		HIP44066 HIP39311 HIP42313 HIP43109 HIP43234 HIP43813 HIP42799 HIP39211 HIP39863 HIP42402 HIP37447 HIP39079	HIP32533 HIP27366 HIP37908 HIP36188 HIP36425 HIP40167 HIP32578 HIP42806 HIP36041 HIP37279 HIP36284 HIP30867 HIP34769 HIP42911 HIP33971 HIP40526 HIP46750 Sirius HIP34622

Table 18b : Levers d'étoiles au soir des 13 novembre, 23 novembre, 3 décembre
et 13 décembre de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC.

Levers d'étoiles à l'aube du 16 août et au soir du 13 décembre	Levers d'étoiles à l'aube du 6 août et au soir du 3 décembre	Levers d'étoiles à l'aube du 27 juillet et au soir du 23 novembre	Levers d'étoiles à l'aube du 17 juillet et au soir du 13 novembre
<i>HIP36188</i> <i>HIP37279</i> <i>HIP30867</i> <i>HIP34769</i> <i>HIP42911</i> <i>HIP33971</i> <i>HIP40526</i> <i>Sirius</i> <i>HIP46750</i> <i>HIP34622</i> <i>HIP44066</i> <i>HIP39311</i> <i>HIP42313</i>	<i>HIP24436</i> <i>HIP26241</i> <i>HIP31216</i> <i>HIP30419</i> <i>HIP27366</i> <i>HIP37908</i> <i>HIP36188</i> <i>HIP36425</i> <i>HIP40167</i> <i>HIP42806</i> <i>HIP37279</i> <i>HIP36041</i> <i>HIP36284</i>	<i>HIP31681</i> <i>HIP27989</i> <i>HIP25473</i> <i>HIP28614</i> <i>HIP25302</i> <i>HIP25930</i> <i>HIP26594</i> <i>HIP23875</i> <i>HIP35550</i> <i>HIP25044</i> <i>HIP26311</i> <i>HIP34088</i> <i>HIP25281</i>	<i>HIP29655</i> <i>HIP28716</i> <i>HIP30343</i> <i>HIP22797</i> <i>HIP25336</i> <i>HIP32246</i> <i>HIP26207</i> <i>HIP26176</i> <i>HIP30883</i> <i>HIP34693</i> <i>HIP27511</i> <i>HIP29038</i> <i>HIP26366</i>

Levers d'étoiles à l'aube du 16 août et au soir du 13 décembre	Levers d'étoiles à l'aube du 6 août et au soir du 3 décembre	Levers d'étoiles à l'aube du 27 juillet et au soir du 23 novembre	Levers d'étoiles à l'aube du 17 juillet et au soir du 13 novembre
HIP43109	<i>HIP30867</i>	<i>HIP36962</i>	<i>HIP29434</i>
HIP43234	<i>HIP34769</i>	<i>HIP26727</i>	<i>HIP25813</i>
HIP42799	<i>HIP42911</i>	<i>HIP32362</i>	<i>HIP29426</i>
HIP43813	HIP33971	<i>HIP24436</i>	<i>HIP31681</i>
HIP39211	HIP40526	<i>HIP37740</i>	<i>HIP27989</i>
HIP39863	HIP46750	<i>HIP38538</i>	<i>HIP36046</i>
HIP42402	Sirius	<i>HIP26549</i>	<i>HIP25142</i>
HIP37447	HIP34622	<i>HIP26736</i>	<i>HIP25473</i>
HIP39079	HIP44066	<i>HIP35350</i>	<i>HIP28614</i>
HIP41307	HIP39311	<i>HIP31978</i>	<i>HIP25302</i>
HIP47508	HIP42313	<i>HIP32249</i>	<i>HIP37629</i>
HIP46771	HIP43109	<i>HIP26241</i>	<i>HIP26594</i>
HIP45336	HIP43234	<i>HIP39424</i>	<i>HIP25930</i>
HIP44659	HIP43813	<i>HIP33202</i>	<i>HIP23875</i>
HIP42835	HIP42799	<i>HIP31216</i>	<i>HIP35550</i>
HIP40084	HIP39211	<i>HIP30419</i>	<i>HIP25044</i>
HIP47310	HIP39863	HIP27366	<i>HIP26311</i>
HIP49637	HIP42402	<i>HIP32533</i>	<i>HIP34088</i>
HIP46776	HIP37447	HIP36188	<i>HIP25281</i>
HIP49029	HIP39079	HIP37908	<i>HIP36962</i>
<i>HIP51624</i>	HIP41307	HIP36425	HIP26727
<i>HIP46509</i>	<i>HIP47508</i>	HIP40167	<i>HIP24436</i>
<i>HIP47431</i>	<i>HIP45336</i>	HIP32578	<i>HIP32362</i>
<i>HIP43067</i>		HIP42806	HIP37740
<i>HIP46390</i>		HIP37279	<i>HIP38538</i>
		HIP36284	HIP26549
		HIP36041	HIP35350
		HIP30867	HIP26736
		HIP34769	HIP32249
		HIP42911	HIP31978
		HIP33971	HIP26241
		<i>HIP40526</i>	HIP33202
		<i>Sirius</i>	HIP39424
		<i>HIP46750</i>	HIP31216
			HIP30419
			<i>HIP27366</i>
			<i>HIP32533</i>
			<i>HIP36188</i>
			<i>HIP37908</i>
			<i>HIP36425</i>
			<i>HIP37279</i>
			<i>Sirius</i>

Table 19 : Listes des étoiles candidates aux décans 31, 32, 33 et 34 (Table 3).

Afin de mesurer l'éventuel impact, sur la période historique considérée, des différences de magnitudes stellaires – ou différences de durées séparant l'instant de leur lever héliaque et l'instant de lever du Soleil – entre Sirius et les 1165 autres étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise alors entre 50 et 90 jours, étudions deux cas de figure que nous noterons C1 et C2 :

C1. supposons que l'apparition à l'est de Sirius ait marqué la douzième et dernière heure de nuit dès son jour de lever héliaque – en d'autres termes, à compter du 17 ou 18 juillet (*II prt 21*) de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC à Memphis ($\varphi \simeq 30^\circ$). Une décade plus tard, c'est-à-dire le 27 juillet, son lever indiquait la onzième heure de nuit. Celui d'une autre étoile – HIP46750 (λ *Leonis*) en l'occurrence (Table 19) – marquait alors la douzième heure de nuit. Toutefois, en ce 27 juillet, l'apparition de Sirius dans les lueurs de l'aube ne précéda celle de λ *Leonis* que de 5 min. Cet écart temporel apparaît bien trop faible pour correspondre à la durée d'une heure de nuit égyptienne¹¹⁶. L'hypothèse selon laquelle Sirius aurait marqué la douzième et dernière heure de nuit à compter de son jour de lever héliaque nous apparaît donc peu vraisemblable ;

C2. supposons que l'apparition à l'est de Sirius ait marqué la douzième et dernière heure de nuit dix jours après son lever héliaque – en d'autres termes, à compter du 27 ou du 28 juillet (*III prt 1*) de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC à Memphis ($\varphi \simeq 30^\circ$). Une décade plus tard, c'est-à-dire le 6 août, son lever indiquait la onzième heure de nuit. Celui du décan 32 marquait alors la douzième heure de nuit. Parmi les étoiles candidates à ce décan figurent (Table 19) : HIP34622 (20 *Monocerotis*), HIP44066 (α *Cancris*), HIP39311, HIP42313 (δ *Hydrae*), HIP43109 (ϵ *Hydrae*), HIP43234 (ρ *Hydrae*), HIP43813 (ζ *Hydrae*), HIP42799 (η *Hydrae*), HIP39211 (28 *Monocerotis*), HIP39863 (ζ *Monocerotis*), HIP42402 (σ *Hydrae*), HIP37447 (α *Monocerotis*), HIP39079 (27 *Monocerotis*), HIP41307 (30 *Monocerotis*), HIP47508 (θ *Leonis*) et HIP45336 (ϑ *Hydrae*). Parmi les étoiles les plus brillantes de cet échantillon figurent ϵ *Hydrae* ($m_{\text{app}} = 3,38$), ζ *Hydrae* ($m_{\text{app}} = 3,11$), α *Monocerotis* ($m_{\text{app}} = 3,94$), 30 *Monocerotis* ($m_{\text{app}} = 3,91$), θ *Leonis* ($m_{\text{app}} = 3,52$) et θ *Hydrae* ($m_{\text{app}} = 3,89$). Entre les apparitions de *Sirius* et θ *Hydrae* à l'est s'écoulaient alors 50 min, ce qui pourrait bien correspondre à la durée d'une heure de nuit égyptienne (voir note 116), et valider l'hypothèse selon laquelle le lever de Sirius marquait la douzième et dernière heure de nuit dix jours après son lever héliaque – c'est-à-dire, à compter du 27 ou 28 juillet.

Ainsi donc, la différence de magnitudes stellaires entre Sirius et les 1165 autres étoiles de l'échantillon considéré se traduit par une différence de durées entre le début de l'aube et l'instant de leur lever héliaque. La constitution d'une horloge stellaire théorique suppose de normaliser l'instant de fin de la douzième heure de nuit, et donc de considérer que l'étoile Sirius marquait la douzième heure de nuit, non pas à compter de son jour de lever héliaque, mais une décade plus tard.

¹¹⁶ Suivant l'époque de l'année, la durée d'une heure de nuit égyptienne était comprise entre 35 min et 55 min, ce qui correspond aux douzième de la durée séparant la fin du crépuscule astronomique et le début de l'aube.

Pratiquement, le 27 ou 28 juillet de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC, le lever de Sirius se produisait 10 min environ après le début de l'aube et 84 min avant le lever du Soleil. Onze décades et neuf jours plus tard, c'est-à-dire le 23 ou 24 novembre de cette même époque historique, son lever s'effectuait 60 min environ après la fin du crépuscule astronomique et 145 min après le coucher du Soleil (Fig. 18). Ainsi donc, le lever de Sirius le 27 ou 28 juillet, c'est-à-dire la fin de la douzième heure de nuit, coïncidait avec le début de l'aube. En revanche, le début de la première heure de nuit coïncidait avec la fin du crépuscule astronomique. Ce résultat est en accord avec la définition que nous avons donnée de la nuit égyptienne (voir Chap. 2 §.4).

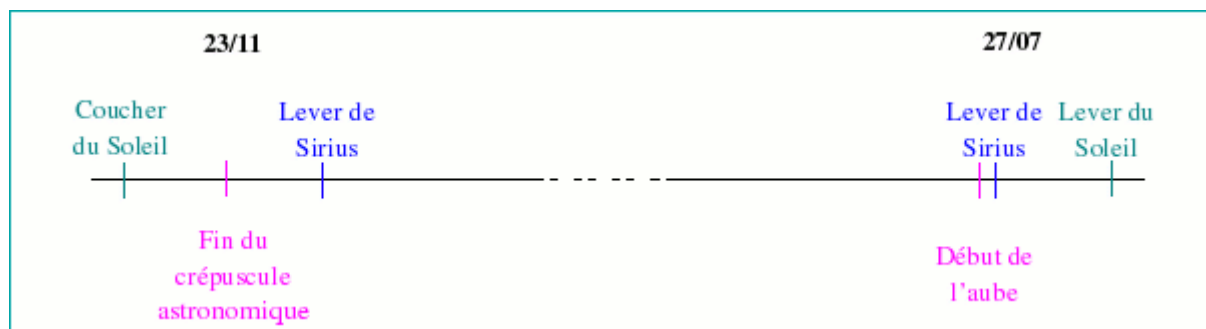


Figure 18 : Apparition de Sirius à l'est du ciel le matin du 17 juillet et le soir du 23 novembre de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC.

En résumé, l'hypothèse selon laquelle l'apparition de Sirius à l'est indiquait la douzième et dernière heure de nuit dix jours après son lever héliaque sur les horloges de type *tm3t* :

- ✓ s'explique par la différence de magnitudes stellaires entre Sirius et les 1165 autres étoiles de l'échantillon considéré ;
- ✓ est compatible avec la définition que nous avons donnée de la nuit égyptienne au Chapitre 2 :
 - la fin de la douzième heure de nuit coïncidait avec le début de l'aube ;
 - la première heure de nuit débutait avec la fin du crépuscule astronomique ;
- ✓ se trouve confirmée par la figuration, sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 8), du décan 31a ou 31b entre les décans 31 et 32 – preuve que deux décades séparaient effectivement les levers héliaques des décans 31 et 32 ;
- ✓ nécessite de construire une horloge stellaire théorique en adoptant l'une des années comprises entre 2137 et 2130 BC comme époque de référence. Au cours de ces années, le *II prt 21* – date à laquelle le lever de Sirius marquait la fin de la douzième et dernière heure de nuit (voir Chap. 2 §.3) – coïncidait avec le 27-28 juillet ;
- ✓ implique de réviser nos propositions de datation des six types de listes d'étoiles, établies à partir de la datation des listes de type *tm3t* (Tables 7 et 10).

1.4. Révision de nos propositions de datation des listes d'étoiles

Dans le paragraphe précédent, nous avons établi que, sur les listes de types *tm̓t*, Sirius marquait la douzième et dernière heure de nuit, non pas à compter de son jour de son lever héliaque, mais une décade plus tard. Cela implique de dater :

- ✓ les listes de types *tm̓t*, dont nous avons déduit l'époque de conception de la position occupée par le décan 31 (voir Chap. 2 §.7), et
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, dont nous avons déduit l'époque de conception de l'application, aux listes de type *tm̓t*, du principe de vagabondage de l'année civile égyptienne (voir Chap. 2 §.7 et Chap. 3 §.3),

d'une époque antérieure de quarante ans à celle établie auparavant (Tables 7 et 10).

Ainsi, dans ce qui suit, nous considérerons que :

- ✓ les listes des groupes A1 et A2 (n°1 à 11) ont été conçues entre 2141 et 2102 BC ;
- ✓ la seule liste du groupe B (n°12) a été conçue entre 2101 et 2062 BC ;
- ✓ deux des listes du groupe D (n°14 et 15) ont été conçues entre 1981 et 1942 BC ;
- ✓ quatre des listes du groupe D (n° 16 à 19) ont été conçues entre 1941 et 1902 BC ;
- ✓ les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* ont été conçues :
 - entre 1941 et 1902 BC, d'après la position occupée par le décan 1 ;
 - entre 1861 et 1822 BC, d'après la position occupée par le décan 31.

Parce qu'elle repose sur la mention du lever héliaque de Sirius le *IV prt 16* et a été confirmée par un passage du *papyrus el-Lahoun* (voir note 59), la datation des listes de type *Séthi IB* demeure inchangée : l'une des années entre 1881 et 1842 BC (voir Chap. 3 §.3).

1.5. Conclusion

Dans cette première partie, nous avons établi les contraintes de temps et d'espace nécessaires à entamer le travail d'identification des décans égyptiens. Nous avons adopté :

- ✓ pour latitude géographique, la valeur suivante : $\varphi = 30^\circ$ (voir §.1.1) ;
- ✓ pour époque de constitution de l'horloge stellaire théorique, l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC au cours desquelles le *II prt 21* coïncidait avec le 27 juillet, jour à partir duquel le lever de Sirius indiquait la douzième heure de nuit (voir §.1.3).

Afin de réduire le nombre d'étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur les listes de type *tm̓t*, nous allons leur appliquer divers critères de natures astronomique et égyptologique et effectuer une comparaison avec les cinq autres types de listes dont nous disposons. Le détail de la démarche que nous allons adopter pour identifier chacun des 90 décans égyptiens est exposé dans le paragraphe suivant.

2. Les différentes étapes d'identification des décans égyptiens

Le travail d'identification des décans égyptiens va s'effectuer selon les étapes suivantes :

1. la première étape consiste à établir la liste des étoiles caractérisées par une période d'invisibilité annuelle comprise entre 50 et 90 jours (voir Chap. 4 §.7) dont les apparitions à l'est en un lieu de latitude égale à 30° et en l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC :
 - ✓ coïncidaient avec le début de l'aube en chaque début de décade ;
 - ✓ survenaient 60 min environ après la fin du crépuscule astronomique, onze décades et neuf jours plus tard (voir Chap. 2 §.4).

Nous allons ainsi établir, pour chaque décade de l'année civile égyptienne considérée (Table 3) à compter du 27 juillet (voir §.2), des tables de levers stellaires analogues à la Table 19 – l'erreur temporelle admise sur l'instant de fin des première et dernière heures de nuit est fixée à 30 min¹¹⁷. Il s'ensuit l'établissement d'une liste d'étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur les listes de type *tmʾt* (Table 4) ;

2. la seconde étape consiste à restreindre l'échantillon d'étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur les listes de type *tmʾt* en leur appliquant divers critères de natures astronomique et égyptologique : en théorie, toutes les étoiles effectuant leurs levers simultanément sont candidates à un même décan (Neugebauer et Parker, 1960, page 101) ; en pratique, nous allons privilégier les étoiles de faible magnitude apparente dont les caractéristiques propres – localisation spatiale, indice de couleur, etc – expliquent au mieux la désignation hiéroglyphique (Table 1) et l'imagerie associée (Fig. 19) au décan considéré, sur l'intérieur du couvercle des sarcophages étudiés, sur la surface extérieure de clepsydres ainsi qu'au plafond d'édifices ultérieurs (voir Chap. 1 §.3). A titre d'exemples,

- ✓ seules plusieurs étoiles situées à très grande proximité les unes des autres peuvent être candidates au décan 23 nommé *hʾw*, littéralement « les milliers » (Table 1), ce qui permet d'ignorer toute étoile isolée au sein de l'échantillon d'étoiles candidates à ce décan ;
- ✓ la présence, dans l'appellation hiéroglyphique de plusieurs décans, d'un même terme – le terme *srt*, par exemple – suggère que les étoiles associées occupent une même région de l'espace et définissent les contours d'une constellation que les anciens égyptiens nommaient *srt* et figuraient sous l'aspect d'une brebis (Fig. 19).

Ainsi, conformément à divers passages du *Papyrus Carlsberg I* et du *Livre de Nout*, certains décans peuvent être assimilés à des étoiles, d'autres en revanche à des groupes d'étoiles (Neugebauer et Parker, 1960, page 96 et Clagett, 1995, page 109). Il s'ensuit l'établissement d'une liste plus restreinte d'étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur les listes de type *tmʾt* ;

117 D'après Otto Neugebauer et Richard A. Parker, cette démarche est fidèle à celle empruntée par les astronomes égyptiens : « Il semble que seule la réapparition des étoiles après une période d'invisibilité, c'est-à-dire leur lever héliaque, combinée au calendrier civil, ait fourni la base de la détermination des décans et de leurs heures » (Neugebauer et Parker, 1960, pages 106-7).

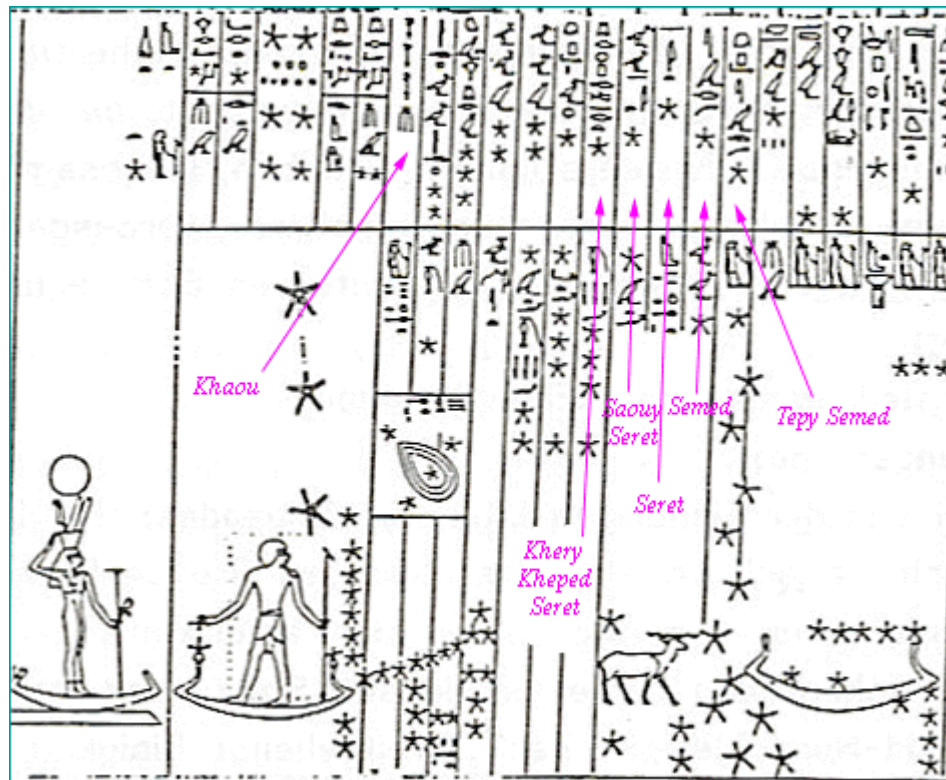


Figure 19 : Imagerie associée aux appellations hiéroglyphiques de plusieurs décans au plafond de la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (dynastie XVIII).

3. la troisième étape consiste à effectuer une comparaison entre la succession des apparitions à l'est des décans mentionnés sur les listes de types *tm³t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, et la succession de leurs levers héliques et de leurs culminations sur les listes de type *Séthi IB* en l'an 1900 BC (Tables 7 et 10)¹¹⁸. Pour ce faire, nous devons :
 - ✓ construire un modèle (Modèle 3) de détermination des instants de culmination de chacune des 1166 étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était alors comprise entre 50 et 90 jours : l'angle horaire de culmination d'une étoile dans le méridien du lieu (H_2) étant nul par définition, il s'ensuit la détermination de l'instant de sa culmination (UT_2) (eq. 6.3.1). Ce calcul, effectué en boucle sur chacune des 1166 étoiles de l'échantillon, nous livre l'ordre de succession de leurs culminations ;
 - ✓ établir une relation entre les décans mentionnés sur les six types de listes dont nous disposons (Table 8) et les décades de l'année civile égyptienne.

¹¹⁸ Les effets d'un changement d'époque historique sur les résultats obtenus seront examinés au Chapitre 6, afin de tenir compte de l'hypothèse d'Otto Neugebauer et Richard A. Parker selon laquelle l'élaboration des listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA* serait postérieure à l'an 1900 BC (voir note 61).

- les listes de types *tm̓t* et *knmt* ont été extraites d'horloges stipulant l'appellation hiéroglyphique du décan de douzième heure de nuit de chaque décade de l'année civile égyptienne (Table 3). Aussi, la relation entre le décan de la douzième heure de nuit et la décade considérée s'impose d'elle-même ;
- les listes de type *Senenmout* sont très semblables aux listes de type *knmt* dont elles dérivent : le décan 1 y figure en 6ème position et le décan 31 en 36ème position (voir Chap. 3 §.3). Cela implique que le décan 1 marquait la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou 6* et le décan 31 à compter du *I Chemou 1*. Connaissant ces deux dates et l'ordre de succession des décans sur les listes de type *Senenmout* (Table 8), il est possible d'établir une relation entre chacun des décans mentionnés sur ces types de listes et les dates du calendrier civil égyptien ;
- les listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA* sont très semblables aux listes de type *Senenmout*. En effet, elles ne diffèrent des listes de type *Senenmout* qu'au travers l'insertion de trois ou six décans épagomènes parmi la liste de décans réguliers (voir Chap. 3 §.2). Il s'ensuit l'affectation des mêmes décans aux mêmes dates du calendrier civil égyptien ;
- les listes de type *Séthi IB* mentionnent la date de lever héliaque de chacun des 36 décans considérés (Table 9).

L'étude des horloges stellaires dont sont extraites les listes de types *tm̓t* et *knmt* d'une part (voir Chap. 2 §.3), l'application du principe de vagabondage de l'année civile égyptienne aux listes de type *tm̓t* d'autre part (voir Chap. 3 §.3), nous permettent d'établir une relation entre chacun des décans mentionnés sur les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* et les dates du calendrier civil égyptien. Plus précisément, elles nous permettent de connaître les dates auxquelles chacun de ces décans indiquait :

- pour la première fois, la douzième heure de nuit ;
- pour la dernière fois, la première heure de nuit (Table 20).

Sur les listes de type *Séthi IB*, les dates civiles inscrites dans la cinquième colonne de la Table 9 correspondent aux dates de lever héliaque de chacun des décans mentionnés.

La comparaison entre la succession des apparitions, dans le ciel nocturne ou crépusculaire, des décans mentionnés sur les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* et la succession de leurs levers héliaques et de leurs culminations sur les listes de type *Séthi IB* nous permet, non seulement de restreindre l'échantillon d'étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur les listes de type *tm̓t*, mais également de proposer une liste d'étoiles candidates à chacun des décans indexés a ou b sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*.

Listes de type <i>tm³t</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Jour à partir duquel le décen considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décen considéré indiqua la première heure de nuit
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1861 – 1822 BC	1881 – 1842 BC		
31	23	22a		II Peret 21	II Chemou 20
			24	II Peret 26	
32		23		III Peret 1	II Chemou 30
			26	III Peret 6	
33		24		III Peret 11	III Chemou 10
		28b	26b	III Peret 16	
34		26 ou 26a		III Peret 21	III Chemou 20
		28a	29	III Peret 26	
35		27a		IV Peret 1	III Chemou 30
			30	IV Peret 6	
36		27b ou 27d		IV Peret 11	IV Chemou 10
			31	IV Peret 16	
1		27c		IV Peret 21	IV Chemou 20
			31b	IV Peret 26	
2		31		I Chemou 1	IV Chemou 30
			32	I Chemou 6	
A				I Chemou 11	I Akhet 5
1	31a	31a	34	I Chemou 16	I Akhet 10
B				I Chemou 21	I Akhet 15
2	32	32	35a	I Chemou 26	I Akhet 20
C				II Chemou I	I Akhet 25
3	34	34	36a	II Chemou 6	I Akhet 30
D				II Chemou 11	II Akhet 5
4	35a	35a	2a	II Chemou 16	II Akhet 10
E				II Chemou 21	II Akhet 15
5	36a	36a	3	II Chemou 26	II Akhet 20
F				III Chemou 1	II Akhet 25
6	1	1	4	III Chemou 6	II Akhet 30
G				III Chemou 11	III Akhet 5
7	2	2	5	III Chemou 16	III Akhet 10
H				III Chemou 21	III Akhet 15
8	3a	3a ou 3	5a	III Chemou 26	III Akhet 20
J				IV Chemou 1	III Akhet 25
9	3b	3b ou 4b	6	IV Chemou 6	III Akhet 30
K	4a			IV Chemou 11	IV Akhet 5
10	5a	5a	7	IV Chemou 16	IV Akhet 10
M				IV Chemou 21	IV Akhet 15
11	6	6	8	IV Chemou 26	IV Akhet 20
				Epag. 1	IV Akhet 25
12	7	7		I Akhet 1	IV Akhet 30
			9b	I Akhet 6	
13	8	8		I Akhet 11	I Peret 10

Listes de type <i>ṯmṣṯ</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Jour à partir duquel le décan considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décan considéré indiqua la première heure de nuit
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1861 – 1822 BC	1881 – 1842 BC		
14	9b	9b	11	I Akhet 16	
				I Akhet 21	I Peret 20
15	11	11	12a	I Akhet 26	
				II Akhet 1	I Peret 30
16	12a	12a	13	II Akhet 6	
				II Akhet 11	II Peret 10
17	13	13	13a	II Akhet 16	
				II Akhet 21	II Peret 20
18	13a	13a	14a	II Akhet 26	
				III Akhet 1	II Peret 30
20	14a	14a	15	III Akhet 6	
				III Akhet 11	III Peret 10
19	15	15	16	III Akhet 16	
				III Akhet 21	III Peret 20
22	16	16	17	III Akhet 26	
				IV Akhet 1	III Peret 30
23	17	17	18	IV Akhet 6	
				IV Akhet 11	IV Peret 10
24	18	18	19	IV Akhet 16	
				IV Akhet 21	IV Peret 20
25	19 ou 21	19	20a	IV Akhet 26	
				I Peret 1	IV Peret 30
26	21a	20a	21	I Peret 6	
		21		I Peret 11	I Chemou 10
28	21b	21a	21a	I Peret 16	
				I Peret 21	I Chemou 20
29	22	21c	21b	I Peret 26	
		21b		II Peret 1	I Chemou 30
30	22a	22	22a	II Peret 6	
				II Peret 11	II Chemou 10
31	23	22a	23	II Peret 16	
				II Peret 21	II Chemou 20

Table 20 : Dates auxquelles l'apparition d'un décan indiquait, pour la première fois, la dernière heure de nuit et, pour la dernière fois, la première heure de nuit, sur les listes de types *ṯmṣṯ*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, ou effectua son lever héliaque sur les listes de type *Séthi IB*. Ces dates sont exprimées dans le calendrier civil égyptien.

Nous disposons à présent de l'ensemble des éléments nécessaires à l'identification des 90 décans égyptiens : signification de leurs appellations hiéroglyphiques respectives (Table 1), imagerie céleste associée, ordre dans lequel ils figurent sur les six types de listes dont nous disposons, datation des six prototypes de listes en question, latitude du site choisi pour l'observation, acuité visuelle de l'observateur égyptien et modèles de détermination des instants de lever et de culmination des 1166 étoiles du catalogue *Hipparcos* dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à l'époque historique considérée.

Sirius est la seule étoile dont nous connaissons la dénomination égyptienne : *spd(t)*. Logiquement, elle va constituer le point de départ du travail d'identification¹¹⁹ : partant de Sirius, nous allons identifier, un à un, chacun des décans mentionnés sur les listes de types *tm3t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 8), en appliquant la méthode exposée dans ce paragraphe. Tel est précisément l'objet du paragraphe qui suit.

3. Identification des décans égyptiens

3.1. Identification des décans 31a, 31b et 32

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), l'apparition du décan 32 à l'est marquait la douzième heure de nuit à compter du *III Peret 1* (6 août) et la première heure de nuit jusqu'au *II Chemou 30* (3 décembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La Table 21 indique les étoiles dont le lever succédait à celui de Sirius en ces deux jours précis de l'année civile égyptienne – en d'autres termes, les étoiles candidates au décan 32.

Afin de déterminer l'étoile correspondant au décan 32, appliquons, à l'échantillon d'étoiles candidates (Table 21), divers critères de brillance, de localisation spatiale et de temps (voir §.2) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : ϵ *Hydrae*, ζ *Hydrae*, α *Monocerotis*, 30 *Monocerotis*, o *Leonis* et θ *Hydrae* ;
- ✓ sur les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 32 est suivi de celui des décans 33 et 34 dont les appellations hiéroglyphiques (Table 1) suggèrent leur appartenance à une même région du ciel : la constellation *knmt*. Les étoiles α *Monocerotis*, 30 *Monocerotis* et o *Leonis* étant relativement isolées sur la voûte céleste (Fig. 20), elles peuvent être exclues de l'échantillon d'étoiles candidates (Table 21) ;
- ✓ les étoiles ϵ *Hydrae* et ζ *Hydrae* forment, avec δ , σ et η *Hydrae*, la tête de l'Hydre actuelle (Fig. 20). L'apparition de ce groupe d'étoiles à l'est s'effectue par nuit noire, 30 min environ après celle de *Sirius*. En revanche, celle de θ *Hydrae* s'effectue dans le ciel crépusculaire, 50 min environ après celle de *Sirius* (Table 21). Ce qui laisse à penser que l'étoile θ *Hydrae*, plutôt que le groupe d'étoiles formant la tête de l'Hydre, incarnait le décan 32.

¹¹⁹ En leur temps, Otto Neugebauer et Richard A. Parker avaient estimé que « le lever de Sirius était utilisé comme point de départ dans la construction des horloges stellaires, étant donnée l'importance donnée à Sirius au sein du *Livre de Nout* et du *Papyrus Carlsberg I* » (Neugebauer et Parker, 1960, page 31). Notre démarche est donc conforme à celle utilisée par les astronomes égyptiens.

Heure de lever stellaire le 6 août	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
2,97 h	HIP32349	Sirius	-1,44	72 jours
3,00 h	HIP34622	20 Monocerotis	4,91	90 jours
3,09 h	HIP44066	α Cancri	4,26	58 jours
3,17 h	HIP39311	HD66141	4,39	77 jours
3,21 h	HIP42313	δ Hydrae	4,14	64 jours
3,28 h	HIP43109	ϵ Hydrae	3,38	63 jours
3,33 h	HIP43234	ρ Hydrae	4,35	64 jours
3,41 h	HIP43813	ζ Hydrae	3,11	59 jours
3,42 h	HIP42799	η Hydrae	4,30	66 jours
3,44 h	HIP39211	28 Monocerotis	4,69	84 jours
3,50 h	HIP39863	ζ Monocerotis	4,36	80 jours
3,53 h	HIP42402	σ Hydrae	4,45	74 jours
3,58 h	HIP37447	α Monocerotis	3,94	88 jours
3,60 h	HIP39079	27 Monocerotis	4,93	85 jours
3,62 h	HIP41307	30 Monocerotis	3,91	74 jours
<i>3,74 h</i>	<i>HIP47508</i>	<i>o Leonis</i>	<i>3,52</i>	<i>55 jours</i>
<i>3,83 h</i>	<i>HIP45336</i>	<i>θ Hydrae</i>	<i>3,89</i>	<i>64 jours</i>

Table 21 : Liste des étoiles candidates au décan 32.
En italique figurent les étoiles effectuant leur apparition dans le ciel crépusculaire.

Afin de confirmer notre proposition d'assimiler l'étoile *θ Hydrae* au décan 32, examinons les autres types de listes d'étoiles dont nous disposons (Table 20) :

- ✓ sur les listes de type *knmt*, le lever du décan 31a précède ceux des décans 32 et 34 ;
- ✓ sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 8),
 - le décan 31 est suivi de six décans épagomènes, dont le décan 31b ;
 - le lever du décan 31 précède ceux des décans 31a et 32 ;
- ✓ enfin, sur les listes de type *Séthi IB*, le lever héliaque et la culmination du décan 31 sont suivis de ceux des décans 31b, 32 et 34.

Ainsi, les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* indiquent qu'entre les levers héliaques, les levers nocturnes ou les transits des décans 31 et 32 se produisent ceux des décans 31a et 31b. La Table 22 indique les instants de culmination et les dates de lever héliaque des étoiles effectuant leur culmination entre celles de Sirius et de *θ Hydrae*, que nous avons proposée d'assimiler au décan 32.

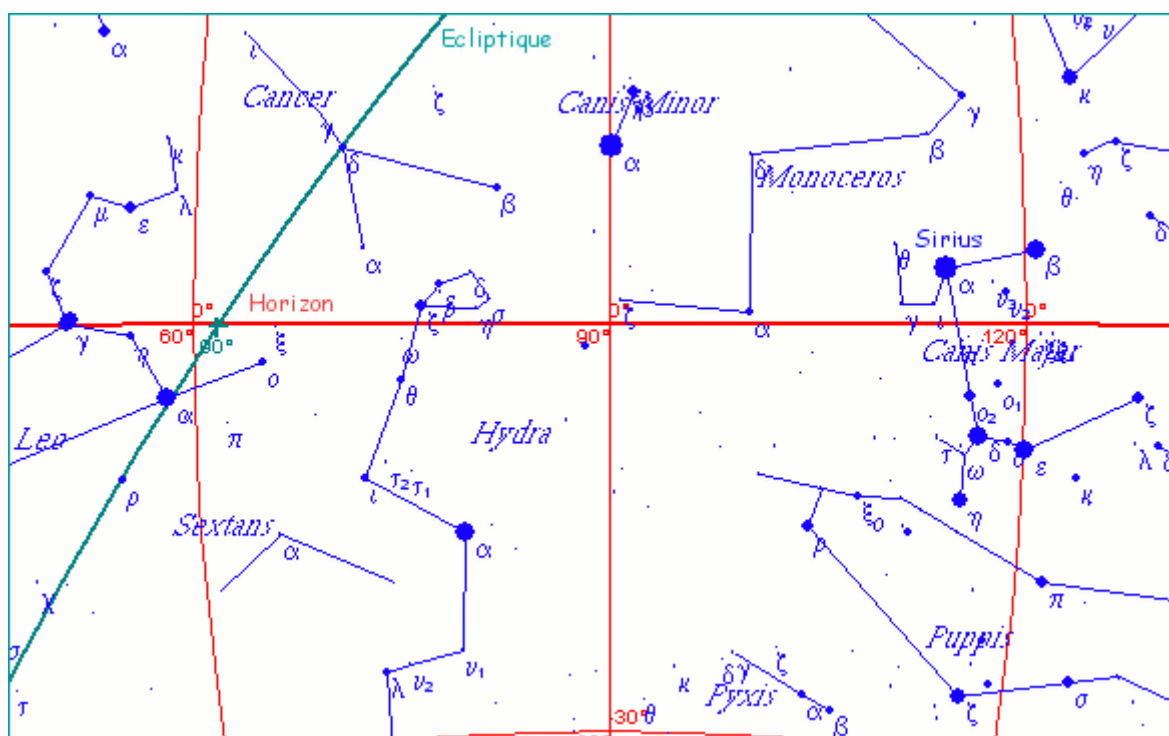


Figure 20 : Constellations du Grand Chien, du Petit Chien, de l'Hydre et du Cancer.¹²⁰

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,00 h	HIP32349	Sirius	-1,44	18/07
0,01 h	HIP34769	δ Monocerotis	4,15	22/07
0,04 h	HIP36188	β Canis Minoris	2,89	14/07
0,04 h	HIP36284	γ Canis Minoris	4,33	20/07
0,07 h	HIP37908	81 Geminorum	4,89	17/07
0,07 h	HIP39424	χ Geminorum	4,94	11/07
0,08 h	HIP34622	20 Monocerotis	4,91	29/07
0,32 h	HIP37279	α Canis Minoris	0,40	11/07
0,49 h	HIP40167	HD68255	4,67	19/07
0,69 h	HIP37447	α Monocerotis	3,94	04/08
0,73 h	HIP39311	HD66141	4,39	30/07
0,78 h	HIP40526	β Cancris	3,53	24/07
0,79 h	HIP39211	28 Monocerotis	4,69	03/08
0,83 h	HIP39079	27 Monocerotis	4,93	05/08

¹²⁰ Les cartes du ciel insérées dans ce Chapitre ont été construites à partir du logiciel Skymap Pro 6.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,88 h	HIP42806	γ Cancri	4,66	19/07
0,95 h	HIP39863	ζ Monocerotis	4,36	03/08
0,98 h	HIP42911	δ Cancri	3,94	23/07
1,20 h	HIP42313	δ Hydrae	4,14	30/07
1,23 h	HIP40084	19 Puppis	4,72	12/08
1,24 h	HIP41307	30 Monocerotis	3,91	04/08
1,27 h	HIP42402	σ Hydrae	4,45	04/08
1,33 h	HIP43109	ϵ Hydrae	3,38	30/07
1,34 h	HIP42799	η Hydrae	4,30	02/08
1,36 h	HIP43234	ρ Hydrae	4,35	01/08
1,37 h	HIP44066	α Cancri	4,26	29/07
1,47 h	HIP43813	ζ Hydrae	3,11	31/07
1,59 h	HIP42835	HD74395	4,63	12/08
1,62 h	HIP46750	λ Leonis	4,32	29/07
1,66 h	HIP44659	ω Hydrae	4,99	08/08
1,78 h	HIP43067	12 Hydrae	4,32	17/08
1,84 h	HIP45336	θ Hydrae	3,89	06/08

Table 22 : Liste des étoiles dont la culmination succède à celle de Sirius et précède celle de θ Hydrae.

Afin d'identifier le décan 31a, appliquons divers critères de natures astronomique et égyptologique (voir §.2) à l'échantillon d'étoiles candidates (Table 21) :

- ✓ les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* situent le lever du décan 31a entre ceux des décans 31 et 32 (Table 20). Les étoiles les plus brillantes dont les levers s'effectuent entre ceux de Sirius et θ Hydrae sont : ϵ Hydrae, ζ Hydrae, α Monocerotis, 30 Monocerotis et λ Leonis (Table 21). Plus précisément,
 - les levers héliaques de α Monocerotis, 30 Monocerotis et λ Leonis se produisent deux jours seulement avant celui de θ Hydrae (Table 22). Il est donc impossible que ces étoiles aient constitué le décan 31a. Nous pouvons par conséquent les extraire de l'échantillon d'étoiles candidates ;
 - les levers héliaques de ϵ et ζ Hydrae se produisent une dizaine de jours après celui de Sirius et une dizaine de jours avant celui de θ Hydrae (Table 22). Ces étoiles sont donc candidates au décan 31a ;
- ✓ le décan 31a se nomme *tpy-^cknmt*, ce qui signifie « le prédécesseur de Kenmet » (Table 1). Par ailleurs, nous avons proposé d'assimiler *knmt* à θ Hydrae. Un texte de Kom Ombo figure *Kenmet* sous les traits d'un dieu à tête de faucon portant la double couronne, tenant le sceptre *w3s* et le signe de vie *cnh* dans ses mains. Il chemine dans une barque, entouré de trois groupes

d'étoiles : l'un constitué de quatre étoiles, un autre de cinq étoiles ; un dernier de deux étoiles (Neugebauer et Parker, 1969, page 157). Les étoiles formant la tête de l'Hydre (ϵ , ζ , δ , σ et η *Hydrae*) sont précisément au nombre de cinq ; les étoiles ω et ϑ *Hydrae* sont relativement proches l'une de l'autre ; enfin, ι , τ^1 , τ^2 et α *Hydrae* constituent un groupe de quatre étoiles (Fig. 20) que nous assimilerons dans ce qui suit au décan 33 (voir §.3.2).

Au vu de ces éléments, nous pouvons assimiler les étoiles formant la tête de l'Hydre – plus précisément, ϵ , ζ , δ , σ et η *Hydrae* – au décan 31a.

Afin d'identifier le décan 31b, examinons l'échantillon d'étoiles dont la culmination succède à celle de Sirius et précède celle de θ *Hydrae* (Table 22) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes dont les culminations s'effectuent entre celles de Sirius et de θ *Hydrae* sont : β *Canis Minoris*, α *Canis Minoris*, α *Monocerotis*, β *Cancris*, δ *Cancris*, 30 *Monocerotis*, ϵ *Hydrae* et ζ *Hydrae* ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 31b – *štwy*, littéralement, « les deux tortues » (Table 1) – suggère de lui associer deux étoiles ou groupes d'étoiles situé(e)s à grande proximité l'un(e) de l'autre ;
 - les étoiles α *Monocerotis*, β *Cancris*, δ *Cancris* et 30 *Monocerotis* sont isolées sur la voûte céleste (Fig. 20). Elles ne peuvent donc être candidates au décan 31b ;
 - les étoiles ϵ et ζ *Hydrae* constituent la tête de l'Hydre, aux contours délimités par cinq étoiles (Fig. 20), et que nous avons assimilée au décan 31a ;
 - les étoiles α et β *Canis Minoris* sont très proches l'une de l'autre (Fig. 20). Elles sont donc candidates au décan 31b ;
- ✓ les listes de type *Séthi IB* stipulent que le lever héliaque et la culmination du décan 31 sont suivis de ceux des décans 31b et 32 (Table 20) :
 - la culmination de Sirius est suivie de celle des étoiles α et β *Canis Minoris* ; puis vient celle de θ *Hydrae* (Table 22) ;
 - les levers héliaques de α et β *Canis Minoris* précèdent celui de Sirius de quelques jours ; puis vient celui de θ *Hydrae* (Table 22). En conséquence, les étoiles α et β *Canis Minoris* ne peuvent être candidates au décan 31b.

Aucune des étoiles brillantes de l'échantillon considéré (Table 22) ne satisfait aux critères de succession de levers héliaques et de culminations formulés par les listes de type *Séthi IB* (Table 20). Il nous faut par conséquent effectuer une recherche parmi les étoiles de magnitude visuelle supérieure à 4 (Table 22) :

- ✓ les étoiles dont les levers héliaques et les culminations succèdent à ceux de Sirius et précèdent ceux de θ *Hydrae* sont : δ *Monocerotis*, γ *Canis Minoris*, 20 *Monocerotis*, HD68255, HD66141, 28 *Monocerotis*, 27 *Monocerotis*, γ *Cancris*, ζ *Monocerotis*, δ *Hydrae*, σ *Hydrae*, η *Hydrae*, ρ *Hydrae*, α *Cancris* et λ *Leonis* ;
- ✓ les étoiles δ , σ , η et ρ *Hydrae* constituent la tête de l'Hydre, assimilée au décan 31a. Nous pouvons donc les extraire de l'échantillon d'étoiles candidates ;

- ✓ les étoiles HD68255, HD66141 et α *Cancris* sont relativement isolées sur la voûte céleste (Fig. 20). Elles ne peuvent donc être assimilées au décan 31b ;
- ✓ les étoiles δ , 20 et 19 *Monocerotis* d'une part, 27, 28 et ζ *Monocerotis* d'autre part, constituent deux groupes d'étoiles situés à relative proximité les uns des autres :
 - δ , 20 et 19 *Monocerotis* effectuent leur culmination moins de 5 min après celle de Sirius (Table 22). Elles ne peuvent donc être assimilées au décan 31b ;
 - 27, 28 et ζ *Monocerotis* culminent 50 min environ après Sirius et 60 min environ avant θ *Hydrae* (Table 22). Elles constituent donc de bonnes candidates au décan 31b.

Conformément à ce qu'indiquent les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, nous sommes parvenus à assimiler les décans 31a et 31b à des étoiles effectuant leurs levers héliaques, leurs levers nocturnes ou leurs culminations entre ceux de Sirius et θ *Hydrae*, ce qui confirme la proposition d'identifier l'étoile θ *Hydrae* au décan 32.

3.2. Identification du décan 33

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 33 marquait la douzième heure de nuit à compter du *III Peret 11* (16 août) et la première heure de nuit jusqu'au *III Chemou 10* (13 décembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. Les noms des étoiles candidates au décan 33 figurent en Table 23 (voir Annexe au Chapitre 5). Afin d'identifier le décan 33, appliquons divers critères de natures astronomique et égyptologique à cet échantillon (Table 23) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes sont : ρ *Leonis*, ι *Hydrae* et α *Hydrae* ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 33 - *sꜣwy knmt*, littéralement « les enfants de Kenmet » (Table 1) – suggère de lui associer plusieurs étoiles :
 - ρ *Leonis* se situe, seule, à proximité de l'écliptique (Fig. 20) ; elle peut donc être extraite de l'échantillon d'étoiles candidates ;
 - ι *Hydrae* est entourée des étoiles τ^1 et τ^2 *Hydrae* (Fig. 20). Il est donc possible d'assimiler ce groupe d'étoiles au décan 33 ;
 - α *Hydrae* est entourée des étoiles 26 et 27 *Hydrae* (Fig. 20). Il est donc possible d'associer ce groupe d'étoiles au décan 33 ;
- ✓ le décan 33 n'est pas mentionné sur les cinq autres types de listes dont nous disposons (Table 20). Pourtant, les culminations supérieures de ι , τ^1 , τ^2 *Hydrae* d'une part, α , 26 et 27 *Hydrae* d'autre part, surviennent 24 min environ après celle de α *Hydrae* et leurs levers héliaques succèdent à celui de θ *Hydrae* d'une dizaine de jours (Table 25 en Annexe au Chapitre 5). Ce décan aurait donc très bien pu figurer sur les listes de type *Séthi IB*, à la suite du décan 32, ainsi que sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*.

3.3. Identification du décan 34

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 34 marquait la douzième heure de nuit à compter du *III Peret 21* (26 août) et la première heure de nuit jusqu'au *III Chemou 20* (23 décembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles visibles à l'est en ces deux jours de l'année figure en Table 24 (voir Annexe au Chapitre 5). Afin de restreindre cet échantillon d'étoiles candidates au décan 34, appliquons leur divers critères de natures astronomique et égyptologique :

- ✓ l'appellation du décan 34 – *hry hpd knmt*, littéralement, « celui qui se trouve sous la partie postérieure de Kenmet » (Table 1) – nous incite à privilégier les étoiles situées dans cette région du ciel nommée *Kenmet*, c'est-à-dire à proximité des étoiles que nous avons assimilées aux décans 31a, 32 (voir §.3.1) et 33 (voir §.3.2) :
 - les étoiles χ *Leonis*, 59 *Leonis*, σ *Leonis* et 58 *Leonis* sont relativement éloignées de cette région du ciel (Fig. 20). Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon d'étoiles candidates (Table 24) ;
- ✓ les listes de type *tmꜣt* indiquent que le lever du décan 34 succède à celui du décan 33 (Table 20) :
 - les apparitions des étoiles α *Sextantis*, 26 et 27 *Hydrae* s'effectuent quasi-simultanément à celle de α *Hydrae* (Table 24). Dans l'éventualité où α , 26 et 27 *Hydrae* seraient assimilées au décan 33 (voir §.3.2), l'étoile α *Sextantis* devrait donc être ignorée ;
 - les étoiles ν^1 , ν^2 et λ *Hydrae* sont situées à relative proximité les unes des autres (Fig. 20). Leurs apparitions s'effectuent dans le ciel crépusculaire, après celles des étoiles que nous avons assimilées au décan 33 (voir §.3.2). Ces trois étoiles sont donc candidates au décan 34 ;
- ✓ d'après les listes de type *Séthi IB*, le lever héliaque et la culmination du décan 34 succèdent à ceux du décan 32 (Table 20) :
 - les transits des étoiles ν^1 , ν^2 et λ *Hydrae* se produisent 70 min environ après celui de θ *Hydrae* (Table 25) que nous avons assimilée au décan 32 (voir §.3.1) ;
 - les levers héliaques des étoiles ν^1 , ν^2 et λ *Hydrae* se produisent une décade après ceux des étoiles ι , τ^1 et τ^2 *Hydrae* d'une part, α , 26 et 27 *Hydrae* d'autre part, et deux décades après celui de θ *Hydrae* (Table 25). En toute rigueur, le décan 33 devrait donc figurer entre les décans 32 et 34 sur les listes de type *Séthi IB* ;
 - ✓ sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, le décan 34 figure à la suite du décan 32 (Table 20). Pour la même raison que celle évoquée ci-dessus, le décan 33 devrait figurer entre les décans 32 et 34 sur ces listes.

Dans ce qui suit, nous privilégierons l'étoile λ *Hydrae*, de brillance plus élevée que ν^1 et ν^2 *Hydrae*.

3.4. Identification des décans 35 et 35a

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 35 marquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Peret 1* (5 septembre) et la première heure de nuit jusqu'au *III Chemou 30* (2 janvier) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles visibles à l'est en ces deux jours de l'année figure en Table 26 (voir Annexe au Chapitre 5). L'application de divers critères astronomiques et égyptologiques (voir §.2) permet de restreindre cet échantillon d'étoiles candidates au décan 35 :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de l'échantillon sont β *Virginis*, μ *Hydrae* et ν *Hydrae* ;
- ✓ les étoiles τ , ϕ , 61 et ν *Leonis* d'une part, ν et β *Virginis* d'autre part, occupent une même région du ciel, distante de celle qu'occupent μ , ν et ϕ *Hydrae* (voir Fig. 21 en Annexe au Chapitre 5) ;
- ✓ les apparitions de μ et ν *Hydrae* à l'est précèdent de quelques minutes seulement celles d'un groupe d'étoiles définissant les contours de la constellation de la Coupe (*Crater*) (Fig. 22), ce qui pourrait expliquer la dénomination du décan 35 : *hꜣt hꜣw*, littéralement le « début des milliers » (Table 1) ;
- ✓ l'apparition de μ *Hydrae* à l'est s'effectue par nuit noire ; en revanche, celle de ν *Hydrae* se produit au début de l'aube ;
- ✓ enfin, la magnitude visuelle de ν *Hydrae* est inférieure à celle de μ *Hydrae*.

Pour toutes ces raisons, nous assimilerons μ ou ν *Hydrae* au décan 35, et privilégierons ν *Hydrae*.

Le décan 35 n'est pas mentionné sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* : en effet, à la suite du décan 34 figure le décan 35a (Table 20). Ainsi, tant le lever héliaque que le lever nocturne et la culmination du décan 35a succèdent à ceux du décan 34. La Table 27 (voir Annexe au Chapitre 5) dresse la liste des étoiles effectuant leur culmination après celle des étoiles ν^1 , ν^2 et λ *Hydrae*, candidates au décan 34 (voir §.3.3) :

- ✓ les étoiles dont le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination succèdent à ceux de ν^1 , ν^2 et λ *Hydrae* sont : μ *Hydrae*, ϕ *Hydrae*, 61 *Leonis*, ν *Hydrae*, ϕ *Leonis* et τ *Leonis* (Tables 26 et 27) ;
- ✓ les étoiles μ , ϕ et ν *Hydrae* d'une part, 61, ϕ et τ *Leonis*, d'autre part, occupent deux régions distinctes du ciel (Fig. 21). En particulier, 61, ϕ et τ *Leonis* occupent une région du ciel déjà très peuplée ;
- ✓ les levers de μ , ϕ et ν *Hydrae* précèdent ceux des étoiles définissant les contours de l'actuelle constellation de la Coupe (Table 26) ;
- ✓ les étoiles les plus brillantes sont μ et ν *Hydrae*, déjà candidates au décan 35 ;
- ✓ l'étoile μ *Hydrae* culmine 20 min environ après les étoiles ν^1 , ν^2 et λ *Hydrae*, candidates au décan 34 ; ν *Hydrae* culmine 42 min environ après ces mêmes étoiles et 15 min environ avant α *Crateris*, l'une des étoiles de la constellation de la Coupe, ce qui en fait une meilleure candidate au décan 35a (Table 27) ;
- ✓ le décan 35a porte une dénomination semblable à celle du décan 35 : *hꜣt dꜣt*, littéralement, « le début de djat ». Il est possible que les étoiles définissant les contours de la constellation de la Coupe aient tout d'abord été regroupées sous la dénomination de *hꜣw* puis que l'appellation *dꜣt* ait été attribuée à cette constellation.

Pour les raisons exposées ci-dessus, notre choix se portera sur μ ou ν *Hydrae* et nous privilégierons, en raison de sa brillance, ν *Hydrae*.

3.5. Identification des décans 36 et 36a

D'après les listes de type *tmʒt* (Table 20), le lever du décan 36 marquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Peret 11* (15 septembre) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Chemou 10* (12 janvier) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles visibles à l'est en ces deux jours figure en Table 28 (voir Annexe du Chapitre 5). L'application de divers critères permet de restreindre cet échantillon d'étoiles candidates au décan 36 :

- ✓ l'appellation du décan 36 - *phwy hʒw*, littéralement, « la fin des milliers » - suggère que le lever du décan 36 succède à celui de plusieurs étoiles :
 - les étoiles θ , δ , α , ϵ , γ et β *Crateris* définissent les contours de l'actuelle constellation de la Coupe (Fig. 21) ;
 - les étoiles χ^1 *Hydrae* et γ *Corvi* apparaissent dans le ciel de l'aube après θ , δ , α , ϵ , γ et β *Crateris* (Table 28) ;
- ✓ γ *Corvi* est une étoile relativement brillante – bien plus brillante que les autres étoiles de notre échantillon. Elle constitue donc une bonne candidate au décan 36.

Le décan 36 ne figure pas sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* : en effet, à la suite du décan 35a figure le décan 36a (Table 20). Ainsi, tant le lever héliaque que le lever nocturne ou bien encore la culmination du décan 36a succèdent à ceux du décan 35a. La liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles μ et ν *Hydrae* candidates au décan 35a (voir §.3.4) figure en Table 29 (voir Annexe au Chapitre 5)

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : δ *Crateris* et β *Virginis* ;
- ✓ les constellations de la Vierge et du Lion sont relativement éloignées de cette région du ciel qu'occupe la constellation *dʒt*, délimitée par les décans 35a et 36a (Fig. 21). Nous pouvons donc extraire les étoiles définissant les contours de la Vierge et du Lion de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ l'étoile ζ *Crateris* se situe à la limite inférieure de l'actuelle constellation de la Coupe (Fig. 21) :
 - son lever héliaque survient une dizaine de jours après ceux de μ et ν *Hydrae* ;
 - sa culmination se produit 53 min après celle de ν *Hydrae* (Table 29).
 Elle constitue donc une bonne candidate au décan 36a.

L'étoile ζ *Crateris* pourrait être assimilée au décan 36 : son lever héliaque survient, en théorie, le 17 septembre de l'année considérée (Table 29) – raison pour laquelle elle ne figure pas dans la Table 28. Toutefois, l'incertitude d'une à deux journées sur les résultats obtenus par application du Modèle 1 permet d'envisager la possibilité que cette étoile soit également candidate au décan 36. Ainsi, comme le suggérèrent Otto Neugebauer et Richard A. Parker, les constellations nommées *hʒw* et *dʒt* ne feraient qu'une en réalité – plus précisément, l'appellation *hʒw* aurait donné lieu à l'appellation *dʒt* (Neugebauer et Parker, 1969, page 160).

3.6. Identification des décans 37 et 38

Les listes de type *tm̓t* mentionnent, à la suite du décan 36, les décans 1 et 2 puis A, 1, B, 2, C et 3 (Table 20). Ainsi,

- ✓ le lever du décan 1 marquerait la douzième heure de nuit à compter du *IV Peret 21* (25 septembre) ou *I Chemou 16* (20 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Chemou 20* (22 janvier) ou *I Akhet 10* (16 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC ;
- ✓ l'apparition du décan 2 à l'est indiquerait la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 1* (5 octobre) ou *I Chemou 26* (30 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Chemou 30* (1er février) ou *I Akhet 20* (26 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC.

Les deux propositions de dates civiles liées à chacun des décans 1 et 2 ne sont compatibles qu'à la condition que les décans 1 et 2 délimitent de vastes régions du ciel qu'occuperaient également les décans A et B (Table 20). Cette hypothèse se trouve confirmée par :

- ✓ les appellations hiéroglyphiques des décans 1 et 2 : *tm̓t hrt*, littéralement, « la Tjemat supérieure » et *tm̓t hrt*, littéralement « la Tjemat inférieure » (Table 1). Ainsi, une vaste région du ciel nommée *tm̓t* (*Tjemat*) se situerait entre les décans 1 et 2 ;
- ✓ la figuration des décans 1 et 2 puis 3a et 3b ou 3 et 4b à la suite des décans 35a et 36a sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20) ;
- ✓ la mention, sur les listes de type *Séthi IB* (Table 20), entre les décans 36a et 3, du décan 2a dont l'appellation hiéroglyphique – *tm̓t hrt hrt*, littéralement « la Tjemat supérieure et inférieure » (Table 1) – suggère la « fusion » des décans 1 et 2.

Toutefois, l'insertion, entre les décans 36 et A, des décans 1 et 2 en douzième et dernière ligne des horloges n°1, 2, 7, 8, 9 et 10 (Table 4), semble résulter de l'omission des décans 21 et 27 (voir notes 23 et 28). Par ailleurs, nous avons établi, aux Chapitres 2 et 3, que les horloges de type *knmt* et les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* dérivait des horloges de type *tm̓t* : ainsi donc, toute erreur survenue lors de la constitution des horloges de type *tm̓t* – l'omission des décans 21 et 27 en l'occurrence – se serait naturellement répercutée sur le contenu des horloges de type *knmt* ainsi que sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*.

Dans ce qui suit, nous considérerons que, sur les listes de type *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* :

- ✓ deux décans numérotés 37 et 38 devraient figurer à la suite du décan 36 ou 36a :
 - le lever du décan 37 marquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Peret 21* (25 septembre) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Chemou 20* (22 janvier) de l'une des années entre 2133 et 2130 BC ;
 - le lever du décan 38 marquait la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 1* (5 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Chemou 30* (1er février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC ;

- ✓ les décans 1 et 2 figurent entre les décans A, B et C :
 - le lever du décan 1 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 16* (20 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 10* (16 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC ;
 - le lever du décan 2 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 26* (30 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 20* (26 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC.

La Table 30 (voir Annexe au Chapitre 5) mentionne les étoiles dont le lever indiquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Peret 21* (25 septembre) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Chemou 20* (22 janvier) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC :

- ✓ les étoiles λ , σ , θ , ψ *Virginis* et ξ , α , β *Hydrae* constituent deux groupes d'étoiles de faible luminosité situés de part et d'autre de l'actuelle constellation du Corbeau (*Corvus*) à laquelle appartiennent γ , δ , ϵ , η , α et β *Corvi* (Fig. 21);
- ✓ les étoiles γ , δ , ϵ et β *Corvi* sont les plus brillantes de notre échantillon ;
- ✓ l'étoile β *Corvi* est la seule à effectuer son lever peu après le début de l'aube.

Logiquement, notre choix pour le décan 37 se porte sur β *Corvi*.

La Table 31 (voir Annexe au Chapitre 5) mentionne les étoiles dont les apparitions à l'est s'effectuaient à l'aube du *I Chemou 1* (5 octobre) et au soir du *IV Chemou 30* (1er février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. En raison de sa localisation spatiale (Fig. 21) et de sa magnitude visuelle, l'étoile γ *Hydrae* constitue une bonne candidate au décan 38.

3.7. Identification du décan A

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le décan A pouvait marquer la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 11* (15 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 5* (11 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux conditions figure en Table 32 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon d'étoiles candidates au décan A sont : ι *Centauri*, π *Hydrae* et θ *Centauri* ;
- ✓ Les étoiles ι *Centauri*, π *Hydrae* et θ *Centauri* sont relativement isolées sur la voûte céleste (voir Fig. 22 en Annexe au Chapitre 5). Les étoiles 1, 2, 3 et 4 *Centauri*, de magnitude plus élevée, constituent quant à elles un groupe d'étoiles (Fig. 22) ;
- ✓ le décan A porte l'appellation hiéroglyphique suivante : *smd rsy*, littéralement « le(s) semed du sud » (Table 1) :
 - dans l'éventualité où cette appellation désignerait un groupe d'étoiles, nous assimilerions 1, 2, 3 et 4 *Centauri* au décan A ;
 - dans le cas contraire, l'une des étoiles ι *Centauri*, π *Hydrae* ou θ *Centauri* devrait être privilégiée.

3.8. Identification du décan 1

D'après les listes de type *tm̓t* (Table 20), le décan 1 pouvait marquer la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 16* (20 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 10* (16 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 33 (voir Annexe au Chapitre 5). Leurs caractéristiques permettent de privilégier certaines d'entre elles :

- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 1 – *tm̓t hrt*, littéralement, « la Tjemat supérieure » – suggère de lui associer une seule étoile ;
 - nous pouvons donc exclure, de notre échantillon d'étoiles candidates, 1, 2, 3 et 4 *Centauri*, déjà candidates au décan A (voir §.3.7), ainsi que μ , ν et φ *Centauri*, situées à grande proximité les unes des autres (Fig. 22) ;
 - parmi les étoiles les plus brillantes, relativement isolées sur la voûte céleste, figurent π *Hydrae* et θ *Centauri* (Fig. 22), candidates au décan A (voir §.3.7) ;
- ✓ le lever de ι *Centauri* est suivi de celui de π *Hydrae* (Table 32). S'ensuivent les apparitions de 1, 2, 3, 4 *Centauri* et θ *Centauri* (Table 33) :
 - l'identification du décan 1 à π *Hydrae* se traduirait par l'assimilation du décan A à ι *Centauri* ;
 - l'identification du décan 1 à θ *Centauri* se traduirait par l'assimilation du décan A à ι *Centauri* ou π *Hydrae* ou 1, 2, 3 et 4 *Centauri*.

Le fait que les étoiles π *Hydrae* et θ *Centauri* soient candidates au décan 1 exclut la possibilité d'assimiler le décan A à θ *Centauri* (voir §.3.7).

3.9. Identification du décan B

D'après les listes de type *tm̓t* (Table 20), le décan B pouvait marquer la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 21* (25 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 15* (21 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles effectuant leurs apparitions à l'est en ces deux instants de l'année figure en Table 34 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon d'étoiles candidates au décan B sont : ν *Centauri*, θ *Centauri*, μ *Centauri*, φ *Centauri*, η *Centauri* et σ *Librae* ;
- ✓ l'étoile σ *Librae* est située à grande distance de la région considérée (Fig. 22). Nous pouvons donc l'extraire de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ les étoiles μ , ν , φ et χ *Centauri* constituent un groupe d'étoiles (Fig. 22) dont le lever succède à celui de θ *Centauri*, candidate au décan 1 (voir §.3.8) ;
- ✓ l'étoile η *Centauri* est relativement isolée sur la voûte céleste (Fig. 22). Son lever s'effectue durant l'aube (Table 34) ;
- ✓ le décan B porte la dénomination suivante : *smd m̓hty*, littéralement « le(s) semed du nord » (Table 1) :
 - dans l'éventualité où cette appellation désignerait un groupe d'étoiles, nous assimilerions μ , ν , φ et χ *Centauri* au décan B ;
 - dans le cas contraire, l'étoile θ *Centauri* ou η *Centauri* devrait être privilégiée. Si le décan B était associé à l'étoile θ *Centauri*, le décan 1 devrait être assimilé à l'étoile π *Hydrae* (voir §.3.8) et le décan A à 1, 2, 3, 4 *Centauri* ou ι *Centauri* (voir §.3.7).

3.10. Identification du décan 2

D'après les listes de type *tm̄t* (Table 20), le décan 2 pouvait marquer la douzième heure de nuit à compter du *I Chemou 26* (30 octobre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 20* (26 février) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates au décan 2 figure en Table 35 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de notre échantillon sont : η Centauri, σ Librae, γ Librae, α Lupi, κ Centauri et β Lupi ;
- ✓ les étoiles σ et γ Librae sont situées à grande distance de la région considérée (Fig. 22). Nous les excluons donc de notre échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ les étoiles η Centauri, α Lupi, κ Centauri et β Lupi occupent une même région du ciel, située « sous » θ Centauri (Fig. 22) ;
- ✓ la dénomination du décan 2 – *tm̄t hrt*, littéralement « la partie inférieure de Tjemat » – nous incite à privilégier l'une des étoiles η Centauri, α Lupi, κ Centauri ou β Lupi – et plus particulièrement α Lupi, κ Centauri ou β Lupi, dont les levers s'effectuent au cours de l'aube (Table 35).

3.11. Identification du décan C

D'après les listes de type *tm̄t* (Table 20), le décan C pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *II Chemou 1* (4 novembre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 25* (3 mars) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates au décan C figure en Table 36 (voir Annexe au Chapitre 5). Cette région du ciel étant très peuplée (Fig. 22), nous devons procéder par éliminations successives :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : σ Librae, γ Librae, α Lupi, β Lupi, κ Centauri, τ Librae, δ Lupi, υ Librae, ϕ^1 Lupi, π Scorpii, ϵ Lupi, γ Lupi et ω^1 Scorpii. Elles se répartissent en trois groupes (Fig. 22) :
 - α , β , δ , ϕ^1 , ϵ , γ Lupi et κ Centauri définissent une première région du ciel. Les étoiles α , β Lupi et κ Centauri sont déjà candidates au décan 2 (voir §.3.10). Elles peuvent donc être exclues de l'échantillon ;
 - σ , τ et υ Librae définissent une seconde région du ciel. Parce que l'apparition de σ Librae à l'est précède les levers de α , β Lupi et κ Centauri (Table 36), cette étoile peut être extraite de l'échantillon ;
 - π et ω^1 Scorpii définissent une troisième région du ciel ;
- ✓ les apparitions de τ , υ Librae, δ , ϕ^1 , ϵ , γ Lupi, π et ω^1 Scorpii, se produisent au cours de l'aube (Table 36) :
 - le laps de temps qui sépare les levers de α , β Lupi et κ Centauri de ceux de τ Librae, δ Lupi, υ Librae, ϕ^1 Lupi est inférieur à 15 min. Ces quatre étoiles ne peuvent donc être candidates au décan C ;
 - les levers de π Scorpii, ϵ Lupi, γ Lupi et ω^1 Scorpii succèdent ceux de α , β Lupi et κ Centauri de 30 min environ. Ces étoiles constituent donc de bonnes candidates au décan C ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan C – *ntr d̄ pt*, littéralement « le dieu qui traverse le ciel » (Table 1) – suggère de lui associer plusieurs étoiles. Au vu de ce qui précède, ce seront : π Scorpii, ϵ Lupi, γ Lupi et ω^1 Scorpii.

Le lever des étoiles π *Scorpii*, ϵ *Lupi*, γ *Lupi* et ω^1 *Scorpii* coïncide avec le coucher de l'étoile π^3 *Orionis* que nous assimilerons, dans ce qui suit, aux décans 26 et 26a désignant « la bras supérieur d'Orion » (voir §.3.46). Cette simultanéité renforce le lien entre les décans 26 ou 26a et C, envisagé par Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1960, page 110 et 1969, page 165)¹²¹.

3.12. Identification du décan 3

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 3 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *II Chemou 6* (9 novembre) et la première heure de nuit jusqu'au *I Akhet 30* (8 mars) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 37 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : τ *Librae*, δ *Lupi*, υ *Librae*, ϕ^1 *Lupi*, π *Scorpii*, ϵ *Lupi*, γ *Lupi*, ω^1 *Scorpii*, ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* ;
- ✓ π *Scorpii*, ϵ *Lupi*, γ *Lupi* et ω^1 *Scorpii* sont déjà candidates au décan C (voir §.3.11). Nous pouvons les exclure de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ τ *Librae*, δ *Lupi*, υ *Librae* et ϕ^1 *Lupi* effectuent leurs apparitions avant celles des étoiles candidates au décan C (Table 37 et §.3.11). Elles peuvent donc être ignorées ;
- ✓ parmi ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii*, seules η *Lupi* et σ *Scorpii* effectuent leurs apparitions au cours de l'aube (Table 37). Par ailleurs, leurs magnitudes sont inférieures à celles de ρ *Scorpii* et χ *Lupi*. Les étoiles η *Lupi* et σ *Scorpii* constituent donc de meilleures candidates au décan 3.

Sur les listes de type *knmt* et la plupart des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20), le décan 3 (*wš3t bk3t*) est scindé en deux décans 3a (*wš3ti*) et 3b (*bk3ti*) dont les appellations sont complémentaires (Table 1). Cela suggère que le décan 3 a été scindé en deux étoiles situées à relative proximité l'une de l'autre et dont les levers héliques s'effectuaient à quelques jours d'intervalle :

- ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* occupent une même région du ciel (voir Fig. 23 en Annexe au Chapitre 5) ;
- les levers héliques de ρ *Scorpii* et χ *Lupi* précèdent de quelques jours ceux de η *Lupi* et σ *Scorpii* (voir Table 38 en Annexe au Chapitre 5).

Les étoiles ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii*, constituent donc de bonnes candidates aux décans 3, 3a et 3b. Nous reviendrons sur l'identification des décans 3a et 3b au §.3.20.

¹²¹ Les textes égyptiens associent Orion au dieu *Osiris* (voir Chap. 1 §.1). Ainsi, l'expression « dieu qui traverse le ciel » désigne *Osiris*, c'est-à-dire Orion.

3.13. Discussion relative au décan 2a

Sur les listes de type *Séthi IB* (Table 20), les levers héliaques et culminations des décans 36a et 3 sont séparés de ceux du décan 2a. Dans ce qui précède, nous avons proposé d'assimiler :

- ✓ le décan 36a à l'étoile ζ *Crateris* (voir §.3.5) ;
- ✓ le décan 3 à l'une au moins des étoiles ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* (voir §.3.12).

Les dates de lever héliaque et les instants de culmination des étoiles candidates aux décans 36a et 3 figurent en Table 38 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ le lever héliaque de ζ *Crateris* précède ceux de ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* de 50 jours environ, soit de cinq décades ;
- ✓ la culmination de ζ *Crateris* précède celles de ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* de 3 h 45 min environ.

Les laps de temps qui séparent les dates de lever héliaque et les instants de culmination des étoiles candidates aux décans 36a et 3 sont suffisamment important pour insérer, non pas un – le décan 2a en l'occurrence – mais quatre décans entre ceux notés 36a et 3. Les données portées en Table 38 suggèrent :

- ✓ d'insérer, entre les décans 36a et 3, les décans 37, 38, 1 et 2 que nous avons préalablement assimilés aux étoiles β *Corvi* (voir §.3.6), γ *Hydrae* (voir §.3.6), π *Hydrae* ou θ *Centauri* (voir §.3.8), η *Centauri* ou α *Lupi* ou κ *Centauri* ou β *Lupi* (voir §.3.10) ;
- ✓ de considérer le décan 2a comme la réunion des décans 37, 38, 1 et 2. Déjà, les décans 37 et 1 d'une part, 38 et 2 d'autre part, avaient fusionné pour laisser place aux décans 1 et 2 sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20 et §.3.6). L'appellation hiéroglyphique du décan 2a – \underline{tm}^3t \underline{hrt} \underline{hrt} , littéralement « la Tjemat supérieure et inférieure » (Table 1) – traduit la fusion opérée entre les décans 1(\underline{tm}^3t \underline{hrt}) et 2 (\underline{tm}^3t \underline{hrt}) sur les listes de type *Séthi IB*.

Le raisonnement ci-dessus nous invite à assimiler le décan 2a à un ensemble d'étoiles occupant la région délimitée par les étoiles associées aux décans 37 et 2 : β *Corvi* (voir §.3.6) et η *Centauri* ou α *Lupi* ou κ *Centauri* ou β *Lupi* (voir §.3.10) (Fig. 22). En conséquence, toutes ces étoiles appartiendraient à la constellation \underline{tm}^3t .

3.14. Identification du décan D

D'après les listes de type \underline{tm}^3t (Table 20), le lever du décan D pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *II Chemou 11* (14 novembre) et la première heure de nuit jusqu'au *II Akhet 5* (13 mars) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. En Table 39 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon d'étoiles candidates au décan D sont : ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi*, σ *Scorpii* et τ *Scorpii* ;
- ✓ les étoiles ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* sont candidates au décan 3 (voir §.3.12). Elles peuvent donc être exclues de cet échantillon ;

- ✓ le lever de τ *Scorpii* succède à ceux des étoiles candidates au décan 3 et se produit au cours de l'aube (Table 39). Cette étoile constitue une bonne candidate au décan D ;
- ✓ ce décan porte, tout comme les décans 27 et 27a associés à la constellation d'Orion (Table 1), l'appellation hiéroglyphique suivante : *rmn hry (s³h)*, littéralement « le bras inférieur (d'Orion) » (Table 1) :
 - le lever de τ *Scorpii* coïncide avec la disparition, à l'ouest, de la constellation d'Orion – plus précisément, de son « bras inférieur » que matérialise l'étoile α *Orionis* et que nous assimilerons, dans ce qui suit, au décan 27a (voir §.3.52). Ainsi, le lien entre les décans D et 27, suggéré par Otto Neugebauer et Richard A. Parker, se trouve confirmé (Neugebauer et Parker, 1960, page 110).

Pour toutes ces raisons, l'étoile τ *Scorpii* constitue une bonne candidate au décan D.

3.15. Identification du décan 4

D'après les listes de type *tm³t* (Table 20), le lever du décan 4 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *II Chemou 16* (19 novembre) et la douzième heure de nuit jusqu'au *II Akhet 10* (18 mars) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces critères, et donc candidates au décan 4, figure en Table 40 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : τ *Scorpii*, ϵ *Scorpii*, μ^1 et μ^2 *Scorpii* :
 - l'étoile τ *Scorpii* est déjà candidate au décan D (voir §.3.14). Elle peut donc être extraite de cet échantillon ;
- ✓ les étoiles ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* occupent une même région du ciel :
 - si le terme *ipds* désignant le décan 4 (Table 1) possédait la marque du pluriel, μ^1 et μ^2 *Scorpii* pourraient être associées au décan 4 ;
 - dans le cas contraire, ϵ *Scorpii* serait assimilée au décan 4.
- ✓ le décan 4 figure sur les listes de type *Séthi IB*, à la suite du décan 3 (Table 20)¹²². La liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles ρ *Scorpii*, χ *Lupi*, η *Lupi* et σ *Scorpii* candidates au décan 3 (voir §.3.13) figure en Table 41 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - les levers héliaques de ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* se produisent une dizaine de jours après ceux des étoiles candidates au décan 3 ;
 - les culminations de ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* se produisent 45 min environ après celles des étoiles candidates au décan 3.

Les données figurant au sein de la Table 41 confirment donc notre proposition d'assimiler le décan 4 à ϵ *Scorpii* ou μ^1 et μ^2 *Scorpii*.

¹²² Le décan 4 figure également sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, parmi les décans épagomènes, entre les décans 4a et 5 (Table 8). Cette information nous sera utile lors de l'identification du décan 4a (voir §.3.20).

3.16. Identification du décan E

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan E pouvait indiquer la douzième heure de nuit à partir du *II Chemou 21* (24 novembre) et la première heure de nuit jusqu'au *II Akhet 15* (23 mars) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 42 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan E – *h3w*, littéralement « les milliers » (Table 1) – suggère de lui associer un groupe d'étoiles ;
- ✓ les étoiles candidates se répartissent en deux groupes distincts (Fig. 23) : ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* d'une part, θ , ξ , 36 et 44 *Ophiuchi* d'autre part :
 - ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* sont déjà candidates au décan 4 (voir §.3.15) ;
 - θ , ξ , 36 et 44 *Ophiuchi* sont situées à grande proximité les unes des autres. Par ailleurs, elles effectuent leurs levers durant l'aube (Table 42). Ce groupe d'étoiles s'impose donc comme candidat au décan E.

3.17. Identification du décan 5

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 5 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à partir du *II Chemou 26* (29 novembre) et la première heure de nuit jusqu'au *II Akhet 20* (28 mars) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates à ce décan figure en Table 43 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont θ *Ophiuchi*, η *Scorpii*, λ *Scorpii*, ν *Scorpii*, κ *Scorpii* et θ *Scorpii* :
 - θ *Ophiuchi* est déjà candidate au décan E (voir §.3.16). Nous pouvons donc l'extraire de cet échantillon ;
- ✓ η , λ , ν , κ et θ *Scorpii* occupent une même région du ciel (Fig. 23) ;
- ✓ les levers de λ , ν , κ et θ *Scorpii* ont lieu peu avant ou durant l'aube (Table 43) ;
- ✓ les listes de type *Séthi IB* mentionnent le décan 5 à la suite du décan 4¹²³. La Table 44 (voir Annexe au Chapitre 5) mentionne les étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* candidates au décan 4 :
 - le laps de temps qui sépare les culminations de ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii* d'une part, η *Scorpii* d'autre part, est trop court – inférieur à 5 min – pour considérer cette étoile comme possible candidate au décan 5 ;
 - les étoiles λ , ν , κ et θ *Scorpii* culminent 30 min environ après ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii*. Ainsi donc, λ , ν , κ et θ *Scorpii* constituent de bonnes candidates au décan 5.

123 Sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, le décan 5 figure parmi les décans épagomènes, à la suite du décan 4 (Table 8).

3.18. Identification du décan F

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le décan F pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou 1* (4 décembre) et la première heure de nuit jusqu'au *II Akhet 25* (2 avril) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 45 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : η *Scorpii*, λ *Scorpii*, ν *Scorpii*, κ *Scorpii*, ϑ *Scorpii*, ι^1 *Scorpii*, G *Scorpii*, γ , δ et ϵ *Sagittarii* ;
- ✓ λ , ν , κ et θ *Scorpii* sont déjà candidates au décan 5 (voir §.3.17). Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ G *Scorpii*, γ *Sagittarii*, δ *Sagittarii* et ϵ *Sagittarii* effectuent leurs apparitions à l'est durant l'aube (Table 45) ;
- ✓ l'appellation du décan F – *tpy-^cspd*, littéralement « le prédécesseur de Soped » (Table 1) – suggère un lien entre les décans C et 31 (*spd*) :
 - les apparitions à l'Est de ι^1 *Scorpii* et G *Scorpii* précèdent la disparition à l'ouest du décan 31 assimilé à Sirius (voir Chap. 1 §.2) ;
 - les levers de γ , δ et ϵ *Sagittarii* succèdent au coucher de Sirius.

Aussi, nous assimilons le décan F à l'une des étoiles ι^1 *Scorpii* ou G *Scorpii*¹²⁴.

3.19. Identification du décan 6

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le décan 6 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou 6* (9 décembre) et la première heure de nuit jusqu'au *II Akhet 30* (7 avril) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 46 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : κ *Scorpii*, ϑ *Scorpii*, ι^1 *Scorpii*, G *Scorpii*, γ *Sagittarii*, ϵ *Sagittarii*, δ *Sagittarii* et η *Sagittarii* ;
- ✓ κ et θ *Scorpii* sont déjà candidates au décan 5 (voir §.3.17) ; ι^1 et G *Scorpii* sont candidates au décan F (voir §.3.18). Ces quatre étoiles peuvent donc être extraites de l'échantillon d'étoiles candidates au décan 6 ;
- ✓ γ , ϵ , δ et η *Sagittarii* occupent une même région de l'espace (Fig. 23) ;
- ✓ contrairement à celui de γ *Sagittarii*, les levers de ϵ , δ et η *Sagittarii* s'effectuent durant l'aube (Table 46). Ces trois étoiles sont donc de meilleures candidates au décan 6 ;
- ✓ les listes de type *Séthi IB* mentionnent le décan 6 à la suite des décans 5 et 5a (Table 20). La liste des étoiles dont la culmination succède à celles de λ , ν , κ et θ *Scorpii* candidates au décan 5 figure en Table 47 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - une dizaine de jours seulement sépare les levers héliques de λ , ν , κ et θ *Scorpii* de ceux de γ , ϵ , δ et η *Sagittarii* ;
 - les culminations de λ , ν , κ et θ *Scorpii* précèdent celles de γ , ϵ , δ et η *Sagittarii* de 45 min environ.

124 Otto Neugebauer et Richard A. Parker avaient attribué la dénomination du décan F à une erreur reflétant l'imprécision des horloges stellaires de l'époque (Neugebauer et Parker, 1969, page 165). Notre étude astronomique démontre le bien fondé de cette appellation hiéroglyphique.

L'insertion du décan 5a entre les décans 5 et 6 sur les listes de type *Séthi IB* n'est donc pas justifiée. Elle semble résulter de l'insertion du décan 5a entre les décans 4a ou 3b ou 4b et le décan 6 sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20) (voir §.3.20).

3.20. Identification des décans 3a, 3b, 4a, 4b et 5a

Sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20), les décans 3a, 3b, 4a, 4b et 5a figurent entre les décans 2 et 6 que nous avons assimilés aux étoiles η *Centauri*, α *Lupi*, κ *Centauri* ou β *Lupi* (voir §.3.10) et δ *Sagittarii*, ϵ *Sagittarii* ou η *Sagittarii* (voir §.3.19), respectivement :

- ✓ sur les listes de type *knmt*, l'ordre de succession des décans est le suivant : 2, 3a, 3b, 4a, 5a et 6 (Table 20). Or, quatre décades seulement séparent les levers héliaques et nocturnes des décans 2 et 6 sur les listes de type *tmꜣt* (Table 20). L'un au moins des décans 3a, 3b, 4a ou 5a a donc été inséré par erreur parmi la liste des décans réguliers sur les listes de type *knmt* : il pourrait s'agir du décan 4a, qui ne figure pas sur la liste n°19 (Table 4) ;
- ✓ sur les listes de type *Séthi IB*, le décan 2 précède les décans 3, 4, 5, 5a et 6. Tout comme sur les listes de type *knmt*, l'un de ces décans a été inséré par erreur entre les décans 2 et 6, dont les levers héliaques et nocturnes s'effectuent à quarante jours d'intervalle. Par comparaison avec les listes de type *tmꜣt* (Table 20), il s'agit du décan 5a. Ainsi, le décan 5a indiquait la douzième heure de nuit cinq jours après le décan 5 et cinq jours avant le décan 6. C'était le cas du décan F sur les listes de type *tmꜣt*. D'ailleurs, leurs appellations hiéroglyphiques sont relativement semblables (Table 1) ;
- ✓ sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, l'ordre de succession des décans réguliers est le suivant : 2, 3a ou 3, 3b ou 4b, 5a et 6 :
 - l'appellation hiéroglyphique du décan 4b – *sbꜣw mꜣw*, littéralement « le champ d'étoiles » – est semblable à celle du décan E – *hꜣw*, littéralement, « les milliers » (Table 1) – , mentionné sur les listes de type *tmꜣt* entre les décans 4 et 5 (Table 20). Aussi, les mêmes étoiles leur étaient vraisemblablement associées. Cela implique que le décan 4b indiquait la fin de la douzième heure de nuit dix jours avant le décan 5a, sur certaines listes de type *Séthi IA* (Table 8) ;
 - les appellations hiéroglyphiques des décans 3a et 3b (Table 1) suggèrent de leur associer des étoiles situées à proximité de celles candidates au décan 3 (voir §.3.12) – plus précisément, entre les décans 2 et 3 ou 3 et 4 ;
- ✓ sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*, le décan 4a figure parmi les décans épagomènes, avant les décans 4 et 5 (Table 8). Cela implique de situer le décan 4a entre les décans 3 et 4 : son lever indiquait la douzième heure de nuit cinq jours après le décan 3 et 5 jours avant le décan 4, tout comme le décan D sur les listes de type *tmꜣt* (Table 20) ;

Des constatations ci-dessus, il s'ensuit l'ordre de succession des décans : 2 – 3a – 3b ou 3 – 4a – 4 – 4b – 5 – 5a – 6. Plus précisément :

- ✓ le décan 2 indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 3a ;
- ✓ le décan 3a indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 3b ou 3 ;
- ✓ le décan 3b ou 3 indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 4a ;
- ✓ le décan 4a indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 4 ;
- ✓ le décan 4 indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 4b ;
- ✓ le décan 4b indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 5 ;
- ✓ le décan 5 indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 5a ;
- ✓ le décan 5a indiquait la douzième heure de nuit cinq jours avant le décan 6.

La liste des étoiles effectuant leurs levers héliaques et nocturnes entre les étoiles associées aux décans 2 (η Centauri, α Lupi, κ Centauri ou β Lupi) (voir §.3.10) et 6 (δ Sagittarii, ϵ Sagittarii ou η Sagittarii) (voir §.3.19) figure en Table 48 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon d'étoiles candidates aux décans 3a, 3b, 4a, 4b et 5a, dont les levers héliaques et nocturnes se produisent entre ceux des étoiles associées aux décans 2 et 6 sont : τ Librae, δ Lupi, ν Librae, φ^1 Lupi, π Scorpii, ϵ Lupi, γ Lupi, ω^1 Scorpii, ρ Scorpii, χ Lupi, η Lupi, σ Scorpii, τ Scorpii, ϵ Scorpii, μ^1 Scorpii, μ^2 Scorpii, θ Ophiuchi, η Scorpii, ν Scorpii, λ Scorpii, κ Scorpii, θ Scorpii, ι^1 Scorpii, G Scorpii et γ Sagittarii ;
- ✓ ϵ , μ^1 et μ^2 Scorpii sont déjà candidates au décan 4 (voir §.3.15), qui figure parmi les décans épagomènes sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 8). Elles peuvent donc être extraites de l'échantillon ;
- ✓ ν , λ , κ et θ Scorpii sont déjà candidates au décan 5 (voir §.3.17), qui figure parmi les décans épagomènes sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 8). Elles peuvent donc être extraites de l'échantillon ;
- ✓ les étoiles candidates au décan 3a effectuent leur lever héliaque moins de cinq jours après les étoiles candidates au décan 2 :
 - τ Librae, δ Lupi, ν Librae, φ^1 Lupi, π Scorpii, ϵ Lupi, γ Lupi et ω^1 Scorpii vérifient cette condition (Table 48). Elles occupent une même région du ciel, située entre les constellations du Loup, de la Balance et du Scorpion (Fig. 23) ;
 - π Scorpii et γ Lupi sont les plus brillantes de cet échantillon. Aussi, nous les assimilons au décan 3a ;
- ✓ les étoiles candidates au décan 3b effectuent leur lever héliaque moins de cinq jours après les étoiles candidates au décan 3a :
 - ρ Scorpii, χ Lupi, η Lupi et σ Scorpii vérifient cette condition (Table 48). Toutes sont déjà candidates au décan 3 (voir §.3.12) ;
 - ρ Scorpii et χ Lupi effectuent leurs levers moins de 10 min après π Scorpii et γ Lupi (Table 48). Nous privilégions donc η Lupi et σ Scorpii ;
- ✓ les étoiles candidates au décan 4a effectuent leur lever héliaque cinq jours après les étoiles candidates au décan 3b et cinq jours avant les étoiles candidates au décan 4 (ϵ , μ^1 et μ^2 Scorpii) (voir §.3.15) :
 - τ Scorpii vérifie cette condition. Cette étoile est déjà candidate au décan D (voir §. 3.14), qui ne figure pas parmi les décans réguliers et épagomènes

sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20).

Rien ne nous empêche donc d'assimiler cette étoile au décan 4a ;

- ✓ les étoiles candidates au décan 4b effectuent leur lever héliaque cinq jours après les étoiles candidates au décan 4 (ϵ , μ^1 et μ^2 *Scorpii*) (voir §.3.15) et cinq jours avant les étoiles candidates au décan 5 (ν , λ , κ , θ *Scorpii*) (voir §.3.17) :
 - θ *Ophiuchi* et η *Scorpii* vérifient cette condition (Table 48) ;
 - θ *Ophiuchi* est entourée des étoiles 36 et 44 *Ophiuchi*. Toutes trois constituent un groupe d'étoiles candidates au décan E dont l'appellation hiéroglyphique est proche de celle du décan 4b (Table 1). Nous associons donc les étoiles θ , 36 et 44 *Ophiuchi* au décan 4b ;
- ✓ les étoiles candidates au décan 5a effectuent leur lever héliaque cinq jours après les étoiles associées au décan 5 (ν , λ , κ et θ *Scorpii*) (voir §.3.17) et cinq jours avant les étoiles associées au décan 6 (δ *Sagittarii*, ϵ *Sagittarii* ou η *Sagittarii*) (voir §.3.19) :
 - ι^1 *Scorpii*, γ *Scorpii* et γ *Sagittarii* satisfont à ce critère (Table 48). Toutes trois sont donc candidates au décan 5a.
 - l'appellation hiéroglyphique du décan 5a – *tpy-^chntt*, littéralement « le prédécesseur de Khentet » (Table 1) – suggère sa proximité avec d'autres étoiles de la constellation Khentet, avec le décan 6 notamment. γ *Sagittarii* est située à proximité de δ , ϵ et η *Sagittarii*, candidates au décan 6 (voir §.3.19). Nous privilégions donc cette étoile.

3.21. Identification du décan G

D'après les listes de type *tm³t* (Table 20), le lever du décan G pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou 11* (14 décembre) et la première heure de nuit jusqu'au *III Akhet 5* (12 avril) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 49 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : ϵ , δ , η , ϕ et ζ *Sagittarii* ;
- ✓ ϵ , δ et η *Sagittarii* sont déjà candidates au décan 6 (voir §.3.19). Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ les apparitions de ϕ et ζ *Sagittarii* à l'est succèdent à la disparition de Sirius à l'ouest. Cette simultanéité explique l'appellation hiéroglyphique du décan G – *imy-ht spd*, littéralement « le suivant de Soped » (Table 1). Notre choix se porte donc sur l'une des étoiles ϕ et ζ *Sagittarii*¹²⁵. Nous privilégions ζ *Sagittarii*, de magnitude apparente plus faible et dont le lever se produit durant l'aube (Table 49).

125 Contrairement à ce que pensaient Otto Neugebauer et Richard A. Parker, ce n'est pas une hypothétique proximité spatiale des décans F et G avec le décan 31 qui explique leurs dénominations hiéroglyphiques, mais bien plutôt la simultanéité de leurs levers avec la disparition progressive de Sirius à l'Ouest (Neugebauer et Parker, 1960, page 110 et 1969, page 165).

3.22. Identification du décan 7

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 7 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou 16* (19 décembre) et la première heure de nuit jusqu'au *III Akhet 10* (17 avril) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 50 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : φ , ζ , σ et τ *Sagittarii*. Toutes occupent une même région du ciel, centrée sur σ *Sagittarii* (voir Fig. 24 en Annexe au Chapitre 5) ;
- ✓ φ et ζ *Sagittarii* sont déjà candidates au décan G (voir §.3.21). Nous pouvons donc extraire φ *Sagittarii* de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ ζ , σ et τ *Sagittarii* effectuent leurs apparitions peu avant ou durant l'aube ;
- ✓ d'après les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 20), le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination du décan 7 succèdent à ceux du décan 6. La liste des étoiles dont la culmination succède à celle de ϵ , δ et η *Sagittarii* candidates au décan 6 (voir §.3.19) figure en Table 51 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - ζ , σ et τ *Sagittarii* culminent 60 min environ après les étoiles candidates au décan 6. Elles constituent donc de bonnes candidates au décan 7 ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 7 - *hntt hrt*, littéralement « celui qui se trouve sous Khentet » (Table 1) – suggère de privilégier ζ et τ *Sagittarii*, qui se situent « sous » les étoiles que nous avons associées au décan 6 (voir §.3.19). Ce qui implique d'associer φ *Sagittarii* au décan G (voir §.3.21).

3.23. Identification du décan H

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan H pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou 21* (24 décembre) et la première heure de nuit jusqu'au *III Akhet 15* (22 avril) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces critères figure en Table 52 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : ζ , σ , τ et α *Sagittarii* ;
- ✓ ζ , σ et τ *Sagittarii* sont déjà candidates au décan 7 (voir §.3.22) ;
- ✓ α *Sagittarii* est l'étoile la plus brillante de notre échantillon. Par ailleurs, son apparition à l'est s'effectue au cours de l'aube (Table 52) ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan H – *3hwy*, littéralement, « les deux esprits » (Table 1), suggère de lui associer un couple d'étoiles :
 - α *Sagittarii* se situe à proximité des étoiles définissant les contours de la Couronne Australe (Fig. 24) : ϵ , γ et α *Coronae Australis*, dont les levers succèdent à ceux de ζ et τ *Sagittarii* (Table 52). Toutefois, elle nous paraît trop isolée sur la voûte céleste pour pouvoir former un couple avec une autre étoile. Elle ne constitue donc pas une bonne candidate au décan H ;
 - ζ et τ *Sagittarii* se situent à proximité l'une de l'autre (Fig. 24). Elles sont donc candidates au décan H. Leurs levers coïncident par ailleurs avec la disparition, à l'ouest, du couple d'étoiles brillantes α et β *Canis Minoris*. Cette proposition implique d'assimiler de préférence le décan 7 à l'étoile σ *Sagittarii* (voir §.3.22) et le décan G à φ *Sagittarii* (voir §.3.21) ;

3.24. Identification du décan 8

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 8 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *III Chemou* 26 (29 décembre) et la première heure de nuit jusqu'au *III Akhet* 20 (27 avril) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates au décan 8 figure en Table 53 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ l'étoile α *Sagittarii* est la plus brillante de notre échantillon. Son lever s'effectue peu avant l'aube (Table 53) ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 8 – *tms n hntt*, littéralement « le rouge qui se trouve dans Khentet » (Table 1) – nous incite à privilégier les étoiles dont l'indice de couleur [B–V] est très largement positif. D'après le catalogue *Hipparcos*,
 - l'indice de couleur de l'étoile α *Sagittarii* est proche de zéro ;
 - l'indice de couleur de γ *Coronae Australis*, ψ , 43 et 52 *Sagittarii*, qui font aussi partie de notre échantillon (Table 53), est largement positif :
 - [B – V] (γ *Coronae Australis*) = 0,523 ;
 - [B – V] (ψ *Sagittarii*) = 0,569 ;
 - [B – V] (43 *Sagittarii*) et [B – V] (52 *Sagittarii*) $\simeq 1$;

Ces quatre étoiles constituent donc de meilleures candidates au décan 8 que α *Sagittarii* ;

- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IB* et *Séthi IA* mentionnent le décan 8 à la suite du décan 7 (Table 20). Cela signifie que le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination supérieure du décan 8 succédaient à ceux des étoiles candidates au décan 7 : ζ , τ et σ *Sagittarii* (voir §.3.24). La liste des étoiles dont la culmination succède à celle de ζ , τ et σ *Sagittarii* figure en Table 54 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - γ *Coronae Australis* ne figure pas parmi les étoiles dont la culmination succède à celle de ζ , τ et σ *Sagittarii*. Elle peut donc être ignorée ;
 - ψ , 43 et 52 *Sagittarii* sont les seules étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 7 et dont le lever héliaque se produit moins d'une décade après celui des étoiles candidates au décan 7. Elles constituent donc de bonnes candidates au décan 8. En outre,
 - elles sont caractérisées par de semblables magnitudes visuelles (Table 53) ;
 - 43 et 52 *Sagittarii* se distinguent de ψ *Sagittarii* par leur fort rougissement stellaire. Nous privilégions donc ces deux étoiles.

3.25. Identification du décan J

D'après les listes de type *tm̓t* (Table 20), le lever du décan J pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *IV Chemou 1* (3 janvier) et la première heure de nuit jusqu'au *III Akhet 25* (2 mai) de l'une des années comprises entre l'an 2133 et l'an 2130 BC. La liste des étoiles candidates à ce décan figure en Table 55 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ l'étoile α *Sagittarii* est la plus brillante de cet échantillon ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan J – *h̓w*, littéralement « les milliers » (Table 1) – suggère de lui associer un groupe d'étoiles :
 - 52, 56 et α *Sagittarii* sont relativement isolées sur la voûte céleste (Fig. 24). Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon d'étoiles candidates ;
 - 60, 59 et ω *Sagittarii* constituent, avec 58 et 62 *Sagittarii*, un groupe d'étoiles situées à très grande proximité les unes des autres (Fig. 24). Elles constituent donc de bonnes candidates au décan J.

3.26. Identification du décan 9

D'après les listes de type *tm̓t* (Table 20), le lever du décan 9 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *IV Chemou 6* (8 janvier) et la première heure de nuit jusqu'au *III Akhet 30* (7 mai) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 56 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ toutes ces étoiles sont caractérisées par une magnitude visuelle supérieure à 4 ;
- ✓ les étoiles 59, 60, 62 et ω *Sagittarii* sont déjà candidates au décan J (voir §.3.25). Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon ;
- ✓ θ^1 *Sagittarii* est isolée sur la voûte céleste tandis que ρ *Capricorni* se situe à grande proximité de π *Capricorni* (Fig. 24) ;
- ✓ ρ *Capricorni* effectue son lever au cours de l'aube. Nous privilégions donc le couple d'étoiles suivant : ρ et π *Capricorni*.

3.27. Identification du décan K

D'après les listes de type *tm̓t* (Table 20), le lever du décan K pouvait indiquer la douzième heure de nuit à partir du *IV Chemou 11* (13 janvier) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Akhet 5* (12 mai) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 57 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ 59 et 62 *Capricorni* sont déjà candidates au décan J (voir §.3.25) ; ρ *Capricorni* est candidate au décan 9 (voir §.3.26). Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon d'étoiles candidates (Table 57) ;
- ✓ ψ *Capricorni* est l'étoile la plus brillante de cet échantillon. Par ailleurs, son lever s'effectue durant l'aube. Notre choix se porte donc sur ψ *Capricorni*, située non loin de ω *Capricorni* (Fig. 25).

3.28. Identification du décan 10

D'après les listes de type *tmʿt* (Table 20), le lever du décan 10 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *IV Chemou 16* (18 janvier) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Akhet 10* (17 mai) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 58 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ ρ Capricorni est déjà candidate au décan 9 (voir §.3.26) ; ψ Capricorni est candidate au décan K (voir §.3.27). Ces deux étoiles peuvent donc être extraites de l'échantillon considéré (Table 58) ;
- ✓ η Capricorni est une étoile peu brillante située à proximité de θ Capricorni (Fig. 25) et dont le lever se produit durant l'aube (Table 58) ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 10 – *hnwy*, littéralement « les deux poissons » (Table 1) – suggère de lui associer un couple d'étoiles : η et θ Capricorni constituent de bonnes candidates.

3.29. Identification du décan M

D'après les listes de type *tmʿt* (Table 20), le lever du décan M pouvait indiquer la douzième heure de nuit à compter du *IV Chemou 21* (23 janvier) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Akhet 15* (22 mai) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates à ce décan figure en Table 59 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ ψ , ω et η Capricorni sont déjà candidates aux décans K et 10 (voir §.3.27 et 3.28). Nous les excluons de l'échantillon d'étoiles candidates au décan M ;
- ✓ ι et 24 Capricorni sont relativement isolées sur la voûte céleste et effectuent leurs levers durant l'aube. Aucun critère ne permet de privilégier l'une au détriment de l'autre. Nous les considérons donc candidates au décan M.

3.30. Identification du décan 11

D'après les listes de type *tmʿt* (Table 20), le lever du décan 11 pouvait indiquer la douzième heure de nuit à partir du *IV Chemou 26* (28 janvier) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Akhet 20* (27 mai) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 60 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ η , ω , ι et 24 Capricorni sont candidates aux décans 10 et M (voir §.3.28 et 3.29). Nous les excluons donc de l'échantillon d'étoiles candidates ;
- ✓ γ Microscopii se situe dans le prolongement de la droite reliant ρ , π , ψ et ω Capricorni (Fig. 25), candidates aux décans 9, 10 et K (voir §.3.26, 3.27 et 3.28) ;
- ✓ ζ et 36 Capricorni se situent à très grande proximité l'une de l'autre (Fig. 25) ;
- ✓ ϵ Capricorni forme, avec κ , δ et γ Capricorni, un groupe d'étoiles que nous assimilerons, dans ce qui suit, au décan 12 (voir §.3.32) ;
- ✓ le décan 11 porte la dénomination suivante : *hry-ib wiʿ*, littéralement « celui qui se trouve au milieu de la barque sacrée » (Table 1). Cette appellation rappelle celle du décan K : *ntr dʿ pt*, à savoir « le dieu qui traverse le ciel ». En

effet, sur les plafonds astronomiques du Nouvel Empire à l'Époque Romaine (voir Planches 5, 6, 7 et 9), tout objet céleste figuré sous les traits d'un dieu – *Horus* ou *Osiris* ou *Isis* – chemine à bord d'une barque. Il s'ensuit l'assimilation du décan 11 à l'une des étoiles ci-après : γ *Microscopii*, ϵ *Microscopii* ou ζ , 36 *Capricorni*.

3.31. Identification des décans 9a et 9b

Les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 11 à la suite des décans 8 et 9b (Table 20). Cela signifie que le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination du décan 9b succédaient à ceux des étoiles candidates au décan 8 : ψ *Sagittarii*, 43 *Sagittarii* et 52 *Sagittarii* (voir §.3.24), et précédaient ceux des étoiles candidates au décan 11 : γ *Microscopii*, ϵ *Microscopii* et ζ , 36 *Capricorni* (voir §.3.30). La liste des étoiles candidates au décan 9b figure en Table 61 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination de θ^1 *Sagittarii*, HD190056, ω , 59, 60 et 62 *Sagittarii*, 56 *Sagittarii*, ρ *Capricorni*, ψ et ω *Capricorni*, 24 *Capricorni* et η *Capricorni* succèdent à ceux des étoiles candidates au décan 8 et précèdent ceux des étoiles candidates au décan 11 ;
- ✓ ω , 59, 60 et 62 *Sagittarii* sont candidates au décan J (voir §.3.25) dont l'appellation hiéroglyphique suggère de lui associer un groupe d'étoiles. Nous pouvons donc les exclure de l'échantillon ci-dessus ;
- ✓ les listes de type *tm3t* n°13 et 20 mentionnent les décans 9a (*spty*) et 10a (*hnwy*) (Table 24) dont la fusion a donné naissance au décan 9b (*spty hnwy*) (voir Chap. 2 §.7). Les décans 10a et 10 sont identiques (Table 1). Il est par conséquent fort possible que le décan 9b soit en réalité constitué de deux étoiles ou groupes d'étoiles situé(e)s à relative proximité l'un(e) de l'autre :
 - les étoiles candidates au décan 10 ou 10a – η et θ *Capricorni* (voir §.3.28) – formeraient la partie « inférieure » du décan 9b ;
 - les étoiles candidates au décan 9a constitueraient la partie « supérieure » du décan 9b. Ces étoiles effectuent leur lever héliaque, leur lever nocturne et leur culmination entre ceux des étoiles associées aux décans J et 10a. Seules ρ et ψ *Capricorni* vérifient ces conditions ;
 - ρ et π *Capricorni* sont candidates au décan 9 (voir §.3.26) ;
 - ψ et ω *Capricorni* sont candidates au décan K (voir §.3.27).

L'hypothèse selon laquelle le décan 9b serait issu de la fusion des décans 9a et 10a, ajouté au fait que les décans 10a et 10 sont identiques, nous incite à assimiler le décan 9a à l'étoile ρ ou π *Capricorni*.

Ainsi, le décan 9b serait constitué des couples d'étoiles suivants : ρ , π *Capricorni* et η , θ *Capricorni*. Il s'étendrait sur une région du ciel relativement vaste (Fig. 25).

3.32. Identification du décan 12

D'après les listes de type *ṯmṯt* (Table 20), le décan 12 marquait la douzième heure de nuit à compter du *I Akhet 1* (7 février) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Akhet 30* (6 juin) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. Les étoiles satisfaisant à ces deux critères figurent en Table 62 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ ζ *Capricorni* et γ *Capricorni* sont les étoiles les plus brillantes de cet échantillon ;
- ✓ ζ , 36 *Capricorni* et ϵ *Microscopii* sont candidates au décan 11 (voir §.3.30) ;
- ✓ γ , ϵ , κ et δ *Capricorni* se situent à très grande proximité (Fig. 25) ;
- ✓ ι *Aquarii* est relativement isolée sur la voûte céleste (Fig. 25) ;
- ✓ deux groupes de deux personnages se tenant par les mains désignent le décan 12. Quatre étoiles doivent donc lui être associées. A ce titre, γ , ϵ , κ et δ *Capricorni* constituent de bonnes candidates.

3.33. Identification des décans 13 et 12a

D'après les listes de type *ṯmṯt* (Table 20), le lever du décan 13 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *I Akhet 11* (17 février) et la première heure de nuit jusqu'au *I Peret 10* (16 juin) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates à ce décan figure en Table 63 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ la magnitude apparente de ι *Aquarii* est inférieure à celle de σ *Aquarii* ; le lever de σ *Aquarii* succède à celui de ι *Aquarii* de près de 30 min. Ces deux étoiles sont candidates au décan 13 ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 13 à la suite des décans 11 et 12a (Table 20). Cela signifie que le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination des décans 12a et 13 succédaient à ceux de γ *Microscopii*, ϵ *Microscopii* et ζ , 36 *Capricorni* candidates au décan 11 (voir §.3.30). La liste des étoiles candidates aux décans 12a et 13 figure en Table 64 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - ϵ , κ et γ *Capricorni* sont les seules étoiles dont les levers héliaques, les levers nocturnes et les culminations s'effectuent entre ceux de ζ , 36 *Capricorni* et ι *Aquarii*. Nous assimilons donc ϵ , κ et γ *Capricorni* au décan 12a¹²⁶.

126 Selon Otto Neugebauer et Richard A. Parker, l'écriture du décan 12a constitue une forme évoluée de celle du décan 12 (Neugebauer et Parker, 1969, page 161). Cela renforce notre proposition d'assimiler les décans 12 et 12a au même groupe d'étoiles : γ , ϵ , κ et δ *Capricorni*.

3.34. Identification du décan 14

D'après les listes de type *ṯmꜣt* (Table 20), le lever du décan 14 marquait la douzième heure de nuit à partir du *I Akhet 21* (27 février) et la première heure de nuit jusqu'au *I Peret 20* (26 juin) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 65 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ λ , δ et τ *Aquarii* se situent à relative proximité les unes des autres (Fig. 26). L'étoile δ *Aquarii* est la plus brillante d'entre elles ;
- ✓ ϵ *Pisces Austrini*, dont le lever se produit au cours de l'aube, est voisine de α *Pisces Austrini* (Fig. 25), une étoile de magnitude apparente très élevée dont le lever héliaque se produit le 2 mars (voir Table 68 en Annexe au Chapitre 5).

Tant λ , δ et τ *Aquarii* que ϵ *Pisces Austrini* sont candidates au décan 14. L'identification des décans 15, 16, 13a et 14a qui s'ensuit nous permettra certainement de privilégier l'une ou l'autre hypothèse.

Notons que les apparitions à l'est des étoiles candidates au décan 14 coïncide approximativement avec la disparition à l'ouest des étoiles associées aux décans A et B (voir §.3.7 et 3.9) – ce qui, sans doute, explique la figuration du terme *smd* au sein de leurs appellations hiéroglyphiques respectives (Table 1)¹²⁷.

3.35. Identification des décans 15, 13a et 14a

D'après les listes de type *ṯmꜣt* (Table 20), le lever du décan 15 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *II Akhet 1* (9 mars) et la première heure de nuit jusqu'au *I Peret 30* (6 juillet) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates à ce décan figure en Table 66 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ δ *Aquarii*, τ *Aquarii* et ϵ *Pisces Austrini* sont candidates au décan 14 (voir §.3.34) ;
- ✓ 66 *Aquarii* est relativement isolée sur la voûte céleste (Fig. 26). Son lever s'effectue simultanément à celui de ϵ *Pisces Austrini* et moins de 15 min après ceux de δ et τ *Aquarii*. Nous pouvons donc l'extraire de l'échantillon considéré ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 15 – *srt*, littéralement, « la brebis » (Table 1) –, l'appartenance des décans 13a, 14, 14a et 16 à cette même constellation (Table 1), suggère d'associer au décan 15 une étoile brillante :
 - ψ^1 , ψ^2 , ψ^3 , ϕ et χ *Aquarii* occupent une même région du ciel (Fig. 26). ψ^1 , ψ^2 , ψ^3 et χ *Aquarii* constituent un groupe d'étoiles ;
 - 88 *Aquarii* est très proche de 86 et 89 *Aquarii* (Fig. 26). Toutes trois forment un groupe d'étoiles ;
 - α *Pisces Austrini* est l'étoile la plus brillante de l'échantillon considéré. Son lever s'effectue peu avant l'aube. Il est par conséquent fort possible qu'elle ait constitué le décan 15 ;

¹²⁷ Otto Neugebauer et Richard A. Parker avaient présumé l'existence d'un lien entre le décan 14 et les décans A et B (Neugebauer et Parker, 1960, page 110 et 1969, page 162).

- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent, à la suite du décan 13, les décans 13a, 14a et 15 (Table 20). La liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles ι et σ *Aquarii* candidates au décan 13 (voir §.3.33) figure en Table 67 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - entre les culminations de ι *Aquarii* et α *Pisces Austrini* se produit la culmination d'une seule étoile : ϵ *Pisces Austrini*, candidate au décan 14 (voir §.3.34). Or, les culminations de deux décans – les décans 13a et 14a – séparent celles des décans 13 et 15 (Table 20). Il s'ensuit l'impossibilité d'assimiler le décan 15 à l'étoile α *Pisces Austrini*. Ainsi donc, deux groupes d'étoiles sont candidats au décan 15 : ψ^1 , ψ^2 , ψ^3 , ϕ et χ *Aquarii* d'une part, 86, 88 et 89 *Aquarii* d'autre part. Ce résultat permet de privilégier la candidature de λ , δ et τ *Aquarii* au décan 14 ;
 - la similitude de leurs appellations hiéroglyphiques (Table 1) permet d'assimiler les décans 14 et 14a aux mêmes étoiles¹²⁸ : λ , δ ou τ *Aquarii* ;
 - la succession des culminations des décans 13, 13a, 14a et 15 implique :
 - l'identification du décan 13 à ι *Aquarii* (voir §.3.33) ;
 - l'identification du décan 13a à σ *Aquarii*.

3.36. Identification du décan 16

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 16 indiquait la douzième heure de nuit à partir du *II Akhet 11* (19 mars) et la première heure de nuit jusqu'au *II Peret 10* (16 juillet) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 68 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ la désignation hiéroglyphique de ce décan – *sꜣwy srt*, littéralement « les enfants de la brebis » (Table 1) – suggère de lui associer un groupe d'étoiles :
 - α *Pisces Austrini* et 19 *Piscium* sont isolées dans l'espace (Fig. 26) ;
 - χ *Aquarii* est voisine de ψ^1 , ψ^2 , ψ^3 et ϕ *Aquarii* (Fig. 26). Toutes sont candidates au décan 15 (voir §.3.35) ;
 - 88, 89 et 86 *Aquarii*, 98, 99 et 101 *Aquarii*, ω^1 et ω^2 *Aquarii*, 27, 30 et 33 *Piscium*, constituent des groupes d'étoiles (Fig. 26). Les étoiles 86, 88 et 89 *Aquarii* sont candidates au décan 15 ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 16 à la suite du décan 15 (Table 20). Ainsi, le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination des groupes d'étoiles candidats au décan 16 succédaient à ceux des étoiles candidates au décan 15 : ψ^1 , ψ^2 , ψ^3 , ϕ et χ *Aquarii* ou 86, 88 et 89 *Aquarii*. En Table 69 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 15 :
 - les levers héliaques et transits des étoiles ω^1 et ω^2 *Aquarii*, 27, 30 et 33 *Piscium* succèdent à ceux des étoiles candidates au décan 15. Ces deux groupes d'étoiles sont donc candidats au décan 16. Parce que leurs levers héliaques se produisent avant le *II Akhet 11* (Table 69), nous privilégions ω^1 et ω^2 *Aquarii*.

¹²⁸ Otto Neugebauer et Richard A. Parker avaient envisagé cette hypothèse (Neugebauer et Parker, 1969, page 162).

3.37. Identification du décan 17

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 17 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *II Akhet 21* (29 mars) et la première heure de nuit jusqu'au *II Peret 20* (26 juillet) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 70 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles ω^1 et ω^2 *Aquarii* sont déjà candidates au décan 16 (voir §.3.36). Nous pouvons donc les éliminer de l'échantillon considéré. Il reste 19 *Piscium* d'une part, 27, 30 et 33 *Piscium* d'autre part, ce qui exclut la possibilité d'associer 27, 30, 33 *Piscium* au décan 16 ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 17 à la suite du décan 16 (Table 20). Ainsi, son lever héliaque, son lever nocturne et sa culmination survenaient après ceux du décan 16. La comparaison entre les Tables 69 et 70 (voir Annexe au Chapitre 5) confirme le résultat précédent : l'association du décan 17 à 19 *Piscium* ou 27, 30 et 33 *Piscium*.

En raison de leur localisation spatiale (Fig. 26), nous privilégions 27, 30 et 33 *Piscium*.

3.38. Identification du décan 18

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 18 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *III Akhet 1* (8 avril) et la première heure de nuit jusqu'au *II Peret 30* (5 août) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 71 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ 30 et 33 *Piscium* sont déjà candidates au décan 17 (voir §.3.37) ;
- ✓ ι *Ceti* et η *Piscium* sont les étoiles les plus brillantes de cet échantillon ;
- ✓ l'appellation du décan 18 – *tpy-ꜥꜥhwy*, littéralement « le prédécesseur des deux esprits » (Table 1) – suggère de lui associer une seule étoile :
 - ϵ et δ *Piscium* sont situées à proximité l'une de l'autre (Fig. 26). Elle ne peuvent donc être candidates au décan 18 ;
 - ι *Ceti* et η *Piscium* sont relativement isolées sur la voûte céleste (Fig. 26). Elles constituent donc de bonnes candidates au décan 18 ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 18 à la suite du décan 17. Ainsi, son lever héliaque, son lever nocturne et sa culmination succédaient à ceux du décan 17. En Table 72 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle de 19, 27, 30 et 33 *Piscium* candidates au décan 17 (voir §.3.37) :
 - ι *Ceti*, ϵ et δ *Piscium*, η *Piscium* sont les seules étoiles dont le lever héliaque se produit avant le 8 avril. Pour les raisons évoquées plus haut, nous ignorons ϵ et δ *Piscium* ;
 - la culmination de η *Piscium* survient 100 min environ après celle des étoiles candidates au décan 17 (Table 72). Ce laps de temps est nettement supérieur à la durée moyenne d'une heure de nuit. ι *Ceti* constitue donc une meilleure candidate au décan 18.

3.39. Identification du décan 20

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 20 indiquait la douzième heure de nuit à partir du *III Akhet 11* (18 avril) et la première heure de nuit jusqu'au *III Peret 10* (15 août) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 73 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ η *Piscium* est l'étoile la plus brillante de cet échantillon ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique de ce décan - *imy-ht ꜣhwy*, littéralement « le suivant des deux esprits » (Table 1) - suggère de lui associer une seule étoile :
 - ϵ et δ *Piscium* sont situées à proximité l'une de l'autre (Fig. 26). Elle ne peuvent donc être candidates au décan 20 ;
 - η *Piscium* et 20 *Ceti* sont isolées dans l'espace (Fig. 26). Elles sont donc candidates au décan 20. Notre préférence va vers η *Piscium*, environ 2,5 fois plus brillante que 20 *Ceti* (Table 73).

3.40. Identification du décan 19

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 19 indiquait la douzième heure de nuit à partir du *III Akhet 21* (28 avril) et la première heure de nuit jusqu'au *III Peret 20* (25 août) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 74 (voir Annexe en Chapitre 5) :

- ✓ l'appellation hiéroglyphique de ce décan - *ꜣhwy*, littéralement « les deux esprits » (Table 1) – suggère de lui associer deux étoiles situées à proximité l'une de l'autre :
 - 20 *Ceti* est isolée sur la voûte céleste (Fig. 26). Elle ne peut donc être candidate au décan 19 ;
 - α , μ et ν *Piscium* sont situées à relative proximité les unes des autres (Fig. 26). Elles constituent donc de bonnes candidates au décan 19. De part leur proximité, les couples d'étoiles candidats au décan 19 sont : α , ν *Piscium* et μ , ν *Piscium* ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 19 à la suite du décan 18 (Table 20). Cela implique que le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination des étoiles candidates au décan 19 succédaient à ceux de l'étoile candidate au décan 18 : ι *Ceti*. En Table 75 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle de ι *Ceti* :
 - les culminations de α , μ et ν *Piscium* succèdent à celle de ι *Ceti* d'environ 90 min. Ce laps de temps est nettement supérieur à la durée moyenne d'une heure de nuit. De plus, leurs levers héliaques se produisent deux décades environ après celui de ι *Ceti* (Table 75) ;
 - les culminations de ϵ et δ *Piscium*, deux étoiles situées à proximité l'une de l'autre (Fig. 26), succèdent à celle de ι *Ceti* d'environ 46 min. De plus, leurs levers héliaques surviennent plusieurs jours après celui de ι *Ceti*.

Ces informations suggèrent d'associer ϵ et δ *Piscium* au décan 19. Leur localisation spatiale (Fig. 26)) explique la désignation hiéroglyphique des décans 18, 19 et 20.

Ainsi donc, des couples d'étoiles distincts désigneraient le décan 19 :

- ✓ α , ν *Piscium* ou μ , ν *Piscium* désigneraient le décan 19 sur les listes de type *tm3t* ;
- ✓ ϵ et δ *Piscium* désigneraient le décan 19 sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*¹²⁹.

3.41. Identification du décan 22

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 22 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Akhet 1* (8 mai) et la première heure de nuit jusqu'au *III Peret 30* (4 septembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. En Table 76 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles candidates :

- ✓ μ et ν *Piscium*, ξ et α *Piscium*, ξ^1 et ξ^2 *Ceti*, ϵ et ζ *Arietis* constituent des groupes d'étoiles situées à relative proximité les unes des autres (Fig. 27) ;
- ✓ les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent le décan 22 après les décans 20a, 21, 21a, 21c et 21b. Cette information suggère d'assimiler au décan 22 des étoiles dont le lever et la culmination se produisent bien après ceux des étoiles candidates au décan 19. En Table 77 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle des couples d'étoiles candidats au décan 19 : α et ν *Piscium*, μ et ν *Piscium*, ϵ et δ *Piscium* (voir §.3.40) :
 - ζ *Arietis* possède la particularité d'effectuer son lever 43 min après μ et ν *Piscium* (Table 76) et son transit 140 min après ceux de ϵ et δ *Piscium* (Table 77). Elle constitue donc une bonne candidate au décan 22 ;
 - ϵ *Arietis* est une autre candidate possible au décan 22.

3.42. Identification du décan 23

D'après les listes de type *tm3t* (Table 20), le lever du décan 23 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Akhet 11* (18 mai) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Peret 10* (14 septembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 78 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ l'appellation hiéroglyphique de ce décan – *h3w*, littéralement « les milliers » (Table 1) – suggère de lui associer un groupe d'étoiles :
 - γ , ν , λ , δ et α *Ceti* sont situées à relative proximité les unes des autres (Fig. 27) ;
 - 17, 19, 20, 23 et 27 *Tauri* constituent l'amas des Pléiades. Elles constituent d'excellentes candidates au décan 23¹³⁰.

129 Contrairement à ce qu'avaient envisagé Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1960, page 110), aucun lien ne peut être établi entre les décans H et 19, en dépit de leurs semblables appellations hiéroglyphiques (Table 1).

130 Contrairement à ce que pensaient Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1960, page 110), aucun lien ne peut être établi entre les décans 23 et J, aux dénominations pourtant semblables. En effet, le lever des Pléiades précède d'environ 2 h le coucher des étoiles associées au décan J (voir §.3.25).

3.43. Identification des décans 20a, 21, 21a, 21b, 21c et 22a

Les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent les décans 20a, 21, 21a, (21c), 21b, (22) et 22a entre les décans 19 et 23 (Table 20). Leurs levers héliaques et culminations devaient donc succéder à ceux des étoiles candidates au décan 19 et précéder ceux des étoiles candidates au décan 23. Dans ce qui précède, nous avons assimilé :

- ✓ le décan 19 aux étoiles ϵ et δ *Piscium* (voir §.3.40) ;
- ✓ le décan 22 à l'étoile ζ *Arietis* ou ϵ *Arietis* (voir §.3.41) ;
- ✓ le décan 23 aux étoiles 17, 19, 20, 23 et 27 *Tauri* (voir §.3.42).

Afin d'identifier les décans 20a, 21, 21a, 21c, 21b et 22a, considérons la Table 77 :

- ✓ l'examen de leur localisation spatiale (Fig. 27) permet de grouper ces étoiles :
 - η *Piscium* est relativement isolée dans l'espace ;
 - μ , o , ν *Piscium* constituent un premier groupe d'étoiles ;
 - ξ et α *Piscium* forment un second groupe d'étoiles ;
 - ξ^1 *Ceti* est relativement isolée dans l'espace ;
 - ξ^2 , ν , μ , δ , γ , λ , α *Ceti* constituent un troisième groupe ;
 - ϵ , δ , ζ *Arietis* forment un quatrième groupe d'étoiles ;
 - o , ξ *Tauri* constituent un cinquième groupe ;
- ✓ les appellations hiéroglyphiques des décans 20a et 21 – *tpy-^cb³wy*, littéralement « le prédécesseur des deux âmes » et *b³wy*, littéralement « les deux âmes » (Table 1) – suggèrent de leur associer des étoiles occupant une même région de l'espace :
 - l'examen de la succession des levers héliaques et culminations d'étoiles (Table 77) implique de localiser les décans 20a et 21 dans la constellation des Poissons. Ainsi, η , μ , o , ν , ξ et α *Piscium* sont candidates aux décans 20a et 21. Plus précisément,
 - η , μ , o et ν *Piscium* sont candidates au décan 20a ;
 - o , μ et ν *Piscium*, ξ et α *Piscium* sont candidates au décan 21¹³¹ ;
- ✓ les appellations hiéroglyphiques des décans 21a, 21c et 21b – *hntw h^rw*, *h^ry-ib* *hntw*, *hntw h^rw*, littéralement « la khentou supérieure », « celui qui se trouve au milieu de khentou » et « la khentou inférieure » (Table 1) - impliquent de leur associer des étoiles situées dans une même région de l'espace :
 - l'examen de la succession des levers héliaques et culminations d'étoiles (Table 77) implique de localiser les décans 21a, 21c et 21b dans la constellation de la Baleine. De part leur localisation spatiale,
 - ξ^1 *Ceti* et ξ^2 *Ceti* sont candidates au décan 21a ;
 - ν , μ , δ , γ et λ *Ceti* sont candidates au décan 21c ;
 - α *Ceti* est candidate au décan 21b ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 22 – *s³wy kd*, littéralement « les enfants de Qed » (Table 1) – suggère de positionner les étoiles associées à proximité de ϵ et ζ *Arietis*, candidates au décan 22 (voir §.3.41). Etant donné leur localisation spatiale, nous pouvons associer le décan 22 à ϵ *Arietis* et le décan 22a aux étoiles ζ et δ *Arietis*.

131 Les étoiles o , μ et ν *Piscium* sont également candidates au décan 19 (voir §.3.40). La similitude de leurs appellations hiéroglyphiques – *h³wy* et *b³wy* (Table 1) – et la proximité des étoiles associées explique la raison pour laquelle le décan 19 ou 21 figure sur les listes de type *knmt* (Table 4).

3.44. Identification du décan 24

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 24 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *IV Akhet 21* (28 mai) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Peret 20* (24 septembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 79 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ toutes ces étoiles effectuent leurs levers durant l'aube ;
- ✓ *o Tauri* et λ *Tauri* sont les plus brillantes de l'échantillon considéré ;
- ✓ la signification de l'appellation hiéroglyphique de ce décan – *ꜥrt* (Table 1) – est inconnue. Nous ne savons pas s'il convient de lui associer une ou plusieurs étoiles ;
- ✓ les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* mentionnent le décan 24 à la suite du décan 23 (Table 20). En Table 80 figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle des Pléiades identifiées au décan 23 (voir §.3.42) :
 - les étoiles dont le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination succèdent à ceux des Pléiades sont : *37 Tauri*, ϕ *Tauri*, ν *Tauri*, κ *Tauri* et λ *Tauri*. Toutes ces étoiles sont candidates au décan 24. Nous privilégions λ *Tauri*, dont la magnitude visuelle est inférieure à celle des autres étoiles.

3.45. Identification du décan 25

D'après les listes de type *tmꜣt* (Table 20), le lever du décan 25 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *I Peret 1* (7 juin) et la première heure de nuit jusqu'au *IV Peret 30* (4 octobre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 81 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ θ^1 et ν *Tauri* sont les étoiles les plus brillantes de cet échantillon ;
- ✓ l'appellation de ce décan – *hꜣry ꜥrt*, littéralement « celui qui se trouve sous Aryt » (Table 1) – implique sa proximité avec les étoiles candidates au décan 24 : *37 Tauri*, ϕ *Tauri*, ν *Tauri*, κ *Tauri* et λ *Tauri* (voir §.3.44) ;
 - χ et ν *Aurigae* sont éloignées de cette région du ciel (Fig. 27). Nous pouvons donc les éliminer de l'échantillon d'étoiles candidates ;
 - les étoiles 71, θ^1 et ι *Tauri* se situent « sous » la région qu'occupent *37*, ϕ , ν et κ *Tauri* (Fig. 27) ;
 - 71 et θ^1 *Tauri* appartiennent à l'amas des Hyades ;
 - ι *Tauri* est relativement isolée dans l'espace ;
 - μ et ν *Tauri* se situent précisément « sous » λ *Tauri* (Fig. 27) ;
 - μ et ν *Tauri* sont relativement isolées dans l'espace ;
- ✓ en raison de sa brillance, nous avons choisi λ *Tauri* comme candidate au décan 24. En raison de leur localisation spatiale, nous privilégions μ et ν *Tauri* comme candidates au décan 25, avec une préférence pour ν *Tauri*, de magnitude apparente inférieure à celle de μ *Tauri*.¹³²

¹³² La quasi-simultanéité de culmination de λ , μ et ν *Tauri* (Table 80) explique la raison pour laquelle le décan 25 ne figure pas sur les listes de type *Séthi IB* (Table 20).

3.46. Identification des décans 26 et 26a

Les décans 26 et 26a portent des dénominations semblables : *rmn ḥry* et *rmn ḥry sḥ* signifiant « le bras supérieur (d'Orion) » (Table 1) et occupent de semblables positions sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IA* et *Séthi IC* (Table 8). Aussi, dans ce qui suit, nous les considérons comme identiques.

D'après les listes de type *ṯmḥt* (Table 20), le lever du décan 26 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *I Peret 11* (17 juin) et la première heure de nuit jusqu'au *I Chemou 10* (14 octobre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 82 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes sont : ζ *Tauri*, π^3 *Orionis* et γ *Orionis* ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 26 ou 26a, l'assimilation de *Sḥ* à Orion (voir Chapitre 1 §.2) et la localisation spatiale de π^3 *Orionis* suggèrent de privilégier cette étoile ;
- ✓ les listes de types *Senenmout* et *Séthi IB* mentionnent le décan 26 ou 26a à la suite du décan 24 (Tables 8 et 20). Le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination du décan 26 ou 26a succédaient donc à ceux des étoiles candidates au décan 24 : 37 *Tauri*, ϕ *Tauri*, ν *Tauri*, κ *Tauri* et λ *Tauri* (voir §.3.44). En Table 83 (voir Annexe au Chapitre 5) figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle de 37 *Tauri*, ϕ *Tauri*, ν *Tauri*, κ *Tauri* et λ *Tauri* :
 - les étoiles les plus brillantes sont γ *Tauri*, δ^1 *Tauri*, ϵ *Tauri*, θ^1 et θ^2 *Tauri*, π^3 *Orionis*, π^4 *Orionis*, π^5 *Orionis*, ζ *Tauri*, β *Eridani* et γ *Orionis* ;
 - π^3 *Orionis* culmine environ 50 min après les étoiles candidates au décan 24 tandis que ζ *Tauri* et γ *Orionis* culminent près d'1h30min après les étoiles candidates au décan 24. L'étoile π^3 *Orionis* constitue donc bel et bien la meilleure candidate aux décans 26 et 26a.

3.47. Identification du décan 28b

Les listes de types *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent le décan 28b entre les décans 24 et 26 ou 26a (Tables 8 et 20). Le lever héliaque et le lever nocturne du décan 28b se produisaient donc entre ceux des décans 24 et 26 ou 26a que nous avons assimilés à 37 *Tauri*, ϕ *Tauri*, ν *Tauri*, κ *Tauri* ou λ *Tauri* (§.3.44) et π^3 *Orionis* (voir §.3.46), respectivement. En Table 84 (voir Annexe au Chapitre 5) figurent les étoiles dont les levers succèdent à ceux de 37 *Tauri*, ϕ *Tauri*, ν *Tauri*, κ *Tauri* ou λ *Tauri* et précèdent celui de π^3 *Orionis* :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : ϵ *Tauri*, δ^1 *Tauri*, θ^2 *Tauri*, γ *Tauri*, θ^1 *Tauri*, ν *Tauri* et ζ *Tauri* ;
 - toutes ces étoiles, à l'exception de ν *Tauri* et ζ *Tauri*, appartiennent à l'amas des Hyades (Fig. 28), qui se situe « au-dessus » de π^3 *Orionis* ;
 - ν *Tauri* est candidate au décan 25 (voir §.3.45) ;
 - ζ *Tauri* se situe précisément dans le prolongement de la droite reliant λ *Orionis* et ϵ *Orionis* au centre de la Ceinture d'Orion (Fig. 28). Elle se situe donc dans le prolongement de la « colonne vertébrale » d'Orion ;
- ✓ l'appellation hiéroglyphique du décan 28b – *iwn sḥ*, littéralement « la colonne (vertébrale) d'Orion » (Table 1) – suggère de lui associer l'étoile ζ *Tauri*.

3.48. Identification du décan 28

D'après les listes de type *ṯmṣṯ* (Table 20), le lever du décan 28 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *I Peret 21* (27 juin) et la première heure de nuit jusqu'au *I Chemou 20* (24 octobre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 85 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : π^5 *Orionis*, γ *Orionis*, λ *Orionis*, ϵ *Geminorum*, α *Orionis*, γ *Geminorum* et β *Orionis* ;
- ✓ les levers héliaque et nocturne du décan 28 s'effectuent entre ceux des décans 26 et 29 dont les appellations hiéroglyphiques respectives - *rmn ḥry* et *ḥrt w^crt* (Table 1) –, proches de celles des décans 26a et 29a – *rmn ḥry sṣḥ* et *w^crt ḥrt sṣḥ* (Table 1) –, indiquent qu'ils appartiennent à la constellation d'Orion. Il paraît donc logique d'associer au décan 28 une ou plusieurs étoiles de la constellation d'Orion :
 - ϵ et γ *Geminorum* sont éloignées de la région du ciel occupée par la constellation d'Orion (Fig. 28). Nous ne pouvons donc les assimiler au décan 28 ;
- ✓ la signification de l'appellation du décan 28 est aujourd'hui encore inconnue. Toutefois, nous ne pouvons lui associer l'étoile β *Orionis* : en effet, β *Orionis* matérialise l'un des « pieds » d'Orion (Fig. 28). Dans l'éventualité où cette étoile aurait incarné le décan 28, ce dernier se porterait une appellation semblable à celle du décan 29 : *ḥrt w^crt*, littéralement « la jambe inférieure (d'Orion) » (Table 1).

Aucun autre critère ne permet de privilégier l'une des étoiles π^5 *Orionis*, γ *Orionis*, λ *Orionis* ou α *Orionis*. Nous les considérerons donc toutes quatre comme candidates au décan 28.

3.49. Identification du décan 29

D'après les listes de type *ṯmṣṯ* (Table 20), le lever du décan 29 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *II Peret 1* (7 juillet) et la première heure de nuit jusqu'au *I Chemou 30* (3 novembre) de l'une des années comprises entre l'an 2133 et l'an 2130 BC. La liste des étoiles candidates figure en Table 86 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles candidates se répartissent en deux groupes :
 - ζ , υ , ξ , κ , φ et λ *Geminorum* définissent les contours de la constellation des Gémeaux (Fig. 28) ;
 - ϵ , η , ζ , β , σ et ι *Orionis* appartiennent à la constellation d'Orion (Fig. 28) ;
- ✓ la similitude des appellations hiéroglyphiques des décans 29 et 29a – *ḥrt w^crt* et *w^crt ḥrt sṣḥ* signifiant « la jambe inférieure (d'Orion) » (Table 1) – implique d'associer au décan 29 une étoile de la constellation d'Orion ;
- ✓ β *Orionis* est l'étoile la plus brillante de l'échantillon considéré (Table 86). Sa localisation spatiale – sous la jambe gauche d'Orion (Fig. 28) – est compatible avec l'appellation hiéroglyphique du décan 29. D'où l'assimilation de β *Orionis* au décan 29.

3.50. Identification du décan 26b

Les listes de type *Séthi IB* mentionnent le décan 26b entre les décans 26 et 29 (Table 20). Le lever héliaque et la culmination du décan 26b succédaient donc à ceux de l'étoile associée au décan 26 – π^3 *Orionis* (voir §.3.46) – et précédaient ceux de l'étoile associée au décan 29 – β *Orionis* (voir §.3.49). En Table 87 figure la liste des étoiles dont la culmination succède à celle de π^3 *Orionis* :

- ✓ les culminations de π^3 *Orionis* et β *Orionis* se produisent à 44 min d'intervalle. Leurs levers héliaques s'effectuent à une dizaine de jours d'intervalle. Ces deux constatations laissent à penser :
 - soit que le décan 26b constitue un décan intermédiaire – épagomène, en l'occurrence – entre les décans 26 et 29, et non un décan régulier – en d'autres termes, qu'il a été inséré par erreur entre les décans 26 et 29 sur les listes de type *Séthi IB* (Table 20). Il convient dans ce cas de lui associer l'une des étoiles suivantes, parmi les plus brillantes de l'échantillon considéré (Table 87) : π^4 *Orionis*, π^5 *Orionis*, ζ *Tauri*, β *Eridani*, γ *Orionis* ou λ *Orionis* :
 - le lever héliaque de ζ *Tauri* précède celui de π^3 *Orionis* ; celui de β *Eridani* succède à celui de β *Orionis*. Nous pouvons donc éliminer ces deux étoiles de l'échantillon d'étoiles candidates au décan 26b ;
 - dans cette hypothèse, π^4 , π^5 , γ et λ *Orionis* sont candidates au décan 26b ;
 - soit que notre identification du décan 29 à l'étoile β *Orionis* (voir §.3.49) est erronée. Dans ce cas, le décan 29 devrait être assimilé à une autre étoile dont le lever héliaque se produit plus d'une décade après celui de π^3 *Orionis*. La comparaison entre les Tables 86 et 87 permet de privilégier : ϵ *Orionis*, η *Orionis*, ζ *Orionis*, σ *Orionis* et ι *Orionis* :
 - ϵ et ζ *Orionis* forment, avec δ *Orionis*, la Ceinture d'Orion (Fig. 28) ; η , σ et ι *Orionis* se situent non loin de la Ceinture d'Orion. La localisation spatiale de ces cinq étoiles n'explique pas l'appellation hiéroglyphique du décan 29 (voir §.3.49). Il est par conséquent peu vraisemblable que l'une d'elles ait été assimilée au décan 29 ;
 - une autre étoile, qui ne figure pas dans les Tables 86 et 87 parce que son lever héliaque se produit après le 7 juillet – le 10 juillet, en l'occurrence (Table 87) –, pourrait être candidate au décan 29 : il s'agit de κ *Orionis*, située sous l'autre « jambe » d'Orion (Fig. 28), et dont la culmination a lieu 80 min après celle de π^3 *Orionis* (Table 82). Cette hypothèse implique d'associer au décan 26b des étoiles dont :
 - ◆ la culmination se produit environ 40 min après celle de π^3 *Orionis* et environ 40 min avant celle de κ *Orionis*. C'est le cas des étoiles β *Eridani*, γ *Orionis*, λ *Orionis*, β *Orionis* et η *Orionis* (Table 87) ;
 - ◆ le lever héliaque se produit après celui de π^3 *Orionis* et une dizaine de jours avant celui de κ *Orionis* (Table 87) : π^4 *Orionis*, π^5 *Orionis*, γ *Orionis*, λ *Orionis*, β *Orionis*, δ *Orionis*, ϵ *Orionis*, ζ *Orionis*, α *Orionis* et μ *Geminorum* satisfont à ce critère ;

Les étoiles satisfaisant à ces deux critères sont : γ *Orionis*, λ *Orionis* et β *Orionis* ;

- soit qu'à l'image de Sirius (voir §2.), β *Orionis* marquait la douzième heure de nuit une décade après son lever héliaque, tant sa magnitude apparente est élevée. Cette proposition est compatible avec la succession décanale 26 – 28 – 29 qui caractérise les listes de type *tmʾt* (Table 20). Elle implique d'associer au décan 26b l'une des étoiles suivantes : π^4 , π^5 , γ ou λ *Orionis*.

En résumé, le décan 29 peut être assimilé à l'étoile β *Orionis* ou κ *Orionis*. Il s'ensuit l'assimilation du décan 26b à l'une des étoiles suivantes : π^4 *Orionis*, π^5 *Orionis*, γ *Orionis* ou λ *Orionis*.

3.51. Identification du décan 30

D'après les listes de type *tmʾt* (Table 20), le lever du décan 30 indiquait la douzième heure de nuit à compter du *II Peret 11* (17 juillet) et la fin de la première heure de nuit jusqu'au *II Chemou 10* (13 novembre) de l'une des années comprises entre 2133 et 2130 BC. La liste des étoiles satisfaisant à ces deux critères figure en Table 88 (voir Annexe au Chapitre 5) :

- ✓ les étoiles les plus brillantes de cet échantillon sont : κ *Orionis*, β *Canis Minoris*, α *Canis Minoris* et α *Canis Majoris* ;
 - l'appellation hiéroglyphique de cette étoile – *tpy-^cspd*, littéralement « le prédécesseur de Soped » (Table 1) – implique d'exclure α *Canis Majoris* ;
 - le laps de temps séparant les levers de κ *Orionis* et α *Canis Majoris* est voisin de 72 min, ce qui est largement supérieur à la durée moyenne d'une heure de nuit égyptienne. L'étoile κ *Orionis* ne peut donc être associée au décan 30 ;
 - la magnitude apparente de α *Canis Minoris* est inférieure à celle de β *Canis Minoris*. L'étoile α *Canis Minoris* constitue donc une meilleure candidate au décan 30 ;
- ✓ les listes de type *Séthi IB* mentionnent le décan 30 entre les décans 29 et 31 (Table 20) : son lever héliaque et sa culmination se produisaient donc entre ceux des étoiles candidates au décan 29 – β *Orionis* et κ *Orionis* – et l'étoile Sirius. La liste des étoiles dont la culmination succède à celle de β *Orionis* et κ *Orionis* et précède celle de Sirius figure en Table 89 (voir Annexe au Chapitre 5) :
 - les étoiles brillantes dont les levers héliaques et les culminations se produisent entre ceux de β *Orionis* et Sirius sont : η *Orionis*, δ *Orionis*, ϵ *Orionis*, σ *Orionis*, ζ *Orionis*, ι *Orionis*, κ *Orionis*, ξ *Geminorum*, ι *Geminorum*, δ *Geminorum*, λ *Geminorum* et κ *Geminorum* ;
 - parce que leurs culminations succèdent de quelques minutes à celle de Sirius (Table 22), α et β *Canis Minoris* ne figurent pas parmi la liste des étoiles candidates ;
 - κ *Orionis* est la seule étoile brillante commune aux deux échantillons d'étoiles candidates (Tables 88 et 89). Elle est la seule étoile brillante dont le lever héliaque, le lever nocturne et la culmination succèdent à ceux de β *Orionis* et précèdent ceux de Sirius. Ce résultat implique d'associer β *Orionis* aux décans 29 et 29a (voir §.3.50) et κ *Orionis* au décan 30 (voir §.3.51).

3.52. Identification des décans 28a, 27a, 27b, 27c et 27d

Les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* mentionnent les décans 28a, 27a, 27b ou 27d et 27c entre les décans 26 ou 26a et 31 (Table 20). Leurs lever héliaques et nocturnes s'effectuaient donc entre ceux des étoiles associées aux décans 26 ou 26a et 31 – en d'autres termes, entre π^3 *Orionis* (voir §.3.46) et Sirius. En Table 90 (voir Annexe au Chapitre 5) figurent les étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 4 dont les levers héliaques et les levers nocturnes succédaient à ceux de π^3 *Orionis* et précédaient ceux de Sirius :

- ✓ la désignation hiéroglyphique des décans 28a, 27a, 27b, 27d et 27c suggère leur appartenance à la constellation d'Orion. En effet, chacun de ces décans désigne un membre d'Orion – l'oreille (décan 28a), le bras inférieur (décan 27a), le bras (décans 27b et 27d) – ou Orion elle-même (décan 27c) (Table 1). Nous pouvons donc exclure de l'échantillon proposé (Table 90) les étoiles n'appartenant pas à la constellation d'Orion et situées à relative distance d'Orion, à savoir : η , μ , ϵ , γ , ι , δ , ξ , κ , λ *Geminorum* et β *Cancris* (Fig. 28) ;
- ✓ la dénomination du décan 28a – *msdr s3h*, littéralement « l'oreille de sah » (Table 1) –, l'ordre de lever des étoiles de la constellation d'Orion dans le ciel nocturne et crépusculaire (Table 90) et leur localisation spatiale suggèrent de lui associer l'une des étoiles suivantes : γ *Orionis*, λ *Orionis* ou α *Orionis*, et plus particulièrement λ *Orionis*, qui désigne « la tête » d'Orion ;
- ✓ la dénomination des décans 27 et 27a – *rmn hry (s3h)*, littéralement « le bras inférieur (d'Orion) » (Table 1) –, l'ordre de lever des étoiles de la constellation d'Orion dans le ciel nocturne et crépusculaire (Table 90) et leur localisation spatiale suggèrent de leur associer l'étoile α *Orionis*, qui matérialise l'épaule droite d'Orion¹³³ ;
- ✓ les appellations hiéroglyphiques des décans 27b et 27d sont semblables : elles désignent « le bras d'Orion » (Table 1), figuré le long du corps d'Orion sur les plafonds astronomiques du Nouvel Empire (voir Planches 5, 6, 7 et 9). L'ordre de lever des étoiles mentionnées en Table 90 et leur localisation spatiale (Fig. 28) suggèrent d'associer aux décans 27b et 27d la même étoile : β *Eridani* ;
- ✓ la dénomination du décan 27c – *s3h* (Table 1) – suggère de lui associer l'une des étoiles suivantes : η *Orionis*, σ *Orionis* et ι *Orionis*, et plus particulièrement ι *Orionis*, de brillance plus élevée et située à proximité de la nébuleuse d'Orion (Fig. 28).

133 L'appellation hiéroglyphique du décan 27, semblable à celle du décan 27a (Table), implique de lui associer la même étoile : α *Orionis*.

3.53. Identification des décans 29a et 29b

Les listes de types *Séthi IA* mentionnent les décans 29b et 29a à la suite du décan 31 (Table 8). Leurs appellations hiéroglyphiques respectives – *w^crt hrt s3h*, littéralement « la jambe supérieure d'Orion » et *w^crt hrt s3h*, littéralement « la jambe inférieure d'Orion » (Table 1) – impliquent de les associer à des étoiles de la constellation d'Orion :

- ✓ étant données leurs localisations spatiales (Fig. 28), β *Orionis* et κ *Orionis* constituent de bonnes candidates aux décans 29a et 29b ;
- ✓ nos propositions d'identification des décans 26, 26a, 27, 27a, 27b, 27d et 29 (voir §.3.46, 3.49 et 3.52) suggèrent de considérer le côté gauche d'Orion comme la partie supérieure d'Orion et la partie droite d'Orion comme la partie inférieure d'Orion, dont le lever succède à celui de la partie supérieure. Dans ce contexte,
 - π^3 *Orionis* désigne « le bras supérieur d'Orion » (décan 26 ou 26a) ;
 - α *Orionis* et β *Eridani*, « le bras inférieur d'Orion » (décans 27, 27a et 27b, 27d) ;

Il s'ensuit la possibilité d'identifier :

- κ *Orionis* à « la jambe inférieure d'Orion » (décan 29a) ;
- β *Orionis* à « la jambe supérieure d'Orion » (décan 29b).

3.54. Localisation des décans 39a, 39b, 40a, 40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h et 40i

Ces décans figurent, parmi les décans épagomènes, sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 8) :

- ✓ les différentes graphies du terme *si3t* indiquent que les décans 39a (*si3t*) et 39b (*si3tw*) constituent un seul et même décan (Neugebauer et Parker, 1969, pages 124-5) ;
- ✓ parce qu'ils n'apparaissent jamais ensemble sur les listes (Table 20) et figurent toujours entre les décans 4a et 5, les termes *ipds*, *ipds*, *hpds* semblent tous désigner un seul et même décan : le décan 4 (Neugebauer et Parker, 1969, pages 117, 126). D'où l'assimilation du décan 40g au décan 4 et à la même étoile du catalogue Hipparcos : ϵ *Scorpii* ou μ^1 , μ^2 *Scorpii* (voir §.3.15) ;
- ✓ les termes *sbšsn* et *čbšs* désignent le même décan : le décan 5 (Neugebauer et Parker, 1969, page 117). Il s'ensuit l'assimilation des décans 5 et 40h à la même étoile du catalogue Hipparcos : λ *Scorpii* ou υ *Scorpii* ou κ *Scorpii* ou θ *Scorpii* (voir §.3.17) ;
- ✓ les décans 40a, 40b, 40c et 40d figurent sur une seule liste de type *Séthi IA*, qui orne l'intérieur du couvercle du sarcophage de *Nekhtnebef* (Neugebauer et Parker, 1969, pages 53-54 et 125). En dépit du risque d'erreur que cette seule et unique mention implique, Otto Neugebauer et Richard A. Parker ont proposé d'insérer ces décans parmi les décans épagomènes, dans l'ordre suivant : 31b – 39a ou 39b – 40a – 40b – 40c – 40d – 40e – 4a – 40f – 4 ou 40g – 5 ou 40h – 40i (voir note 52).

La figuration des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* sous la forme d'une horloge stellaire semblable aux horloges de types *tm3t* et *knmt* dont elles dérivent (Fig. 29) permet de classer les décans réguliers et épagomènes dans l'ordre de leurs levers successifs : 31b – 31a – 39a ou 39b – 32 – 40a – 34 – 40b – 35a – 40c – 36a – 40d – 1 – 40e – 2 – 4a – 3a ou 3 – 40f – 3b ou 4b – 4 ou 40g – 5a – 5 ou 40h – 6 – 40i – 7¹³⁴.

Nous ne connaissons pas la signification de l'appellation hiéroglyphique des décans 39a, 39b, 40a, 40b, 40c, 40e et 40f (Table 1). Il nous sera donc difficile de les assimiler, avec certitude, à l'une des étoiles du catalogue *Hipparcos*. Toutefois, nous pouvons les localiser sur la voûte locale céleste :

- ✓ Otto Neugebauer et Richard A. Parker avaient envisagé la possibilité d'intervertir les décans 39a ou 39b et 31b (Neugebauer et Parker, 1969, page 125). En effet, notre assimilation du décan 31a à ϵ , ζ , δ , σ et η *Hydrae* et du décan 31b à 27, 28 et ζ *Monocerotis* (voir §.3.1) nous incite à effectuer cette permutation. Il s'ensuit l'ordre suivant : 39a ou 39b – 31a – 31b – 32 – 40a – 34 – 40b – 35a – 40c – 36a – 40d – 1 – 40e – 2 – 4a – 3a ou 3 – 40f – 3b ou 4b – 4 ou 40g – 5a – 5 ou 40h – 6 – 40i – 7. Ainsi, le lever du décan 39a ou 39b s'effectue entre ceux de Sirius et des étoiles définissant la tête de l'Hydre :
 - seules trois étoiles satisfont à ce critère : 20 *Monocerotis*, α *Cancris* et HD66141 (Table 21). Toutes trois sont caractérisées par une semblable magnitude visuelle. Par ailleurs, elles se situent à proximité d'autres étoiles, de magnitude plus faible (Fig. 20), ce qui explique la marque de pluriel portée par le décan 39b (*si3tw*). Toutes trois sont donc candidates au décan 39a ou 39b ;
- ✓ le lever du décan 40a s'effectue entre ceux des décans 32 et 34 que nous avons assimilés à θ *Hydrae* et ν^1 *Hydrae* ou ν^2 *Hydrae* ou λ *Hydrae*, respectivement (voir §.3.1 et 3.3) :
 - les étoiles 31 *Leonis*, ρ *Leonis*, 12 *Hydrae* et α *Sextantis* sont candidates à ce décan (Tables 23 et 24). Ce sont des étoiles de magnitude apparente inférieure à 4.50, situées entre les constellations du Lion et de l'Hydre (Fig. 20) ;
- ✓ le lever du décan 40b se produit entre ceux des décans 34 et 35a que nous avons assimilés aux étoiles ν^1 *Hydrae* ou ν^2 *Hydrae* ou λ *Hydrae* et μ *Hydrae* ou ν *Hydrae* (voir §.3.3 et 3.4) :
 - les étoiles ν *Virginis*, τ *Leonis*, ϕ *Leonis*, 61 *Leonis* et β *Virginis* sont candidates à ce décan (Table 25). Elles occupent une même région de l'espace, située entre les constellations du Lion, de la Vierge et de l'Hydre (Fig. 20 et 21) ;
- ✓ le lever du décan 40c se produit entre ceux des décans 35a et 36a que nous avons identifiés aux étoiles μ *Hydrae* ou ν *Hydrae* et ζ *Crateris*, respectivement (voir §.3.4 et 3.5) :
 - les étoiles définissant les contours de la constellation de la Coupe sont candidates à ce décan : α , β , ϵ , θ , δ , γ et β *Crateris*, en l'occurrence (Table 28) ;

134 Une semblable succession décanale (Table 3) avait été déduite du schéma général d'une horloge stellaire (Fig. 2).

- ✓ le lever du décan 40d se produit entre ceux des étoiles ζ *Crateris* et π *Hydrae* ou θ *Centauri* que nous avons assimilées aux décans 36a et 1, respectivement (voir §3.5 et 3.8). Pour les raisons que nous avons évoquées au §.3.6, cette région du ciel est relativement vaste. Il en résulte un nombre important d'étoiles candidates (Tables 31, 32 et 33). Ces étoiles définissent les contours de la constellation du Corbeau, la queue de l'Hydre ainsi que la partie orientale de la Vierge (Fig. 21 et 22) ;
- ✓ le lever du décan 40e se produit entre ceux des décans 1 et 2, que nous avons assimilés aux étoiles π *Hydrae* ou θ *Centauri* et η *Centauri* ou α *Lupi* ou κ *Centauri* ou β *Lupi* (voir §.3.8 et 3.10). Ainsi, les étoiles candidates (Tables 34 et 35) se situent dans cette région définie par les constellations du Centaure, du Loup, de l'Hydre et de la Vierge (Fig. 22) ;
- ✓ Otto Neugebauer et Richard A. Parker situent le décan 4a entre les décans 2 et 3a (Neugebauer et Parker, 1969, pages 125-6). Or, l'étude menée au §.3.20 montre que le lever du décan 4a succède à ceux des décans 2, 3a, 3b ou 3 et précède ceux des décans 4, 4b, 5, 5a et 6. Aussi, nous proposons de permuter les décans 4a et 40f. Il s'ensuit l'ordre de succession suivant : 39a ou 39b – 31a – 31b – 32 – 40a – 34 – 40b – 35a – 40c – 36a – 40d – 1 – 40e – 2 – 40f – 3a ou 3 – 4a – 3b ou 4b – 4 ou 40g – 5a – 5 ou 40h – 6 – 40i – 7 :
 - le lever du décan 40f se produit entre ceux des décans 2 et 3a ou 3 que nous avons assimilés aux étoiles η *Centauri* ou α *Lupi* ou κ *Centauri* ou β *Lupi* et ρ *Scorpii* ou χ *Lupi* ou η *Lupi* ou σ *Scorpii* (voir §.3.10, 3.12 et 3.20) Il s'ensuit la localisation du décan 40f entre les constellations du Scorpion et du Loup (Fig. 23)¹³⁵ ;
- ✓ le lever du décan 4 ou 40g entre ceux des décans 3b ou 4b et 5a est compatible avec les hypothèses formulées au §.3.20. Il en est de même pour le lever du décan 5 ou 40h, entre ceux des décans 5a et 6 ;
- ✓ le lever du décan 40i se produit entre ceux des décans 6 et 7 que nous avons assimilés aux étoiles ϵ *Sagittarii* ou δ *Sagittarii* ou η *Sagittarii* et ζ *Sagittarii* ou θ *Sagittarii* ou τ *Sagittarii* (voir §.3.19 et 3.22). Il s'ensuit l'identification du décan 40i avec l'une des étoiles du Sagittaire : τ *Sagittarii*, HD167818, ϕ *Sagittarii* (Tables 49 et 50), avec une préférence pour ϕ *Sagittarii*, plus brillante que les autres.

3.55. Localisation du décan L

Le décan L (*s3bw*) figure sur deux listes de type *tm3t*, parmi les décans épagomènes (Planches 18 et 20). Il n'apparaît jamais seul : en effet, il est toujours accolé au décan M (*p3wy s3bw*), selon l'ordre K-L (horloge stellaire n°8) ou L-K (horloge stellaire n°10). Cela signifie que les étoiles associées aux décans K et L se situent à grande proximité les unes des autres. Dans ce qui précède, nous avons assimilé le décan K à ι *Capricorni* ou 24 *Capricorni* (voir §.3.27). Il est possible que l'une des deux étoiles désigne le décan K, l'autre le décan L.

¹³⁵ La non-permutation des décans 4a et 40f aurait également abouti à la localisation du décan 40f entre les constellations du Loup et du Scorpion.

4. Récapitulatif des étoiles candidates aux décans égyptiens

La Table 91 dresse le récapitulatif des étoiles associées à chacun des décans égyptiens :

- ✓ lorsqu'un groupe d'étoiles est candidat au décan considéré, une virgule (,) sépare leurs appellations gréco-latines ;
- ✓ lorsque plusieurs étoiles sont candidates à un même décan, une barre verticale (/) sépare les noms de chaque étoile ;
- ✓ en caractères gras figurent les étoiles associées avec certitude ou les plus plausibles.

L'incertitude entourant nos propositions d'identification des 92 décans égyptiens¹³⁶ *est* :

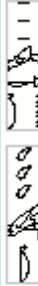
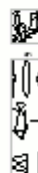
- ✓ **nulle** dans 46% des cas. En effet, une seule étoile ou un seul groupe d'étoiles est candidat(e) à 42 des 92 décans égyptiens. Il s'agit des décans 4a, 4b, 9, 9a, 9b, 10, 10a, 12, 12a, 13, 13a, 16, 21b, 22, 22a, 23, 26, 26a, 27, 27a, 27b, 27c, 27d, 28a, 28b, 29a, 29b, 30, 31, 31a, 31b, 32, 36a, 37, 38, 40c, C, D, E, H, J et K (Table 91) ;
- ✓ **minimale** dans 38% des cas. En effet, deux ou trois étoiles ou groupes d'étoiles distincts sont candidats à 35 des 92 décans égyptiens :
 - deux étoiles ou groupes d'étoiles sont candidat(e)s aux décans 1, 3a, 3b, 4, 15, 17, 18, 20, 21a, 25, 29, 33, 35, 35a, 36, 40g, F, G, L et M (Table 91) ;
 - trois étoiles ou groupes d'étoiles sont candidat(e)s aux décans 5a, 6, 7, 8, 11, 14, 14a, 19, 21, 34, 39a, 39b, 40i, A et B (Table 91).Toutefois, dans la plupart des cas, une étoile ou un groupe d'étoiles apparaît être le (ou la) meilleur(e) candidat(e) au décan considéré (Table 91) ;
- ✓ **moyenne** dans 12% des cas. En effet, quatre ou cinq étoiles ou groupes d'étoiles distincts sont candidats à 11 des 92 décans égyptiens :
 - quatre étoiles sont candidates aux décans 2, 3, 5, 20a, 26b, 28, 40a et 40h ;
 - cinq étoiles sont candidates aux décans 21c, 24 et 40b¹³⁷ ;
- ✓ **maximale** dans 4% des cas. A défaut de pouvoir les associer à des étoiles, nous pouvons localiser les décans 2a, 40d, 40e et 40f dans différentes régions du ciel¹³⁸.

136 L'insertion des décans 37 et 38 entre les décans 35 et 36 ou 35a et 36a d'une part, 1 et 2 d'autre part, porte le nombre total de décans égyptiens à 92.

















137 Cette incertitude résulte principalement de la forte densité stellaire caractérisant la région du ciel considérée.

138 L'impossibilité d'associer les décans 2a, 40d, 40e et 40f à des étoiles résulte principalement de l'actuelle méconnaissance de la signification de leurs appellations hiéroglyphiques respectives.

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique	Etoiles candidates au décan considéré
1		<i>hm3t hrt</i>	La Tjemat supérieure	π <i>Hydrae</i> / θ <i>Centauri</i>
2		<i>hm3t hrt</i>	La Tjemat inférieure	η <i>Centauri</i> / α <i>Lupi</i> / κ <i>Centauri</i> / β <i>Lupi</i>
2a		<i>hm3t hrt hrt</i>	La Tjemat supérieure inférieure	Région du ciel délimitée par les étoiles associées aux décans 36a et 3
3		<i>wš3t bk3t</i>	Weshat Bekat	ρ <i>Scorpii</i> / χ <i>Lupi</i> / η <i>Lupi</i> / σ <i>Scorpii</i>
3a		<i>wš3ti</i>	Weshati	π <i>Scorpii</i> / γ <i>Lupi</i>
3b		<i>bk3ti</i>	Bekati	η <i>Lupi</i> / σ <i>Scorpii</i>
4		<i>ipds</i>	Ipedjes	ϵ <i>Scorpii</i> / μ^1 , μ^2 <i>Scorpii</i>
4a		<i>sšpt</i>	Seshpet	τ <i>Scorpii</i>
4b		<i>sbšw mšw</i>	Champ d'étoiles	θ , 36, 44 <i>Ophiuchi</i>
5		<i>sbšsn</i>	Sebshesen	λ <i>Scorpii</i> / ν <i>Scorpii</i> / κ <i>Scorpii</i> / θ <i>Scorpii</i>
5a		<i>tpy-ḥntt</i>	Le prédécesseur de Khentet	ι^1 <i>Scorpii</i> / ζ <i>Scorpii</i> / γ <i>Sagittarii</i>
6		<i>ḥntt hrt</i>	La Khentet supérieure	ϵ <i>Sagittarii</i> / δ <i>Sagittarii</i> / η <i>Sagittarii</i>
7		<i>ḥntt hrt</i>	La Khentet inférieure	ζ <i>Sagittarii</i> / \circ <i>Sagittarii</i> / τ <i>Sagittarii</i>
8		<i>tms n ḥntt</i>	Le rouge qui se trouve dans Khentet	ψ <i>Sagittarii</i> / 43 <i>Sagittarii</i> / 52 <i>Sagittarii</i>
9		<i>ḳdy</i>	Qedety	ρ , π <i>Capricorni</i>
9a		<i>spty</i>	Sapty	ρ , π <i>Capricorni</i>
9b		<i>spty ḥnw</i>	Sapty Khenouy	ρ , π , η , θ <i>Capricorni</i>

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique	Etoiles candidates au décan considéré
10		<i>ḥwꜣy</i>	Les deux poissons	<i>η, θ Capricorni</i>
10a		<i>ḥwꜣy</i>	Les deux poissons	<i>η, θ Capricorni</i>
11		<i>ḥꜣy-ib wꜣ3</i>	Celui qui se trouve au milieu de la barque sacrée	<i>γ Microscopii / ε Microscopii / ζ, 36 Capricorni</i>
12		?	L'équipage ?	<i>γ, ε, κ, δ Capricorni</i>
12a		<i>sšmw</i>	Seshemou	<i>γ, ε, κ, δ Capricorni</i>
13		<i>kmn</i>	Kenem	<i>ι Aquarii</i>
13a		<i>tpꜣ-šmd</i>	Le prédécesseur de semed	<i>σ Aquarii</i>
14		<i>smd srt</i>	Le semed de la brebis	<i>λ Aquarii / δ Aquarii / τ Aquarii</i>
14a		<i>smd</i>	Semed	<i>λ Aquarii / δ Aquarii / τ Aquarii</i>
15		<i>srt</i>	La brebis	<i>ψ¹, ψ², ψ³, φ, χ Aquarii / 86, 88, 89 Aquarii</i>
16		<i>sšwꜣy srt</i>	Les enfants de la brebis	<i>ω¹, ω² Aquarii</i>
17		<i>ḥꜣy ḥꜣꜣꜣ srt</i>	Celui qui se trouve sous la croupe de la brebis	19 <i>Piscium / 27, 30, 33 Piscium</i>
18		<i>tpꜣ-šḥwꜣy</i>	Le prédécesseur des deux esprits	<i>ι Ceti / η Piscium</i>
19		<i>šḥwꜣy</i>	Les deux esprits	<i>ο, ν Piscium / μ, ν Piscium / ε, δ Piscium</i>
20		<i>imꜣ-ḥꜣt šḥwꜣy</i>	Le suivant des deux esprits	<i>η Piscium / 20 Ceti</i>
20a		<i>tpꜣ-šḥwꜣy</i>	Le prédécesseur des deux âmes	<i>η Piscium / μ Piscium / ο Piscium / ν Piscium</i>

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique	Etoiles candidates au décan considéré
21		<i>b³wy</i>	Les deux âmes	\omicron , ν <i>Piscium</i> / μ , ν <i>Piscium</i> / ξ , α <i>Piscium</i>
21a		<i>hntw hrw</i>	La Khentou supérieure	ξ^1 <i>Ceti</i> / ξ^2 <i>Ceti</i>
21b		<i>hntw hrw</i>	La Khentou inférieure	α <i>Ceti</i>
21c		<i>hry-ib hntw</i>	Celui qui se trouve au milieu de Khentou	ν <i>Ceti</i> / μ <i>Ceti</i> / δ <i>Ceti</i> / γ <i>Ceti</i> / λ <i>Ceti</i>
22		<i>kd</i>	Qed	ϵ <i>Arietis</i>
22a		<i>s³wy kd</i>	Les enfants de Qed	ζ , δ <i>Arietis</i>
23		<i>h³w</i>	Les milliers	17, 19, 20, 23 et 27 Tauri
24		<i>³rt</i>	Aryt	37 Tauri / ϕ Tauri / ν Tauri / κ Tauri / λ Tauri
25		<i>hry ³rt</i>	Celui qui se trouve sous Aryt	μ Tauri / ν Tauri
26		<i>rnn hry</i>	Le bras supérieur	π^3 <i>Orionis</i>
26a		<i>rnn hry s³h</i>	Le bras supérieur de Sah	π^3 <i>Orionis</i>
26b		<i>³r³</i>	Tjes Arek	π^4 Orionis / π^5 Orionis / γ Orionis / λ Orionis
27		<i>rnn hry</i>	Le bras inférieur	α <i>Orionis</i>
27a		<i>rnn hry s³h</i>	Le bras inférieur de Sah	α <i>Orionis</i>
27b		<i>rnn s³h</i>	Le bras de Sah	β <i>Eridani</i>
27c		<i>s³h</i>	Sah	ι <i>Orionis</i>

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique	Etoiles candidates au décan considéré
27d		<i>s³h</i>	Le bras de Sah	β Eridani
28		<i>ḥwt</i>	About	π^5 Orionis / γ Orionis / λ Orionis / α Orionis
28a		<i>msḡr s³h</i>	L'oreille de Sah	λ Orionis
28b		<i>iwn s³h</i>	La colonne (vertébrale) de Sah	ζ Tauri
29		<i>ḥrt w³rt</i>	La jambe inférieure	β Orionis / κ Orionis
29a		<i>w³rt ḥrt s³h</i>	La jambe inférieure de Sah	κ Orionis
29b		<i>w³rt ḥrt s³h</i>	La jambe supérieure de Sah	β Orionis
30		<i>tpy-ᶜspd</i>	Le prédécesseur de Soped	κ Orionis
31		<i>spd</i>	Soped	α Canis Majoris
31a		<i>tpy-ᶜknmt</i>	Le prédécesseur de Kenmet	ε ζ δ σ et η Hydrae
31b		<i>štwy</i>	Les deux tortues	27, 28 et ζ Monocerotis
32		<i>knmt</i>	Kenmet	θ Hydrae
33		<i>s³wy knmt</i>	Les enfants de Kenmet	ι τ^1 , τ^2 Hydrae / α 26, 27 Hydrae
34		<i>ḥry ḥpd n knmt</i>	Celui qui se trouve sous la partie postérieure de Kenmet	ν Hydrae / ν^2 Hydrae / λ Hydrae
35		<i>ḥt ḥ³w</i>	Le début des milliers	μ Hydrae / ν Hydrae
35a		<i>ḥt ḏ³t</i>	Le début de Djat	μ Hydrae / ν Hydrae

Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique	Etoiles candidates au décan considéré
36		<i>phwy h3w</i>	La fin des milliers	<i>γ Corvi / ζ Crateris</i>
36a		<i>phwy d3t</i>	La fin de Djat	ζ Crateris
37				β Corvi
38				γ Hydrae
39a		<i>si3t</i>	Siat	20 <i>Monocerotis</i> / α <i>Cancris</i> / HD66141
39b		<i>si3rw</i>	Siatou	20 <i>Monocerotis</i> / α <i>Cancris</i> / HD66141
40a		<i>bn</i>	Ben	31 <i>Leonis</i> / ρ <i>Leonis</i> / 12 <i>Hydrae</i> / α <i>Sextantis</i>
40b		<i>hnhn</i>	Henhen	ν <i>Virginis</i> / τ <i>Leonis</i> / φ <i>Leonis</i> / 61 <i>Leonis</i> / β <i>Virginis</i>
40c		<i>k3k3</i>	Kaka	α, β, ε, 9, δ, γ, β Crateris
40d		<i>nbi wr</i>	La flamme puissante	<i>Etoiles définissant les contours de la constellation du Corbeau, la queue de l'Hydre et la partie orientale de la Vierge.</i>
40e		<i>nsrw</i>	Neserou	<i>Etoiles situées entre les constellations du Centaure, du Loup, de l'Hydre et de la Vierge.</i>
40f		<i>nhs</i>	Nehes	<i>Etoiles situées entre les constellations du Scorpion et du Loup</i>
40g		<i>hpds</i>	Hepdes	ε Scorpis / μ', μ'' Scorpis

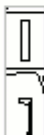








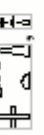

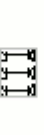


Numéro	Désignation hiéroglyphique	Translittération	Traduction ou transcription phonétique de l'appellation hiéroglyphique	Etoiles candidates au décan considéré
40h		<i>cšš</i>	Abshes	<i>λ Scorpü / υ Scorpü / κ Scorpü / θ Scorpü</i>
40i		<i>nṯr wšš</i>	Le dieu tout puissant	21 <i>Sagittarii</i> / HD167818 / <i>φ Sagittarii</i>
A		<i>smd rsy</i>	Le(s) semed du sud	1, 2, 3, 4 <i>Centauri</i> / <i>ι Centauri</i> / <i>π Hydrae</i>
B		<i>smd mḥty</i>	Le(s) semed du nord	<i>μ, ν, φ, χ Centauri</i> / <i>θ Centauri</i> / <i>η Centauri</i>
C		<i>nṯr d3 pt</i>	Le dieu qui traverse le ciel	<i>π Scorpü, ε Lupi, γ Lupi et ϖ Scorpü</i>
D		<i>rnn ḥry</i>	Le bras inférieur	<i>τ Scorpü</i>
E		<i>ḥ3w</i>	Les milliers	<i>θ, ξ, 36 et 44 Ophiuchi</i>
F		<i>tpy-ḥt spd</i>	Le prédécesseur de Soped	<i>ι' Scorpü / G Scorpü</i>
G		<i>imy-ḥt spd</i>	Le suivant de Soped	<i>φ Sagittarii / ζ Sagittarii</i>
H		<i>3ḥwy</i>	Les deux esprits	<i>ζ, τ Sagittarii</i>
J		<i>ḥ3w</i>	Les milliers	<i>59, 60, 62, ω Sagittarii</i>
K		<i>nṯr d3 pt</i>	Le dieu qui traverse le ciel	<i>ψ Capricorni</i>
L		<i>s3bw</i>	Sabou	<i>ι Capricorni / 24 Capricorni</i>
M		<i>phwy s3bw</i>	La fin de Sabou	<i>ι Capricorni / 24 Capricorni</i>

Table 91 : Récapitulatif des étoiles identifiées à chacun des 90 décans égyptiens.

5. Conclusion

L'assimilation certaine du décan 31 nommé *spd(t)* à l'étoile Sirius nous a permis de définir les contraintes spatiales, temporelles et optiques des modèles 1, 2 et 3. En outre, cette corrélation initiale a constitué le point de départ du travail d'identification des décans égyptiens. L'examen de la succession des levers et des culminations des 1166 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours aux lieux et époques considérés a abouti à la constitution d'un échantillon d'étoiles candidates à chacun des 92 décans égyptiens. Puis, l'application de divers critères de natures astronomique et égyptologique à chacune des étoiles constituant les 92 échantillons en question nous a permis d'isoler les étoiles candidates à chacun des 92 décans égyptiens. Au total, 175 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 sont candidates aux 92 décans égyptiens. Dans le Chapitre 6, nous localiserons ces étoiles sur la voûte céleste locale et examinerons la validité des résultats obtenus.

6. Validation et exploitation des résultats

L'utilisation du modèle défini au Chapitre 4 (Modèle 1) nous a permis d'associer aux 90 décans égyptiens 175 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours aux lieux et époques considérés (Table 91). Dans un premier temps, nous allons comparer les résultats que nous avons obtenus avec ceux publiés par d'autres auteurs (voir Chap. 1 §.4) puis tester la validité de nos propositions d'identification en soumettant l'échantillon de 175 étoiles candidates à des variations réalistes d'époque historique, de latitude géographique, de taux d'humidité de l'air ambiant et d'acuité visuelle de l'observateur égyptien. Ensuite, nous étudierons la « véracité » du contenu des listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, examinerons le découpage de la nuit égyptienne en heures. Enfin, nous dresserons la cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne.

1. Examen de la validité des résultats obtenus

1.1. Comparaison avec les résultats publiés par d'autres auteurs

La Table 92 regroupe nos propositions d'identification des décans égyptiens (Table 91) ainsi que celles de Reinhard Böcker, Christian Leitz, Juan Antonio Belmonte et José Lull (Table 2) obtenues à partir de quatre méthodes différentes (Böcker, 1984, Leitz, 1995, Belmonte, 2001 et Lull, 2004). Les données présentes dans ce tableau indiquent que les identifications proposées par Reinhard Böcker, Christian Leitz, Juan Antonio Belmonte et José Lull sont rarement semblables et diffèrent bien souvent de celles que nous proposons. Cela s'explique par la différence des listes d'étoiles considérées, des méthodes utilisées et le nombre de critères astronomiques et égyptologiques appliqués (voir Chap. 1 §.3). Plus précisément,

- ✓ la méthode que nous avons utilisée est la seule à proposer l'identification de chacun des 90 décans mentionnés sur les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Tables 8) extraites des cent vestiges constituant la base de données archéologiques dont nous disposons à l'heure actuelle (voir Chap. 1 §.3). Ainsi,
 - Reinhard Böcker (Böcker, 1984) propose l'identification de 28 décans égyptiens. Il s'agit des décans numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 9b, 11, 12a, 14a, 15, 18, 19, 20, 21, 21a, 21b, 24, 26a, 27a, 29, 31, 31a, 33, 34 et 35 (Table 92) ;
 - Christian Leitz (Leitz, 1995) propose l'identification de 27 décans égyptiens. Il s'agit des décans numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 10a, 11, 12 ou 12a, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30 et 31 (Table 92), mentionnés sur les seules listes de type *tm̓t* extraites des horloges stellaires n°1 à 12 (Table 4) ;

- Juan Antonio Belmonte (Belmonte, 2001) propose l'identification de 42 décans égyptiens. Il s'agit des décans numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 5a, 6, 7, 8, 9, 9b, 10 ou 10a, 11, 12, 13, 13a, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26a, 27a, 27c, 28, 29, 30, 31, 31a, 32, 33, 34, 35, 35a, 36 et 36a (Table 92) ;
- José Lull (Lull, 2004) propose l'identification de certains des décans mentionnés sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*. Il s'agit des décans numérotés 1, 2, 3a, 4a, 5, 5a, 6, 7, 8, 9b, 11, 12a, 13, 13a, 14a, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 21a, 22, 22a, 23, 24, 26a, 27b, 31, 31a, 31b, 32, 34, 35a, 36a et 39a ;
- ✓ la méthode que nous avons utilisée est la seule à associer à chacun des 90 décans égyptiens des étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était voisine de 70 jours – plus exactement, comprise entre 50 et 90 jours – aux lieux et époques considérés. En effet, les autres méthodes leur associent des étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était bien souvent nettement inférieure à 50 jours ou nettement supérieure à 90 jours dans de semblables conditions spatio-temporelles (voir Chap. 1 §.4). La démarche adoptée par Reinhard Böcker et qui consiste à relever les étoiles dont la culmination s'effectue simultanément à celle de la Lune conduit à envisager des étoiles telles que α *Bootis*, α *Lyrae*, α *Cygni*, β et γ *Cassiopei* ou bien encore α *Aurigae*, qui pourtant peuplent le ciel nord et dont la période d'invisibilité annuelle était nulle aux lieux et époques considérés (Table 92) ;
- ✓ la méthode que nous avons utilisée propose des identifications bien souvent distinctes de celles de Christian Leitz et Juan Antonio Belmonte, qui pourtant ont également tenu compte de la condition d'invisibilité annuelle de 70 jours stipulée par les textes égyptiens (voir Chap. 1 §.1). Parmi les propositions communes, citons :
 - la localisation des décans 5a, 6, 7 et 8 de la constellation *hntt* dans la région du ciel qu'occupent les constellations du Scorpion et du Sagittaire (Table 92 col. Böcker, Leitz, Belmonte et Gadré)¹³⁹ ;
 - la localisation de la constellation de la Barque (*wi3*) (décan 11) dans le Capricorne (Table 92 col. Belmonte et Gadré) ou le Sagittaire (Table 92 col. Böcker, Locher, Davis, Leitz et Lull) ;
 - la localisation des décans 14, 14a, 15, 16 et 17 de la constellation de la Brebis (*srt*) entre le Capricorne et les Poissons (Table 92 col. Böcker, Locher, Davis, Leitz et Gadré) ;
 - la localisation des décans 21a, 21b et 21c de la constellation *hntw* dans la Baleine (Table 92 col. Lull et Gadré) ;
 - l'identification des *h3w* (décan 23) aux Pléiades (Table 92 col. Böcker, Belmonte et Gadré) ;
 - la localisation de *rt* et *hry rt* (décans 24 et 25) dans la constellation du Taureau (Table 92 col. Böcker, Belmonte, Lull et Gadré) ;
 - l'identification de *s3h* à Orion (Table 92 col. Leitz, Belmonte, Lull et Gadré) ;
 - enfin, la localisation des décans 31a, 32, 33 et 34 de la constellation *knmt* dans l'Hydre (Table 92 col. Lull et Gadré).

139 L'abréviation col. signifie colonne de la Table 92.

Décan	Identifications proposées par R. Böcker	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par K. Gadré
1	β Crv	δ Cru / α Cru	ι Car	δ Crt	π Hya / θ Cen
2	γ Hya / β Cru	β Cru	η Car	ϵ Crv	η Cen / α Lup / κ Cen / β Lup
2a					Région du ciel délimitée par les étoiles associées aux décans 36a et 3
3	Magellanica	β Cen	α Cru / β Cru / δ Cru / γ Cru		ρ Sco / χ Lup / η Lup / σ Sco
3a				α Cru	π Sco / γ Lup
3b					η Lup / σ Sco
4	ζ Cen / β Cen / α Cen	α Cen	β Cen / Crux		ϵ Sco / μ^1, μ^2 Sco
4a				δ Cen	τ Sco
4b					$\theta, 36, 44$ Oph
5	α Boo	θ Cen / η Cen	α Cen / β Cen	η Cen	λ Sco / ν Sco / κ Sco / θ Sco
5a			α Sco / α Cen	θ Cen	ι^1 Sco / G Sco / γ Sgr
6		γ Lup / ϕ^1 Lup	ϵ Sco	α Lib	ϵ Sgr / δ Sgr / η Sgr
7	ϕ Sco / σ Sco	ζ^2 Sco	λ Sco	β Lib / ν, τ Lib	ζ Sgr / \circ Sgr / τ Sgr
8	α Sco	ϵ Sco / α Sco	γ Sgr	α Sco	ψ Sgr / 43 Sgr / 52 Sgr
9	ν CrA	η Sgr	σ Sgr / CrA		ρ, π Cap
9a					ρ, π Cap
9b	α Oph / σ Sgr		CrA / α Sgr / β Sgr / σ Sgr / ζ Sgr	ν, λ Sco / θ Sco	ρ, π, η, θ Cap
10		δ Sgr / η Oph / δ Oph / ϵ Oph	α Sgr / β Sgr		η, θ Cap
10a		δ Sgr / η Oph / δ Oph / ϵ Oph	α Sgr / β Sgr		η, θ Cap
11	π Sgr / ρ Sgr	σ Sgr / τ Sgr	α Cap / β Cap	γ Sgr / ϵ Sgr	γ Mic / ϵ Mic / $\zeta, 36$ Cap

Décan	Identifications proposées par R. Böcker	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par K. Gadré
12		ρ^1 Sgr / α Sct	ω Cap		$\gamma, \epsilon, \kappa, \delta$ Cap
12a	α Lyr	ρ^1 Sgr / α Sct		λ Sgr	$\gamma, \epsilon, \kappa, \delta$ Cap
13		λ Aql / α Ser	δ Cap / γ Cap	π Sgr	ι Aqr
13a			ι PsA	δ Aql / ζ Aql	σ Aqr
14		α Cap	γ Gru		λ Aqr / δ Aqr / τ Aqr
14a	ι Cap			β Cap / α Aql	λ Aqr / δ Aqr / τ Aqr
15	α Aqr	δ Cap	α Gru	ϵ Aqr	$\psi^1, \psi^2, \psi^3,$ ϕ et χ Aqr / 86, 88, 89 Aqr
16		β Aqr	δ^1 Gru / δ^2 Gru / α PsA	δ, γ Cap	ω^1, ω^2 Aqr
17		α Aqr	β Gru / δ^1 Gru / δ^2 Gru	α Aqr / α PsA	19 Psc / 27, 30, 33 Psc
18	α Cyg / α Aqr / υ Aqr / ρ Aqr / η Aqr		γ Sco	ζ Peg	ι Cet / η Psc
19	2, 3 Psc		β Sco	α, β Peg	o, ν Psc / μ, ν Psc / ϵ, δ Psc
20	δ Peg / α And / β Cas		β Cet		η Psc / 20 Cet
20a					η Psc / μ Psc / o Psc / ν Psc
21	γ Cas	γ Peg / θ Cet / ζ Cet / χ Cet	η Cet	α, γ And	o, ν Psc / μ, ν Psc / ξ, α Psc
21a	β Per			β Cet	ξ^1 Cet / ξ^2 Cet
21b	ξ Tau / ρ Tau				α Cet
21c					ν Cet / μ Cet / δ Cet / γ Cet / λ Cet
22		α And	ξ Cet	β Ari	ϵ Ari
22a				α, γ Cet	ζ, δ Ari

Décan	Identifications proposées par R. Böcker	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par K. Gadré
23		M 31		Pléiades	17, 19, 20, 23 et 27 Tau
24	χ Tau / τ Tau / α Aur	α Ari / γ Cet / α Tri	α Tau / Hyades	λ Tau	37 Tau / ϕ Tau / υ Tau / κ Tau / λ Tau
25		δ Ari / σ Tau	θ Tau / Hyades		μ Tau / ν Tau
26		γ Tau			π^3 Ori
26a	α Ori		88 Tau / 90 Tau / π^3 Ori	α Tau	π^3 Ori
26b					π^4 Ori / π^5 Ori / γ Ori / λ Ori
27					α Ori
27a	γ Ori		π^6 Ori / α Ori / γ Ori		α Ori
27b				α Ori	β Eri
27c			δ , ϵ , ζ Ori		ι Ori
27d					β Eri
28		β Eri / β Ori	β Ori / δ , ϵ , ζ Ori		π^5 Ori / γ Ori / λ Ori / α Ori
28a					λ Ori
28b					ζ Tau
29	α Lep	ζ Ori	κ Ori / α Lep		β Ori / κ Ori
29a					κ Ori
29b					β Ori
30		β CMa	β CMa		κ Ori
31	α Cma	α CMa	α CMa	α CMa	α Cma
31a	δ Hya		ϵ CMa	β Cnc / η CMa / α Car	ϵ, ζ, δ, σ et η Hya
31b				α CMi / δ CMa / ϵ CMa	27, 28 et ζ Mon
32			ϵ CMa / π Pup	ρ Pup / ζ Hya	θ Hya
33	α Leo / δ Leo		π Pup		ι , τ^1 , τ^2 Hya / α , 26, 27 Hya

Décan	Identifications proposées par R. Böcker	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par K. Gadré
34	υ Leo / β Leo		ζ Pup	γ Vel / α Hya	υ^1 Hya / υ^2 Hya / λ Hya
35	μ Leo		γ Vel / α Car		μ Hya / ν Hya
35a			γ Vel / α Car	δ Vel / λ Hya	μ Hya / ν Hya
36			δ Vel		γ Crv / ζ Crt
36a			δ Vel	ι Car / ν Hya	ζ Crt
38					γ Hya
39a				ρ Pup	20 Mon / α Cnc / HD66141
39b					20 Mon / α Cnc / HD66141
40a					31 Leo / ρ Leo / 12 Hya / α Sex
40b					ν Vir / τ Leo / ϕ Leo / 61 Leo / β Vir
40c					α , β , ϵ , θ , δ , γ , β Crt
40d					Etoiles définissant les contours de la constellation du Corbeau, la queue de l'Hydre et la partie orientale de la Vierge
40e					Etoiles situées entre le Centaure, le Loup, l'Hydre et la Vierge
40f					Etoiles situées entre les constellations du Scorpion et du Loup

Décan	Identifications proposées par R. Böcker	Identifications proposées par C. Leitz	Identifications proposées par J.A. Belmonte	Identifications proposées par J. Lull	Identifications proposées par K. Gadré
40g					$\epsilon \text{ Sco} / \mu^1, \mu^2 \text{ Sco}$
40h					$\lambda \text{ Sco} / \nu \text{ Sco} / \kappa \text{ Sco} / \theta \text{ Sco}$
40i					21 Sgr / HD167818 / $\phi \text{ Sgr}$
A					1, 2, 3, 4 Cen / $\iota \text{ Cen} / \pi \text{ Hya}$
B					$\mu, \nu, \phi, \chi \text{ Cen} / \theta \text{ Cen} / \eta \text{ Cen}$
C					$\pi \text{ Sco}, \epsilon \text{ Lup}, \gamma' \text{ Lup}$ et $\omega^1 \text{ Sco}$
D					$\tau \text{ Sco}$
E					$\vartheta, \zeta, 36$ et 44 Oph
F					$\iota^1 \text{ Sco} / G \text{ Sco}$
G					$\phi \text{ Sgr} / \zeta \text{ Sgr}$
H					$\zeta, \tau \text{ Sgr}$
J					59, 60, 62 et $\omega \text{ Sgr}$
K					$\psi \text{ Cap}$
L					$\iota \text{ Cap} / 24 \text{ Cap}$
M					$\iota \text{ Cap} / 24 \text{ Cap}$

Table 92 : Identifications proposées par Reinhard Böcker, Christian Leitz, Juan Antonio Belmonte, José Lull et Karine Gadré.

Afin d'examiner le réalisme des propositions d'identification des autres décans mentionnés sur les listes de types *tmʔt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* et portées en Table 91, étudions ci-après le domaine de validité des résultats que nous avons obtenus (voir §.1.2).

1.2. Tests de validité des identifications proposées

Les 175 étoiles candidates aux 90 décans mentionnés sur les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 91) possédaient toutes la particularité de demeurer invisibles du ciel de Memphis ($\varphi \simeq 30^\circ$) entre 50 et 90 jours par an entre l'an 2200 et l'an 1800 BC. Or,

- ✓ lors de la discussion relative au lieu et à l'époque de constitution des six types de listes d'étoiles (voir Chap. 3 §.4), nous avons souligné :
 - l'incertitude entourant la datation des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*. En effet, aucune donnée archéologique ne vient confirmer l'hypothèse selon laquelle les prototypes de ces listes auraient été conçus au cours de la XII^{ème} dynastie¹⁴⁰. Toutefois, leur conception est nécessairement antérieure à l'époque d'édification des monuments sur lesquels ces prototypes figurent, à savoir:
 - la tombe de *Senenmout* à Deir el-Bahari (vers l'an 1450 BC) ;
 - la tombe de *Séthi I* dans la Vallée des Rois (vers l'an 1280 BC) ;
 - le cénotaphe de *Séthi I* à Abydos (vers l'an 1280 BC) (voir Chap. 3 §.1).Il nous faut donc déterminer si l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) résiste ou non à une variation d'époque historique de l'an 2000 BC à l'an 1500 BC voire l'an 1300 BC (voir §.1.2.1) ;
 - la disparité des sites d'édification des monuments sur lesquels figurent les prototypes des six types de listes d'étoiles. Ainsi,
 - les prototypes des listes de types *tm̓t* et *knmt* ornent l'intérieur du couvercle de sarcophages découverts pour la plupart à Assiout, en Moyenne Égypte ($\varphi \simeq 27^\circ$) ;
 - les prototypes des listes de types *Senenmout* et *Séthi IC* ornent le plafond de tombes érigées à Thèbes Ouest, en Haute Égypte ($\varphi \simeq 25^\circ$) ;
 - les prototypes des listes de types *Séthi IA* et *Séthi IB* ornent le plafond du cénotaphe de *Séthi I* à Abydos, en Moyenne Égypte ($\varphi \simeq 26^\circ$).Il nous faut donc déterminer si l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) résiste ou non à une variation de latitude géographique de 30° (Abbassia) à 25° (Thèbes) (voir §.1.2.2) ;
- ✓ lors de la présentation des différentes sources d'extinction atmosphérique, nous avons montré la nette prédominance de la *diffusion Mie* à proximité de l'horizon terrestre et insisté sur la difficulté d'évaluer la contribution des aérosols à l'extinction atmosphérique totale (voir Chap. 4 §.4.3.6). Pour mémoire, l'erreur sur la valeur de Δm peut avoisiner le quart de magnitude sous l'effet d'une brusque variation du taux d'humidité de l'air ambiant – de 15 à 100%. Il nous faut donc déterminer si l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) résiste à une brusque variation du taux d'humidité de l'air ambiant, générée par un orage par exemple (voir §.1.2.3) ;

140 Cette hypothèse a été déduite des positions occupées sur ces listes par les décans 1 et 31 (voir Chap. 3 §.3).

- ✓ l'examen de divers écrits mentionnant la date de lever héliaque de l'étoile Sirius dans le passé de l'Égypte nous a permis de déterminer la valeur moyenne de l'acuité visuelle des astronomes égyptiens : $\langle SR \rangle = 1,70$. Il nous faut à présent déterminer si l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens résiste à une variation d'acuité visuelle d'un ou deux dixièmes (voir §.1.2.4).

Afin de valider les identifications que nous proposons, nous allons soumettre, dans les paragraphes qui suivent (voir §.1.2.1, §.1.2.2, §.1.2.3 et §.1.2.4), l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) à des variations réalistes d'époque historique, de latitude géographique, de taux d'humidité de l'air ambiant et d'acuité visuelle de l'observateur. Puis, nous examinerons les effets de ces variations sur la période d'invisibilité annuelle de chacune des 175 étoiles en question.

1.2.1. Effet d'une variation d'époque d'historique

Afin de mesurer l'impact d'un changement d'époque historique sur la période d'invisibilité annuelle des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens, nous allons soumettre cet échantillon à une variation d'époque historique de l'an 2000 BC à l'an 1500 BC en maintenant constants la latitude du site d'observation (Abbassia : $\varphi \simeq 30^\circ$), le taux d'humidité de l'air ambiant à Abbassia (Fig. 10a) et l'acuité visuelle de l'observateur ($\langle SR \rangle = 1.70$).

Ce changement d'époque historique de l'an 2000 BC à l'an 1500 BC se traduit par :

- ✓ une variation de la période d'invisibilité annuelle des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens inférieure à 3 jours dans 96% des cas ;
- ✓ le décalage de la date de lever héliaque des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens compris entre 0 et 6 jours.

En moyenne, leur période d'invisibilité annuelle diminue de 0,25 jour et leur date de lever héliaque diffère de 2,5 jours. En particulier, la période d'invisibilité annuelle des étoiles 2 *Centauri*, ν *Centauri*, μ *Centauri*, φ *Centauri*, χ *Centauri*, α *Lupi* et ε *Lupi* devient supérieure à 90 jours. Toutefois,

- ✓ l'étoile 2 *Centauri* est l'une des étoiles candidates au décan A, mentionné sur les seules listes de type *tmꜣt* (Tables 8 et 91) ;
- ✓ les étoiles ν , μ , φ et χ *Centauri* sont quelques-unes des étoiles candidates au décan B, mentionné sur les seules listes de type *tmꜣt* (Tables 8 et 91) ;
- ✓ l'étoile α *Lupi* est l'une des étoiles candidates au décan 2, qui figure sur les listes de types *tmꜣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (Table 91) ;
- ✓ l'étoile ε *Lupi* est l'une des étoiles candidates au décan C, mentionné sur les seules listes de type *tmꜣt* (Tables 8 et 91).

La datation des listes de type *tmꜣt* du XXI^{ème} siècle BC (Table 7) a trouvé confirmation dans la datation archéologique des sarcophages correspondants (voir Chap. 2 §.7). Le changement d'époque historique de l'an 2000 BC à l'an 1500 BC ne concerne donc pas les décans A, B et C : il ne concerne que le décan 2 et se traduit uniquement par la restriction du nombre d'étoiles candidates à ce décan. Ainsi donc, la possible conception tardive des listes de types *Senenmout*, *Séthi IA* et *Séthi IC* envisagée par Otto Neugebauer et Richard A. Parker (voir Chap. 3 note 23) ne remet pas en cause les identifications proposées (Table 91).

1.2.2. Effet d'une variation de latitude du site d'observation

Afin de mesurer les effets d'une variation de latitude géographique sur la période d'invisibilité annuelle des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens, nous allons soumettre cet échantillon d'étoiles à une variation de latitude de 30° à 25° – ce qui correspond au passage d'Abbasia à Thèbes – en maintenant constants l'époque historique (l'an 2000 BC), le taux d'humidité de l'air ambiant aux lieux de latitudes considérées (Fig. 10a et 10c) et l'acuité visuelle de l'observateur ($SR > 1.70$).

Cette diminution de latitude du site d'observation se traduit par :

- ✓ la diminution, entre 1 et 15 jours, de la période d'invisibilité annuelle, et
- ✓ l'avancée, de 0 à 9 jours, de la date de lever héliaque

des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens.

En particulier, la période d'invisibilité annuelle des étoiles η *Piscium*, 17 *Tauri*, 20 *Tauri*, 27 *Tauri*, α *Orionis*, ρ *Leonis*, β *Virginis*, θ *Ophiuchi*, ξ *Ophiuchi*, ϕ *Sagittarii*, ζ *Sagittarii*, \omicron *Sagittarii*, π *Capricorni*, ρ *Capricorni*, γ *Capricorni*, ι *Aquarii*, σ *Aquarii* et λ *Aquarii* devient inférieure à 50 jours – plus précisément, comprise entre 47 et 49 jours.

L'examen des identifications proposées en Table 91 laisse apparaître que :

- ✓ η *Piscium* est l'une des étoiles candidates aux décans 18, 20 et 20a ;
- ✓ 17, 20 et 27 *Tauri* sont quelques-unes des étoiles formant l'amas des Pléiades, candidat au décan 23 ;
- ✓ α *Orionis* est l'une des quatre étoiles candidates au décan 28. Elle est en revanche la seule candidate aux décans 27 et 27a ;
- ✓ ρ *Leonis* est l'une des quatre étoiles candidates au décan 40a ;
- ✓ β *Virginis* est l'une des cinq étoiles candidates au décan 40b ;
- ✓ θ *Ophiuchi* est l'une des étoiles candidates aux décans 4b et E ;
- ✓ ξ *Ophiuchi* est l'une des quatre étoiles candidates au décan E ;
- ✓ ϕ *Sagittarii* est l'une des étoiles candidates aux décans 40i et G ;
- ✓ ζ *Sagittarii* est l'une des étoiles candidates aux décans 7, G et H ;
- ✓ \omicron *Sagittarii* est l'une des trois étoiles candidates au décan 7 ;
- ✓ ρ et π *Capricorni* sont les seules étoiles candidates aux décans 9 et 9a ;
- ✓ γ *Capricorni* est l'une des quatre étoiles associées aux décans 12 et 12a ;
- ✓ ι *Aquarii* est la seule étoile que nous avons associée au décan 13 ;
- ✓ σ *Aquarii* est la seule étoile candidate au décan 13a ;
- ✓ λ *Aquarii* est l'une des trois étoiles candidates aux décans 14 et 14a.

Ainsi donc, la suppression de η *Piscium*, 17, 20 et 27 *Tauri*, ρ *Leonis*, β *Virginis*, θ *Ophiuchi*, ξ *Ophiuchi*, \omicron *Sagittarii*, γ *Capricorni* et λ *Aquarii* de l'échantillon d'étoiles dont la période d'invisibilité annuelle est comprise entre 50 et 90 jours (voir Chap. 4 §.7) se traduit uniquement par la restriction du nombre d'étoiles candidates aux décans 18, 20, 20a, 23, 40a, 40b, 4b, E, 7, 12, 12a, 14 et 14a. En revanche, la suppression des étoiles α *Orionis*, ϕ *Sagittarii*, ζ *Sagittarii*, ρ et π *Capricorni*, ι *Aquarii* et σ *Aquarii* de l'échantillon considéré pose problème pour l'identification des décans 27, 27a, G, 9, 9a, 13 et 13a (Table 91). Toutefois, les régions du ciel qu'occupent les décans 9, 9a, 13 et 13a sont trop peu peuplées (voir Tables 56 et 63 en Annexe au Chapitre 5) pour pouvoir ignorer les étoiles ρ , π *Capricorni*, ι et σ *Aquarii* – et ce, d'autant que leur période d'invisibilité annuelle était égale à 49 jours en un lieu de latitude égale à 25° (Thèbes) – voisine, donc, de 50 jours.

En conclusion, la diminution de la latitude du site d'observation de 5 degrés se traduit par l'impossibilité de considérer les étoiles α *Orionis*, φ *Sagittarii* et ζ *Sagittarii* comme candidates aux décans 27, 27a et G parce que leur période d'invisibilité annuelle est devenue inférieure de deux jours à la limite inférieure de l'intervalle que nous nous sommes fixé : [50 – 90 jours]. Toutefois, une incertitude d'au moins une journée caractérise les dates de coucher et de lever héliaques de chaque étoile, obtenues au moyen du modèle présenté au Chapitre 4 (Schaefer, 1987 et 2001) (voir Chap. 4 §.2), ce qui se traduit par une incertitude d'au moins deux journées sur la période d'invisibilité annuelle de chaque étoile. Nous admettons donc que les étoiles α *Orionis*, φ *Sagittarii* et ζ *Sagittarii* puissent continuer de faire partie de l'échantillon considéré, même à basse latitude. Ainsi, les propositions d'identification rassemblées en Table 91 demeurent valables à une latitude voisine de 25°.

1.2.3. Effet d'une variation du taux d'humidité moyen de l'air ambiant

Afin de mesurer l'impact d'une variation du taux d'humidité moyen de l'air ambiant sur la période d'invisibilité annuelle des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens, nous allons soumettre cet échantillon d'étoiles à une variation du taux d'humidité de $\pm 25\%$ en maintenant constantes l'époque historique (l'an 2000 BC), la latitude du site d'observation (Abbassia : $\varphi \simeq 30^\circ$) et l'acuité visuelle de l'observateur ($\langle SR \rangle \simeq 1.70$).

La variation de $\pm 25\%$ du taux d'humidité de l'air ambiant autour de la valeur horaire moyenne (Fig. 10a) se traduit par une variation de la période d'invisibilité annuelle comprise entre 0 et 2 jours et par le décalage de la date de lever héliaque de chaque étoile de 0 à 1 jour.

Plus précisément,

- ✓ la diminution du taux d'humidité de l'air ambiant de 25% n'a aucun effet sur l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) : leur période d'invisibilité annuelle demeure comprise entre 50 et 90 jours ;
- ✓ l'augmentation du taux d'humidité de l'air ambiant de 25% a pour effet d'exclure les étoiles φ *Centauri* et α *Lupi* de l'échantillon d'étoiles dont la période d'invisibilité annuelle est comprise entre 50 et 90 jours. Toutefois,
 - φ *Centauri* est l'une des étoiles candidates au décan B ;
 - α *Lupi* est l'une des étoiles candidates au décan 2.
 L'exclusion de ces deux étoiles de l'échantillon de 175 étoiles candidates ne remet donc pas en cause les propositions d'identification portées en Table 91.

En conclusion, la variation du taux d'humidité de l'air ambiant de $\pm 25\%$ a un impact négligeable sur les propositions d'identification rassemblées en Table 91.

1.2.4. Effet d'une variation d'acuité visuelle de l'observateur

Afin de mesurer l'effet d'une variation d'acuité visuelle de l'observateur égyptien sur la période d'invisibilité annuelle des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens, nous allons soumettre cet échantillon d'étoiles candidates à une variation d'acuité visuelle de deux dixièmes en maintenant constantes l'époque historique (l'an 2000 BC), la latitude géographique du site d'observation (Abbassia : $\varphi \simeq 30^\circ$) et le taux d'humidité de l'air ambiant à Abbassia (Fig. 10a).

La diminution ou l'augmentation de l'acuité visuelle de l'observateur égyptien de deux dixièmes a pour effet d'augmenter ou de diminuer la période d'invisibilité annuelle des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens de quelques jours – entre 0 et 8 jours.

Plus précisément,

- ✓ la diminution de l'acuité visuelle de l'observateur égyptien de deux dixièmes se traduit par la disparition des étoiles suivantes de l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) :
 - β Eridani, seule candidate aux décans 27b et 27d ;
 - 20 Monocerotis, l'une des trois étoiles candidates aux décans 39a et 39b ;
 - 2 Centauri, l'une des étoiles candidates au décan A ;
 - μ , φ et χ Centauri, trois des étoiles candidates au décan B ;
 - α Lupi, l'une des quatre étoiles candidates au décan 2 ;
 - ϵ Lupi, l'une des quatre étoiles candidates au décan C ;
 - γ et ϵ Microscopii, deux des trois étoiles candidates au décan 11 ;

Ainsi, cette diminution d'acuité visuelle se traduit essentiellement par l'impossibilité d'associer β Eridani aux décans 27b et 27d, parce que sa période d'invisibilité annuelle est supérieure de deux jours à la limite supérieure de l'intervalle que nous nous sommes fixé : [50 – 90 jours] (voir Chap. 4 §.7). Toutefois, l'incertitude de deux jours sur les résultats obtenus au moyen du modèle défini au Chapitre 4 (voir §.1) nous permet de toujours considérer cette étoile comme candidate aux décans 27b et 27d ;

- ✓ l'augmentation de l'acuité visuelle de deux dixièmes se traduit par la disparition des étoiles suivantes de l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens (Table 91) :
 - η Piscium, l'une des deux ou quatre étoiles candidates aux décans 18, 20 et 20a ;
 - 27 Tauri, l'une des étoiles formant l'amas des Pléiades candidat au décan 23 ;
 - ρ Leonis, l'une des quatre étoiles candidates au décan 40a ;
 - ν et β Virginis, deux des cinq étoiles candidates au décan 40b ;
 - θ Ophiuchi, l'une des trois ou quatre étoiles candidates aux décans 4b et E ;
 - σ Sagittarii, l'une des trois étoiles candidates au décan 7 ;
 - ρ et π Capricorni, les deux seules étoiles candidates aux décans 9 et 9a ;
 - λ Aquarii, l'une des trois étoiles candidates aux décans 14 et 14a.

Ainsi, une augmentation de l'acuité visuelle de l'observateur de deux dixièmes se traduit par l'impossibilité d'associer ρ et π *Capricorni* aux décans 9 et 9a parce que leur période d'invisibilité annuelle devient inférieure de 1 ou 2 jours à la limite inférieure de l'intervalle que nous nous sommes fixé : [50 – 90 jours] (voir Chap. 4 §.7). Toutefois, l'incertitude de deux jours sur les résultats obtenus au moyen du modèle défini au Chapitre 4 (voir §.1) nous permet de continuer à considérer ces étoiles comme candidates aux décans 9 et 9a. Par ailleurs, la région du ciel occupée par ces deux décans est trop peu peuplée pour leur associer une autre étoile.

En conclusion, une variation d'acuité visuelle de l'observateur égyptien de deux dixièmes ne remet pas en cause les propositions d'identification des 90 décans égyptiens portées en Table 91.

1.2.5. Conclusion

Les tests effectués ci-dessus (voir §.1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 et 1.2.4) montrent que les propositions d'identification des 90 décans égyptiens portées en Table 91 résistent bien à des variations réalistes d'époque historique, de latitude géographique du site d'observation, de taux d'humidité de l'air ambiant et d'acuité visuelle moyenne de l'observateur égyptien. Cela s'explique par notre choix d'assimiler chacun des 90 décans égyptiens à des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours aux lieux et époques considérés. En effet,

- ✓ la restriction de l'échantillon de 175 étoiles candidates aux seules étoiles dont la magnitude visuelle est inférieure ou égale à 4 aboutirait,
 - dans le cas des décans 4b, 11, 12, 12a, 14, 14a, 15, 20a, 21, 21c, 23, 24, 25, 26b, 28, 31a, 33, 34, 36, 40a, 40b, 40c, 40i, A, B et E, à la diminution du nombre d'étoiles candidates à chacun de ces décans ;
 - dans le cas des décans 8, 9, 9a, 9b, 10, 10a, 13, 13a, 16, 17, 19, 20, 21a, 22, 22a, 31b, 36a, 39a, 39b, J, K, L et M, à l'impossibilité d'assimiler la moindre étoile aux décans en question, les régions du ciel considérées étant trop peu peuplées ;
- ✓ la restriction de l'échantillon de 175 étoiles candidates aux seules étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 60 et 80 jours aux lieux et époques considérés aboutirait,
 - dans le cas des décans 3, 3b, 4b, 5a, 6, 8, 11, 12, 12a, 14, 14a, 15, 18, 19, 20a, 21, 21c, 22a, 26b, 28, 31b, 33, 39a, 39b, 40a, 40b, 40i, A, B, E, F, L et M, à la diminution du nombre d'étoiles candidates à chacun de ces décans ;
 - dans le cas des décans 2, 3a, 4a, 7, 9, 9a, 9b, 10, 10a, 13, 13a, 16, 20, 22, 23, 27, 27a, 27b, 27c, 27d, 28b, C, D, G et H, à l'impossibilité d'assimiler la moindre étoile aux décans en question.

Or, la graphie du décan 12, tout comme l'appellation hiéroglyphique des décans 4b, 10, 10a, 16, 19, 21, 22a, 23, 31b, 33 et E (Table 1) suggèrent de leur associer plusieurs étoiles, voire des groupes d'étoiles. D'où la nécessité d'étendre l'échantillon d'étoiles candidates aux décans égyptiens aux étoiles dont la magnitude visuelle est supérieure à 4 et inférieure ou égale à 5, et dont la période d'invisibilité annuelle aux lieux et époques considérés était comprise entre 50 et 60 jours d'une part, 80 et 90 jours d'autre part.

Les constatations ci-dessus laissent à penser que notre choix de focaliser le travail d'identification des décans égyptiens (voir Chap. 5 §.3) sur les 1166 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à Abbassia sur la période [2200 – 1800 BC] était pertinent (voir Chap. 4 §.7).

1.3. Réalisme des identifications proposées

La méthode utilisée pour identifier chacun des 90 décans égyptiens (voir Chap. 5 §.2), et qui consiste en :

- ✓ l'examen de la succession des levers d'étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos* en un lieu de latitude égale à 30° sur la période s'étendant de l'an 2133 à l'an 2130 BC ;
- ✓ la comparaison entre la succession de leurs levers sur la période s'étendant de l'an 2133 à l'an 2130 BC et la succession de leurs culminations en l'an 1900 BC ;
- ✓ la prise en compte des caractéristiques propres à chacune de ces étoiles (magnitude visuelle, indice de couleur, localisation spatiale), de l'appellation hiéroglyphique de chaque décan et de l'imagerie céleste associée,

a fourni des identifications proches de la réalité.

Preuve en est :

- ✓ l'explication donnée de l'appellation hiéroglyphique de certains décans épagomènes – les décans A, B, C, D, F et G – mentionnés sur les listes de type *ṯmʕt*. En effet, au cours du travail d'identification (voir Chap. 5 §.3.11, 3.14, 3.18, 3.21 et 3.34), nous avons mis en évidence l'existence d'une relation entre l'instant de leurs apparitions à l'est et l'instant de disparition à l'ouest de certains décans réguliers – les décans 14, 26 ou 26a, 27 ou 27a, et 31, respectivement ;
- ✓ la capacité que nous avons eue à convenablement “boucler” l'année égyptienne de 365 jours en tenant compte des décans épagomènes. En d'autres termes, les étoiles associées à chacun des 90 décans égyptiens (Table 91) effectuaient bien leurs levers héliaques à dix jours d'intervalle, comme le stipulent les listes de types *ṯmʕt*, *knmt* et *Séthi IB* (voir Chap. 2 §.3, Chap. 3. §. 2, Tables 3 et 9) ;
- ✓ la capacité que nous avons eue à intégrer la totalité des décans indexés a ou b (Table 5) parmi les décans numérotés 1 à 36 et A à M sur les listes de type *ṯmʕt*.

1.4. Interdépendance des identifications proposées

L'ensemble des résultats portés en Table 91 a été obtenu en établissant la corrélation la plus faible possible entre chacun des décans. Ainsi, les propositions d'identification des décans 32, 33, 34, 35a, 36, 36a, 37, 38, A, 1, B, 2, C, 3, D, 4, E, 5, F, 6, G, 7, H, 8, J, 9, K, 10, M, 12, 13, 14, 14a, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 20a, 21, 21a, 21b, 21c, 24, 26, 26a, 27a, 27b, 27c, 27d, 28, 28a, 28b, 29, 29a, 29b et 30 résulte de la prise en compte des seules hypothèses de départ (voir Chap. 5 §.2).

En revanche,

- ✓ l'identification des décans 31a et 31b résulte de celle des décans 31 et 32 (voir Chap. 5, §.3.1) ;
- ✓ l'identification des décans 36a et 2 a permis la localisation spatiale des étoiles associées au décan 2a (voir Chap. 5 §.3.13) ;
- ✓ l'identification des décans 3a, 3b, 4a, 4b et 5a résulte de celle des décans 2 et 6 (voir Chap. 5 §.3.20) ;
- ✓ l'identification du décan 11 résulte de celle du décan K (voir Chap. 5 §.3.30) ;
- ✓ l'identification des décans 8 et 11 a permis celle du décan 9b (voir Chap. 5 §.3.31) ;
- ✓ l'identification du décan 9a a permis celle des décans 9a et 10a (voir Chap. 5 §.3.31) ;
- ✓ l'identification des décans 11 et 13 a permis celle du décan 12a (voir Chap. 5 §.3.33) ;
- ✓ l'identification du décan 15 résulte de celle du décan 14 (voir Chap. 5 §.3.35) ;
- ✓ l'identification du décan 22 a permis celle du décan 22a (voir Chap. 5 §.3.43) ;
- ✓ l'identification du décan 24 a permis celle du décan 25 (voir Chap. 5 §.3.45) ;
- ✓ l'identification du décan 26b résulte de celle des décans 26 et 29 (voir Chap. 5 §.3.50) ;
- ✓ l'identification du décan 40g résulte de celle du décan 4 (voir Chap. 5 §.3.54) ;
- ✓ l'identification du décan 40h résulte de celle du décan 5 (voir Chap. 5 §.3.54) ;
- ✓ l'identification des décans 39a et 39b résulte de celle des décans 31 et 31a (voir Chap. 5 §.3.54) ;
- ✓ l'identification du décan 40a résulte de celle des décans 32 et 34 (voir Chap. 5 §.3.54) ;
- ✓ l'identification du décan 40b résulte de celle des décans 34 et 35a (voir Chap. 5 §.3.54) ;
- ✓ l'identification du décan 40c résulte de celle des décans 35a et 36a (voir Chap. 5 §.3.54) ;
- ✓ l'identification du décan 40i résulte de celle des décans 6, 7 (voir Chap. 5 §.3.54).

Par ailleurs,

- ✓ l'identification du décan 1 a restreint le nombre d'étoiles candidates au décan A (voir Chap. 5 §. 3.8) ;
- ✓ l'identification du décan B a restreint le nombre d'étoiles candidates aux décans A et 1 (voir Chap. 5 §.3.9) ;
- ✓ l'identification du décan H a permis de privilégier certaines des étoiles candidates aux décans 7 et G (voir Chap. 5 §.3.24) ;
- ✓ l'identification du décan 13a a permis de réduire le nombre d'étoiles candidates au décan 13 (voir Chap. 5 §.3.35) ;
- ✓ l'identification du décan 17 a limité le nombre d'étoiles candidates au décan 16 (voir Chap. 5 §.3.37) ;
- ✓ l'identification du décan 30 a restreint le nombre d'étoiles candidates aux décans 29 et 29a (voir Chap. 5 §.3.51).

En résumé, 59 des 90 décans égyptiens – c'est-à-dire les deux tiers d'entre eux – ont été identifiés indépendamment les uns des autres, sur la base des seules hypothèses de départ formulées au Chapitre 5 (voir §.2), et 28 de ces propositions ont permis l'identification du tiers des décans restants – 31 décans.

2. Examen de la « véracité » du contenu des six types de listes d'étoiles

Dans le paragraphe précédent, nous avons testé puis validé chacune des identifications proposées en Table 91. A présent, nous sommes en mesure d'examiner la « véracité » du contenu des listes de types *tm³t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* :

- ✓ sur ces listes, les décans figurent-ils dans un ordre correct ?
- ✓ les levers héliaques des étoiles associées s'effectuaient-ils aux dates civiles portées en Table 20 ?

Le travail d'identification effectué au Chapitre 5 – plus particulièrement, la comparaison entre les six types de listes que ce travail a nécessitée, a révélé quelques erreurs de la part des scribes copyistes concernant l'ordre de succession de certains décans réguliers et épagomènes sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. Ainsi,

- ✓ le décan 31a figure par erreur parmi les décans réguliers sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (voir Chap. 5 §.3.1) ;
- ✓ le décan 31b figure par erreur parmi les décans réguliers sur les listes de type *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.1) ;
- ✓ le décan 33 devrait figurer entre les décans 32 et 34 sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.2 et §.3.3) ;
- ✓ les décans 37 et 38 devraient figurer entre les décans 36a et 1 sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (voir Chap. 5 §.3.6) ;
- ✓ les décans 37, 38, 1 et 2 devraient figurer entre les décans 36a et 3, en lieu et place du décan 2a, sur les listes de type *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.13) ;

- ✓ les deux décans 3a et 3b forment un seul décan régulier (voir Chap. 5 §.3.20) ;
- ✓ entre les décans 2 et 6 se succèdent les décans 3a, 3b ou 3, 4a, 4, 5 et 5a :
 - le décan 4a figure par erreur parmi les décans réguliers sur les listes de type *knmt* (voir Chap. 5 §.3.20) ;
 - le décan 5a a été introduit par erreur parmi les décans réguliers sur les listes de type *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.20) ;
- ✓ le décan 9b figure en lieu et place des décans 9a et 10a sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.31) ;
- ✓ le décan 13a figure par erreur parmi les décans réguliers entre les décans 13 et 14a sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.35) ;
- ✓ entre les décans 19 et 23 figurent les décans 20a, 21, 21a, 21c, 21b, 22 et 22a (voir Chap. 5 §.3.43) :
 - les décans 19 et 21 devraient figurer sur les listes de type *knmt* ;
 - le décan 20a ne devrait pas figurer parmi les décans réguliers sur les listes de types *Séthi IA* et *Séthi IB* ;
 - les décans 21a, 21b et 21c ne devraient pas figurer en tant que décans réguliers sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* ;
 - le décan 22a ne devrait pas figurer parmi les décans réguliers sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* ;
 - le décan 22 devrait figurer sur les listes de type *Séthi IB* ;
- ✓ le décan 25 ou 28b devrait figurer entre les décans 24 et 26 ou 26a sur les listes de types *Senenmout* et *Séthi IB* (voir Chap. 5 §.3.47) ;
- ✓ entre les décans 26 ou 26a et 31 figurent les décans 28a, 27a, 27b ou 27d et 27c sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* (voir Chap. 5 §.3.52) :
 - l'un des décans 28a ou 27a ne devrait pas figurer parmi les décans réguliers sur les listes de type *Séthi IA* ;
 - le décan 27b ou 27d ne devrait pas figurer parmi les décans réguliers ;
- ✓ les décans 29b et 29a figurent à la suite du décan 31 sur les listes de types *Séthi IA* (voir Chap. 5 §.3.53) :
 - les décans 29b et 30 ou 29a devraient être insérés entre les décans 27c et 31 sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* ;

Ainsi, le travail d'identification que nous avons mené au Chapitre 5 a permis de mettre en évidence quelques erreurs intervenues dans l'arrangement des décans sur les listes de types *tmꜣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. Ces erreurs sont très certainement le fruit de copies successives, comme en témoignent, à titre d'exemples, la fusion progressive des décans 37, 38, 1 et 2 en deux décans 1 et 2 puis en un seul décan noté 2a, ainsi que l'insertion d'un nombre toujours plus important de décans supplémentaires – tels les décans 31a, 31b, 13a, 20a, 21a, 21b et 21c – parmi la liste des 36 décans réguliers.

L'ensemble des erreurs relevées et explicitées ci-dessus se trouve résumé dans la Table 93 : les arrangements stellaires caractérisant chacun des six types de listes ont été portés face aux dates de lever héliaque des étoiles candidates à chacun des décans sur la période s'étendant de l'an 2141 à l'an 2102 BC. En caractères italiques figurent les décans « inutiles » et en caractères soulignés les décans « manquants » :

- ✓ par décans inutiles, nous entendons les décans mentionnés entre deux décans réguliers successifs : il s'agit, toutes listes confondues, des décans 31a, 31b, 3a, 4a, 4b, 5a, 13a, 20a, 21a, 21b, 21c, 22a, 27b, 27d et 29b ;
- ✓ par décans manquants, nous entendons les décans absents de la liste de décans réguliers : il s'agit, toutes listes confondues, des décans 33, 37, 38, 1, 2, 4, 5, 9a, 10a, 25 ou 28b, 30 ou 29a.

Listes de type <i>tmꜣt</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Date de lever héliaque dans le calendrier civil égyptien sur la période 2141- 2102 BC	Date de lever héliaque dans le calendrier grégorien
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1861 – 1822 BC	1881 – 1842 BC		
31		31	31	II Peret 21	27 / 07
	<i>31a</i>	<i>31a</i>	<i>31b</i>	II Peret 26	01 / 08
32	32	32	32	III Peret 1	06 / 08
				III Peret 6	11 / 08
33	<u>33</u>	<u>33</u>	<u>33</u>	III Peret 11	16 / 08
				III Peret 16	21 / 08
34	34	34	34	III Peret 21	26 / 08
				III Peret 26	31 / 08
35	35a	35a	35a	IV Peret 1	05 / 09
				IV Peret 6	10 / 09
36	36a	36a	36a	IV Peret 11	15 / 09
				IV Peret 16	20 / 09
<u>37</u>	<u>37</u>	<u>37</u>	<u>37</u>	IV Peret 21	25 / 09
				IV Peret 26	30 / 09
<u>38</u>	<u>38</u>	<u>38</u>	<u>38</u>	I Chemou 1	05 / 10
				I Chemou 6	10 / 10
A				I Chemou 11	15 / 10
1	1	1	<u>1</u>	I Chemou 16	20 / 10
B				I Chemou 21	25 / 10
2	2	2	<u>2</u>	I Chemou 26	30 / 10
C	<i>3a</i>	<i>3a</i>		II Chemou I	04 / 11
3	3b	3b – 3	3	II Chemou 6	09 / 11
D	<i>4a</i>			II Chemou 11	14 / 11
4	<u>4</u>	<u>4</u>	4	II Chemou 16	19 / 11
E		<i>4b</i>		II Chemou 21	24 / 11
5	<u>5</u>	<u>5</u>	5	II Chemou 26	29 / 11
F	<i>5a</i>	<i>5a</i>	<i>5a</i>	III Chemou 1	04 / 12
6	6	6	6	III Chemou 6	09 / 12

Listes de type <i>tm3t</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout,</i> <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Date de lever héliaque dans le calendrier civil égyptien sur la période 2141- 2102 BC	Date de lever héliaque dans le calendrier grégorien
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1861 – 1822 BC	1881 – 1842 BC		
G				III Chemou 11	14 / 12
7	7	7	7	III Chemou 16	19 / 12
H				III Chemou 21	24 / 12
8	8	8	8	III Chemou 26	29 / 12
J				IV Chemou 1	03 / 01
9	9a	9a	9a	IV Chemou 6	08 / 01
K				IV Chemou 11	13 / 01
10	10a	10a	10a	IV Chemou 16	18 / 01
M				IV Chemou 21	23 / 01
11	11	11	11	IV Chemou 26	28 / 01
				Epag. 1	02 / 01
12	12a	12a	12a	I Akhet 1	07 / 02
				I Akhet 6	12 / 02
13	13	13	13	I Akhet 11	17 / 02
	<i>13a</i>	<i>13a</i>	<i>13a</i>	I Akhet 16	22 / 02
14	14a	14a	14a	I Akhet 21	27 / 02
				I Akhet 26	04 / 03
15	15	15	15	II Akhet 1	09 / 03
				II Akhet 6	14 / 03
16	16	16	16	II Akhet 11	19 / 03
				II Akhet 16	24 / 03
17	17	17	17	II Akhet 21	29 / 03
				II Akhet 26	03 / 04
18	18	18	18	III Akhet 1	08 / 04
				III Akhet 6	13 / 04
20	19	19	19	III Akhet 11	18 / 04
		<i>20a</i>	<i>20a</i>	III Akhet 16	23 / 04
19	21	21	21	III Akhet 21	28 / 04
	<i>21a – 21b</i>	<i>21a–21c–21b</i>	<i>21a – 21b</i>	III Akhet 26	03 / 05
22	22	22	22	IV Akhet 1	08 / 05
	<i>22a</i>	<i>22a</i>	<i>22a</i>	IV Akhet 6	13 / 05
23	23	23	23	IV Akhet 11	18 / 05
				IV Akhet 16	23 / 05
24		24	24	IV Akhet 21	28 / 05
				IV Akhet 26	02 / 06
25		28b	25 ou 28b	I Peret 1	07 / 06
				I Peret 6	12 / 06
26		26 – 26a	26	I Peret 11	17 / 06
				I Peret 16	22 / 06
28		28a – 27a	26b	I Peret 21	27 / 06
		<i>27b – 27d</i>		I Peret 26	02 / 07
29		27c	29	II Peret 1	07 / 07

Listes de type <i>tm̓t</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Date de lever héliaque dans le calendrier civil égyptien sur la période 2141- 2102 BC	Date de lever héliaque dans le calendrier grégorien
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1861 – 1822 BC	1881 – 1842 BC		
30		^{29b} <u>30 – 29a</u>	30	II Peret 6	12 / 07
31		31	31	II Peret 11	17 / 07
				II Peret 16	22 / 07
				II Peret 21	27 / 07

Table 93 : Correspondance entre les arrangements stellaires caractérisant les listes de types *tm̓t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* et la succession des levers héliaques des étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur ces listes (en caractères italiques figurent les décans inutiles et en caractères soulignés figurent les décans manquants).

Examinons à présent le nombre de décans inutiles et de décans manquants sur chacun des six types de listes (Tables 8 et 93) :

- ✓ les listes de type *tm̓t* sont complètes : la figuration, en toute fin de liste de décans réguliers, des décans 1 et 2 que nous avons numérotés 37 et 38 (voir Chap. 5 §.3.6), porte leur nombre total à 36 ;
- ✓ les listes de type *knmt*, parce que fragmentaires, sont incomplètes : toutefois, l'insertion de 8 décans inutiles (31a, 3a, 4a, 5a, 13a, 21a, 21b et 22a) pallie l'absence de 8 décans réguliers (33, 37, 38, 4, 5, 9a, 10a et 21). Au total, ces listes sont constituées de 29 décans réguliers ;
- ✓ les listes de type *Senenmout* sont complètes : l'insertion de 8 décans inutiles (31a, 3a, 5a, 13a, 21a, 21b, 22a et 27b) compense exactement l'absence de 8 décans réguliers (33, 37, 38, 9a, 10a, 28b, 30 ou 29a). Au total, ces listes sont constituées de 36 décans réguliers ;
- ✓ les listes de type *Séthi IC* sont plus que complètes : en effet, l'insertion de 10 décans inutiles (31a, 3a, 5a, 13a, 21a, 21c, 21b, 22a, 27a et 27d) compense l'absence de 9 décans réguliers (33, 37, 38, 4, 5, 9a, 10a, 30 ou 29a). Au total, ces listes sont constituées de 36 décans réguliers ;
- ✓ les listes de type *Séthi IA* sont plus que complètes : en effet, l'insertion de 11 décans inutiles (31a, 3a ou 4b, 5a, 13a, 20a, 21a, 21b, 21c, 22a, 27d et 29b) compense l'absence de 7 décans réguliers (33, 37, 38, 4, 5, 9a, 10a). Au total, ces listes sont constituées de 36 décans réguliers.

Le travail d'identification des décans égyptiens que nous avons mené au Chapitre 5 a abouti au réarrangement des décans mentionnés sur chacun des six types de listes désormais constitué de 36 décans réguliers. Connaissant la position occupée par le décan 1 ou 31 sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (voir Chap. 2 §.7 et Chap. 3 §.2 et 3), il nous est à présent possible d'établir une relation entre les appellations hiéroglyphiques des décans mentionnés sur ces listes et les dates auxquelles chacun d'eux marquait, pour la première fois, la douzième heure de nuit¹⁴¹, ainsi que, pour la dernière fois, la première heure de nuit (Table 94) – en d'autres termes, d'actualiser la Table 20. Les arrangements stellaires ainsi obtenus sont parfaitement compatibles avec les propositions de datation des listes de types *tmʒt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (voir Chap. 2 §.7, Chap. 3 §.3 et Chap. 5 §.1.4).

Listes de type <i>tmʒt</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Jour à partir duquel le le décan considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décan considéré indiqua la première heure de nuit
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1941 – 1902 BC	1881 – 1842 BC		
31		28b	25 ou 28b	II Peret 21	II Chemou 20
32		26 – 26a	26	II Peret 26 III Peret 1 III Peret 6	II Chemou 30
33		28a – 27a 27b – 27d	26b	III Peret 11 III Peret 16	III Chemou 10
34		27c	29	III Peret 21 III Peret 26	III Chemou 20
35		29b 30 – 29a	30	IV Peret 1 IV Peret 6	III Chemou 30
36	31a	31	31	IV Peret 11 IV Peret 16	IV Chemou 1
37	32	31a 32	31b 32	IV Peret 21 IV Peret 26	IV Chemou 20
38	33	33	33	I Chemou 1 I Chemou 6	IV Chemou 30
A	34	34	34	I Chemou 11 I Chemou 16	I Akhet 5 I Akhet 10
1				I Chemou 21	I Akhet 15
B	35a	35a	35a	I Chemou 26	I Akhet 20
2				II Chemou I	I Akhet 25
C	36a	36a	36a	II Chemou 6	I Akhet 30
3				II Chemou 11	II Akhet 5
D	37	37	37	II Chemou 16	II Akhet 10
4				II Chemou 21	II Akhet 15
E	38	38	38	II Chemou 26	II Akhet 20
5				III Chemou 1	II Akhet 25
F					

141 Dans le cas des listes de type *Séthi IB*, il s'agit de la date de lever héliaque du décan considéré (Table 9).

Listes de type <i>tm3t</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout,</i> <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Jour à partir duquel le le décan considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décan considéré indiqua la première heure de nuit
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1941 – 1902 BC	1881 – 1842 BC		
6 G	1	1	1	III Chemou 6 III Chemou 11	II Akhet 30 III Akhet 5
7 H	2 3a	2 3a	2	III Chemou 16 III Chemou 21	III Akhet 10 III Akhet 15
8 J	3b 4a	3b – 3	3	III Chemou 26 IV Chemou 1	III Akhet 20 III Akhet 25
9 K	4	4	4	IV Chemou 6 IV Chemou 11	III Akhet 30 IV Akhet 5
10 M	5 5a	5 5a	5	IV Chemou 16 IV Chemou 21	IV Akhet 10 IV Akhet 15
11	6	6	5a 6	IV Chemou 26 Epag. 1	IV Akhet 20 IV Akhet 25
12	7	7	7	I Akhet 1 I Akhet 6	IV Akhet 30
13	8	8	8	I Akhet 11 I Akhet 16	I Peret 10
14	9a	9a	9a	I Akhet 21 I Akhet 26	I Peret 20
15	10a	10a	10a	II Akhet 1 II Akhet 6	I Peret 30
16	11	11	11	II Akhet 11 II Akhet 16	II Peret 10
17	12a	12a	12a	II Akhet 21 II Akhet 26	II Peret 20
18	13 13a	13 13a	13	III Akhet 1 III Akhet 6	II Peret 30
20	14a	14a	13a 14a	III Akhet 11 III Akhet 16	II Peret 10
19	15	15	15	III Akhet 21 III Akhet 26	III Peret 20
22	16	16	16	IV Akhet 1 IV Akhet 6	III Peret 30
23	17	17	17	IV Akhet 11 IV Akhet 16	IV Peret 10
24	18	18	18	IV Akhet 21 IV Akhet 26	IV Peret 20
25	19	19 20a	19	I Peret 1 I Peret 6	IV Peret 30
26	21 21a – 21b	21 21a–21c–21b	20a 21	I Peret 11 I Peret 16	I Chemou 10
28	22	22	21a – 21b	I Peret 21	I Chemou 20

Listes de type <i>tm³t</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>	Jour à partir duquel le le décan considéré indiqua la douzième heure de nuit	Dernier jour auquel le décan considéré indiqua la première heure de nuit
2141 – 2102 BC	1941 – 1902 BC	1941 – 1902 BC	1881 – 1842 BC		
29	22a	22a	22	I Peret 26	
30	23	23	22a	II Peret 1	I Chemou 30
			23	II Peret 6	
31		24		II Peret 11	II Chemou 10
			24	II Peret 16	
		28b		II Peret 21	II Chemou 20

Table 94 : Réarrangements stellaires consécutifs au travail d'identification des décans égyptiens.

L'application du principe de vagabondage de l'année civile égyptienne aux listes de type *tm³t* (voir Chap. 2 §.1) permet de dater :

- ✓ les listes de type *knmt* d'une époque postérieure de 5×40 ans aux listes de type *tm³t*, c'est-à-dire de l'une des années comprises entre 1941 et 1902 BC¹⁴² ;
- ✓ les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* d'une époque postérieure de 5×40 ans à celles de type *tm³t*, c'est-à-dire de l'une des années comprises entre l'an 1941 et l'an 1902 BC¹⁴³. Ainsi, le réarrangement décanal consécutif au travail d'identification (Tables 93 et 94) aboutit à la formulation d'une seule et même hypothèse de datation des listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA*.

La datation des listes de type *Séthi IB* demeure inchangée : l'une des années comprises entre 1881 et 1842 BC (voir Chap. 3 §.3 et Chap. 5 §.1.4). Leur postériorité sur les listes de types *Senenmout*, *Séthi IC* et *Séthi IA* est attestée par la figuration du décan 2a en lieu et place des décans 1 et 2, qui eux-mêmes résultaient de la réunion des décans 37, 38, 1 et 2 (voir Chap. 5 §.3.13).

¹⁴² Cette information a été déduite de la position occupée par le décan 1 sur ces deux types de listes.

¹⁴³ Cette information a été déduite des positions occupées par les décans 1 et 31 sur ces deux types de listes.

3. Étude de la variabilité des heures de nuit égyptienne

L'examen de la « véracité » des six types de listes d'étoiles (voir §.2) laisse apparaître que les listes de type *tm̓t* étaient très certainement mieux aptes à rendre compte de la succession des heures de nuit que les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. En effet, l'omission de certains décans et l'insertion de décans inutiles sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 94) se sont nécessairement traduites par l'augmentation ou la diminution de la durée des heures de nuit.

A titre d'exemple, les listes de type *tm̓t* stipulent que trois heures égyptiennes séparaient les levers nocturnes des décans 8 et 11 (Table 20). La figuration, entre les décans 8 et 11, du décan 9b en lieu et place des décans 9 et 10 ou 9a et 10a sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 20) suggère que deux heures égyptiennes séparent les instants de lever et de culmination des décans 8 et 11. Ainsi, le même laps de temps, scindé en trois heures égyptiennes sur les listes de type *tm̓t*, se trouve scindé en deux heures égyptiennes sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. Ces deux heures égyptiennes sont nécessairement de durée supérieure à celle des trois heures précédentes. Leur durée est également supérieure au laps de temps séparant les apparitions à l'est ou les culminations successives des autres décans réguliers mentionnés sur ces listes – les décans 7 et 8 ou 11 et 12a, par exemple. En conséquence, la durée des heures de nuit délimitées par les levers ou les transits stellaires sur les listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* est caractérisée par une variabilité supérieure à celle des heures de nuit délimitées par les levers successifs d'étoiles sur les listes de type *tm̓t*.

Afin de déterminer la variabilité de la durée des heures de nuit délimitées par les levers successifs d'étoiles sur les listes de type *tm̓t*, considérons le schéma de l'horloge stellaire n°1 – la plus ancienne et la moins corrompue¹⁴⁴ des horloges stellaires connues à ce jour, vraisemblablement utilisée comme prototype pour les horloges ultérieures. Remplaçons chacun des décans notés 1 à 38 et A à M (Table 4) par l'instant de lever des étoiles candidates (Table 91) (Fig. 30) :

- ✓ lorsqu'une seule étoile est candidate au décan considéré – cas des décans 13, 22, 26, 30, 31, 32, 37, 38, D et K –, l'instant de fin de l'heure de nuit correspond à l'instant d'apparition à l'est de l'étoile correspondante ;
- ✓ lorsqu'un groupe d'étoiles est candidat au décan considéré – cas des décans 9, 10, 12, 16, 23, C, E, H et J –, l'instant de fin de l'heure de nuit s'obtient en moyennant les instants d'apparition de chacune des étoiles de ce groupe ;
- ✓ lorsque plusieurs étoiles ou groupes d'étoiles sont candidat(e)s au décan considéré – cas des décans 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 24, 25, 28, 29, 33, 34, 35, 36, A, B, F, G, L et M –, l'instant de fin de l'heure de nuit est déduit de l'instant d'apparition à l'est de l'étoile ou du groupe d'étoiles ayant le plus de chance d'être associé(e) au décan en question.

¹⁴⁴ Une horloge stellaire corrompue est une horloge dont le contenu (arrangements stellaires) présente de notables différences avec celui de l'horloge ayant servi de prototype parce qu'elle en constitue la n-ième copie.

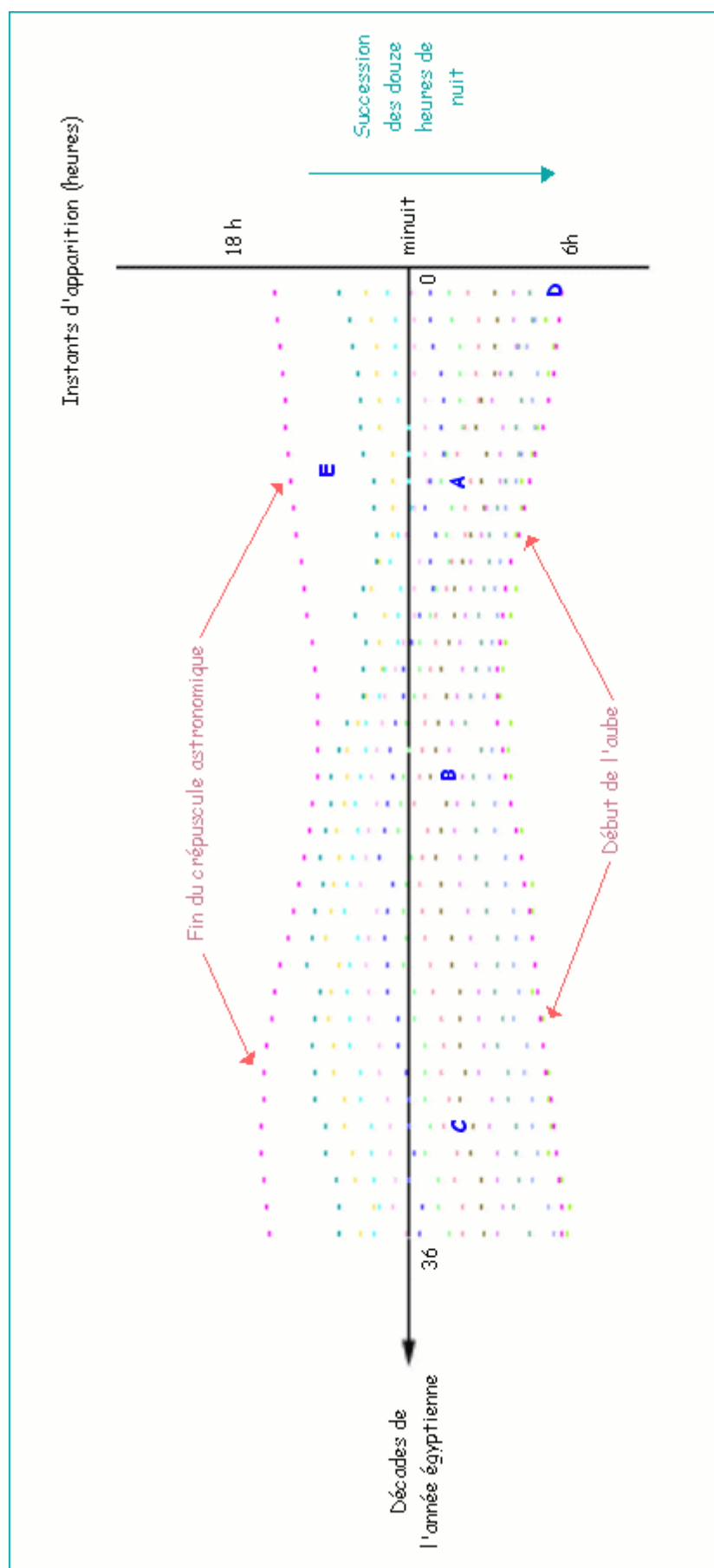


Figure 30 : Corrélation entre les instants d'apparition à l'est des étoiles associées aux décans égyptiens et la succession des heures de nuit égyptienne sur l'horloge stellaire n°1. L'existence des zones A, B, C et D s'explique par le laps de temps relativement important ou faible qui s'écoule entre les levers successifs des étoiles candidates aux décans 13 et 14, 28 et 29, B et C, 11 et 12, respectivement.

La Figure 30 constitue la traduction, en heures de durée variable¹⁴⁵, de l'horloge stellaire n°1. En effet, à chaque point correspond l'instant d'apparition d'un décan à l'est ou instant de fin de l'une des douze heures de nuit, en chacune des 36 décades de l'année civile égyptienne (voir Chap. 2 §.4). Cette figure est semblable à celle obtenue par Otto Neugebauer et Richard A. Parker (Neugebauer et Parker, 1960, Fig. 29 page 104) à partir d'un raisonnement purement qualitatif – en stipulant que chacun des décans égyptiens constitue le point d'intersection entre l'écliptique et l'horizon local à une heure donnée et en chaque début de décade de l'année ronde égyptienne (Fig. 3).

La Figure 30 présente quelques notables particularités :

- ✓ les abscisses ont été positionnées de telle sorte qu'elles coïncident avec le milieu de la nuit – ou minuit. Contrairement à ce que pouvait laisser penser la figuration d'une bande d'inscriptions horizontales entre les 6ème et 7ème heures de nuit sur l'horloge stellaire n°1 (voir Chap. 2 §.2), celles-ci ne coïncident que très rarement avec la fin de la 6ème heure de nuit ou le passage du décan de la 6ème heure de nuit au décan de la 7ème heure de nuit¹⁴⁶ – hormis durant les décades 16 à 28 qui s'étendent du 7 juillet au 4 novembre de l'époque historique considérée : l'une des années comprises entre 2141 et 2102 BC ;
- ✓ l'existence de zones d'élargissement et de rétrécissement que nous avons notées A, B, C et D sur la Figure 30 s'explique par :
 - le laps de temps relativement important – voisin de 60 min, et donc supérieur à la durée moyenne d'une heure de nuit – qui sépare les apparitions des étoiles candidates aux décans 13 et 14, 28 et 29, B et C, respectivement ;
 - le laps de temps relativement court – voisin de 30 min, et donc inférieur à la durée moyenne d'une heure de nuit (voir note 116) – qui sépare les levers des étoiles candidates aux décans 11 et 12.
 Ainsi donc, la durée des heures de nuit égyptiennes dépend du choix des étoiles associées aux décans – plus précisément, de leur magnitude apparente et de leur localisation sur la voûte céleste locale ;
- ✓ la quasi-totalité des instants d'apparition à l'est des étoiles que nous avons associées aux décans égyptiens occupe une zone délimitée par la fin du crépuscule astronomique et le début de l'aube. En effet,
 - la moitié des étoiles candidates aux décans de douzième heure de nuit effectue leurs apparitions à l'est avant le début de l'aube. Les apparitions des étoiles candidates aux autres décans de douzième heure de nuit, notés 16, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, A, C, E, J et K, succèdent de quelques minutes seulement au tout début de l'aube ;

145 «Les heures repérées par les levers successifs de décans ne peuvent être de durée constante, celle-ci augmentant ou diminuant en effet avec la durée de la nuit » souligne Richard A. Parker (Parker, 1974, page 53).

146 Otto Neugebauer et Richard A. Parker avaient envisagé cette possibilité (Neugebauer et Parker, 1960, page 103).

- les apparitions à l'est des étoiles candidates aux décans de première heure de nuit se produisent bien après la fin du crépuscule astronomique (zone E). Entre le coucher du Soleil et la fin de la première heure de nuit s'écoule un laps de temps si important que :
 - l'hiver, quatre décans se succèdent à l'est avant que le décan de première heure de nuit ne fasse son apparition ;
 - l'été, les levers de deux décans précèdent celui du décan de première heure de nuit ;
 - le printemps ou l'automne, deux ou trois décans effectuent leurs apparitions à l'est avant le décan de première heure de nuit.

En résumé, la variabilité des heures de nuit égyptiennes résulte :

1. de la variabilité de la durée de la nuit au fil des saisons de l'année ;
2. de la magnitude apparente et de la localisation spatiale des étoiles candidates à chacun des décans mentionnés.

Ci-après (Fig. 31) figure l'horloge stellaire n°1 (voir Planche 11) étendue aux décans « inutilisés », c'est-à-dire aux décans dont les apparitions à l'est se produisent entre l'instant de coucher du Soleil et l'instant de lever du décan de première heure de nuit. Cette figure illustre le fait que Sirius (décan 31) n'est pas la seule étoile dont l'apparition à l'est marquait la douzième et dernière heure de nuit une décade après qu'elle ait effectué son lever héliaque (voir Chap. 5 §.1.3). Les étoiles que nous avons associées aux décans 13, 17, 20, 28 et H étaient également visibles dans le ciel crépusculaire une dizaine de jours avant qu'elles n'indiquent la douzième et dernière heure de nuit. Comme l'avaient pressenti Otto Neugebauer et Richard A. Parker, les décans de douzième heure de nuit se situent à très grande ou relative proximité de leur position de lever héliaque (Neugebauer et Parker, 1960, page 106). Ce résultat conforte le choix que nous avons fait de considérer Sirius comme décan de douzième et dernière heure de nuit dix jours après son lever héliaque ainsi que la proposition de dater les listes de type *ṯmʕt* d'une époque comprise entre l'an 2141 et l'an 2102 BC (voir Chap. 5 §.1.4).

4. Cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne

Après avoir assimilé chacun des 90 décans égyptiens à une ou plusieurs étoiles visibles à l'oeil nu du catalogue *Hipparcos* (Table 91), nous avons examiné la validité des propositions d'identification (voir §.1.2), proposé le réarrangement stellaire des listes de types *tm³t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*, confirmé la datation des six prototypes de listes d'étoiles (voir §.2) et étudié la variabilité des heures de nuit égyptienne (voir §.3). Nous allons à présent dresser la cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne – en d'autres termes, localiser, sur la voûte céleste, chacune des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens.

La Figure 32 montre que la quasi-totalité des 175 étoiles candidates aux 90 décans mentionnés sur les listes de types *tm³t*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* se situaient sous le cercle de l'écliptique – plus précisément, entre l'écliptique et la parallèle à l'écliptique passant par Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel nocturne – en l'an 2000 BC. En effet, seules 14% d'entre elles étaient caractérisées alors par une latitude écliptique légèrement positive – inférieure à 5 degrés, en l'occurrence. Il s'agit des étoiles :

- ✓ *o Sagittarii*, candidate au décan 7 ;
- ✓ 43 *Sagittarii*, candidate au décan 8 ;
- ✓ ρ et π *Capricorni*, candidates aux décans 9, 9a et 9b ;
- ✓ 19 *Piscium*, candidate au décan 17 ;
- ✓ δ et ϵ *Piscium*, candidates au décan 19 ;
- ✓ η *Piscium*, candidate aux décans 18, 20 et 20a ;
- ✓ ϵ *Arietis*, candidate au décan 22 ;
- ✓ δ et ζ *Arietis*, candidates au décan 22a ;
- ✓ 17, 19, 20, 23 et 27 *Tauri*, candidates au décan 23 ;
- ✓ 37, κ , φ et υ *Tauri*, candidates au décan 24 ;
- ✓ ν et β *Virginis*, candidates au décan 40a ;
- ✓ ω^1 *Scorpii*, candidate au décan C ;
- ✓ ξ *Ophiuchi*, candidate au décan E ;
- ✓ 21 *Sagittarii*, candidate au décan 40i (Table 91).

Les Figures 33a, 33b et 33c offrent une vue générale, dans un repère équatorial et sur fond de constellations modernes, des résultats portés en Table 91. Il permettent de situer les 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens à relative proximité des constellations zodiacales.

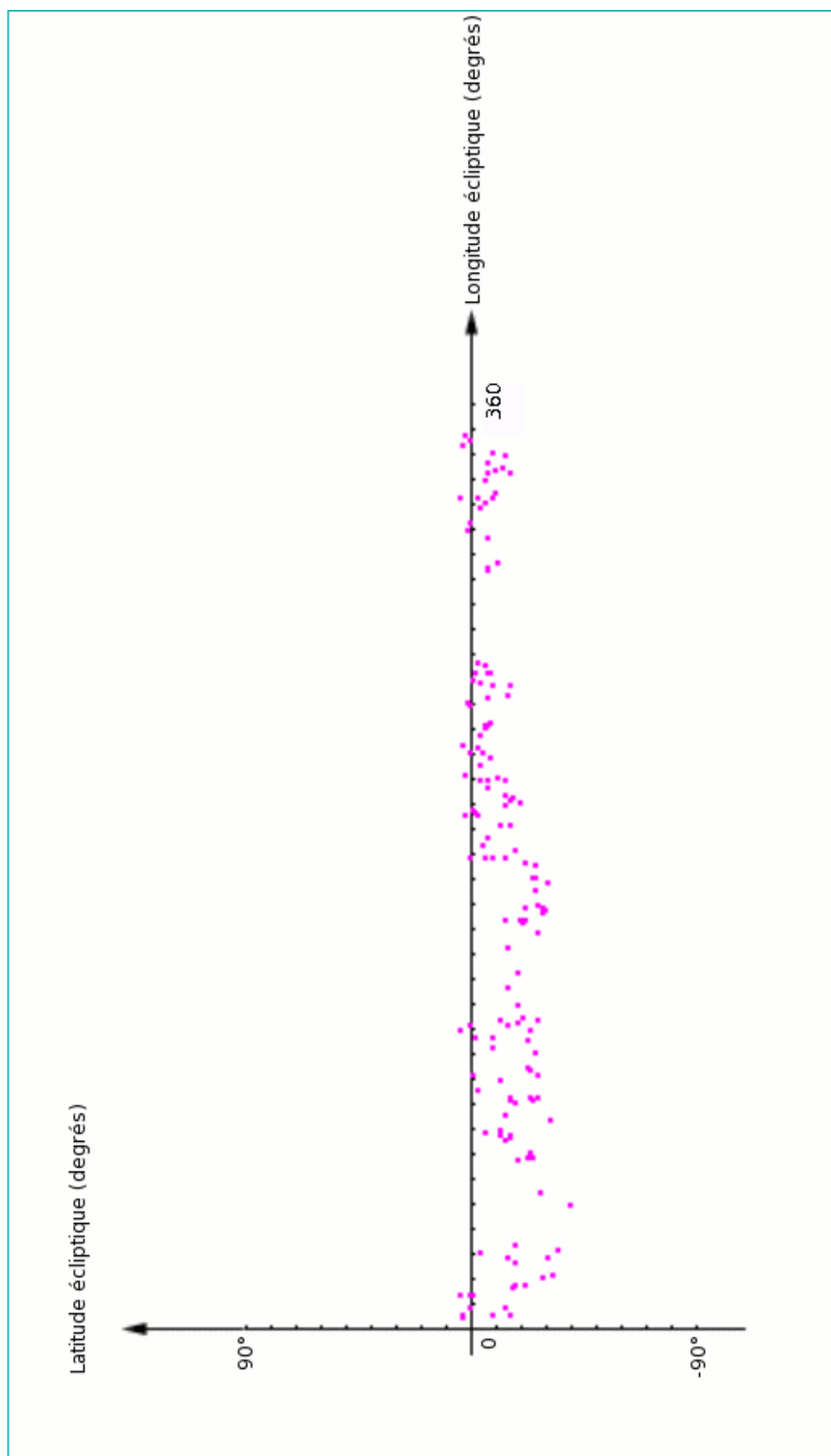


Figure 32 : Localisation spatiale des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens

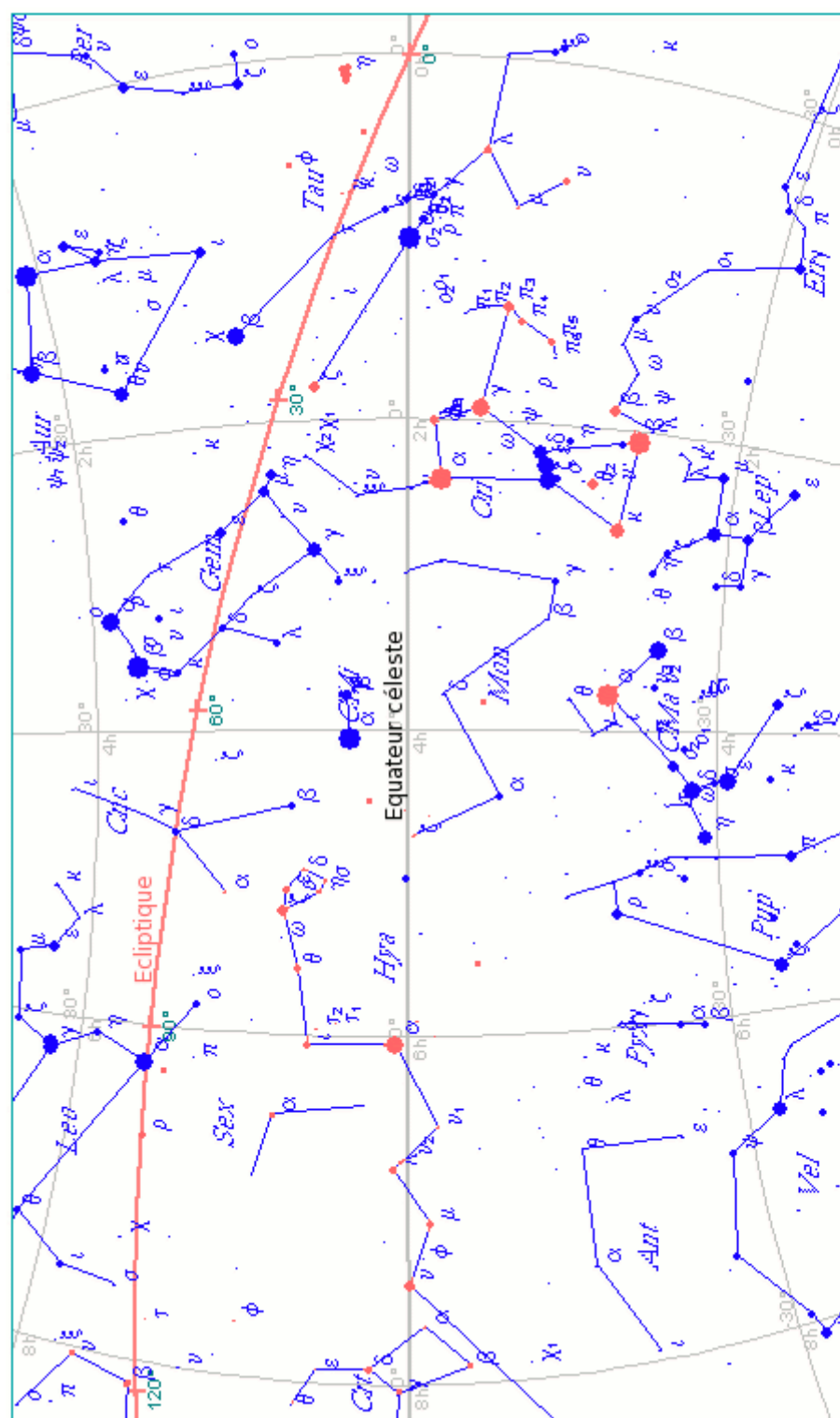


Figure 33a : Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dont l'ascension droite était comprise entre 0 et 8h en l'an 2000 BC.

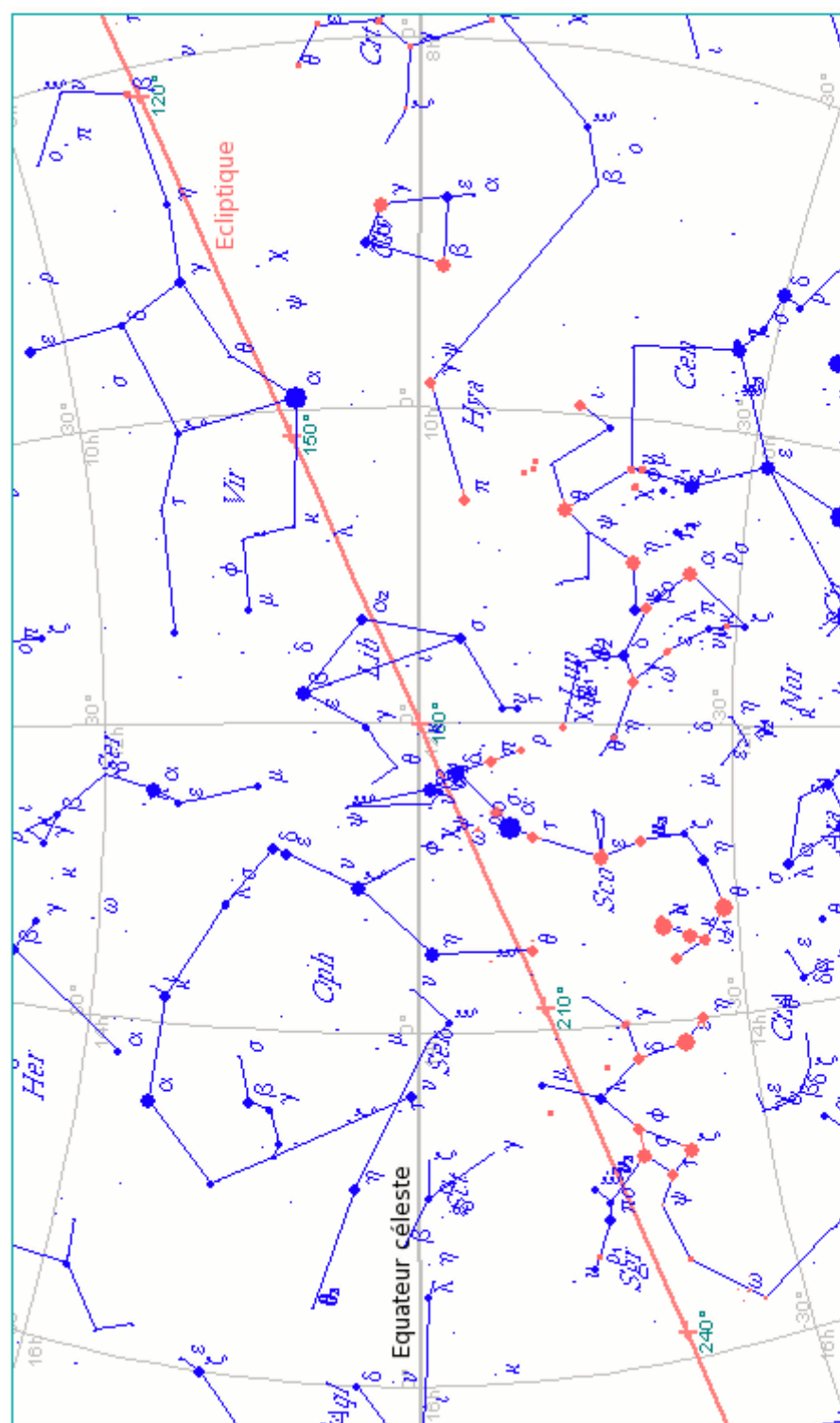


Figure 33b : Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dont l'ascension droite était comprise entre 8 et 16h en l'an 2000 BC.

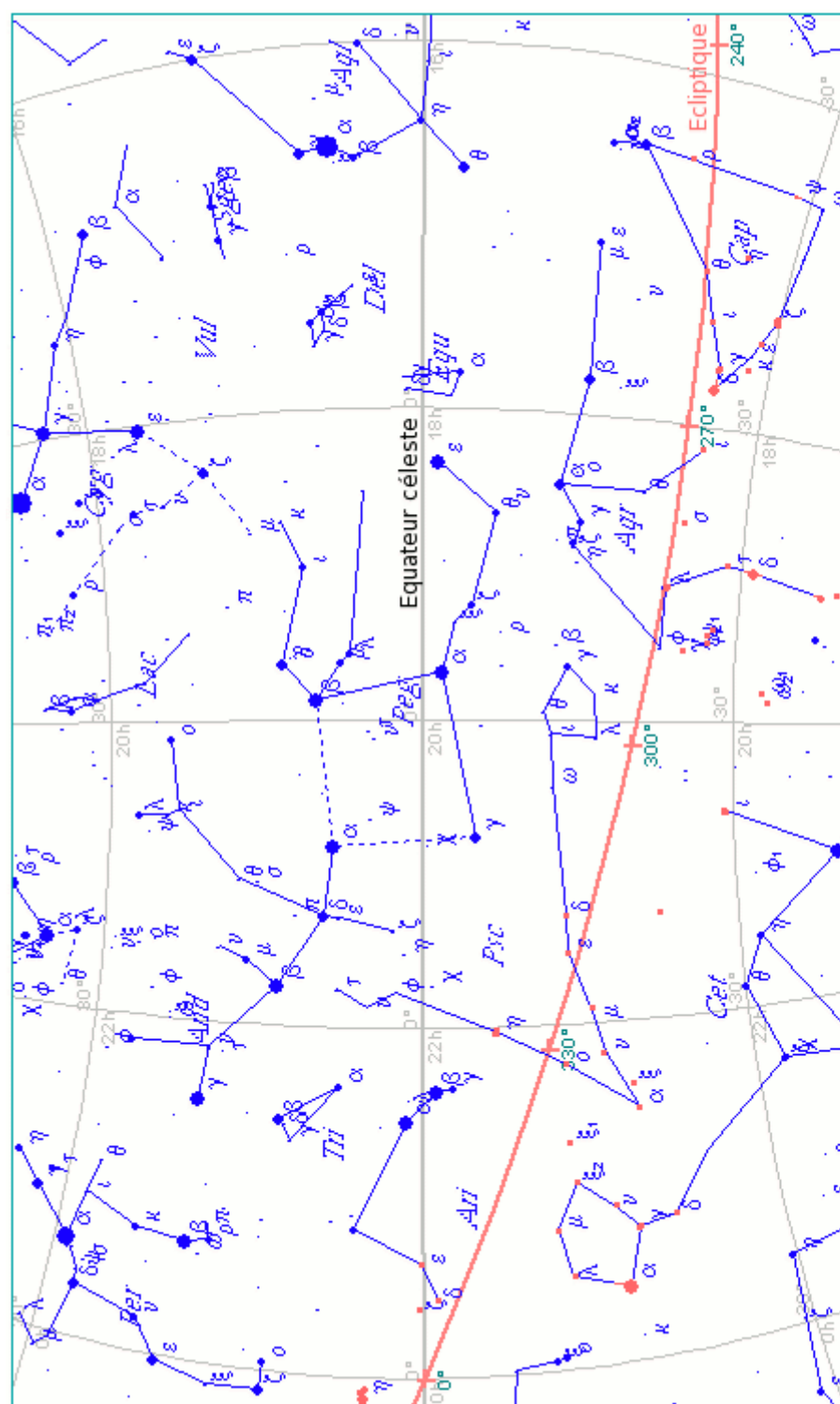


Figure 33c : Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dont l'ascension droite était comprise entre 16 et 24h en l'an 2000 BC.

Au Chapitre 1 (voir §.4), nous avons vu que les décans égyptiens différaient des décans grecs en ce qu'ils ne constituaient pas des divisions de l'écliptique en régions de 10 degrés chacune. Pour autant, il paraît possible d'établir une corrélation spatiale entre décans égyptiens et décans grecs. Pour ce faire, divisons le cercle de l'écliptique en 12 zones de 30 degrés chacune – autant que de constellations zodiacales. Chaque zone est approximativement centrée sur une constellation zodiacale. La Table 95 indique la répartition des étoiles candidates aux 90 décans égyptiens relativement aux 12 constellations zodiacales dans un repère écliptique.

Constellations zodiacales	Décans égyptiens
Taureau	23 – 24 – 25 – 26 – 26a – 26b – 27 – 27a – 27b – 27c – 27d – 28 – 28a – 28b – 29 – 29a – 29b – 30
Gémeaux	27 – 27a – 28 – 31 – 39a
Cancer	31a – 31b – 32 – 39a
Lion	32 – 33 – 34 – 35 – 35a – 36 – 40a – 40b
Vierge	1 – 2a – 36a – 37 – 38 – 40b – 40c – 40d – 40e – A – B
Balance	1 – 2 – 2a – 40e – 40f – A – B – C
Scorpion	2a – 3 – 3a – 3b – 4 – 4a – 4b – 5 – 5a – 40f – 40g – 40h – C – D – E – F
Sagittaire	5a – 6 – 7 – 8 – 40i – G – H – J
Capricorne	9 – 9a – 9b – 10 – 10a – 11 – 12 – 12a – K – L – M
Verseau	13 – 13a – 14 – 14a – 15 – 16
Poissons	16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 20a – 21
Bélier	21a – 21b – 21c – 22 – 22a

Table 95 : Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dans un repère écliptique.
En caractères gras figurent les 36 décans réguliers qui devraient figurer sur les listes de types *ṯmʕt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 94). En caractères gras et italiques figurent les décans réguliers dont les étoiles associées se situent entre deux constellations zodiacales.

Afin d'établir le comparatif entre décans égyptiens et décans grecs, comptabilisons le nombre de décans réguliers qui occupent chaque tranche de l'écliptique de 30 degrés chacune sur les listes de types *ṯmʕt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 96) : le nombre de décans dont les étoiles associées occupent chacune des douze tranches de l'écliptique varie entre 0 ou 1 (Cancer) et 6 ou 7 (Taureau).

Ainsi, le nombre de décans qu'il est possible d'associer :

- ✓ à la constellation du Taureau, est de 6 ou 7¹⁴⁷ ;
- ✓ à la constellation des Gémeaux, est de 1 ou 2 ;
- ✓ à la constellation du Cancer, est de 0 ou 1 ;
- ✓ à la constellation du Lion, est de (3 ou 4) ou (4 ou 5) ;
- ✓ à la constellation de la Vierge, est de (2 ou 3) ou (3 ou 4) ;
- ✓ à la constellation de la Balance, est de 1 ou 2 ;
- ✓ à la constellation du Scorpion, est de 3 ;
- ✓ à la constellation du Sagittaire, est de 3 ;
- ✓ à la constellation du Capricorne, est de 4 ;
- ✓ à la constellation du Verseau, est de 3 ou 4 ;
- ✓ à la constellation des Poissons, est de 4 ou 5 ;
- ✓ à la constellation du Bélier, est de 1,

sur les listes de types *ṯmṣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* (Table 96).

Constellations zodiacales	Listes de type <i>ṯmṣt</i>	Listes de type <i>knmt</i>	Listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i>	Listes de type <i>Séthi IB</i>
Taureau	6 ou 7	1	6 ou 7	7
Gémeaux	1 ou 2		1 ou 2	1
Cancer	0 ou 1	0 ou 1	0 ou 1	0 ou 1
Lion	4 ou 5	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4
Vierge	2 ou 3	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4
Balance	1 ou 2	1 ou 2	1 ou 2	1 ou 2
Scorpion	3	3	3	3
Sagittaire	3	3	3	3
Capricorne	4	4	4	4
Verseau	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4
Poissons	4 ou 5	4 ou 5	4 ou 5	4 ou 5
Bélier	1	1	1	1

Table 96 : Nombre de décans réguliers qui occupent chaque tranche de l'écliptique de 30 degrés sur les listes de types *ṯmṣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB*. L'incertitude sur le nombre de décans, marquée par le « ou », résulte de la localisation des étoiles associées aux décans 1, 16, 27a, 28 et 32 entre deux constellations zodiacales.

147 Les listes de type *knmt* sont fragmentaires : elles ne mentionnent pas les décans 24 à 31 (Table 4) dont les étoiles associées appartiennent ou se situent près des constellations du Taureau et des Gémeaux (Table 95).

La Table 96 révèle que seules cinq tranches de l'écliptique de 30° chacune peuvent être divisées en trois parties de 10 degrés constituées chacune d'un décan égyptien. Il s'agit des tranches correspondant aux constellations du Lion, de la Vierge, du Scorpion, du Sagittaire et du Verseau. Les sept autres tranches sont constituées d'un nombre inférieur ou supérieur de décans égyptiens (Table 96). Ce résultat conforte l'idée selon laquelle les décans égyptiens diffèrent notablement des décans grecs (voir Chap. 1 §.4) : les douze constellations zodiacales ne peuvent être scindées en régions de 10 degrés occupées chacune par un décan égyptien.

5. Conclusion

Dans ce Chapitre, nous avons testé puis validé chacune des propositions d'identification des décans égyptiens portées en Table 91, étudié leur vraisemblance et leur inter-dépendance. Nous avons proposé le réarrangement des listes de types *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IC*, *Séthi IA* et *Séthi IB* et confirmé les datations établies auparavant (voir Chap. 5. §.1.4). Puis, nous avons examiné les différentes causes de variabilité de la durée des heures de nuit égyptienne : la durée de la nuit en fonction des saisons de l'année d'une part, la magnitude apparente et la localisation spatiale des étoiles associées aux décans égyptiens d'autre part. Enfin, nous avons construit la cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne. Il est ainsi clairement apparu que les décans égyptiens, à la différence des décans grecs, ne constituaient pas des divisions du cercle de l'écliptique.

Conclusion

La démarche adoptée au cours de ce travail de thèse a permis d'établir une corrélation, la plus réaliste possible, entre les 90 décans égyptiens mentionnés sur les six types de listes d'étoiles décanales dont nous disposons à l'heure actuelle, et 175 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 5 du catalogue *Hipparcos* (Table 91). Pour ce faire,

1. nous avons déduit, de la base de données archéologiques constituée de cent vestiges répartis le long de la Vallée du Nil, entre Alexandrie et Assouan, et datés d'une époque historique comprise entre 2200 BC et 50 :
 - 1.1. un catalogue constitué des appellations hiéroglyphiques de 90 décans (Table 1) ;
 - 1.2. six types de listes d'étoiles notés *tmꜣt*, *knmt*, *Senenmout*, *Séthi IA*, *Séthi IB* et *Séthi IC* ;
 - 1.3. l'époque et le lieu de conception des six prototypes de listes (Tables 7 et 10), dans les Chapitres 1, 2 et 3 ;
2. nous avons constitué, au Chapitre 4, un modèle de détermination de la période d'invisibilité annuelle des étoiles visibles à l'oeil nu combinant certains paramètres astrométriques et divers critères de visibilité d'un objet dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne (Modèle 1). Ainsi, nous avons réduit l'échantillon initial de 5041 étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 du catalogue *Hipparcos* à 1166 étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours aux lieux et époques historiques considérés, dans les conditions météorologiques et optiques fixées ;
3. nous avons examiné, au moyen des Modèles 2 et 3, la succession des levers héliaques, des levers nocturnes et des culminations des 1166 étoiles dans le ciel de l'Égypte ancienne en chaque début de décade l'année civile égyptienne. La comparaison avec le contenu des six types de listes d'étoiles dont nous disposons (Table 20) nous a permis, au Chapitre 5, de constituer un échantillon d'étoiles ou de groupes d'étoiles candidat(e)s à chacun des 90 décans égyptiens. Puis, l'application de divers critères de natures astronomique et égyptologique nous a permis de réduire, au strict minimum, chacun des 90 échantillons en question (Table 91) ;
4. nous avons soumis, au Chapitre 6, l'échantillon de 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens à des variations réalistes d'époque historique, de latitude du site d'observation, de taux d'humidité de l'air ambiant et d'acuité visuelle de l'observateur. Il est apparu que chacune des propositions d'identification déduites de ce travail résistait aux variations en question.

A ce jour, la méthode que nous avons développée et utilisée est la seule à proposer l'identification de chacun des 90 décans égyptiens (Table 92). De plus, chacune des propositions portées en Table 91 est en accord avec les données archéologiques et égyptologiques dont nous disposons (voir Chap. 6 §1.).

Nous avons examiné, au Chapitre 6, la « véracité » des six prototypes de listes d'étoiles dont nous disposons et procédé à quelques modifications concernant leurs arrangements stellaires (Tables 93 et 94). Il s'est ensuivie une datation plus affinée de l'époque de conception des six prototypes de listes en question, en accord avec les données archéologiques dont nous disposons. Par ailleurs, la transcription d'une horloge stellaire type – l'horloge stellaire n°1, en l'occurrence (voir Planche 11) – en heures de durée variable (Fig. 30), a montré que la variabilité des heures de nuit égyptiennes résultait, non seulement de la variation de la durée de la nuit au fil des saisons¹⁴⁸, mais également de la magnitude apparente et de la localisation spatiale des étoiles associées aux décans mentionnés sur cette horloge¹⁴⁹. Enfin, nous avons dressé la cartographie du ciel méridional de l'Égypte ancienne (Fig. 33a, b et c) et montré que les décans égyptiens différaient nettement des décans grecs en ce qu'ils ne constituaient pas, pour la plupart d'entre eux, des divisions du cercle de l'écliptique en régions de 10 degrés chacune (Table 96).

La méthode développée au cours de la thèse a fait l'objet d'une application :

- ✓ aux pyramides d'Égypte. Il est apparu que l'orientation astronomique de onze pyramides de l'Ancien Empire résultait de l'observation des azimuts de coucher héliaque ou nocturne d'un couple d'étoiles brillantes : α et β *Canis Minoris* ;
- ✓ aux temples d'Isis et Hathor à Dendérah. Il est apparu que leur orientation résultait de l'observation de l'azimut de lever héliaque ou nocturne de l'étoile Sirius¹⁵⁰.

Cette méthode pourrait être étendue à l'ensemble des monuments de l'Égypte ancienne dont nous connaissons, avec précision, l'orientation astronomique. Nous nous attendons à ce que l'orientation des édifices situés à l'est de la Vallée du Nil (temples) résulte de l'observation du lever héliaque ou nocturne d'étoiles tandis que l'orientation des édifices situés à l'ouest de la Vallée du Nil (temples funéraires, tombes) s'expliquerait par l'observation du coucher héliaque ou nocturne d'étoiles. Sans doute les étoiles dont l'observation de l'azimut de lever ou de coucher héliaque ou nocturne a conduit à l'orientation de ces édifices figurent-elles par ailleurs parmi les 175 étoiles candidates aux décans égyptiens (Table 91).

Enfin, il serait intéressant d'intégrer, dans les calculs d'éphémérides, les critères de visibilité d'un objet dans le ciel nocturne ou crépusculaire définis au Chapitre 4, afin qu'ils restituent la réalité véritablement observée – telle l'impossibilité d'observer un objet à proximité de l'horizon en raison des phénomènes de réfraction et d'extinction atmosphériques, de la brillance du ciel en lieu et place de cet objet et du seuil de détection par l'oeil du point source que constitue cet objet.

148 Au Chapitre 2, nous avons montré que la nuit égyptienne s'étendait de la fin du crépuscule astronomique au tout début de l'aube.

149 Au Chapitre 2, nous avons montré que l'instant d'apparition à l'est d'un décan sanctionnait la fin d'une heure de nuit.

150 Deux articles relatifs, l'un à la source astronomique des pyramides d'Égypte, l'autre à la source astronomique d'orientation des temples d'Isis et Hathor à Dendérah, sont actuellement en cours de rédaction pour soumission à publication dans des revues d'histoire de l'astronomie et d'égyptologie.

Notes des Chapitres 1 et 2

- i PT 957 : « (...) Seth, (...) you threw Osiris to the earth. » ; PT 1007 « Stand up and see this, stand up and hear this which your son has done for you, which Horus has done for you. He smites him who smote you, he binds him who bounds you (...) » ; PT 1543 : « O you who smote my father, who killed one greater than you, you have smitten my father, you have killed one greater than you. » ; PT 1544-5 : « O my father Osiris this King, I have smitten for you him who smote you as an ox ; I have killed for you him who killed you as a wild bull ; I have broken for you him who broke you as a long-horn on whose back you were, as a subjected bull. He who stretched you out is a stretched bull ; he who shot you is a bull to be shot ; he who made you deaf is a deaf bull. I have cut off its head, I have cut off its tail, I have cut off its arms, I have cut off its legs. » ; PT 1628 : « The Great Ennead has protected you, they have put Seth under you on your behalf that he may be burdened with you, they have warded off his evil influence which he spat against you » ; PT 1685 : « I am Horus who protected his father, I have smitten him who smote you, I have protected you, O my father Osiris the King, from him who would do ill to you » ; PT 1699 : « He to whom ill was done by his brother Seth comes to us say the Two Enneads (...) » ; PT 1976-7 : « Stand up and see what your son has done for you, wake up and hear [what] Horus [has done for] you. He has smitten for you him who smote you as [an ox], he has slain for you him who bound you (...) ».
- ii PT 721 : « The Great One falls upon his side, He who is in Nedit quivers, his head is lifted by Re ; he detests sleep, he hates inertness » ; PT 819 : « This Great One has fallen on his side, he who is in Nedit is felled. (...) » ; PT 972 : « You (Isis) have come seeking your brother Osiris, for his brother Seth has thrown him down on his side in yonder side of Gehesty » ; PT 1008 : « (...) Your eldest sister is she who gathered up you flesh, who closed your hand, who sought you and found on your side on the river-bank of Nedit » ; PT 1033 : « Geb (...) has found him (Osiris) thrown down upon his side in Gehesty (...) » ; PT 1256 : « They (Isis and Nephtys) have found Osiris, his brother Seth having laid him low in Nedit (...) » ; PT 1500 : « Osiris was laid low by his brother Seth, but He who is in Nedit moves, his head is raised by Re ; he detests sleep and hates inertness » ; PT 1502 : « May you wake in peace, make you wake, Osiris, in peace, may you wake, O you who are in Nedit, in peace. » ; PT 1799 : « Horus comes filled with unguent ; he sought for his father Osiris and he found him on his side in Gehesty » ; PT 2188 : « The Great One has fallen in Nedit (...) ».
- iii PT 584 : « Isis and Nephtys have found you (...) » ; PT 1008 : « (...) Your eldest sister is she who gathered up you flesh, who closed your hand, who sought you and found on your side on the river-bank of Nedit » ; PT 1255-6 : « (...) Isis comes and Nephtys comes, one of them from the west and one of them from the east, one of them as a screecher, one of them as a kite ; they have found Osiris, his brother Seth having laid him low in Nedit (...) » ; PT 1280-1 : « Thus said Isis and Nephtys : The screecher comes, the kite comes, namely Isis and Nephtys ; they have come seeking their brother Osiris, seeking their brother the King » ; PT 2144 : « (...) [...] says Isis ; I have found, says Nephtys, for they have seen Osiris on his side on the bank (...) ».
- iv PT 722 : « O flesh of the King, do not decay, do not rot, do not smell unpleasant. Your foot will not be overpassed, your stride will not be overstridden, you shall not tread on the corruption of Osiris » ; PT 1257 : « They (Isis and Nephtys) prevent you from rotting in accordance with this your name of Anubis ; they prevent your putrefaction from dripping to the ground in accordance with this your name of Jackal of Upper Egypt ; they prevent the smell of your corpse from becoming foul in accordance with your name of Horus of Akhty » ; PT 1283 : « You shall have no putrefaction, O King ; you shall have no sweat, O King ; you shall have no efflux, O King ; you shall have no dust, O King. » ; PT 1360 : « Raise yourself, O spirit of this King ! Your water is yours, your flood is yours, your efflux which issued from the putrefaction of Osiris is yours. » ; PT 1801 : « O King, I also have come to you, I fill you with the ointment which went forth from the Eye of Horus, I fill you with it. It will raise up your bones; it will reassemble your members for you, it will gather together your flesh for you ; it will let your bad sweat drop to the ground. » ; PT 1944 : « (...) When the season of Inundation comes, provide the efflux which issued from Osiris (...) ».
- v PT 848 : « The canals are filled, the waterways are flooded by means of the putrefaction which issued from Osiris. (...) »
- vi PT 734 : « Raise yourself, O King ! You have your water, you have your inundation, you have your milk which is from the breasts of Mother Isis (...) » ; PT 766 : « (O King) Receive the efflux which issued from you (...) » ; PT 788 : « You have your water, you have your flood, the fluid which issued from the god, the exudation which issued from Osiris (...) » ; PT 864 : « O King, receive this pure water of yours which issued from Elephantine, your water from Elephantine (...) » ; PT 868 : « O King, your cool water is the great flood which issued from you » ; PT 1291 : « Your water is yours, your flood is yours, your efflux which issued from Osiris is yours. (...) » ; PT 1360 : « Raise yourself, O spirit of this King ! Your water is yours, your flood is yours, your efflux which issued from the

putrefaction of Osiris is yours. » ; PT 1908 : « (...) Your water issues from Elephantine (...) » ; PT 1944 : « (...) When the season of Inundation comes, provide the efflux which issued from Osiris (...) » ; PT 2007 : « You have your water, you have your flood, you have your efflux which issued from Osiris (...) » ; PT 2031 : « You have your water, you have your flood, you have your efflux which issued from Osiris (...) ».

- vii PT 1544-5 : « O my father Osiris this King, I have smitten for you him who smote you as an ox ; I have killed for you him who killed you as a wild bull ; I have broken for you him who broke you as a long-horn on whose back you were, as a subjected bull. He who stretched you out is a stretched bull ; he who shot you is a bull to be shot ; he who made you deaf is a deaf bull. I have cut off its head, I have cut off its tail, I have cut off its arms, I have cut off its legs. »

- viii PT 616-7 : « Nephtys has collected all your members for you in this her name of Seshat, Lady of Builders. (...) » ; PT 1683-5 : « Stand up for me, O my father ; stand up for me, O Osiris the King, for I indeed am your son, I am Horus. I have come for you that I may cleanse you and purify you, that I may bring you to life and collect your bones for you, that I may gather together your soft parts for you and collect your dismembered parts for you. ».

- ix PT 584 : « (...) Horus has reassembled you (...) » ; PT 592 : « Isis has reassembled you (...) » ; PT 617 : « Horus has reassembled your members for you, and he will not let you perish ; he has put you together, and nothing shall be disturbed in you ; Horus has set you up, and there shall be no unsteadiness. » ; PT 628 : « Your two sisters Isis and Nephtys come to you that they make you hale, and you are complete and great in your name of Wall of the Bitter Lakes, you are hale and great in your name of Sea » ; PT 1008 : « (...) Your eldest sister is she who gathered up you flesh (...) » ; PT 1684 : « I (Horus) have come for you that I may cleanse you and purify you, that I may bring you to life and collect your bones for you, that I may gather together your soft parts for you and collect your dismembered parts for you » ; PT 1786 : « Rouse yourself, O King ! Turn yourself about, O King ! I am Nephtys, and I have come that I may lay hold of you and give to you your heart for your body. » ; PT 1789 : « I (probably Isis) have put my brother together, I have reassembled his members » ; PT 1799-1801 : « Horus comes filled with unguent ; he sought for his father Osiris and he found him on his side in Gehesty ; Osiris has filled himself with the Eye of Him whom he begot. O king, I also have come to you, I fill you with the ointment which went forth from the Eye of Horus, I fill you with it. It will raise up your bones, it will reassemble your members for you, it will gather together your flesh for you ; it will let your bad sweat drop to the ground » ; PT 1884 : « Rouse yourself, turn yourself about, O King, for I am Isis ; I have come that I may lay hold of you and give you your heart for your body. » ; PT 1892 : « (...) [O Osiris] the King, I (Horus) have brought for you your heart into your body, I have set it in place for you. » ; PT 1981 : « A libation for you is poured out by Isis, [Nephtys has cleansed you, even your two] great and mighty sisters who gathered your flesh together, who raised up your members, and who caused your eyes to appear in your head. » ; PT 2127 : « Wake, wake, O my father Osiris, for I am your son who loves you, I am <your> son Horus who loves you. Behold, I have come that I may bring to you what he (Seth) took from you (...) ».

- x PT 371-2 : « (...) Isis nurses him, Nephtys suckles him, Horus accepts him besides him, he purifies this King in the Jackal Lake, he cleanses this King's double in the Lake of the Netherworld, he wipes over the flesh of this King's double and of his own by means of that which is on the shoulders of Re in the horizon (...) » ; PT 644 : « Horus has struck your mouth for you, he has adjusted your mouth to your bones for you, Horus has split open your mouth for you, and it is your well-beloved son who has re-set your eyes for you (...) » ; PT 841 : « O King, stand up, that you may be pure and that your double may be pure, for Horus has cleansed you with cold water. » ; PT 1089 : « I have gone up in Pe to the Souls of Pe, I am girt with the girdle of Horus, I am clad with the garment of Thoth, Isis is before me and Nephtys is behind me » ; PT 1257 : « They (Isis and Nephtys) prevent you from rotting in accordance with this your name of Anubis ; they prevent your putrefaction from dripping to the ground in accordance with this your name of Jackal of Upper Egypt ; they prevent the smell of your corpse from becoming foul in accordance with this your name of Horus of Akhty » ; PT 1281-3 : « Weep for your brother, O Isis ; weep for your brother, O Nephtys ; weep for your brother ! Isis sits down with her hands on her head, Nephtys has grasped the tips of her breasts because of their brother the King, who crouches on his bely, an Osiris in his danger, an Anubis foremost of grip. You shall have no putrefaction, O King ; you shall have no sweat, O King ; you shall have no efflux, O King ; you shall have no dust, O King. » ; PT 1330 : « Your mouth is split open by Horus with this little finger of his with which [he] split open the mouth of his father, with which he split open the mouth of Osiris. » ; PT 1981 : « A libation for you is poured out by Isis, [Nephtys has cleansed you, even your two] great and mighty sisters who gathered your flesh together, who raised up your members, and who caused your eyes to appear in your head. » ; PT 2098 : « Your face is that of a jackal, your flesh is that of Atum, your soul is within you, your power is about you, Isis is before you and Nephtys is behind you » ; PT 2220-1 : « (...) O King, Horus has split open your mouth for you, he has split open your eyes with the God's-Castle adze, with the Great-of-Magic adze (...) ».

- xi PT 572 : « O King, your head is knit to your bones for you, and your bones are knit to your head for you. The doors of the sky are opened to you, the great bolts are drawn back for you, the brick is drawn out of the great tomb for you. » ; PT 654-5 : « Oho ! Oho ! Raise yourself, O King ; receive your head, collect your bones, gather your limbs together, throw off the earth from your flesh, receive your bread which does not grow mouldy and your beer which does not grow sour, and stand at the doors which keep out the plebs. Kenty-Menutef comes out to you and grasps your hand, he takes you to the sky, to your father Geb. » ; PT 980 : « As for any spirit or any god who will help me <when I ascend to the sky> on the ladder of the god : my bones are assembled for me, my limbs are gathered together for me, and I leap up to the sky into the presence of the god of the Lord of the ladder. » ; PT 2007-9 : « You have your water, you have your flood, you have your efflux which issued from Osiris ; gather together your bones, make ready your members, throw off your dust, loosen your bonds. The tomb is opened for you, the doors of the coffin are drawn back for you, the doors of the sky are thrown open for you (...) ».
- xii PT 250 : « I come to you, O Nut, I come to you, O Nut, I have cast my father to the earth, I have left Horus behind me, (...) » ; PT 326 : « (...) The King stands on the eastern side of the celestial vault, there is brought to him a way of ascent to the sky (...) » ; PT 365 : « A stairway to the sky is set up for me that I may ascend on it to the sky (...) » ; PT 549 : « The sky thunders, the earth quakes, because of the dread of you, O Osiris, when you ascend. » ; PT 604 : « (...) Grasp the King by his hand and take the King to the sky, that he may not die on earth among men. » ; PT 1031 : « I have come to you, my father, I have come to you, O Geb ; may you give me your hand, so that I may ascend to the sky to my mother Nut. » ; PT 1120-1 : « The sky thunders, the earth quakes, Geb quivers, the two domains of the god roar, the earth is hacked up, and the offering is presented before me. I ascend to the sky, I cross over the iron (firmament) (...) » ; PT 1149 : « Geb laughs, Nut shouts for joy before me when I ascend to the sky. » ; PT 1291 : « (...) The doors of the sky are opened for you, the doors of Nut are thrown open for you ; the doors of the sky are opened for you, the doors of the firmament are thrown open for you. » ; PT 1344-5 : « Nut the Great puts her hand on him, (even) she the long-horned, the pendulous of breast. She suckles this King and does not wean him, she takes him to <herself> at the sky, she does not drop him to earth (...) » ; PT 1416-7 : « I am pure, I have taken the golden kilt, I ascend to the sky, and the earth remains behind. (...) » ; PT 1474 : « They (the gods) place their hands under you, they make a ladder for you that you may ascend on it to the sky, the doors of the sky are opened for you » ; PT 1566 : « It is my mother the great Wild Cow, long of plumes, bright of head-cloth, pendulous of breasts, who has lifted me up to the sky, not having left me on earth, among the gods who have power. » ; PT 1925 : « Lift yourself to the sky in company with the stars which are in the sky (...) » ; PT 2171 : « Nut has laid her hands on you, O King, even she whose hair is long and whose breasts hang down ; she carries you for herself to the sky, she will never cast the King down to earth. » ; PT 2234 : « The sky thunders, the earth quakes, [...] O King, Geb has given you up and Nut has accepted you ; ascend to the sky, for the doors of the sky are opened for you, the earth is hacked up for you, and an offering is presented to you ».
- xiii PT 208 : « Go up, open your way by means of the bones of Shu, the embrace of your mother Nut will enfold you. (...) » ; PT 580 : « (...) your mother Nut has spread herself over you in her name of Shet-pet » ; PT 616 : « (...) She (Nephtys) has made them (your members) hale for you, you having been given to your mother Nut in her name of Sarcophagus, she has embraced you in her name of Coffin, and you have been brought to her in her name of Tomb » ; PT 638 : « Your mother Nut has spread herself over you in her name of Shet-pet, she has caused you to be a god to your foe in your name of God, she will protect you from all things evil in her name of Great Well, for you are the gretest of her children » ; PT 777 : « O Nut, spread yourself over your son Osiris the King that you may conceal him from Seth ; protect him, O Nut (...) » ; PT 778 : « O Nut, fall over your son Osiris the King, protect him, O Great Protectress, (even) this great one who is among your children » ; PT 825 : « O King, your mother Nut spreads herself over you that she may conceal you from all things evil, for she has protected you from all things evil, and you are the greatest of her children. » ; PT 1300 : « (...) Your mother Nut lays hold of you that she may enfold you (...) » ; PT 1607-8 : « O Osiris the King, your mother Nut has spread herself over you in her name of Shet-pet ; she has caused you to be as a god to your foe in your name of God ; she has protected you from everything evil in her name of « Great Protectress », for you are the eldest among her children. » ; PT 1629 : « Nut has fallen upon her son, namely you, that she may protect you ; she enfolds you, she embraces you, she lifts you up, for you are the eldest among her children. » ; PT 2009 : « The tomb is opened for you, the doors of the coffin are drawn back for you, the doors of the sky are thrown open for you (...) ».
- xiv PT 756 : « Ascend to your mother Nut ; she will take your hand and give you a road to the horizon, to the place where Re is. The doors of the sky are opened to you, the doors of the firmament are thrown open to you. » ; PT 2028 : « O King, be pure, that Re may find you standing with your mother Nut, that she may lead you on the ways of the horizon, and that you may make your abode there happily in the company of your double for ever and ever. ».

- xv PT 337 : « (...) The reed-floats of the sky are set in place for me that I may cross on them to the horizon, to Re. (...) » ; PT 342 « (...) The reed-floats of the sky are set down for me that I may cross on them to the horizon, to Harakhti. (...) » ; PT 351 : « The reed-floats of the sky are set in place for me myself that I may cross on them to the horizon, to Re and to Harakhti. (...) » ; PT 461-2 : « My seat is with you, O Re, and I will not give it to anyone else ; I will ascend to the sky to you, O Re (...) » ; PT 517 : « O you the back of whose head is behind him, bring to the King the ... which was on the back of Osiris, so that the King may ascend on it to the sky and that the King may escort Re in the sky. » ; PT 710 : « (...) I assume my pure seat which is in the bow of the Bark of Rê » ; PT 733 : « (...) Make yourself ready until Re comes that you may be pure when you ascend to Re, and the sky will not be devoid of you for ever. » ; PT 756 : « Ascend to your mother Nut ; she will take your hand and give you a road to the horizon, to the place where Re is (...) » ; PT 915 : « I am going to the sky that I may see my father, that I may see Re, say I » ; PT 974 : « You (Horus) have given to him (Osiris) the ladder of Seth, that he may ascend to the sky and escort Re. » ; PT 1442 : « I have come to you, O Re, I have come to you, O Limitless, and I will row you, I will escort you (...) » ; PT 1517 : « (...) He (the King) will indeed ascend and rise to the sky, he will act as escort to Re. » ; PT 2045 : « The King embarks with Re in his great bark of his, he navigates in it to the horizon in order to rule the gods in it ».
- xvi PT 530 : « I am pure, I take to myself my iron bones, [I] stretch out [for myself] my imperishable limbs which are in the womb of my mother Nut. » ; PT 1416-7 : « I am pure, I have taken the golden kilt, I ascend to the sky, and the earth remains behind. Pressure is in your womb, O Nut, through the seed of the god which is in you ; it is I who am the seed of the god which is in you. O Nut, receive me as you would receive the son of a god. ».
- xvii PT 623 : « (...) you are a spirit whom Nut bore, whom Nephtys suckled, and they put you together. (...) » ; PT 626 : « O Osiris the King, arise, lift yourself up ! Your mother Nut has borne you, Geb has wiped your mouth for you (...) » ; PT 820 : « (...) My beautiful one ! said his mother ; My heir ! said his father (of) him whom the sky conceived and the dawn-light bore. O King, the sky conceives you with Orion, the dawn-light bears you with Orion. » ; PT 823 : « O Nut (...) Assign this King to life, lest he perish. » ; PT 883 : « (...) The sky has borne you with Orion, the year has put a fillet on you with Osiris » ; PT 1145 : « (...) I am a great one, the son of a great one, whom Nut bore (...) » ; PT 1428 : « (...) It is my rebirth today, you gods ; I do not (now) know my first mother whom (once) I knew, it is Nut who has borne me and also Osiris. » ; PT 1516 : « The King has come to you, O mother of the King, he has come to Nut, that you may bring the sky to the King and hang up the stars for him, for his savour is the savour of your son who issued from you, the King's savour is that of Osiris your son who issued from you. » ; PT 1527 : « The sky has conceived him (Osiris), the dawn has borne him, and this King is conceived with him by the sky, the King is borne with him by the dawn. » ; PT 1833 : « [...] This King is Osiris, whom [Nut] bore (...) » ; PT 2057 : « The King is one of these four beings whom Atum begot and Nut bore » ; PT 2116 : « Raise yourself because of your strength, may you ascend to the sky, may the sky give birth to you like Orion, may you have power in your body, and may you protect yourself from your foe. ».
- xviii PT 305-6 : « (...) The King takes possession of the sky, he cleaves its iron ; the King is conducted <on> the roads to Khepri, the King rests in life in the West, and the dwellers in the Netherworld attend him. The King shines anew in the East, and he who settled the dispute will come to him bowing (...) » ; PT 877 : « (...) you are this Lone Star which comes forth from the east of the sky (...) » ; PT 882-3 : « O King, you are this great star, the companion of Orion, who traverses the sky with Orion, who navigates the Netherworld with Osiris ; you ascend from the east of the sky, being renewed at your due season and rejuvenated at your due time. The sky has borne you with Orion, the year has put a fillet on you with Osiris. » ; PT 888 : « I shine in the East like Rê, I travel in the West like Khepri (...) » ; PT 1465 : « Hear, O Geb, chiefest of the gods, and equip me with my shape ; hear, O Thoth, in whom is the peace of the gods. Open, O Horus ; stand guard, O Seth, that I may rise in the eastern side of the sky like Re who rises in the eastern side of the sky. » ; PT 1862 : « (...) Go to Re and tell Re that an arm is upraised in the east when he (the dead king as Osiris) has come as a god. (...) » ; PT 1960 : « The King is bound for the eastern side of the sky, for the King was conceived there and the King was born there. » ; PT 2078-9 : « These four gods, friends of the King, attend on this King, (namely) Imsety, Hapy, Duamutef, and Kebhsenuf, the children of Horus of Khem ; they tie the rope-ladder for this King, they make firm the wooden ladder for this King, they cause the King to mount up to Khepri when he comes into being in the eastern side of the sky. ».
- xix PT 732 : « (...) you belong to the stars who surround Re, who are before the Morning Star, you are born in your months as the moon, Re leans upon you in the horizon » ; PT 856 : « The King knows it, this utterance of Re, the King recites them, these spells of Harakhti, and the King will be the familiar of Re, the King will be the companion of Harakhti, and the King's hand will be held in the sky among the Followers of Re. » PT 919 : « When Re ascends in the East, he will find me there (i.e., in the horizon) ; when Re comes to the West, he will find me there ; (as for)

the fair place in which Re walks, he will find me there. » ; PT 971 : « Hail to you, Ladder of the God ! Hail to you, Ladder of Seth ! Stand up, Ladder of the God ! Stand up, Ladder of Seth ! Stand up, Ladder of Horus, which was made for Osiris that he might ascend on it to the sky and escort Re. » ; PT 1171 : « Be pure, occupy your seat in the Bark of Re, row over the sky and mount up to the distant ones (...) » ; PT 1246 : « Go aboard this bark of Re which the gods row ; rise up, for they will rejoice at meeting you just as they rejoice at meeting Re when he ascends in the east, having been lifted up, lifted up. » ; PT 1372 : « you belong to those who surround Re, who are about the Morning Star (...) » ; PT 1480 : « O my father, take me with you to your mother Nut, that the doors of the sky may be opened for me and that the doors of the firmament may be thrown open for me. I am on my way to you that you may nourish me ; command that I shall sit beside you, beside Him who at morning-tide is on the horizon. » ; PT 1531 : « O King, you shall not go into these eastern lands, you shall go into those western lands by the road of the Followers of Re (...) » ; PT 1687 : « Go aboard this bark of Re to which the gods desire to draw near, aboard which the gods desire to go, in which Re rows to the horizon, that you may go aboard it as Re ».

xx PT 743 : « Hail to you, my father, on this your day when you stand before Re when he ascends from the East (...) » ; PT 820 : « (...) My beautiful one ! said his mother ; My heir ! said his father (of) him whom the sky conceived and the dawn-light bore. O King, the sky conceives you with Orion, the dawn-light bears you with Orion. » ; PT 1082 : « The sky is pregnant of wine (i.e., red at dawn), Nut has given birth to her daughter the dawn-light, and I raise myself indeed ; my third is Soped (i.e., Sirius), pure of seats. » ; PT 1527 : « The sky has conceived him, the dawn has borne him, and this King is conceived with him by the sky, the King is borne with him by the dawn. ».

xxi PT 2063-4 : « The waters of life which are in the sky come, the waters of life which are in the earth come, the sky is aflame for you, the earth quakes at you before the god's birth ; the two mountains are split apart, the god comes into being, the god has power in his body ; (so) the two mountains are split apart, this King comes into being, this King has power in his body. » ; PT 2112-3 : « O King, the inundation comes, the flood hastens, Geb engenders ; provide the efflux of the god which is in you, that your heart may live, that your body may be revived, and that your sinews may be loosed. »

xxii PT 151 : « Orion is swallowed up (i.e. encircled) by the Netherworld (i.e., the stars vanish at dawn), Pure and living in the horizon. Sirius is swallowed up by the Netherworld, Pure and living in the horizon. I am swallowed up by the Netherworld, Pure and living in the horizon. » ; PT 186 : « In your name of Dweller in Orion, with a season in the sky and a season on earth. » ; PT 357 : « My sister is Sirius, my offspring is the Morning Star, I am on the underside of the sky with Re. I am vindicated ; Rejoice over me, rejoice over my double ! » ; PT 363 : « My sister is Sirius (...) » ; PT 458 : « The sky is clear, Sirius lives (i.e., is visible), because I am a living one, the son of Sirius (...) » ; PT 723 : « You shall reach the sky as Orion, your soul shall be as effective as Sirius (...) » ; PT 819 : « (...) Behold, he has come as Orion, behold, Osiris has come as Orion » ; PT 882 : « O King, you are this great star, the companion of Orion, who traverses the sky with Orion, who navigates the Netherworld with Osiris » ; PT 929 et 935 : « I am vindicated and my double is vindicated ; Sirius is my sister, the Morning Star is my offspring. » ; PT 959 : « (...) when you said, O Seth : « It was he (Osiris) who kicked me », when there came into being this his name of Orion, long of leg and lengthy of stride, who presides over Egypt. » ; PT 1707 : « Your sister is Sirius, your offspring is the Morning Star, and you shall sit between them on the great throne which is in the presence of the Two Enneads. » ; PT 2116 : « Raise yourself because of your strength, may you ascend to the sky, may the sky give birth to you like Orion, may you have power in your body, and may you protect yourself from your foe. » ; PT 2126 : « (...) His brother is Orion, his sister is Sirius, and he (the King) sits between [them] in this land for ever. » ; PT 2172 : « She (Nut) bears you, O King, like Orion, she makes your abode at the head of the Conclaves. (...) » ; PT 2180 : « [Live,] be alive ! Be young beside your father, beside Orion in the sky. »

xxiii PT 1469 : « (..) Re has taken this King to himself to the sky so that this King may live, just as he who enters into the west of the sky lives when he goes up in the east of the sky ».

xxiv PT 543 : « Hail to you, Re, you who traverse the sky and cross Nut, having traversed the Winding Waterway. (...) » ; PT 698 : « My seat with Geb is made spacious, my star is set on high with Re, I travel to and fro in the Fields of Offerings, for I am that Eye of Re which spends the night and is conceived and born every day. » ; PT 705 : « I am the eye of yours which is on the horns of Hathor, which turns back the years from me ; I spend the night and am conceived and born every day. » ; PT 1688 : « sit on the throne of Re that you may give orders to the gods, because you are Re who came forth from Nut who bears Re daily, and you are born daily like Re » ; PT 1835 : « His mother the sky bears him alive every day like Re, and he appears with him in the East, he goes to rest with him in the West, and his mother Nut is not free from him any day. ».

xxvDT 1-2 : « It is to the boundaries of the sky that these stars travel outside her (Nut) in the night when they shine and are seen. It is within her that they travel in the day when they do not shine and are not seen. ».

xxviDT 6 : « (...) The one which goes to the earth dies and [enters the Duat. It stops in the House of Geb] seventy [days. It looses] its [impurity] to the earth in seventy days. » ; PC V,37-9 : « It stops in the House of Geb seven decades (of days). (...) It looses its impurity to the earth in seven decades. (...) It is said : It is [in] the Embalming-House that [it] is left for seventy days until ... » ; PC V,43-4 : « It is pure and it comes into existence in the horizon like Sirius. It rises and it comes into existence in the horizon like Sirius – that is to say, every one of them (i.e., the stars). It means : Sirius – it happens that she customarily spends seventy days in the Duat and she rises again. » ; PC VI,4 : « These are the heads of the gods. These are the risings of the gods. Another version : these – that is to say, Orion and Sirius, who are the first of the gods – that is to say, they customarily spend seventy days in the Duat <and they rise> again. ».


xxviiDT 12 : « Their burial take place like (those of) men. Its duration in the Duat indeed takes place. This is <what is done by the dying>.(...) » ; PC V,37-9 : « It stops in the House of Geb seven decades (of days). (...) It looses its impurity to the earth in seven decades. (...) It is said : It is [in] the Embalming-House that [it] is left for seventy days until ... » ; PC VI, 38-9 : « <Their burials> take place like (those of) men. The burials take place like (those of) men – that is to say, they are the likeness of the burial-days which are for men today – that is to say, the seventy days which they pass in the Embalming-House before the utterance of words by them. ».

xxviiiPC V,44 : « (...) it happens that she (Sirius) customarily spends seventy days in the Duat and she rises again. » ; PC VI,4 : « (...) Orion and Sirius, who are the first of the gods (...) customarily spend seventy days in the Duat <and they rise> again. »

xxixPC E.III,1-2 : « (...) a star dies and a star lives every decade (of days) (...) which goes around the year » ; BN V : « One dies and another lives every decade (of days). » ; PC E.III,26 : « One (star) dies and another lives every decade (of days). [One] sets while another rises every [decade] ; DT 6-12 : « (...) The one which goes to the earth dies and [enters the Duat. It stops in the House of Geb] seventy [days. It looses] its [impurity] to the earth in seventy days (...) They are pure, they live, and their heads are placed for them in the east. It happens that [one]dies and another lives [every decade (of days)] (...) They go forth from the Duat and they withdraw to the sky. (...) Their burial take place like (those of) men. Its duration in the Duat indeed takes place. This is <what is done by the dying>.(...) » ; PC V,16 : « (...) It happens that it is with Re that they rise from the House [of Geb]. » ; PC V,24 : « With this god (Re) they [enter] and with him they go forth. It is with the god that they set and it is with him that they rise again. » ; PC V,31-2 : « (...) The mother of the gods (Nut) – that is to say, because [she bore] them – that is to say, the stars. » ; PC V,35 : « The one which goes to the earth dies and enters the Duat. (...) » ; PC V,37-9 : « It stops in the House of Geb seven decades (of days). (...) It looses its impurity to the earth in seven decades. (...) It is said : It is [in] the Embalming-House that [it] is left for seventy days until ... » ; PC V,41 : « The name of « Living » is pronounced to the one having loosened (...) » ; PC V,43-4 : « It is pure and it comes into existence in the horizon like Sirius. It rises and it comes into existence in the horizon like Sirius – that is to say, every one of them (i.e., the stars). It means : Sirius – it happens that she customarily spends seventy days in the Duat and she rises again. » ; PC VI,1-4 : « They are pure, they live, and they show their heads in the east. They rise, they shine, and they appear in the east. It happens that one dies and another lives every decade (of days). The setting of one takes place and another rises every decade. These are the heads of the gods. These are the risings of the gods. Another version : these – that is to say, Orion and Sirius, who are the first of the gods – that is to say, they customarily spend seventy days in the Duat <and they rise> again. » ; PC VI,21-3 : « The life of the stars. The rising of the stars (...) <They> go forth from the Duat (...) and they withdraw to the sky (...) - that is to say, and they rise in the sky, becoming distant from earth. » ; PC VI,38-42 : « <Their burials> take place like (those of) men (...) - that is to say, they are the likeness of the burial-days which are for men today – that is to say, the seventy days which they pass in the Embalming-House before the utterance of words by them. That is their way of rest. It (the star) is « Chief of the Book » when it praises in order to recite the 42 utterances, so that it may withdraw. Its duration in the Duat indeed takes place. It is the taking place of its duration in the Duat – that is to say, every one of the stars – that is to say, seventy days. This is what is done by the dying. The one which sets is the one which does this – that is to say, the stars among them which goes to the Duat. »

xxxPT 151, 186, 408, 723, 802, 819-21, 882-3, 925, 959, 1436, 1561, 1717, 1763, 2116, 2126, 2172, 2180, 2268 ; CT 54, 149, 186, 199-201, 218, 251, 281, 316, 356, 390, 454, 494-500, 535, 543, 545, 547, 582, 607.

xxxixPT 151, 341, 357, 363, 458-9, 632, 723, 822, 929, 935, 965, 1074, 1082, 1123, 1152, 1428, 1437, 1482, 1561, 1636, 1707, 2126 ; CT 80, 83, 95, 135, 148, 164, 176, 186, 202, 231, 251, 281, 322, 331, 494, 496, 499.

xxxiiLe jour et la nuit égyptiennes étaient constitués de douze heures. Les premières traces de cette division temporelle sont apparues au sein des *Textes des Pyramides* (Faulkner, 1969) : « O you who are over the hours, who are before Re, prepare a way for me so that I may pass within the patrol of those with warlike faces » (PT 269). Selon Otto Neugebauer et Richard A. Parker, la division du jour en douze heures découlerait de celle de la nuit noire en douze heures. Elle serait la conséquence directe de la division de l'année civile égyptienne en décades ou périodes de dix jours, combinée à l'utilisation des diagrammes stellaires faisant l'objet de la présente étude (Neugebauer et Parker, 1960, pages 116-121). Par ailleurs, un terme à la graphie similaire désigne les étoiles :  (Clagett, 1995, page 49), ce qui tend à démontrer que l'observation des objets peuplant leur ciel conduisit très tôt les anciens Egyptiens à déterminer les heures de nuit.

xxxiiiEntre les sixième et septième heures de nuit figure une bande d'inscriptions hiéroglyphiques relatives aux offrandes que le défunt devait faire à plusieurs divinités : *Rê*, *Nout*, *Sah*, *Soped*, etc. (Neugebauer et Parker, 1960, page 27).

xxxivLa déesse du ciel *Nout*, la cuisse de Taureau *Meskhethu*, les images de *Sah* et *Soped*, apparaissent au sein d'une bande d'inscriptions verticale séparant les colonnes en deux groupes (voir Planche 4).

xxxvLe détail du fonctionnement des horloges stellaires datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire figure dans l'article de Leo Depuydt (1998).

xxxviPC V,43-4 : « It is pure and it comes into existence in the horizon like Sirius. It rises and it comes into existence in the horizon like Sirius – that is to say, every one of them (i.e., the stars). It means : Sirius – it happens that she customarily spends seventy days in the Duat and she rises again. ». Pour plus de détails, voir Chap. 1 §. 1 note xxix.

Bibliographie

- Allen, C.W.**, « Astrophysical quantities », 3rd Edition, Athlone, London, 1976.
- Aoki S., Guinot B., Kaplan G.H., Kinoshita H., McCarthy D., Seidelmann P.K. et D.**, « The new definition of universal time », *Astronomy and Astrophysics*, Volume 105, page 359, 1982.
- Barguet P.**, « Textes des sarcophages égyptiens du Moyen Empire », Editions du CERF, 1986.
- Belmonte J.A.**, « The decans and the ancient Egyptian skylore : an Astronomer's approach », In *Proceedings of the INSAP III Meeting*, Palermo, 31 December 2000 to 6 January 2001, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 2001.
- Benderitter T.**, « Sennedjem » :
<http://www.osirisnet.net/tombes/artisans/sened/sennedjem.htm>.
- Böcker R.**, « Uber Namen und Identifizierung der ägyptischen Dekane », *Centaurus* Volume 27, 1984, pages 189-217.
- Borkowski K.M.**, « ELP 2000-85 and the Dynamical Time – Universal Time relation », *Astronomy and Astrophysics*, Volume 205, 1988, pages L8-10.
- Bouguer, P.**, « Essai d'optique sur la Gradation de la Lumière », Claude Jombert, Paris, 1729.
- Bower F.A. et Ward R.B.**, « Stratospheric ozone and Man », CRC Press, Boca Raton, 1982.
- Bretagnon P.**, « Détermination du lever héliaque de l'étoile Sirius (Sôthis) », 2000. Le formulaire de calcul est disponible sur le site Web de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (IMCCE) :
<http://www.imcce.fr/page.php?nav=fr/ephemerides/astronomie/sothis/index.php>.
- Brugsch H.**, « Thesaurus Inscriptionum Aegyptiacarum. Abtheilung 1 : Astronomische und astrologische Inschriften altaegyptischer Denkmaler », Leipzig, 1883.
- Bureau des Longitudes (BDL)**, « Introduction aux Ephémérides astronomiques », EDP Sciences, 1998.
- Capitaine N.**, « Astronomical catalogues », AccessScience, McGraw-Hill, 2006.
- Capitaine N., Wallace P.T., Chapront J.**, « Expressions for IAU 2000 precession quantities », *Astronomy and Astrophysics*, Volume 412, pages 567-586, 2003.
- Centre de données astronomiques de Strasbourg (CDS)** : <http://cdsweb.u-strasbg.fr>
- Chapront-Touzé M. et Chapront J.**, « Lunar tables and programs from 4000 BC to AD 8000 », Willmann-Bell, Richmond, 1991, pages 6-7.
- Clagett M.**, « Ancient Egyptian Science Volume 2 : Calendars, Clocks and Astronomy », American Philosophical Society, 1995.
- Davis V.L.**, « Identifying ancient Egyptian constellations », *Archaeoastronomy Supplement, Journal for the History of Astronomy* n°9, 1985, S102-4.
- Depuydt L.**, « Ancient Egyptian star clocks and their theory », *Bibliotheca Orientalis* LV n°1/2, January-April 1998, pages 5-43.
- Depuydt L.**, « Civil Calendar and Lunar Calendar in ancient Egypt », Peeters, 1997.
- Desroches-Noblecourt C.**, « Le zodiaque de Pharaon », *Archeologia* n°292, 1993, pages 20-45.
- Eggerbrecht A.**, « Suche nach Unsterblichkeit », Mainz, 1990, pages 58-61.
- El-Khadragy M. et Kahl J.**, « The First Intermediate Period Tombs at Asyut Revisited », *Studien zur Altägyptischen Kultur* 32, 2004, pages 233-43.
- Erman A. et Grapow H.**, « Wörterbuch der Aegyptischen Sprache », 13 volumes, Berlin, réédition 1982.
- ESA (European Space Agency)**, « The Hipparcos and the Tycho catalogues », ESA SP-1000, 17 Volumes, 1997.
- Faulkner R.O.**, « The ancient Egyptian pyramid texts », Aris&Phillips, Warminster, England, 1969.

- Gadré K. et Roques S.**, « Correlation between the old Egyptian decanal stars and stars of the Hipparcos catalogue », soumis à publication, 2007e.
- Gadré K. et Roques S.**, « Astronomical dating proposals of the ancient Egyptian stellar clocks », à paraître dans *Revista de la Sociedad Uruguaya de Egiptologia* n°26, 2007d.
- Gadré K. et Roques S.**, « L'année civile égyptienne et les horloges stellaires », à paraître dans *Revista de la Sociedad Uruguaya de Egiptologia*, n°25, 2007c.
- Gadré K. et Roques S.**, « Préalable à l'identification des décans égyptiens : constitution d'une base de données archéologiques », à paraître dans *Göttinger Miszellen, Beiträge zur ägyptologischen Diskussion*, 2007b.
- Gadré K. et Roques S.**, « Catalogue d'étoiles peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne » à paraître dans les *Cahiers Caribéens d'Égyptologie* n°11, 2007a.
- Gadré K.**, « Le lever héliaque de Sirius, source de datation historique », *Cahiers Caribéens d'Égyptologie* n°6, février-mars 2004, pages 5-25.
- Garstang R.H.**, « Night-sky brightness at Observatories and Sites », *Publication of the Astronomical Society* n°101, 1989, pages 306-29.
- Golvin J.C. et Martinez P.**, « Aux sources de l'Égypte ancienne », *Les temps qui courent*, 1998.
- Gontcharov G.A., Andronova A.A., Titov O.A., Kornilov E.V.**, « Proper motion of fundamental stars. I. 1535 stars from the Basic FK5 », *Astronomy Astrophysics*, Volume 365, page 275, 2001.
- Grandet P. et Mathieu B.**, « Cours d'égyptien hiéroglyphique », Khéops, 2003.
- Guilhou N.**, « Les deux morts d'Osiris, d'après les textes des pyramides », *Egypte* n°10, août 1998.
- Hannig R. et Vomberg P.**, « Wortschatz der Pharaonen in Sachgruppen », Verlag Philipp von Zabern, Mainz, 1999.
- Hayes D.S. et Latham D.W.**, « Rediscussion of the Atmospheric Extinction and the Absolute Spectral-Energy Distribution of Vega », *Astrophysics Journal* n°197, 1975, pages 593-601.
- Hecht S., Knoll, Tousey et Hubert**, « Visual thresholds of steady point sources of light in fields of brightness from dark to daylight », *Journal of the Optical Society of America* n°37, 1947, page 59.
- Hog E., Fabricius C., Makarov V.V., Urban S., Corbin T., Wycoff G., Bastian U., Schwekendiek, Wicenec A.**, « The Tycho-2 catalogue of the 2.5 million brightest stars », *Astronomy Astrophysics*, 355, L27-L30, 2000.
- Hornung E.**, « History of ancient Egypt : an Introduction », Cornell University Press, Ithaca, New York, 1999.
- IAU (International Astronomical Union)**, « Standards of Fundamental Astronomy : SOFA tools for Earth Attitude », <http://www.iau-sofa.rl.ac.uk>, 2007.
- IERS (International Earth Rotation Service)**, 1992, Observatoire de Paris.
- Ivanov G.A.**, « Catalogue of stars with high proper motions – Version 1 », Main Astronomical Observatory, Kiev, Ukraine, 2007.
- Jet Propulsion Laboratory (JPL)** : <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.html>.
- Kahl J.**, « Siut und Theben : zur Wertschätzung von Traditionen im Alten Ägypten », PÄ, Band 13, XI + 401 S, Leiden, 1999, pages 197-205.
- Kahl J.**, « Textkritische Bemerkungen zu den Diagonalsternuhren des Mittleren Reiches », *SAK* 20, 1993, pages 95-107.
- Kamal A.B.**, « Fouilles à Deir Dronka et à Assiout (1913-1914) », *Annales du Service des Antiquités de l'Égypte*, Volume 16, Cairo 1916, pages 65-114.
- Khartchenko N.V., Piskunov A.E., Scholz R.-D.**, « The catalogue of radial velocities of galactic stars with high-precision astrometric data (CRVAD) », *Astronomische Nachrichten* 325, page 439, 2004.

- Koomen M.J., Lock C., Parker D.M., Scolnik R., Tousey R., Hulburt E.O.**, « Measurements of the brightness of the twilight sky », *Journal of the Optical Society of America* n°42, 1952, pages 353-6.
- Kovalevsky J. et Seidelmann P.K.**, « *Fundamentals of Astrometry* », Cambridge University Press, 2004.
- Krisciunas K. et Schaefer B.E.**, « A model of the brightness of moonlight », *Publication of the Astronomical Society of Pacific* n°103, 1991, pages 1033-39.
- Krisciunas K.**, « Further measurements of extinction and sky brightness on the Island of Hawaiï », *Publications of the Astronomical Society of Pacific* n°102, 1990, pages 1052-63.
- Krisciunas K. et al.**, « Atmospheric extinction and night-sky brightness at Mauna Kea », *Publications of the Astronomical Society of Pacific* n°99, 1987, page 887-94.
- Leitz C.**, « *Altägyptische Sternuhren* », *Orientalia Lovaniensia Analecta*, Peeters, 1995.
- Leitz C.**, « *Studien zur Ägyptischen Astronomie* », Otto Harrassowitz, Wiesbaden, 1991.
- Lieske J.H., Lederle T., Fricke W., Morando B. et W.**, *Astronomy and Astrophysics*, Volume 58, page 1, 1977.
- Locher K.**, « Middle Kingdom Astronomical Coffin Lids : extension of the corpus from 12 to 17 specimens since Neugebauer et Parker », *Proceedings of the Seventh International Congress of Egyptologists*, *Orientalia Lovaniensia Analecta* n°82, 1998, pages 697-702.
- Locher K.**, « Two further coffin lids with diagonal star clocks from the Egyptian Middle Kingdom », *Journal for the History of Astronomy* XXIII, 1992, pages 201-7.
- Locher K.**, « A further coffin-lid with a diagonal star-clock from the Egyptian Middle Kingdom », *Journal for the History of Astronomy* XIV, 1983, pages 141-4.
- Locher K.**, « A conjecture concerning the early Egyptian constellation of the Sheep », *Archaeoastronomy Supplement*, *Journal for the History of Astronomy* n°3, 1981, S63-5.
- Lull J.**, « La astronomia en el antiguo Egipto », *Universitat des Valencia*, 2004.
- Maness, L.V.**, « Geological exploration in Egypt using remote sensing techniques », *Convegno internazionale scientifico sullo spazio*. 24, 1984, pages 153-62.
- Meeks D.**, « *Année Lexicographique - Égypte ancienne* » [tome 1 1977, tome 2 1978, tome 3 1979], Paris, réédition Cybèle, 1998.
- Meinel A. et Meinel M.**, « *Sunsets, twilights and evening skies* », Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
- Meus J.**, « The effect of Delta T on astronomical calculations », *Journal of the British Astronomical Association*, 108, 3, 1998, pages 154-6.
- Neugebauer O. et Parker R.A.**, « *Egyptian Astronomical Texts Volume 3 : Decans, Planets, Constellations et Zodiacs* », Brown University Press, Providence, Rhode Island, 1969.
- Neugebauer O. et Parker R.A.**, « *Egyptian Astronomical Texts Volume 1 : The early decans* », Brown University Press, Providence, Rhode Island, 1960.
- Neugebauer O.**, « The Egyptian Decans », *Vistas in Astronomy* Volume 1, 1955, pages 47-51.
- Neugebauer O.**, « La période sothiaque », *Chronique d'Égypte*, 14, 258-260, Bruxelles, 1939.
- NOOA** : http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data_rescue_home.html
- Osing J. et Rosati G.**, « *Papiri geroglifici e ieratici da Tabtynis* », Florence, 1998, pages 92-4 et Planche 12.
- Parker R.A.**, « Ancient Egyptian Astronomy », *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A.276, 1974, pages 51-65.
- Petrie F.**, « *Wisdom of the Egyptians* », London, 1940.

- Pilachowski C.A., Africano J.L., Goodrich B.D., Binkert W.S.**, « Sky brightness at the Kitt Peak National Observatory », Publications of the Astronomical Society of Pacific n°101, 1989, pages 707-12.
- Pogo A.**, « Calendars on coffin lids from Asyût (second half of the third millenium) », Isis, Volume 17, 1932, pages 4-24.
- Pyakovskaya-Fesenkova E.V.**, « Investigations of the scattering of light in the earth's atmosphere », USSR Academy, Science Press, Moscow, 1957.
- Reeves N. et Wilkinson R.H.**, « The Complete Valley of the Kings : Tombs and Treasures of Egypt's Greatest Pharaohs », Thames and Hudson, 1996.
- Rozenberg G.V.**, « Twilight », Plenum, New York, 1966.
- Saemundsen T.**, « Atmospheric refraction », Sky & Telescope n°72, 1986, page 70.
- Schaefer B.E.**, « The latitude of the observer of the Almagest star catalogue », JHA XXXII, 2001, pages 1-42.
- Schaefer B.E.**, « The heliacal rise of Sirius and ancient Egyptian chronology », JHA, XXXI, 2000, pages 150-5.
- Schaefer B.E.**, « Astronomy and the limits of vision », Vistas in Astronomy, Volume 36, 1993, pages 311-61.
- Schaefer B.E.**, « Heliacal rise phenomena », Archaeoastronomy n°11, JHA, XVIII, 1987, pages S19-33.
- Schaefer B.E.**, « Telescopic Limiting Magnitude », Publications of the Astronomical Society of Pacific n°102, 1990, pages 212-29.
- Schaefer B.E.**, « Atmospheric extinction effects on stellar alignments », Archaeoastronomy n°10, JHA XVII, 1986, pages S32-42.
- Seidelmann P.K.**, « 1980 IAU theory of nutation – The final report of the IAU Working Group on Nutation », Celestial Mechanics, Volume 27, page 79, 1982.
- Simon J.L., Bretagnon P., Chapront J., Chapront-Touzé M., Francou M. et Laskar J.**, « Numerical expressions for precession formulae and mean elements for the Moon and the planets », Astronomy Astrophysics n°282, 1994, pages 663-83.
- Skymap Pro 6**, Logiciel d'astronomie édité par Chris Marriott : <http://www.skymap.com>.
- Stephenson F.R.**, « Historical Eclipses and Earth Rotation », Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- Stephenson F.R. et Morrison L.V.**, « Long-term fluctuations in the earth's rotation : 700 BC to AD 1990 », Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. A, 351, 1995, pages 165-202.
- Stephenson F.R. et Morrison L.V.**, « Long-term changes in the rotation of the earth : 700 BC to AD 1980 », Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. A, 313, 1984, pages 47-70.
- Symons S.**, « Two fragments of diagonal star clocks in the British Museum », Journal for the History of Astronomy XXXIII, 2002, pages 257-60.
- Tousey R., Hulburt E.O.**, « The visibility of stars in the daylight sky », Journal of the optical society of America n°38, 1948, pages 886-96.
- Vandersleyen C.**, « L'Égypte et la Vallée du Nil Tome 2 : De la fin de l'Ancien Empire à la fin du Nouvel Empire », Presses Universitaires de France, 1995.
- Vercoutter J.**, « L'Égypte et la vallée du Nil Tome 1 : Des origines à la fin de l'Ancien Empire », pages 72-73, Presses Universitaires de France, 1992.

- Von Beckerath J.V.**, « Chronologie des Pharaonischen Agyptens », Müncher Ägyptologische Studien, Munich-Berlin, 1997, page 46.
- Wahr J.H.**, « The forced nutations of an elliptical, rotating, elastic and oceanless earth », Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, Volume 64, page 705, 1981.
- Weaver H.F.**, « The visibility of stars without optical aid », Publications of the Astronomical Society of Pacific n°59, 1947, pages 232-43.
- Willems H.**, « The coffin of Heqata (Cairo JdE 35418) – A case study of Egyptian funerary culture of the Early Middle Kingdom », OLA 70, Peeters Publishers, 1996.
- Willems H.**, « Chests of Life – A study of the typology and conceptual development of Middle Kingdom standard class coffins », MVBOL, Ex Oriente Lux, Leiden, 1988.
- Vychichl W.**, « Dictionnaire étymologique de la langue copte », Peeters, Louvain, 1983.

Nombre total de références bibliographiques : 103

ANNEXE AU MANUSCRIT

Chronologie de l'Égypte ancienne

Cette chronologie a été établie à partir des ouvrages de Vercoutter, 1992, Vandersleyen, 1995 et Hornung, 1999 cités dans la Bibliographie.

Période Archaïque

Dynasties I-II 3150 – 2700 BC

Ancien Empire

Dynastie III 2700 – 2630 BC

Dynastie IV 2630 – 2510 BC

Dynastie V 2510 – 2350 BC

Dynastie VI 2350 – 2200 BC

Première Période Intermédiaire

Dynasties VII – VIII 2200 – 2160 BC

Dynasties IX – X 2160 – 2023 BC

Dynastie XI 2137 – 1994 BC

Moyen Empire

Dynastie XII 1994 – 1797 BC

Seconde Période Intermédiaire

Dynastie XIII 1797 – 1634 BC

Dynastie XIV 1700 – 1634 BC

Dynasties XV – XVI 1634 – 1526 BC

Dynastie XVII 1634 – 1543 BC

Nouvel Empire

Dynastie XVIII 1543 – 1292 BC

Dynastie XIX 1292 – 1186 BC

Dynastie XX 1188 – 1078 BC

Troisième Période Intermédiaire

<i>Dynastie XXI</i>	1078 – 945 BC
<i>Dynastie XXII</i>	945 – 715 BC
<i>Dynastie XXIII</i>	818 – 715 BC
<i>Dynastie XXIV</i>	725 – 712 BC
<i>Dynastie XXV</i>	712 – 664 BC

Basse Époque


<i>Dynastie XXVI</i>	664 – 525 BC
<i>Dynastie XXVII (Période Perse)</i>	525 – 404 BC
<i>Dynastie XXVIII</i>	404 – 399 BC
<i>Dynastie XXIX</i>	399 – 380 BC
<i>Dynastie XXX</i>	380 – 343 BC
<i>Seconde Période Perse</i>	343 – 332 BC
<i>Époque Macédonienne</i>	332 – 305 BC
<i>Époque Ptolémaïque</i>	305 – 30 BC
<i>Époques Romaine et Byzantine</i>	30 BC – 642


Index des termes égyptiens en hiéroglyphes accompagnés de leur translittération et de leur signification


Pour information


- ✓ la graphie des termes égyptiens a été empruntée à Hannig et Vomberg, 1999 et Neugebauer et Parker, 1960 et 1969 (voir Bibliographie) ;
- ✓ l'utilisation du logiciel Winglyph a permis l'écriture hiéroglyphique de chaque terme ;
- ✓ en italique figurent la translittération et la traduction de chacun des termes égyptiens, obtenue à partir de Hannig et Vomberg, 1999, Erman et Grapow, 1982 et Meeks, 1998 ;
- ✓ la version copte de certains termes égyptiens a été fournie par Alain Anselin à partir de Vychichl, 1983 ;
- ✓ l'ordre de succession de la graphie translittérée est la suivante :

3 i (y) ° w b p f m n r (l) h h h h (z) s š k k g t t d d


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 67, 391, 418), *3h*, Akh, *esprit, défunt bienheureux* (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 15, 17-16, 10) (*s-e : lumineux*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 257), *3hwy*, Akhouy, *les deux esprits (décans 19 et H)*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 67, 174), *3ht*, Akhet, *première saison de l'année, saison de l'inondation*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 602), *3st*, Isis (*déesse*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 255), *i3hw* (*3hw*), Akhou, *lumière, éclat*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 70, 520, 631), *iwn*, Ioun, *dos, colonne, pilier*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 520, 631), *iwn s3h*, Ioun sah, *la colonne (vertébrale) de sah (décan 28b)*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 70, 320), *ib*, Ib, *cœur* (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 59, 10-60, 11).

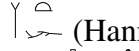
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 257), *ipds* / *ipsd* / *ipds*, Ipdes / Ipesedj / Ipedjes (*décan 4*).

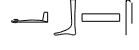
†  (Hannig et Vomberg, 1999, page 26), *imy-ht*, Imy-khet, *derrière, à l'arrière, arrière*.

†  (Hannig et Vomberg, 1999, page 257), *imy-ht 3hwy*, Imy-khet akhouy, *le suivant des deux esprits (décan 20)*.

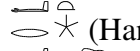
†  (Hannig et Vomberg, 1999, page 257), *imy-ht spd*, Imy-khet soped, *le suivant de Sirius (décan G)*.


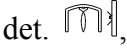
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 584, 586), *‘b(w)t*, About, *sceptre*.

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), *‘bwt*, About (*décan 28*).


 (Plafond de la tombe de Senenmout, Clepsydre de Karnak et plafond du Ramesséum), *‘bšs*, Abshes (*décan 40h*).

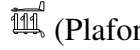
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 206, 322), *‘rt*, Aret, *l'arrière, le derrière*.

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), *‘rt*, Aret (*décan 24*).


 , det.  , *‘rk*, Areq, *nouer, entourer* (Hannig et Vomberg, 1999, page 465) ;


 , *se tordre, se plier* (Hannig et Vomberg, 1999, pages 500, 565, 713) ;


 , *fin, limites* (Hannig et Vomberg, 1999, page 615).


 (Plafond de la tombe de Séthi I), *‘s3h*, A Sah, *le bras de Sah (décan 27d)*.

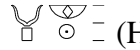
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 84, 332, 336, 415), *w3š*, Wash, *puissant, fort, imposant, estimé, respecté, vb. réjouir*.

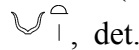

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 728), *wi3*, Wia, *bateau, barque* (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 271,8-272,2) (*funéraire de la royauté*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 85, 319), *w‘rt*, Ouaret, *la jambe*.


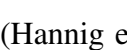
 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), *w‘rt hrt s3h*, Ouaret heret sah, *celui qui se trouve au-dessus de la jambe d’Orion ou la jambe supérieure d’Orion (décan 29b)*.

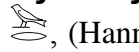
 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), *w‘rt hrt s3h*, Ouaret kheret sah, *celui qui se trouve sous la jambe d’Orion ou la jambe inférieure d’Orion (décan 29a)*.

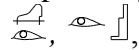
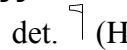
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 592), *wp*, Wep, *fête*.


 , det.  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 251, 316), *wpt*, Wepet, *zénith, point culminant, sommet*.

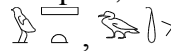
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 87, 174, 592), *wpt rnpt*, Wepet renpet, *jour de l’An ; fête de la Nouvelle Année*.

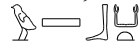
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 87, 179), *wnwt*, Ounout, *heure, temps* ;  (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), *étoiles*, copte : **oynoy** (SB), f. pl. **oynooye** (S), **oynwoyi** (B).

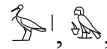
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 88, 336, 415, 418, 421, 566, 738, 779), *wr*, Our, *être grand, haut, élevé, nombreux, âgé* (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 326, 12-327 ,14), copte : **oyjr**.


 , det.  (Hannig et Vomberg, 1999, page 603), *wsir*, Osiris (*dieu*), copte : **oysire** (O).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 252), **wš3(w)**, nuit, soir, obscurité (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 370, 2-5).

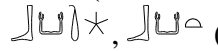
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), **wš3ty** Weshati (*décan 3a*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), **wš3t bk3t**, Weshat Bekat (*décan 3*).



 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 93, 336, 418, 615), **b3**, Ba, âme, énergie spirituelle, gloire.


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), **b3wy**, Baouy, les deux âmes (*décan 21*).


 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **bn**, Ben (*décan 40a*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), **bk3ty** Bekati (*décan 3b*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 99, 174), **pṛt**, Peret, seconde saison de l'année, saison de l'hiver, copte : **prw** (S), **Prw** (B), **proy** (A), hiver (W. Vychichl, 161).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 99), **pṛt**, Peret, sortie, départ ;  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 248, 258), Peret, montée, ascension, lever.

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 592), **pṛt spḏt**, Peret sopedet, le lever héliaque de Sirius.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 99, 207, 312, 637, 723), **pḥwy**, Pehouy, fin, dernier, derrière, postérieur, arrière (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 535,14-537,1), copte : **pahoy** (S), **Pahoy** (B), *séant, derrière* (Vychichl, 1983, page 167).



 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 259, 261), **pḥwy ḥ3w**, Pehouy Khaou, la fin des milliers (*décan 36*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 259, 261), **pḥwy s3bw**, Pehouy Sabou, la fin de sabou (*décan M*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 259), **pḥwy ḏ3t**, Pehouy Djat, la fin de djat (*décan 36a*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 97, 253, 579, 635), **pt**, Pet, le ciel.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 107, 254), **mḥty**, Mehety, nord, copte : **mhīṭ** (SB), nord (Vychichl, 1983, page 131)


 , dét.  (Hannig et Vomberg, 1999, page 259), **msḥtyw**, Meshkhetiu, la Grande Ourse (constellation du ciel nord).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 108, 208, 259, 317), **msḏr**, Mesedjer, oreille.


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 259), **msḏr s3ḥ**, Mesedjer sah, l'oreille de sah (*décan 28a*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 603), **nwt**, Nout, *la déesse du ciel* (Erman et Grapow, 1982, Volume II, 214, 3-16) ; Nout, *le ciel proprement dit* (Meeks, 1998, page 184).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 253), **nwt**, nout, *le ciel de l'au-delà, le ciel nocturne* (Erman et Grapow, 1982, Volume II, 213, 7-10 et Meeks, 1998, page 184), *le ciel inférieur, le ciel supérieur* (Hannig et Vomberg, 1999, page 253).

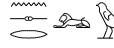
 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **nbi wr**, Nebi our, *la flamme puissante* (décan 40d).



 (Hannig et Vomberg, 1999, page 603), **nbt hwt**, Nebet-hout, *Nephtys (déesse)*.

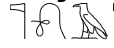

 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **nhs**, Nehes (décan 40f).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 114, 218), **nsr**, Neser, *brûler* (II,335,4-18) ;


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 220), *flamme* (Erman et Grapow, 1982, Volume II, 335, 1-8).



 (Hannig et Vomberg, 1999, page 259), **nsrw**, Naserou (décan 40e), copte : **noyrs** (L), *détruire* (< brûler) (Vychichl, 1983, page 141).



 det.  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 115, 600, 739), **ntr**, Netjer, *dieu, divinité*, copte : **noyte** (S), **noyl** (B), *dieu* (Vychichl, 1983, page 145).


 det.  (Hannig et Vomberg, 1999, page 259), **ntr w3š**, Netjer ouash, *le dieu puissant* (décan 40i).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **ntr d3 pt**, Netjer dja pet, *le dieu qui traverse le ciel* (décans C et K).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 117, 255), **rc**, rê, *le soleil*, copte : **rj** (SBLO), **ri**, **rei** (A), **re** (MFO), *soleil* (Vychichl, 1983, page 170).


 dét.  (Hannig et Vomberg, 1999, page 603), **rc**, Rê, *le dieu Rê ou Râ*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 117, 281, 320, 575), **rmn**, Remen, *bras supérieur, épaule, moitié, côté* (Hannig et Vomberg, 1999, pages 117, 281, 320, 575), *épaule* (Erman et Grapow, 1982, Volume II, 418, 1-16) ;  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 459, 640), *montant, pilier* (Erman et Grapow, 1982, Volume II, 420, 10), copte : **ramwn**, **ramwne**, **ramoyne** (S) *montant* < **rmn**, « porteur », par exemple, les prêtres qui portent la statue d'un dieu, les colonnes qui soutiennent le ciel, aussi dans des noms de décans célestes (Vychichl, 1983, page 174).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **rmn hri**, Remen hery, *le bras supérieur* (décan 26).

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **rmn hri s3h**, Remen hery sah, *le bras supérieur (l'épaule) d'Orion* (décan 26a).

 (Hannig et Vomberg, page 260), **rmn hri**, Remen khery, *le bras inférieur* (décans 27 et D).

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **rmn hri s3h**, Remen khery sah, *le bras inférieur de sah* (décan 27a).

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **rmn s3h**, Remen sah, *le bras de sah* (décan 27b).

 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 117, 372, 466), **rmni**, porter (Erman et Grapow, 1982, Volume II, 419, 4-18).

𐎗𐎛𐎔, 𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 118, 180, 593), **rnpt**, Renpet, *année*.

𐎗𐎛𐎔 𐎗𐎛𐎔
𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **hnhn**, Henhen (*décan 40b*).

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Plafond de Senenmout, Clepsydre de Karnak et Plafond du Ramesséum), **hpds**, Hepdes, (*décan 40g*).

𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 122, 180), **h3t**, Hat, *début, commencement*.

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **h3t h3w**, Hat khaou, *le début des milliers* (*décan 35*).

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 160), **h3t d3t**, Hat djat, *le début de djat* (*décan 35a*).

𐎗𐎛𐎔, 𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 603), **hr**, Her, Horus (*dieu*), copte : **hwr** (S).

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 27, 557, 568), **hry**, Hery, *au-dessus, partie supérieure, côté supérieur*.

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 27), **hry-ib**, Hery-ib, *au milieu de* (Hannig et Vomberg, 1999, page 27), *central, médian* (Erman et Grapow, 1982, Volume III, 136, 7-137, 18), *qui est dans*, souvent suivi d'un toponyme (d'une divinité qui réside dans) (Meeks, 1977, Tome I, page 253).

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **hry-ib wi3**, Hery ib wia, *celui qui se trouve au milieu de la barque sacrée* (*décan 11*).

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔, **hry-ib (sw)**, Hery ib (sou), *le milieu du moment*.

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 260), **hry-ib hntw**, Hery-ib khentou, *celui qui se trouve au milieu de khentou* (*décan 21c*).

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 48), **hry phwy**, Hery pehouy, *à la fin, enfin*.

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔, **hry phwy (sw)**, Hery pehouy (sou), *la fin du moment*.

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 127, 175), **hryw rnpt**, Heryou renpet, *jours épagomènes*.

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔, 𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **h3w**, Khaou, *les milliers, mille(s)* (Erman et Grapow, 1982, Volume III, 219, 3-220, 2) (*décans 23, E et J*).


𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 209), **hpd**, Kheped, *fesses* (Erman et Grapow, 1982, Volume III, 270, 14-271 ,3) – *partie arrondie d'un objet* – Abousir (Meeks, 1977, Tome 1, page 276).

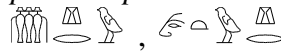

𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hntw**, Khenouy, *les deux poissons* (*décans 10 et 10a*).



𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 53), **hntw**, Khentou, *plus tôt, avant*.


𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hntt**, Khentet.


𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔𐎗𐎛𐎔 (Plafonds de la tombe et du cénotaphe de Séthi I), **hntw hrw**, *la partie supérieure de Khentou ou la Khentou supérieure* (*décan 21a*).


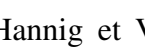
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hntt hrt**, Khentet heret, *la partie supérieure de Khentet ou la Khentet supérieure (décan 6)*.

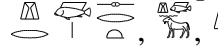
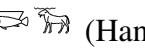
,  (Plafonds de la tombe et du cénotaphe de Séthi I), **hntw hrw**, *la partie inférieure de Khentou ou la Khentou inférieure (décan 21b)*.


,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hntt hrt**, Khentet kheret, *la partie inférieure de Khentet ou la Khentet inférieure (décan 7)*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 28, 58), **hry**, Khery, *qui est sous, qui est au-dessous*.


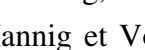
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 28), **hry^c**, Khery, *qui se trouve, situé*.


,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hry hpd n knmt**, Khery kheped n kenmet, *celui qui se trouve sous la partie postérieure de kenmet (décan 34)*.



,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hry hpd srt**, Khery kheped seret, *celui qui se trouve sous la croupe de la brebis (décan 17)*.

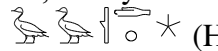
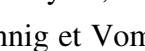
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **hry ʿrt**, Khery aret, *celui qui se trouve sous aret (décan 25)*.


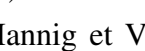
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 619), **hrt**, Kheret, *l'au-delà*.


,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 258), **hrt wʿrt**, Kheret ouaret, *celui qui se trouve sous la jambe ou la jambe inférieure (décan 29)*.


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 138, 410), **sʒ**, Sa, *fils* (Erman et Grapow, 1982, Volume III, 408, 1-409, 14).


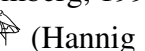
,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **sʒwy srt / sʒwy sit**, Saouy seret / Saouy sit, *les deux enfants de la brebis (décan 16)*.

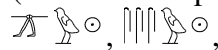
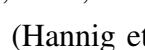
,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **sʒwy kd**, Saouy qed, *les deux enfants de qed (décan 22a)*.

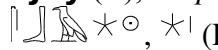
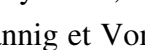
,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **sʒwy knmt**, Saouy kenmet, *les deux enfants de kenmet (décan 33)*.

, **sʒbw**, Sabou, *les orteils* (Erman et Grapow, 1982, Volume IV 20,1-4).


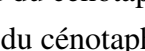
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **sʒbw**, Sabou (*décan L*).


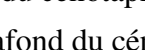
,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **sʒh**, Sah, *la constellation d'Orion* (Erman et Grapow, 1982, Volume IV, 22, 1-3) (*décan 27c*).

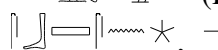
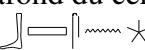
,  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 141, 175, 180), **sw**, Sou, *moment, jour* (Erman et Grapow, 1982, Volume III, 426,10 ; IV,57,8,1 et 2-4), *décade*, copte : **sjy** (S), **sjoy** (B), *temps* (Vychichl, 1983, page 200).


,  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 142, 262), **sbʒ**, Seba, *étoile*, démotique : **sw**, copte : **sioy** (SB) (Vychichl, 1983, page 200).


,  (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **sbʒw mḥw**, Sebaou Mehrou (*décan 4b*).

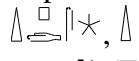
,  (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **siʒt**, Siat (*décan 39a*).

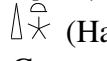
,  (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **siʒtw**, Siatou (*décan 39b*).


,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 262), **sbšsn**, Sebshesen (*décan 5*).

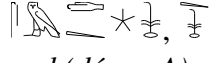
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **spty**, Septi / Sapti (*décan 9a*).

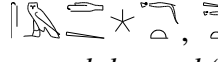
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), *spty hnwy* / *s3pty hnwy*, Septi khenouy / Spty khenouy (*décan 9b*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 144, 308, 569), *spd*, Soped, être pointu (copte : **spet**) (Erman et Grapow, 1982, Volume IV, 108,2-14) (*décan 31*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 262), *spdt*, Sopedet, Sothis (copte : **sote**) (Erman et Grapow, 1982, Volume IV, 111, 9-20) (*décan 31*).


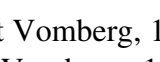
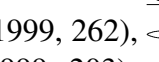
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 262), *smd*, Semed, vb. *parcourir* (Erman et Grapow, 1982, Volume IV, 146, 5-6) (*décan 14a*).


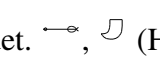
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 262), *smd rsy*, Semed resy, *le(s) semed du sud* (*décan A*).


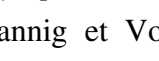
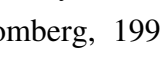
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 262), *smd mhty*, Semed mehety, *le(s) semed du nord* (*décan B*).

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 262), *smd srt*, Semed seret, *le semed de la brebis* (*décan 14*).


 (Hannig et Vomberg, 1999, page 203), *zr / zi / sr* Ser, béliér, bouc (Erman et Grapow, 1982, Volume III, 462, 7-13) , copte : **sro** (O).


 (Hannig et Vomberg, 1999, 262),  ,  , *zrt / srt*, Seret, *brebis, mouton* (Hannig et Vomberg, 1999, 203), *mouton blanc* (Erman et Grapow, 1982, Volume III 462, 14-463, 3 ; Meeks, 1977, Tome 1, page 331) (*décan 15*).

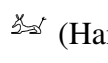
 , det.  (Hannig et Vomberg, 1999, pages 210, 239, 513), *zrt / srt*, Seret, *pointe, épine* (Erman et Grapow, 1982, Volume IV 190, 24-191, 2), copte : **soyre** (S), **soyri** (B), *épine, dard* (Vychichl, 1983, page 195).

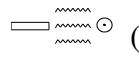
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 152, 186, 256), *sšp*, Seshep, *lumière* ;  ,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 250), *être lumineux, éclairé ; briller* (Erman et Grapow, 1982, Volume IV, 282-283).

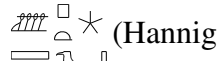
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), *sšpt*, Seshpet (*décan 4a*).

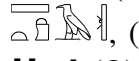
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 152, 457, 531, 784), *sšmw*, Seshemou, *guide, accompagnateur*.

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), *sšmw*, Seshemou (*décan 12a*).

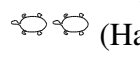
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 604), *sth*, Seth (*dieu*),






 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 157, 175), *šmw*, Chemou, *troisième saison de l'année, saison de l'été*, copte : **Hwm** (SB), *été, moisson* (Vychichl, 1983, page 262)








 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), *šspt*, Shespet (*décan 4a*).











 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 159, 361), *štš*, Sheta, *secret, caché, mystérieux*. **Hwt** (O) *la planète Jupiter dans harpHwt < hr p3 st3, Horus le mystérieux (...)*. Cerny propose *štš*, nom d'un décan (Erman et Grapow, 1982, Volume IV, 555,8) (Vychichl, 1983, page 271).

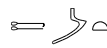
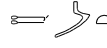



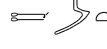

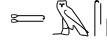


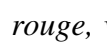



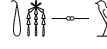

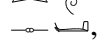

















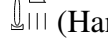
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 197), *štw*, Shetou, *tortue*.

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), *štwy*, Shetouy, *les deux tortues* (*décan 31b*).

 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 161, 393), **k3**, Ka, *personnalité, force vitale* ;
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 161, 203), *taureau*.
 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **k3k3**, Kaka (*décan 40c*).
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **kd**, Qed (*décan 22*).
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **kdty**, Qedety (*décan 9*).

 (Hannig et Vomberg, 1999, page 162), **kmt**, Kemet, *Egypte*, copte : **kjme** (S), **Cjmi** (B).
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **knm / knmw**, Kenem / Kenmou (*décan 13*).
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 203), **knmt**, Kenmet, *léopard* ;  (Hannig et Vomberg, 1999, page 216), *mauvais oiseau* ;  (Hannig et Vomberg, 1999, page 252), *les ténèbres, l'obscurité, une éclipse ; envelopper, vêtir* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 132, 5) ; *les oasis de Dakhleh et Kharga* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 133, 8).
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **knmt**, Kenmet (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 132, 13-133 ,5) (*décan 32*). Copte : « **cinmoyt** (S), **cimoyt** (B), f. « les Pléiades, comp. ^{ME} **knmt**, nom figurant dans les désignations de constellations » (Vychichl, 1983, page 342).
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **knmty**, Kenmety, *une constellation* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 133,7).

 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 165, 181, 318), **tp**, Tep, *tête* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 263, 3-268 ,9), *début (d'une période)* ; préposition composée **m-tp**,  (Hannig et Vomberg, 1999, page 43), *à la tête de, devant* (Erman et Grapow, 1982, Volume V 271, 4-272 ,8).
 (Hannig et Vomberg, 1999, pages 64, 165), **tpy**, Tepy, *le premier* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 279, 7-281 ,4), *ce qui est sur, au-dessus*.
 , **tpy (sw)**, Tepy (sou), *le début du moment*.
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **tpy-^{c3}hwy**, Tepy akhouy, *le prédécesseur des deux esprits (décan 18)*.
 (Plafond du cénotaphe de Séthi I), **tpy-^{c3}wy**, Tepy baouy, *le prédécesseur des deux âmes (décan 20a)*.
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **tpy-^cspd**, Tepy soped, *le prédécesseur de Sirius (décans 30 et F)*.
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **tpy-^csmd**, Tepy semed, *le prédécesseur de semed (décan 13a)*.
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **tpy-^chntt**, Tepy khentet, *le prédécesseur de khentet (décan 5a)*.
 (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **tpy-^cknmt**, Tepy kenmet, *le prédécesseur de Kenmet (décan 31a)*.

- , **tm3t**, Tjemat, *constellation*, copte **Toyme** (V, 368, 8-10).
-   (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **tm3t hrt**, Tjemat heret, *celui qui se trouve au-dessus de Tjemat ou la Tjemat supérieure (décan 1)*.
-   (plafond du cénotaphe de Séthi I), **tm3t hrt hrt** (décan 2a).
-   (Hannig et Vomberg, 1999, page 261), **tm3t hrt**, Tjemat kheret, *celui qui se trouve sous Tjemat ou la Tjemat inférieure (décan 2)*.
-    (Hannig et Vomberg, 1999, page 186), **tms**, Tjemes, *être rouge, violet* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 369, 7-12) ;   (Hannig et Vomberg, 1999, page 505), **tms**, Tjemes, *enterrer*, copte **twms** (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 369, 7-12).
-   (Hannig et Vomberg, 1999, page 263), **tms n hntt**, Tjemes n khentet, *le rouge qui se trouve dans khentet (décan 8)*.
-   (Hannig et Vomberg, 1999, page 401), **tmsw**, Tjemesou, *le mal* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 370, 2-6).
-      (Hannig et Vomberg, 1999, pages 361, 370, 468, 488, 505, 573, 611, 677.), **ts**, Tjes, *protéger (du bras), réunir, joindre*.
-   (Plafond du cénotaphe de Séthi I) **ts ʕrk**, Tjes Areq, *soi-même, partie essentielle + extrémité de la jambe, courber* (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 211, 16-17), *achever, terminer* (Erman et Grapow, 1982, Volume I, 212, 3-7) (décan 26b).
-     (Hannig et Vomberg, 1999, pages 169, 804), **dw3**, Doua, *adorer, prier (le matin)* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 426, 6-428, 7).
-    (Hannig et Vomberg, 1999, pages 169, 621, 648), **dw3t**, Douat, *la chambre funéraire, l'autre monde, l'au-delà*, copte **tj(o)** (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 415, 3-416, 10).
-   (Hannig et Vomberg, 1999, pages 171, 596, 716, 720), **d3i**, Djai, *traverser, croiser* (Erman et Grapow, 1982, Volume V, 514, 14-515, 4).
-   (Hannig et Vomberg, 1999, page 253), **d3w**, Djaou, *soir, nuit*.
-  (Hannig et Vomberg, 1999, page 663), **d3t**, Djat, *reste, résidu, retard*.

Planches

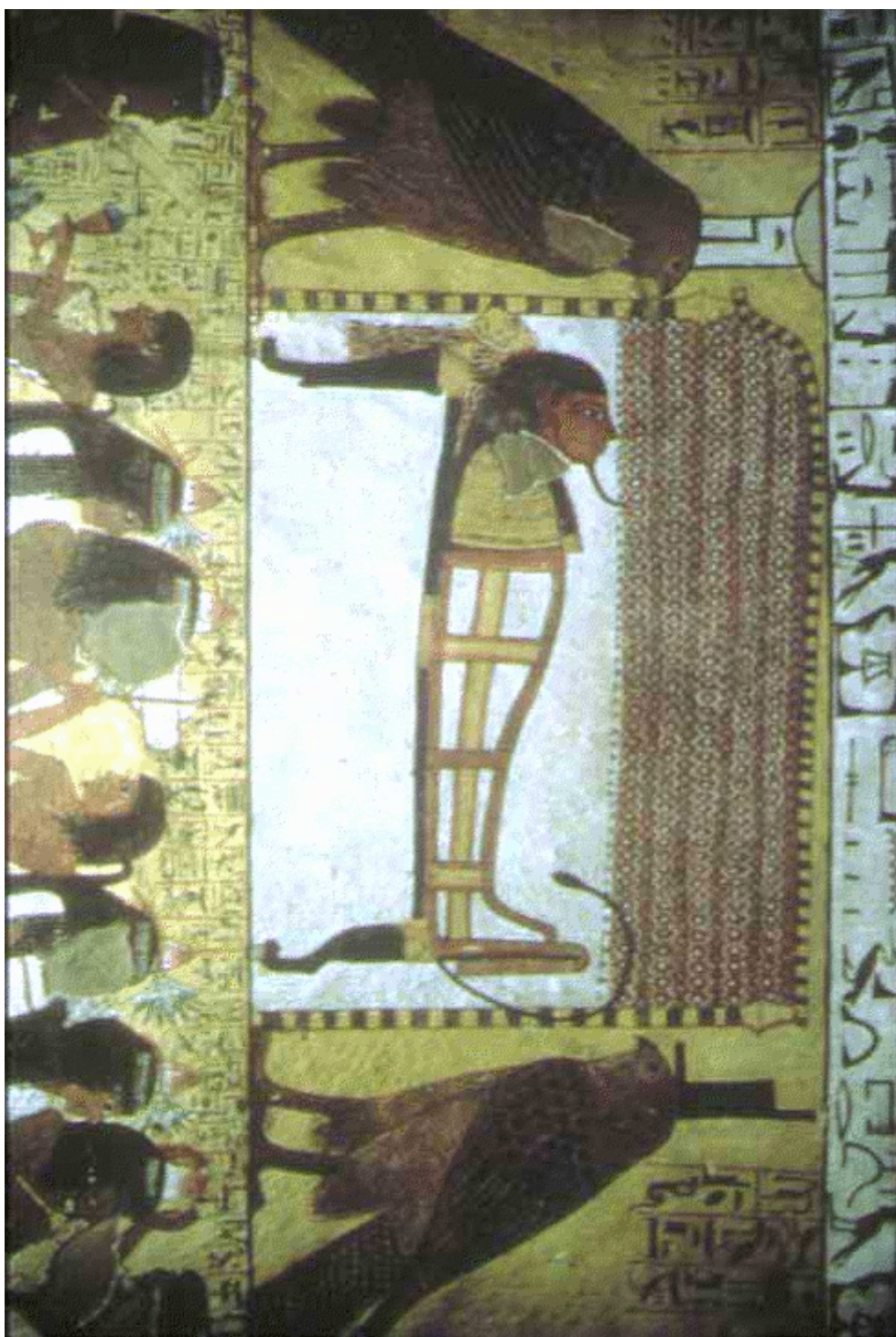


Planche 1 : Sous la tente de l'embaumement, Osiris est entouré de ses soeurs Isis et Nephtys figurées sous l'aspect de milans femelles (Tombe de Sennedjem, Deir el-Medineh, dynastie XIX) (Thierry Benderitter)



Planche 2 : Osiris momifié
(Tombe de Sennedjem, Deir el-Medineh, dynastie XIX) (Thierry Benderitter)



Planche 3 : La barque de Rê (Tombe de Sennedjem, Deir el-Medineh, dynastie XIX) (Benderitter)

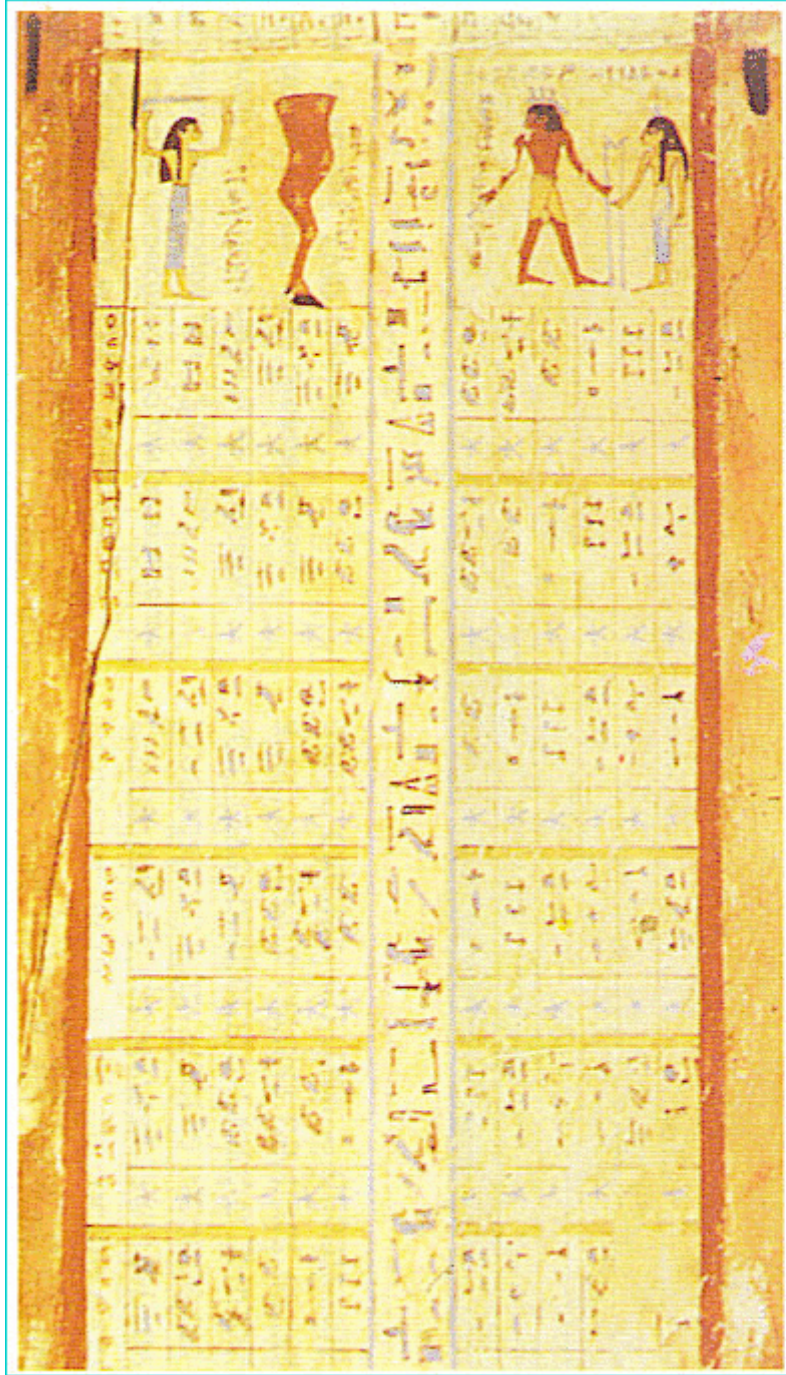


Planche 4 : Fragment de l'horloge stellaire peinte sur l'intérieur du couvercle
du sarcophage de bois de Idy (Assiout, Première Période Intermédiaire)
(Destroches-Noblecourt, 1993)

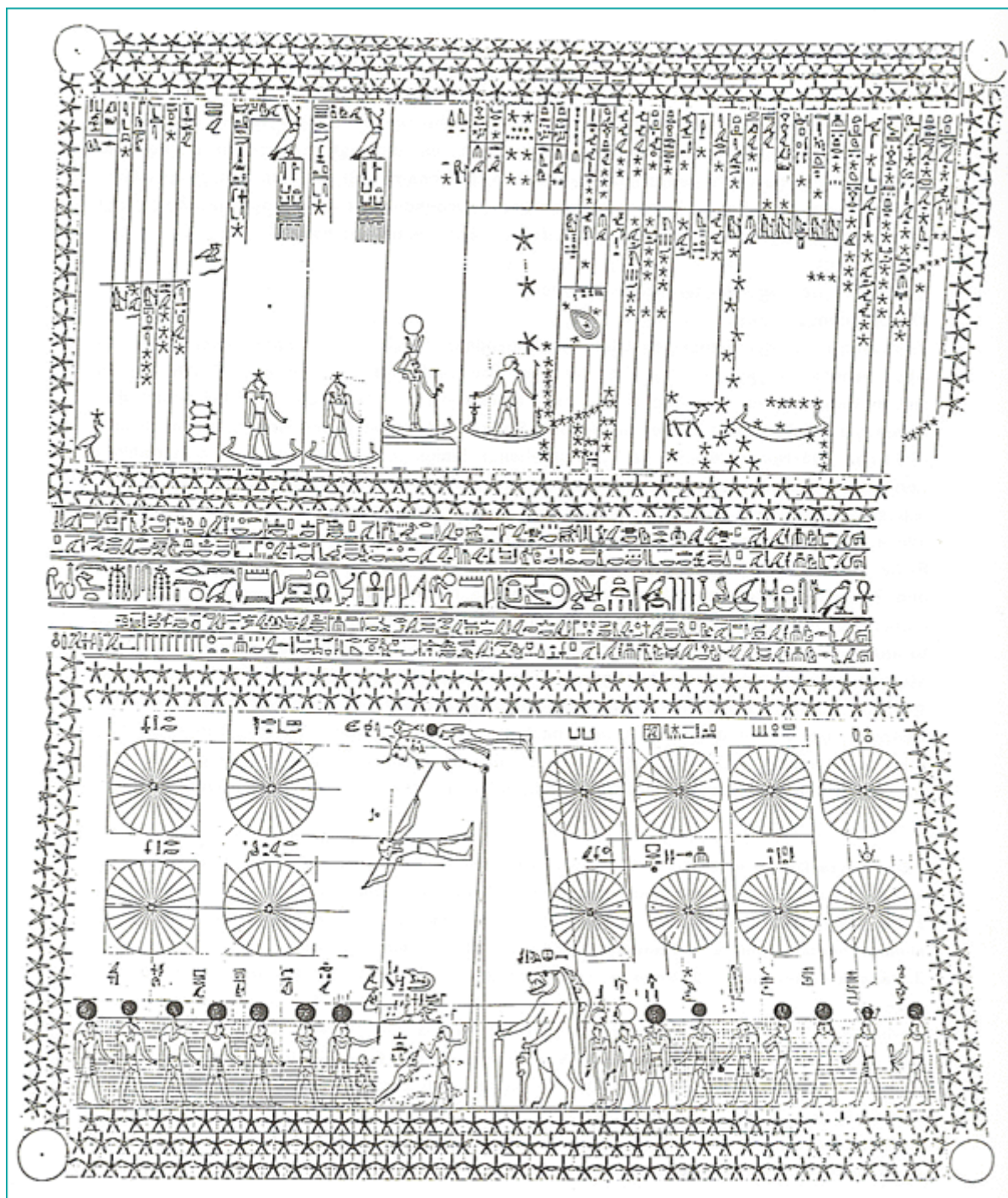


Planche 5 : Plafond astronomique de la tombe de *Senenmout*
(Deir el-Bahari, dynastie XVIII) (Leitz, 1991, page 36)



Planche 6a : Surface extérieure
de la clepsydre de Karnak
(dynastie XVIII). Cette première
face est relative aux quatre mois
de la saison *Akhet*.
(Depuydt, 1997, pages 112-113)

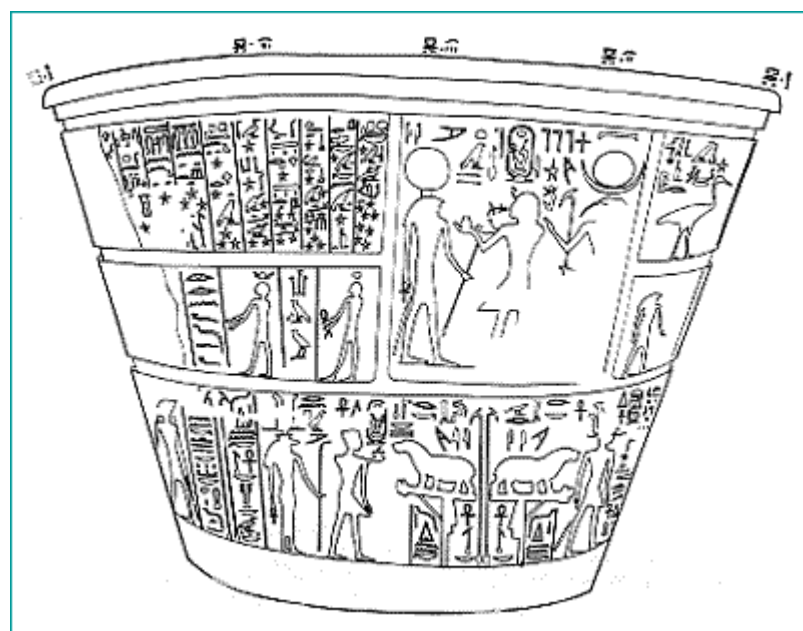


Planche 6b : Surface extérieure
de la clepsydre de Karnak
(dynastie XVIII). Cette seconde
face est relative aux quatre mois
de la saison *Peret*.
(Depuydt, 1997)

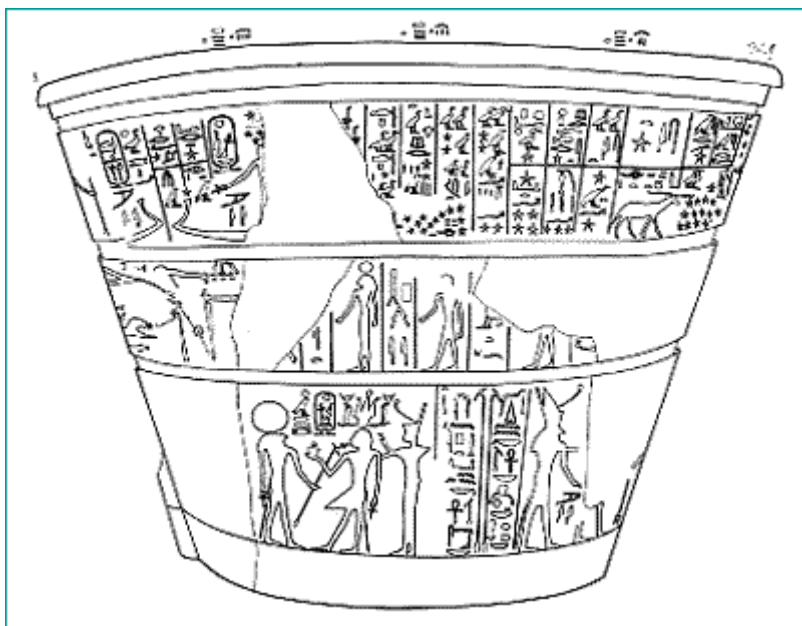


Planche 6c : Surface
 extérieure de la clepsydre de
 Karnak (dynastie XVIII).
 Cette troisième face est
 relative
 aux quatre mois de
 la saison *Chemou*.
 (Depuydt, 1997,
 pages 112-113)

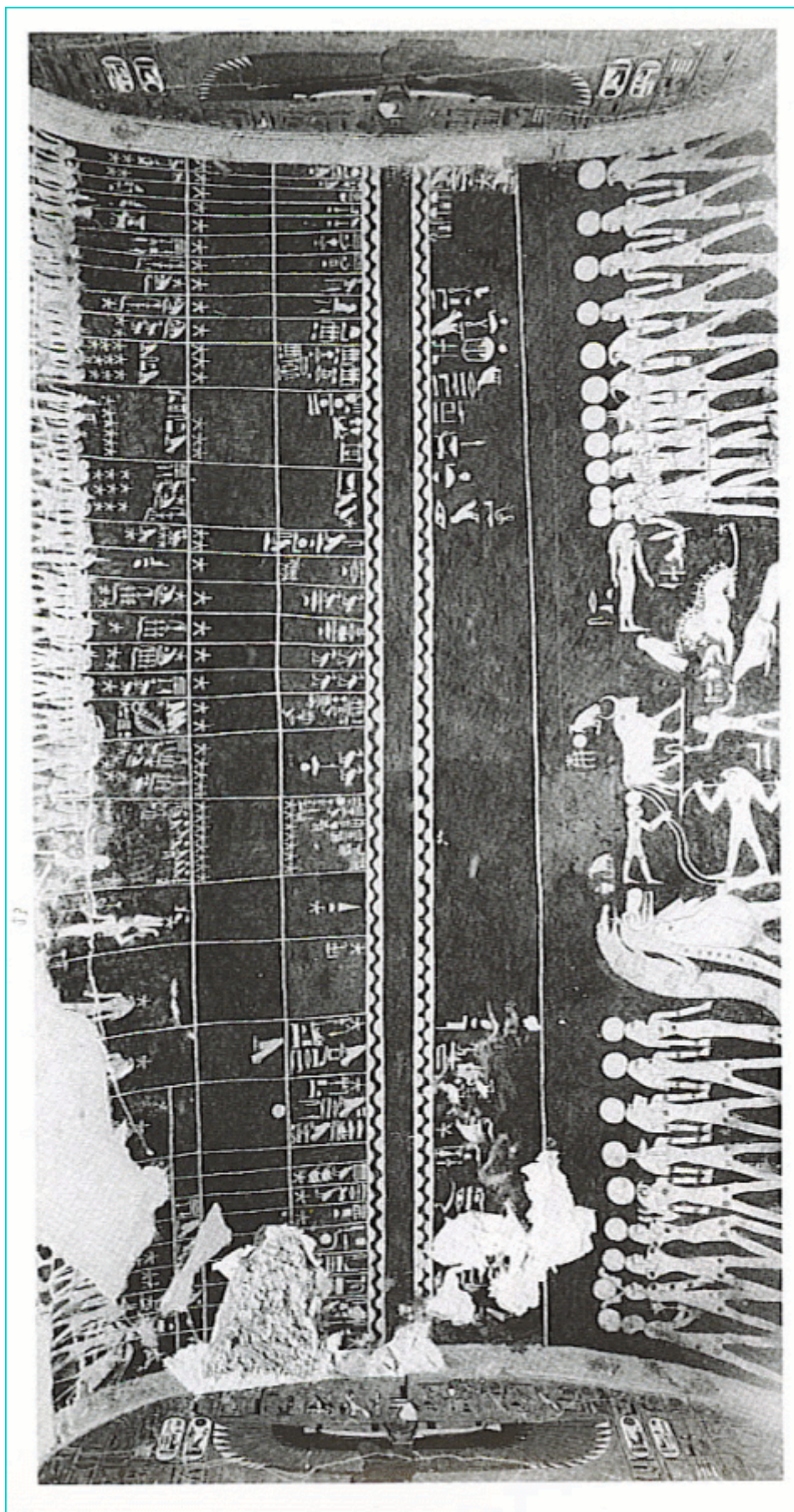


Planche 7 : Plafond astronomique de la tombe de Séthi I (Thèbes Ouest, dynastie XIX)
(Reeves et Wilkinson, 1996, page 138)

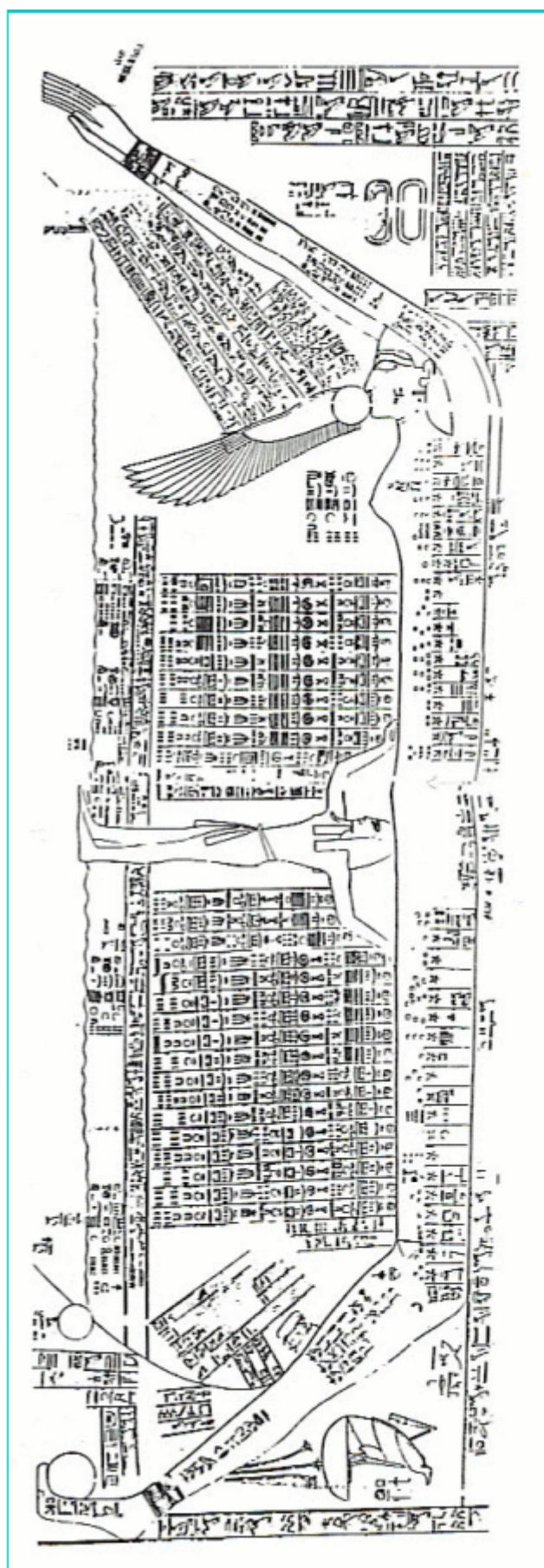


Planche 8 : Plafond astronomique du cénotaphe de Séthi I (Abydos, dynastie XIX) (Clagett, 1995, Fig. III.95.a)

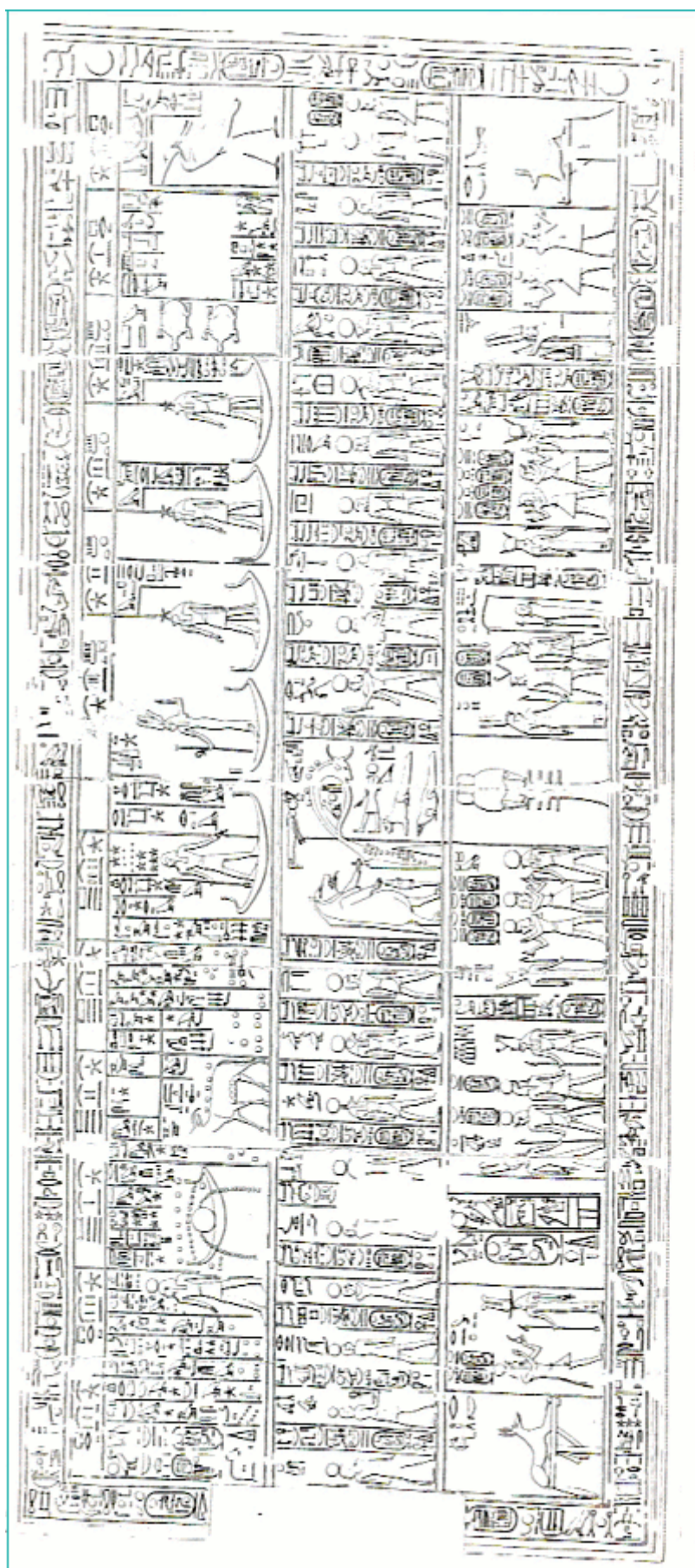


Planche 9 : Plafond astronomique du temple de Ramsès II (Thèbes Ouest, dynastie XIX) (Depuydt, 1997, page 114)

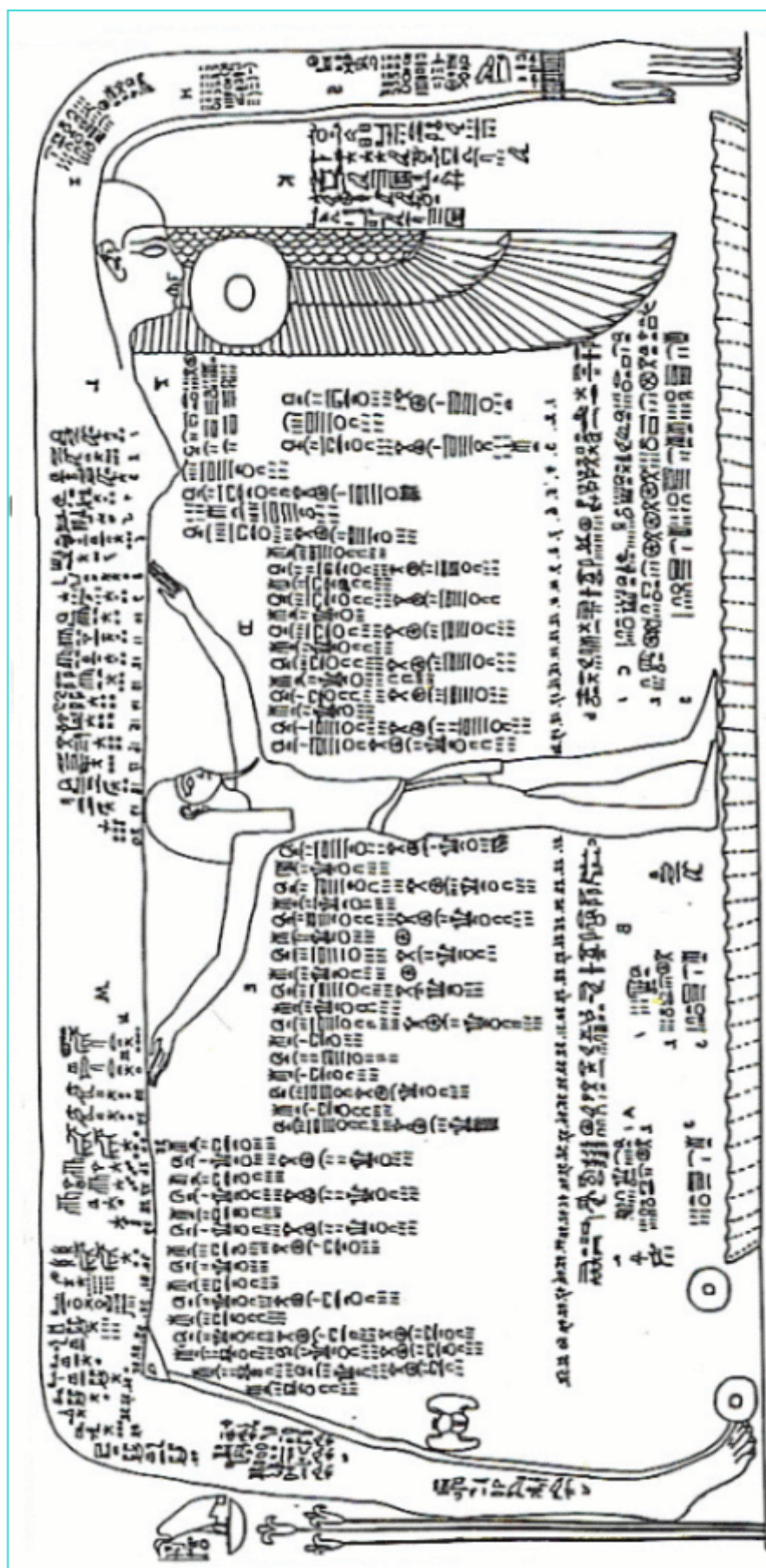


Planche 10 : Plafond astronomique de la tombe de Ramsès IV (Vallée des Rois, dynastie XX) (Clagett, 1995, Fig. III.96.b)

[illegible]

Planche 11 : Schéma de l'horloge stellaire n°1
(Mesheti, Assiout, SIC) (Neugebauer et Parker, 1960, page 4)

34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10
F	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11
G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12

Planche 12 : Schéma de l'horloge stellaire n° 2
(It-ib, Assiout, S3C) (Neugebauer et Parker, 1960, page 6)

18	16	17	14	13	12	11	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
20	18	16	17	14	13	12	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
19	20	18	16	17	14	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
22	19	20	18	16	17	14	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
23	22	19	20	18	16	17	17	14	13	12	11	10	9	8	7	6
25	23	22	19	20	18	16	16	17	14	13	12	11	10	9	8	7
26	25	23	22	19	20	18	18	17	16	14	13	12	11	10	9	8
28	26	25	23	22	19	20	20	18	17	16	14	13	12	11	10	9
29	28	26	25	23	22	19	19	20	18	17	16	14	13	12	11	10
30	29	28	26	25	23	22	22	19	20	18	17	16	14	13	12	11
31	30	29	28	26	25	23	22	19	20	18	17	16	14	13	12	11
32	30	29	28	26	25	23	23	22	19	20	18	17	16	14	13	12

Planche 14 : Schéma de l'horloge stellaire n°4
(Idy, Assiout, SITü) (Neugebauer et Parker, 1960, page 8)

29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
35	34	33	32	31	30	29	28	26	24	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
36	35	34	33	32	31	30	29	28	25	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
1	1	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
2	2	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10
A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11
B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12

Planche 17 : Schéma de l'horloge stellaire n°7 (Nekhet, Assiout, SIHil)
(Eggerbrecht, 1990, pages 58-61 et Kahl, 1999, page 199)

33	15	1	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20		17	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
34	16	2	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19		18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
35	17	3	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	28	23	25	24	23	22			20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
36	18	4	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	31	30	28	23	25	24	23		22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
1	20	5	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	32	31	29	28	26	25	24		23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
22																																						
31	24	7	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	29	29	30	29	28	30	25		24	23	22	20	15	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
BA	25	7	F	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26		25	24	19	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
C	26	8	G	F	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28		20	25	23	23	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
D	28	9	H	G	F	D	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29		26	20	24	24	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
E	29	10	J	H	G	E	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30		28	26	25	25	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10
F	30	11.	K	J	H	F	F	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31		29	28	26	20	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11
KL																																						
M	32	14	M	K	J	G	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32		18	29	28	26	20	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12

Planche 18 : Schéma de l'horloge stellaire n°8 (Ashyt, Thèbes, T3C)
(Neugebauer et Parker, 1960, page 10)

33	15	1	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
34	16	3	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
35	18	4	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
36	20	5	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
	19	6	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
A	22	7	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
C	25	8	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
D	26	9	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
K	28	10	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
	29	11	J	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10
M	30	12	K	J	H	G	F	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11
	32		M	K	J	H	G	F	E	26	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12

Planche 19 : Schéma de l'horloge stellaire n°9 (Iker, Gebelein, G2T)
(Neugebauer et Parker, 1960, page 12)

29	28	25	33	15	1	2	1	36	35	34	33	32	31	30	26	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
34	16	3	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	19	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
35	18	4	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
36	20	5	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
1	19	6	26	C	1	B	A	2	1	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	24	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
A	22	7	E	26	2	1	B	A	2	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	25	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
F	C	25	9	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	30	29	28	26	19	25	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7
A	D	26	9	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
LK	28	10	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
	29	11	J	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10
M	30	12	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11
M	32	13	M	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A	2	1	36	35	34	33	32	31	30	29	28	26	19	25	24	23	22	20	18	17	16	15	14	13	12

Planche 20 : Schéma de l'horloge stellaire n°10 (Hekat, Assouan, AIC)
(Neugebauer et Parker, 1960, page 14)

												17	16	15	14a	12a		36a	36a	36a	4a	7	6	5a	1	3a	3a	2		4a	34	32	31a		
												17	16	15	14a	11	8	36a	35a	35a	35a	4a	7	6	31a	3a	32	34	4a	3b	32	31a	32		
													15	14a	11	35a	8	9b	35a	4a	4a	3a	32	32	3a	32	2	4a	4a	3b	3a	31a	35a	35a	
													14a	11	35a	36a	9b	11	4a	3a	32	3a	7	6	5a	32	2	1	3b	3b	3a	32	35a	36a	36a
												14a	11	35a	36a	4a	11	12a	3a	7	32	7	6	5a	4a	2	1	3b	3a	32	31a	1	1	1	
												11	35a	36a	4a	9b	12a		7	32		6	5a	4a	1	1	3b	32	32	31a	32	2	2	2	
													11	14a	5	31	35a	3a	4a	1		13	13	13a	15	16		31a	19	21	21a	21b	35a	36a	23
													14a	12a	31	27b	3a	4a	1	2		13a	13a	14a	16		31a	19	21	21a	21b	35a	36a	23	22
													12a	5	27b	31b	4a	1	2	32	32	14a	14a	15		31a	19	21a	21a	21b	35a	36a	23	22	24
													5	31	31b	4	1	2	32	13		15	15	16	31a	19	21a	21b	21b	35a	36a	23	22	24	26a
													31	27b	4	24	2	32	13	13a		32	32	32	19	21a	21b	32	32	36a	23	22	24	26a	27a
													27b	24	24	3a	32	13	13a	14a		16	16	31a	21a	21b	32	1	1	23	22	24	26a	27a	22

Planche 24 : Schéma de l'horloge stellaire n°14 (Djaouaou, Assiout, S3C)
(Neugebauer et Parker, 1960, page 18)

[illegible]

Planche 26 : Schéma de l'horloge stellaire n°16 (Merourou, Assiout, S#T)
(Locher, 1983, page 143 et Kahl, 1999, page 203)

[illegible]

Planche 28 : Schéma de l'horloge stellaire n°19 (Shemes, Assiout, S11C)
(Neugebauer et Parker, 1960, page 20)

	D	C	A	B	
1					1
2					2
3					3
4					4
5					5
6					6
7					7

Translation:

SECTION A	SECTION B	SECTION C	SECTION D
(1) I <i>pri</i> , the name of the hour.	(1) First decade	(1) Second decade	(1) Third decade
(2) Her first hour of evening.	(2) <i>š:pty</i>	(2) <i>hntwy</i>	(2) <i>hry-ib wî;</i>
(3) Her second hour in early night.	(3) <i>hntwy</i>	(3) <i>hry-ib wî;</i>	(3) <i>ššmꜣw</i>
(4) Her third hour in early night.	(4) <i>hry-ib wî;</i>	(4) <i>ššmꜣw</i>	(4) <i>knmꜣw</i>
(5) Her fourth hour in early night.	(5) <i>ššmꜣw</i>	(5) <i>knmꜣw</i>	(5) <i>tpy-ꜥ šmd</i>
(6) She creates middle night.	(6) <i>knmꜣw</i>	(6) <i>tpy-ꜥ šmd</i>	(6) <i>šmd</i>
(7) Her beautiful hour in middle night.	(7) <i>tpy-ꜥ šmd</i>	(7) <i>šmd</i>	(7) <i>srt</i>

Planche 29 : Fragment de l'horloge stellaire n°20
(*Merenptah*, Abydos, XIXème dynastie) (Neugebauer et Parker, 1960, page 32).

Annexe au Chapitre 5

Heure de lever stellaire le 16 août	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,54 h	HIP42835	HD74395	4,63	81 jours
3,55 h	HIP40084	19 Puppis	4,72	90 jours
3,66 h	HIP47310	2 Sextantis	4,68	69 jours
3,67 h	HIP49637	31 Leonis	4,39	60 jours
3,73 h	HIP46776	τ^2 Hydrae	4,54	68 jours
3,77 h	HIP49029	π Leonis	4,68	65 jours
<i>3,81 h</i>	<i>HIP51624</i>	<i>ρ Leonis</i>	<i>3,84</i>	<i>50 jours</i>
<i>3,82 h</i>	<i>HIP46509</i>	<i>31 Hydrae</i>	<i>4,59</i>	<i>71 jours</i>
<i>3,88 h</i>	<i>HIP47431</i>	<i>ι Hydrae</i>	<i>3,90</i>	<i>70 jours</i>
<i>4,05 h</i>	<i>HIP43067</i>	<i>12 Hydrae</i>	<i>4,32</i>	<i>85 jours</i>
<i>4,06 h</i>	<i>HIP46390</i>	<i>α Hydrae</i>	<i>1,99</i>	<i>62 jours</i>

Table 23 : Liste des étoiles candidates au décan 33.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 26 août	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,51 h	HIP49641	α Sextantis	4,48	63 jours
3,63 h	HIP45811	27 Hydrae	4,80	80 jours
3,77 h	HIP45751	26 Hydrae	4,77	83 jours
3,85 h	HIP54182	χ Leonis	4,62	54 jours
3,89 h	HIP53824	59 Leonis	4,98	56 jours
<i>4,08 h</i>	<i>HIP55434</i>	<i>σ Leonis</i>	<i>4,05</i>	<i>50 jours</i>
<i>4,18 h</i>	<i>HIP48356</i>	<i>ν^1 Hydrae</i>	<i>4,11</i>	<i>80 jours</i>
<i>4,18 h</i>	<i>HIP49402</i>	<i>ν^2 Hydrae</i>	<i>4,60</i>	<i>75 jours</i>
<i>4,24 h</i>	<i>HIP53807</i>	<i>58 Leonis</i>	<i>4,84</i>	<i>63 jours</i>
<i>4,25 h</i>	<i>HIP49841</i>	<i>λ Hydrae</i>	<i>3,61</i>	<i>73 jours</i>

Table 24 : Liste des étoiles candidates au décan 34.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP45336</i>	<i>θ Hydrae</i>	<i>3,89</i>	<i>06/08</i>
0,09 h	HIP46771	ξ Leonis	4,99	08/08
0,28 h	HIP47508	\omicron Leonis	3,52	06/08
<i>0,35 h</i>	<i>HIP46509</i>	<i>τ^1 Hydrae</i>	<i>4,59</i>	<i>15/08</i>
0,36 h	HIP47310	2 Sextantis	4,68	13/08
<i>0,37 h</i>	<i>HIP45811</i>	<i>27 Hydrae</i>	<i>4,80</i>	<i>20/08</i>
<i>0,37 h</i>	<i>HIP46776</i>	<i>τ^2 Hydrae</i>	<i>4,54</i>	<i>13/08</i>
0,42 h	HIP45751	26 Hydrae	4,77	21/08
<i>0,46 h</i>	<i>HIP46390</i>	<i>α Hydrae</i>	<i>1,99</i>	<i>12/08</i>
<i>0,49 h</i>	<i>HIP47431</i>	<i>ι Hydrae</i>	<i>3,90</i>	<i>16/08</i>
0,63 h	HIP49029	π Leonis	4,68	15/08
0,72 h	HIP49637	31 Leonis	4,39	14/08
0,93 h	HIP49641	α Sextantis	4,48	18/08
<i>0,96 h</i>	<i>HIP48356</i>	<i>υ^1 Hydrae</i>	<i>4,11</i>	<i>27/08</i>
0,99 h	HIP47522	HD83953	4,76	31/08
<i>1,14 h</i>	<i>HIP49402</i>	<i>υ^2 Hydrae</i>	<i>4,60</i>	<i>26/08</i>
1,15 h	HIP51624	ρ Leonis	3,84	14/08
<i>1,22 h</i>	<i>HIP49841</i>	<i>λ Hydrae</i>	<i>3,61</i>	<i>27/08</i>

Table 25 : Etoiles dont la culmination succède à celle de θ Hydrae.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 32 et 33.

Heure de lever stellaire le 5 septembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,92 h	HIP47522	HD83953	4,76	87 jours
3,95 h	HIP57380	ν Virginis	4,04	53 jours
3,95 h	HIP55945	τ Leonis	4,95	61 jours
3,95 h	HIP55084	ϕ Leonis	4,45	61 jours
3,96 h	HIP53907	61 Leonis	4,73	70 jours
4,02 h	HIP57757	β Virginis	3,59	51 jours
4,04 h	HIP51069	μ Hydrae	3,83	79 jours
4,14 h	HIP56647	υ Leonis	4,30	60 jours
<i>4,24 h</i>	<i>HIP52943</i>	<i>ν Hydrae</i>	<i>3,11</i>	<i>70 jours</i>
<i>4,33 h</i>	<i>HIP52085</i>	<i>ϕ Hydrae</i>	<i>4,91</i>	<i>81 jours</i>

Table 26 : Liste des étoiles candidates au décan 35.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

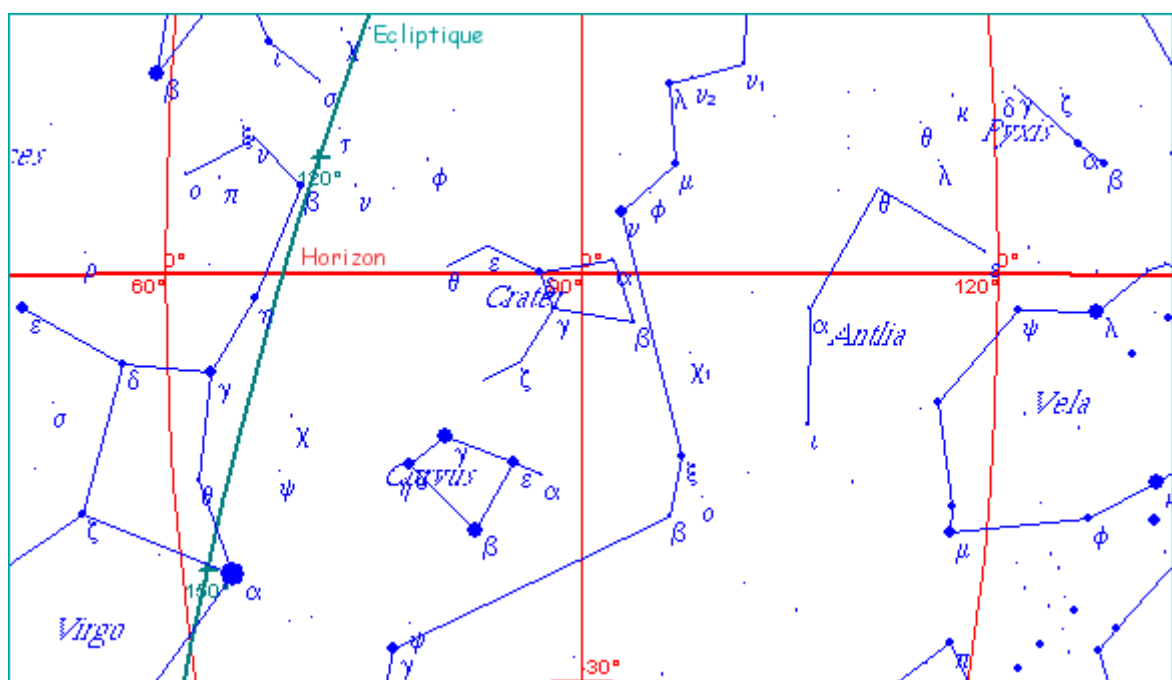


Figure 21 : Constellations de l'Hydre, de la Coupe, du Corbeau et de la Vierge

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP48356</i>	<i>ν^1 Hydrae</i>	<i>4,11</i>	<i>27/08</i>
0,03 h	HIP47522	HD83953	4,76	31/08
<i>0,18 h</i>	<i>HIP49402</i>	<i>ν^2 Hydrae</i>	<i>4,60</i>	<i>26/08</i>
0,19 h	HIP51624	ρ Leonis	3,84	14/08
<i>0,26 h</i>	<i>HIP49841</i>	<i>λ Hydrae</i>	<i>3,61</i>	<i>27/08</i>
<i>0,58 h</i>	<i>HIP51069</i>	<i>μ Hydrae</i>	<i>3,83</i>	<i>03/09</i>
0,74 h	HIP53824	59 Leonis	4,98	24/08
0,77 h	HIP52085	ϕ Hydrae	4,91	06/09
0,77 h	HIP53807	58 Leonis	4,84	28/08
0,81 h	HIP54182	χ Leonis	4,62	24/08
0,89 h	HIP53907	61 Leonis	4,73	02/09
<i>0,92 h</i>	<i>HIP52943</i>	<i>ν Hydrae</i>	<i>3,11</i>	<i>03/09</i>
1,09 h	HIP55434	σ Leonis	4,05	26/08
1,15 h	HIP53740	α Crateris	4,08	09/09
1,17 h	HIP55084	ϕ Leonis	4,45	01/09
1,25 h	HIP55945	τ Leonis	4,95	02/09

Table 27 : Liste des étoiles candidates au décan 35a.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 34 et 35.

Heure de lever stellaire le 15 septembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,94 h	HIP56633	θ Crateris	4,70	66 jours
3,98 h	HIP55282	δ Crateris	3,56	71 jours
3,99 h	HIP53740	α Crateris	4,08	78 jours
4,07 h	HIP60129	η Virginis	3,89	50 jours
4,09 h	HIP55687	ε Crateris	4,81	76 jours
4,13 h	HIP55705	γ Crateris	4,06	72 jours
4,13 h	HIP60172	16 Virginis	4,97	56 jours
4,18 h	HIP54682	β Crateris	4,46	78 jours
<i>4,52 h</i>	<i>HIP54204</i>	<i>χ^1 Hydrae</i>	<i>4,92</i>	<i>86 jours</i>
<i>5,03 h</i>	<i>HIP59803</i>	<i>γ Corvi</i>	<i>2,58</i>	<i>60 jours</i>

Table 28 : Liste des étoiles candidates au décan 36.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP51069</i>	<i>μ Hydrae</i>	<i>3,83</i>	<i>03/09</i>
0,16 h	HIP53824	59 Leonis	4,98	24/08
0,19 h	HIP52085	ϕ Hydrae	4,91	06/09
0,19 h	HIP53807	58 Leonis	4,84	28/08
0,23 h	HIP54182	χ Leonis	4,62	24/08
0,31 h	HIP53907	61 Leonis	4,73	02/09
<i>0,34 h</i>	<i>HIP52943</i>	<i>ν Hydrae</i>	<i>3,11</i>	<i>03/09</i>
0,51 h	HIP55434	σ Leonis	4,05	26/08
0,57 h	HIP53740	α Crateris	4,08	09/09
0,59 h	HIP55084	ϕ Leonis	4,45	01/09
0,67 h	HIP55945	τ Leonis	4,95	02/09
0,77 h	HIP54204	χ^1 Hydrae	4,92	16/09
0,78 h	HIP54682	β Crateris	4,46	12/09
0,79 h	HIP55282	δ Crateris	3,56	09/09
0,80 h	HIP56127	87 Leonis	4,77	07/09
0,82 h	HIP55687	ε Crateris	4,81	11/09
0,88 h	HIP56647	υ Leonis	4,30	04/09
0,92 h	HIP55705	γ Crateris	4,06	11/09
0,94 h	HIP57380	ν Virginis	4,04	02/09
1,00 h	HIP56633	θ Crateris	4,70	09/09

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
1,03 h	HIP57757	β Virginis	3,59	02/09
1,18 h	HIP56280	17 Crateris	4,93	22/09
1,22 h	HIP57283	ζ Crateris	4,71	17/09

Table 29 : Liste des étoiles candidates au décan 36a.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 35a.

Heure de lever stellaire le 25 septembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,04 h	HIP59803	γ Corvi	2,58	60 jours
4,23 h	HIP60965	δ Corvi	2,94	60 jours
4,27 h	HIP56280	HD100286	4,93	88 jours
4,29 h	HIP61740	χ Virginis	4,66	65 jours
4,30 h	HIP59316	ϵ Corvi	3,02	69 jours
4,32 h	HIP56343	ξ Hydrae	3,54	86 jours
4,34 h	HIP64852	σ Virginis	4,78	51 jours
4,36 h	HIP61174	η Corvi	4,30	68 jours
4,36 h	HIP59199	α Corvi	4,02	76 jours
4,40 h	HIP64238	θ Virginis	4,38	52 jours
<i>4,59 h</i>	<i>HIP56922</i>	<i>ϕ Hydrae</i>	<i>4,70</i>	<i>89 jours</i>
<i>4,60 h</i>	<i>HIP61359</i>	<i>β Corvi</i>	<i>2,65</i>	<i>65 jours</i>
<i>4,67 h</i>	<i>HIP62985</i>	<i>ψ Virginis</i>	<i>4,77</i>	<i>68 jours</i>
<i>4,67 h</i>	<i>HIP57936</i>	<i>β Hydrae</i>	<i>4,29</i>	<i>87 jours</i>

Table 30 : Liste des étoiles candidates au décan 37.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 5 octobre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,42 h	HIP66006	74 Virginis	4,68	61 jours
4,57 h	HIP64924	61 Virginis	4,74	69 jours
4,57 h	HIP64962	γ Hydrae	2,99	65 jours
<i>4,66 h</i>	<i>HIP65639</i>	<i>69 Virginis</i>	<i>4,76</i>	<i>69 jours</i>
<i>4,67 h</i>	<i>HIP64166</i>	<i>ψ Hydrae</i>	<i>4,94</i>	<i>78 jours</i>
<i>4,82 h</i>	<i>HIP62683</i>	<i>HD111697</i>	<i>4,90</i>	<i>86 jours</i>

Table 31 : Liste des étoiles candidates au décan 38.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 15 octobre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,44 h	HIP67494	89 Virginis	4,96	71 jours
4,46 h	HIP69427	κ Virginis	4,18	58 jours
4,48 h	HIP65109	ι Centauri	2,75	78 jours
4,51 h	HIP69974	λ Virginis	4,52	56 jours
<i>4,73 h</i>	<i>HIP68895</i>	<i>π Hydrae</i>	<i>3,25</i>	<i>69 jours</i>
<i>4,74 h</i>	<i>HIP67153</i>	<i>1 Centauri</i>	<i>4,23</i>	<i>81 jours</i>
<i>4,77 h</i>	<i>HIP69269</i>	<i>HD123934</i>	<i>4,93</i>	<i>72 jours</i>
<i>4,77 h</i>	<i>HIP67669</i>	<i>3 Centauri</i>	<i>4,32</i>	<i>79 jours</i>
<i>4,81 h</i>	<i>HIP67786</i>	<i>4 Centauri</i>	<i>4,75</i>	<i>79 jours</i>
<i>5,26 h</i>	<i>HIP68933</i>	<i>θ Centauri</i>	<i>2,06</i>	<i>70 jours</i>

Table 32 : Liste des étoiles candidates au décan A.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

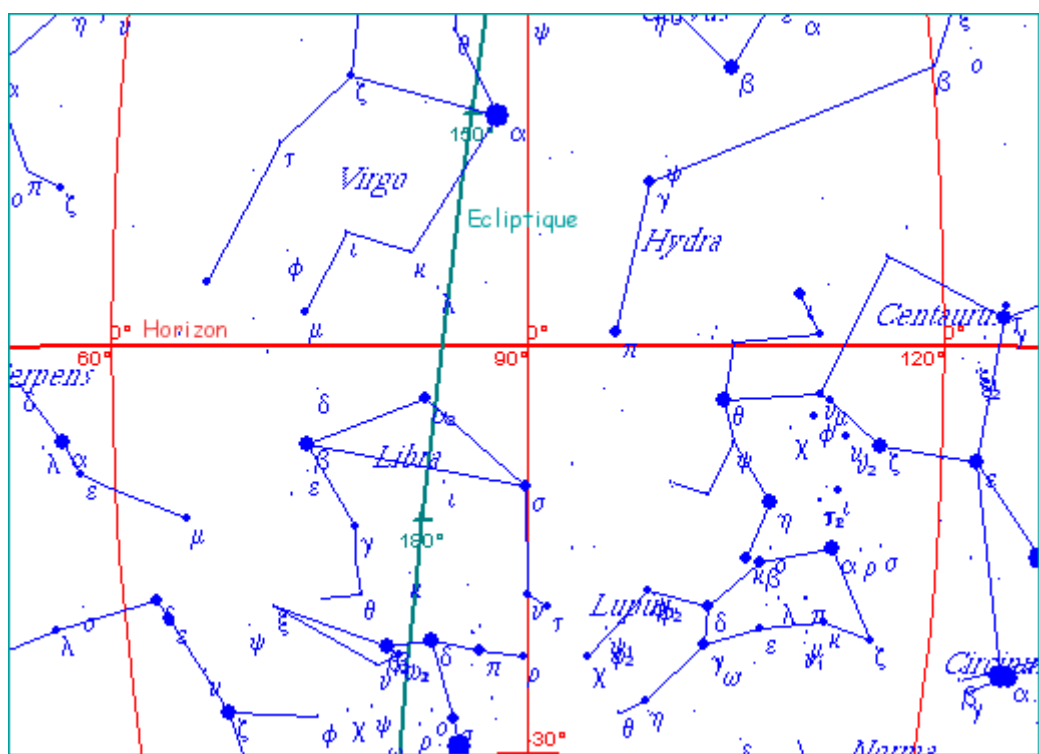


Figure 22 : Constellations de l'Hydre, de la Vierge, du Centaure, du Loup et de la Balance.

Heure de lever stellaire le 20 octobre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,25 h	HIP69974	λ Virginis	4,52	56 jours
4,47 h	HIP67669	3 Centauri	4,32	79 jours
4,47 h	HIP68895	π Hydrae	3,25	69 jours
4,48 h	HIP67153	1 Centauri	4,23	81 jours
4,48 h	HIP69269	ET Virginis	4,93	72 jours
4,52 h	HIP67786	4 Centauri	4,75	79 jours
4,63 h	HIP67457	2 Centauri	4,19	88 jours
4,69 h	HIP67464	ν Centauri	3,41	87 jours
4,70 h	HIP68933	θ Centauri	2,06	70 jours
<i>4,76 h</i>	<i>HIP67472</i>	<i>μ Centauri</i>	<i>3,47</i>	<i>89 jours</i>
<i>4,89 h</i>	<i>HIP68245</i>	<i>ϕ Centauri</i>	<i>3,83</i>	<i>88 jours</i>
<i>4,94 h</i>	<i>HIP70753</i>	<i>52 Hydrae</i>	<i>4,97</i>	<i>76 jours</i>

Table 33 : Liste des étoiles candidates au décan 1.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 25 octobre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,37 h	HIP67457	2 Centauri	4,19	88 jours
4,43 h	HIP67464	ν Centauri	3,41	87 jours
4,44 h	HIP68933	θ Centauri	2,06	70 jours
4,47 h	HIP67472	μ Centauri	3,47	89 jours
4,60 h	HIP68245	ϕ Centauri	3,83	88 jours
4,62 h	HIP70753	52 Hydrae	4,97	76 jours
4,62 h	HIP70306	51 Hydrae	4,78	80 jours
4,63 h	HIP68862	χ Centauri	4,36	89 jours
4,67 h	HIP70090	ψ Centauri	4,05	83 jours
<i>4,80 h</i>	<i>HIP70300</i>	<i>V761 Centauri</i>	<i>4,41</i>	<i>87 jours</i>
<i>4,92 h</i>	<i>HIP74392</i>	<i>\iota</i> Librae	<i>4,54</i>	<i>58 jours</i>
<i>4,97 h</i>	<i>HIP71352</i>	<i>\eta</i> Centauri	<i>2,33</i>	<i>80 jours</i>
<i>4,99 h</i>	<i>HIP75379</i>	<i>\epsilon</i> Librae	<i>4,92</i>	<i>49 jours</i>
<i>5,00 h</i>	<i>HIP71865</i>	<i>HD129116</i>	<i>4,01</i>	<i>82 jours</i>
<i>5,08 h</i>	<i>HIP73714</i>	<i>\sigma</i> Librae	<i>3,25</i>	<i>62 jours</i>

Table 34 : Liste des étoiles candidates au décan B.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 30 octobre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,33 h	HIP70306	51 Hydrae	4,78	80 jours
4,37 h	HIP68862	χ Centauri	4,36	89 jours
4,41 h	HIP70090	ψ Centauri	4,05	83 jours
4,54 h	HIP70300	HD125823	4,41	87 jours
4,62 h	HIP74392	ι Librae	4,54	58 jours
4,68 h	HIP71352	η Centauri	2,33	80 jours
4,68 h	HIP71865	HD129116	4,01	82 jours
4,68 h	HIP73714	σ Librae	3,25	62 jours
4,69 h	HIP72571	58 Hydrae	4,42	78 jours
4,69 h	HIP75379	ϵ Librae	4,92	49 jours
4,70 h	HIP72104	HD129685	4,92	83 jours
4,71 h	HIP72010	HD129456	4,06	85 jours
<i>4,88 h</i>	<i>HIP76333</i>	<i>\gamma</i> Librae	<i>3,91</i>	<i>52 jours</i>
<i>4,93 h</i>	<i>HIP71860</i>	<i>\alpha</i> Lupi	<i>2,30</i>	<i>88 jours</i>

Heure de lever stellaire le 30 octobre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
<i>5,00 h</i>	<i>HIP73334</i>	<i>κ Centauri</i>	<i>3,13</i>	<i>85 jours</i>
<i>5,00 h</i>	<i>HIP73273</i>	<i>β Lupi</i>	<i>2,68</i>	<i>84 jours</i>

Table 35 : Liste des étoiles candidates au décan 2.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 4 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,39 h	HIP73714	σ Librae	3,25	62 jours
4,40 h	HIP72104	HD129685	4,92	83 jours
4,45 h	HIP72010	HD129456	4,06	85 jours
4,62 h	HIP76333	γ Librae	3,91	52 jours
4,64 h	HIP71860	α Lupi	2,30	88 jours
4,70 h	HIP73273	β Lupi	2,68	84 jours
4,71 h	HIP73334	κ Centauri	3,13	85 jours
4,74 h	HIP74604	1 Lupi	4,91	79 jours
4,75 h	HIP74857	2 Lupi	4,35	77 jours
<i>4,90 h</i>	<i>HIP76600</i>	<i>τ Librae</i>	<i>3,66</i>	<i>67 jours</i>
<i>4,91 h</i>	<i>HIP75141</i>	<i>δ Lupi</i>	<i>3,22</i>	<i>83 jours</i>
<i>4,92 h</i>	<i>HIP75304</i>	<i>φ^2 Lupi</i>	<i>4,54</i>	<i>81 jours</i>
<i>4,92 h</i>	<i>HIP77853</i>	<i>θ Librae</i>	<i>4,13</i>	<i>54 jours</i>
<i>4,93 h</i>	<i>HIP76470</i>	<i>ν Librae</i>	<i>3,60</i>	<i>69 jours</i>
<i>4,96 h</i>	<i>HIP75177</i>	<i>φ^1 Lupi</i>	<i>3,57</i>	<i>82 jours</i>
<i>4,99 h</i>	<i>HIP76880</i>	<i>κ Librae</i>	<i>4,75</i>	<i>67 jours</i>
<i>5,07 h</i>	<i>HIP76742</i>	<i>42 Librae</i>	<i>4,97</i>	<i>72 jours</i>
<i>5,08 h</i>	<i>HIP75501</i>	<i>κ Lupi</i>	<i>4,60</i>	<i>86 jours</i>
<i>5,10 h</i>	<i>HIP78265</i>	<i>π Scorpil</i>	<i>2,89</i>	<i>57 jours</i>
<i>5,10 h</i>	<i>HIP77635</i>	<i>1 Scorpil</i>	<i>4,63</i>	<i>65 jours</i>
<i>5,13 h</i>	<i>HIP75264</i>	<i>ϵ Lupi</i>	<i>3,37</i>	<i>89 jours</i>
<i>5,13 h</i>	<i>HIP77840</i>	<i>2 Scorpil</i>	<i>4,59</i>	<i>64 jours</i>
<i>5,16 h</i>	<i>HIP76297</i>	<i>γ Lupi</i>	<i>2,80</i>	<i>81 jours</i>
<i>5,24 h</i>	<i>HIP78933</i>	<i>ω^1 Scorpil</i>	<i>3,93</i>	<i>53 jours</i>

Table 36 : Liste des étoiles candidates au décan C.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 9 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,49 h	HIP74857	2 Lupi	4,35	77 jours
4,60 h	HIP76600	τ Librae	3,66	67 jours
4,65 h	HIP75141	δ Lupi	3,22	83 jours
4,66 h	HIP77853	θ Librae	4,13	54 jours
4,66 h	HIP75304	ϕ^2 Lupi	4,54	81 jours
4,67 h	HIP76470	υ Librae	3,60	69 jours
4,70 h	HIP75177	ϕ^1 Lupi	3,57	82 jours
4,70 h	HIP76880	κ Librae	4,75	67 jours
4,77 h	HIP77635	1 Scorpil	4,63	65 jours
4,77 h	HIP78265	π Scorpil	2,89	57 jours
4,78 h	HIP76742	42 Librae	4,97	72 jours
4,79 h	HIP75501	κ Lupi	4,60	86 jours
4,80 h	HIP75264	ϵ Lupi	3,37	89 jours
4,80 h	HIP76297	γ Lupi	2,80	81 jours
4,80 h	HIP77840	2 Scorpil	4,59	64 jours
4,81 h	HIP78933	ω^1 Scorpil	3,93	53 jours
4,83 h	HIP76945	ψ^2 Lupi	4,75	78 jours
4,84 h	HIP78821	β^2 Scorpil	4,90	56 jours
4,85 h	HIP78104	ρ Scorpil	3,87	66 jours
4,86 h	HIP77634	χ Lupi	3,97	73 jours
4,88 h	HIP79374	ν Scorpil	4,00	52 jours
4,91 h	HIP76705	ψ^1 Lupi	4,66	83 jours
4,92 h	HIP78990	ω^2 Scorpil	4,31	60 jours
<i>5,13 h</i>	<i>HIP78384</i>	<i>η Lupi</i>	<i>3,42</i>	<i>78 jours</i>
<i>5,13 h</i>	<i>HIP80112</i>	<i>σ Scorpil</i>	<i>2,90</i>	<i>55 jours</i>
<i>5,14 h</i>	<i>HIP79404</i>	<i>13 Scorpil</i>	<i>4,58</i>	<i>66 jours</i>
<i>5,18 h</i>	<i>HIP80569</i>	<i>χ Ophiuchi</i>	<i>4,22</i>	<i>51 jours</i>

Table 37 : Liste des étoiles candidates au décan 3.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

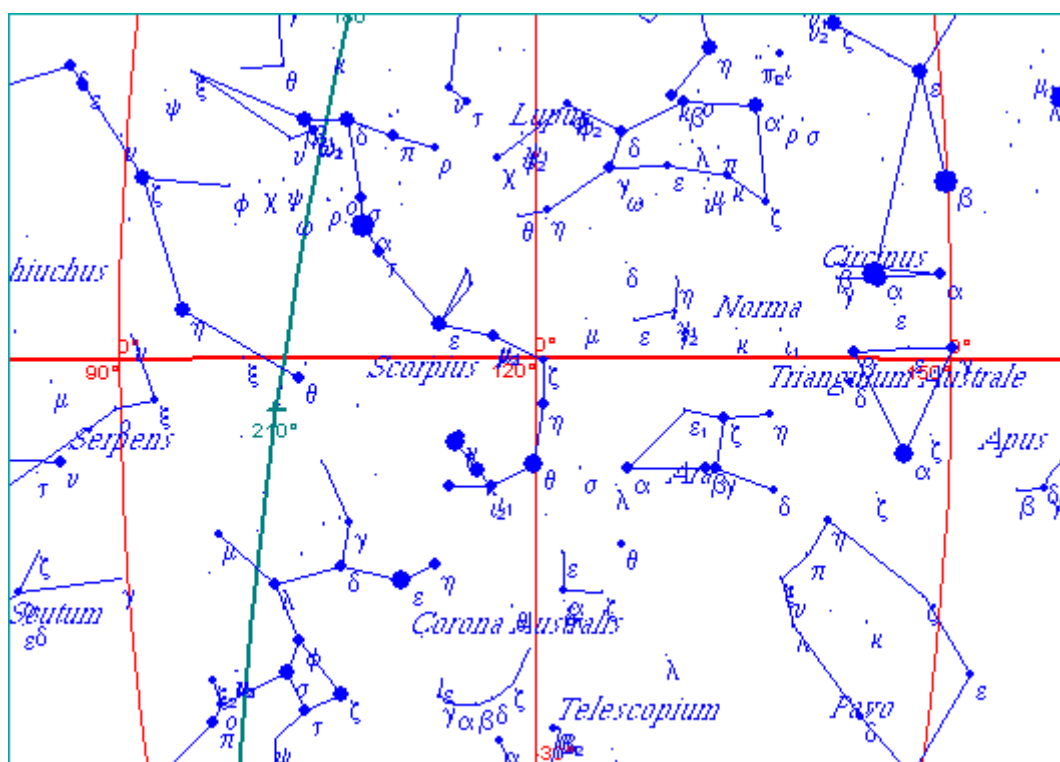


Figure 23 : Constellations du Loup, du Scorpion et de la Couronne Australe.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP57283</i>	<i>ζ Crateris</i>	<i>4,71</i>	<i>17/09</i>
0,01 h	HIP56343	ξ Hydrae	3,54	22/09
0,14 h	HIP56922	ο Hydrae	4,70	25/09
0,31 h	HIP57936	β Hydrae	4,29	26/09
0,39 h	HIP60172	16 Virginis	4,97	12/09
0,41 h	HIP60129	η Virginis	3,89	10/09
0,43 h	HIP59199	α Corvi	4,02	22/09
0,45 h	HIP59316	ε Corvi	3,02	20/09
0,49 h	HIP59803	γ Corvi	2,58	16/09
0,71 h	HIP60965	δ Corvi	2,94	19/09
0,76 h	HIP61174	η Corvi	4,30	23/09
0,80 h	HIP61740	χ Virginis	4,66	22/09
<i>0,82 h</i>	<i>HIP61359</i>	<i>β Corvi</i>	<i>2,65</i>	<i>23/09</i>
1,05 h	HIP62985	ψ Virginis	4,77	27/09
1,12 h	HIP62683	HD111597	4,90	06/10
1,30 h	HIP64238	θ Virginis	4,38	24/09

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
1,34 h	HIP64166	ψ Hydrae	4,94	06/10
1,40 h	HIP64852	σ Virginis	4,78	24/09
<i>1,49 h</i>	<i>HIP64962</i>	<i>γ Hydrae</i>	<i>2,99</i>	<i>02/10</i>
1,55 h	HIP64924	61 Virginis	4,74	04/10
1,57 h	HIP65109	ι Centauri	2,75	10/10
1,63 h	HIP65639	69 Virginis	4,76	05/10
1,69 h	HIP66006	74 Virginis	4,68	03/10
1,93 h	HIP67153	1 Centauri	4,23	15/10
1,94 h	HIP67464	ν Centauri	3,41	18/10
1,94 h	HIP67472	μ Centauri	3,47	19/10
1,95 h	HIP67457	2 Centauri	4,19	18/10
1,98 h	HIP67494	89 Virginis	4,96	11/10
1,99 h	HIP67669	3 Centauri	4,32	15/10
2,01 h	HIP67786	4 Centauri	4,75	16/10
2,06 h	HIP68245	ϕ Centauri	3,83	21/10
2,17 h	HIP68862	χ Centauri	4,36	22/10
<i>2,21 h</i>	<i>HIP68895</i>	<i>π Hydrae</i>	<i>3,25</i>	<i>14/10</i>
<i>2,23 h</i>	<i>HIP68933</i>	<i>θ Centauri</i>	<i>2,06</i>	<i>15/10</i>
2,31 h	HIP69269	ET Virginis	4,93	16/10
2,36 h	HIP69427	98 Virginis	4,18	11/10
2,38 h	HIP70090	ψ Centauri	4,05	23/10
2,40 h	HIP70300	V761 Centauri	4,41	24/10
2,45 h	HIP69974	λ Virginis	4,52	12/10
2,47 h	HIP70306	51 Hydrae	4,78	22/10
2,52 h	HIP70753	52 Hydrae	4,97	21/10
<i>2,55 h</i>	<i>HIP71352</i>	<i>η Centauri</i>	<i>2,33</i>	<i>24/10</i>
<i>2,60 h</i>	<i>HIP71860</i>	<i>α Lupi</i>	<i>2,30</i>	<i>28/10</i>
2,67 h	HIP71865	HD129116	4,01	26/10
2,71 h	HIP72010	HD129456	4,06	28/10
2,72 h	HIP72104	HD129685	4,92	27/10
<i>2,85 h</i>	<i>HIP73273</i>	<i>β Lupi</i>	<i>2,68</i>	<i>30/10</i>
<i>2,86 h</i>	<i>HIP73334</i>	<i>κ Centauri</i>	<i>3,13</i>	<i>30/10</i>
2,87 h	HIP72571	58 Hydrae	4,42	27/10
3,09 h	HIP73714	σ Librae	3,25	25/10
3,14 h	HIP75264	ϵ Lupi	3,37	05/11
3,17 h	HIP75141	δ Lupi	3,22	03/11
3,18 h	HIP74604	1 Lupi	4,91	01/11

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
3,23 h	HIP75177	ϕ^1 Lupi	3,57	03/11
3,24 h	HIP74857	2 Lupi	4,35	01/11
3,24 h	HIP75304	ϕ^2 Lupi	4,54	03/11
3,25 h	HIP75501	κ Lupi	4,60	05/11
3,26 h	HIP74392	ι^1 Librae	4,54	26/10
3,35 h	HIP76297	γ Lupi	2,80	05/11
3,50 h	HIP76705	ψ^1 Lupi	4,66	08/11
3,54 h	HIP76470	υ Librae	3,60	03/11
3,54 h	HIP76600	τ Librae	3,66	02/11
3,54 h	HIP76945	ψ^2 Lupi	4,75	07/11
3,55 h	HIP75379	ε Librae	4,92	27/10
3,64 h	HIP76742	42 Librae	4,97	06/11
3,67 h	HIP76333	γ Librae	3,91	30/10
<i>3,67 h</i>	<i>HIP77634</i>	<i>χ Lupi</i>	<i>3,97</i>	<i>07/11</i>
3,72 h	HIP76880	κ Librae	4,75	05/11
<i>3,72 h</i>	<i>HIP78384</i>	<i>η Lupi</i>	<i>3,42</i>	<i>10/11</i>
3,77 h	HIP77635	1 Scorpïi	4,63	05/11
3,77 h	HIP78655	HD143699	4,90	13/11
<i>3,81 h</i>	<i>HIP78104</i>	<i>ρ Scorpïi</i>	<i>3,87</i>	<i>06/11</i>
3,82 h	HIP77840	2 Scorpïi	4,59	05/11
3,84 h	HIP78918	θ Lupi	4,22	11/11
3,89 h	HIP78265	π Scorpïi	2,89	04/11
3,93 h	HIP77853	θ Librae	4,13	04/11
3,96 h	HIP78650	HD143787	4,96	11/11
4,06 h	HIP79404	13 Scorpïi	4,58	09/11
4,07 h	HIP78821	β^2 Scorpïi	4,90	05/11
4,08 h	HIP78933	ω^1 Scorpïi	3,93	04/11
4,08 h	HIP78990	ω^2 Scorpïi	4,31	07/11
4,14 h	HIP79881	d Scorpïi	4,80	11/11
4,18 h	HIP79374	14 Scorpïi	4,00	06/11
4,22 h	HIP80911	HD148703	4,24	14/11
<i>4,23 h</i>	<i>HIP80112</i>	<i>σ Scorpïi</i>	<i>2,90</i>	<i>07/11</i>

Table 38 : Liste des étoiles dont la culmination succède à celle de l'étoile assimilée au décan 36a et précède celles des étoiles candidates au décan 3.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 37, 38, 1 et 2.

Heure de lever stellaire le 14 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,56 h	HIP78104	ρ Scorpïi	3,87	66 jours
4,57 h	HIP76945	ψ^2 Lupi	4,75	78 jours
4,58 h	HIP78821	β^2 Scorpïi	4,90	56 jours
4,60 h	HIP77634	χ Lupi	3,97	73 jours
4,62 h	HIP79374	ν Scorpïi	4,00	52 jours
4,65 h	HIP76705	ψ^1 Lupi	4,66	83 jours
4,66 h	HIP78990	ω^2 Scorpïi	4,31	60 jours
4,84 h	HIP78384	η Lupi	3,42	78 jours
4,84 h	HIP79404	13 Scorpïi	4,58	66 jours
4,84 h	HIP80112	σ Scorpïi	2,90	55 jours
4,85 h	HIP78650	HD143787	4,96	74 jours
4,86 h	HIP80569	χ Ophiuchi	4,22	51 jours
4,90 h	HIP78918	θ Lupi	4,22	79 jours
4,90 h	HIP80343	ψ Ophiuchi	4,48	59 jours
4,92 h	HIP79881	HD146624	4,80	69 jours
4,93 h	HIP80079	\omicron Scorpïi	4,55	64 jours
4,93 h	HIP80473	ρ Ophiuchi	4,57	60 jours
4,93 h	HIP80894	ϕ Ophiuchi	4,29	52 jours
4,96 h	HIP78655	HD143699	4,90	85 jours
4,97 h	HIP80975	ω Ophiuchi	4,45	55 jours
<i>5,05 h</i>	<i>HIP80815</i>	<i>22 Scorpïi</i>	<i>4,79</i>	<i>62 jours</i>
<i>5,07 h</i>	<i>HIP81266</i>	<i>τ Scorpïi</i>	<i>2,82</i>	<i>58 jours</i>
<i>5,30 h</i>	<i>HIP80911</i>	<i>HD148703</i>	<i>4,24</i>	<i>74 jours</i>

Table 39 : Liste des étoiles candidates au décan D.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 19 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,64 h	HIP78918	θ Lupi	4,22	79 jours
4,64 h	HIP80343	ψ Ophiuchi	4,48	59 jours
4,66 h	HIP79881	HD146624	4,80	69 jours
4,67 h	HIP80079	\omicron Scorpïi	4,55	64 jours
4,67 h	HIP80473	ρ Ophiuchi	4,57	60 jours
4,67 h	HIP80894	ϕ Ophiuchi	4,29	52 jours

Heure de lever stellaire le 19 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,70 h	HIP78655	HD143699	4,90	85 jours
4,71 h	HIP80975	ω Ophiuchi	4,45	55 jours
4,75 h	HIP80815	22 Scorpïi	4,79	62 jours
4,78 h	HIP81266	τ Scorpïi	2,82	58 jours
4,94 h	HIP80911	N Scorpïi	4,24	74 jours
4,94 h	HIP81724	HD150416	4,91	57 jours
<i>5,20 h</i>	<i>HIP81304</i>	<i>H Scorpïi</i>	<i>4,18</i>	<i>84 jours</i>
<i>5,22 h</i>	<i>HIP82396</i>	<i>ϵ Scorpïi</i>	<i>2,29</i>	<i>62 jours</i>
<i>5,24 h</i>	<i>HIP82514</i>	<i>μ^1 Scorpïi</i>	<i>3,00</i>	<i>75 jours</i>
<i>5,32 h</i>	<i>HIP82545</i>	<i>μ^2 Scorpïi</i>	<i>3,56</i>	<i>77 jours</i>

Table 40 : Liste des étoiles candidates au décan 4.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP78384</i>	<i>η Lupi</i>	<i>3,42</i>	<i>10/11</i>
0,05 h	HIP77635	1 Scorpïi	4,63	05/11
0,05 h	HIP78655	HD143699	4,90	13/11
<i>0,09 h</i>	<i>HIP78104</i>	<i>ρ Scorpïi</i>	<i>3,87</i>	<i>06/11</i>
0,10 h	HIP77840	2 Scorpïi	4,59	05/11
0,12 h	HIP78918	θ Lupi	4,22	11/11
0,17 h	HIP78265	π Scorpïi	2,89	04/11
0,21 h	HIP77853	θ Librae	4,13	04/11
0,24 h	HIP78650	HD143787	4,96	11/11
0,34 h	HIP79404	13 Scorpïi	4,58	10/11
0,35 h	HIP78821	β^2 Scorpïi	4,90	07/11
0,36 h	HIP78933	ω^1 Scorpïi	3,93	06/11
0,36 h	HIP78990	ω^2 Scorpïi	4,31	08/11
0,42 h	HIP79881	HD146624	4,80	12/11
0,46 h	HIP79374	ν Scorpïi	4,00	07/11
0,50 h	HIP80112	σ Scorpïi	2,90	08/11
0,50 h	HIP80911	HD148703	4,24	16/11
0,52 h	HIP80079	\omicron Scorpïi	4,55	12/11
0,55 h	HIP81304	HD149447	4,18	20/11
0,60 h	HIP80473	ρ Ophiuchi	4,57	12/11

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,64 h	HIP80343	ψ Ophiuchi	4,48	12/11
0,64 h	HIP80815	22 Scorpïi	4,79	13/11
0,67 h	HIP81266	τ Scorpïi	2,82	12/11
0,70 h	HIP80569	χ Ophiuchi	4,22	10/11
<i>0,71 h</i>	<i>HIP82514</i>	<i>μ^1 Scorpïi</i>	<i>3,00</i>	<i>19/11</i>
<i>0,72 h</i>	<i>HIP82545</i>	<i>μ^2 Scorpïi</i>	<i>3,56</i>	<i>20/11</i>
0,73 h	HIP80975	90 Ophiuchi	4,45	12/11
0,80 h	HIP80894	ϕ Ophiuchi	4,29	12/11
<i>0,81 h</i>	<i>HIP82396</i>	<i>ϵ Scorpïi</i>	<i>2,29</i>	<i>16/11</i>

Table 41 : Liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 3.
En italique figurent les étoiles candidates au décans 3 et 4.

Heure de lever stellaire le 24 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,64 h	HIP81724	HD150416	4,91	57 jours
4,91 h	HIP81304	HD149447	4,18	84 jours
4,93 h	HIP82396	ϵ Scorpïi	2,29	62 jours
4,95 h	HIP82514	μ^1 Scorpïi	3,00	75 jours
4,99 h	HIP82545	μ^2 Scorpïi	3,56	77 jours
<i>5,14 h</i>	<i>HIP84970</i>	<i>θ Ophiuchi</i>	<i>3,27</i>	<i>53 jours</i>
<i>5,17 h</i>	<i>HIP84893</i>	<i>ξ Ophiuchi</i>	<i>4,39</i>	<i>53 jours</i>
<i>5,21 h</i>	<i>HIP83574</i>	<i>HD154090</i>	<i>4,83</i>	<i>78 jours</i>
<i>5,28 h</i>	<i>HIP84405</i>	<i>36 Ophiuchi</i>	<i>4,33</i>	<i>62 jours</i>
<i>5,34 h</i>	<i>HIP85340</i>	<i>44 Ophiuchi</i>	<i>4,16</i>	<i>55 jours</i>
<i>5,71 h</i>	<i>HIP85927</i>	<i>λ Scorpïi</i>	<i>1,62</i>	<i>62 jours</i>

Table 42 : Liste des étoiles candidates au décan E.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 29 novembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,88 h	HIP84893	ξ Ophiuchi	4,39	53 jours
4,88 h	HIP84970	θ Ophiuchi	3,27	53 jours
4,95 h	HIP83574	HD154090	4,83	78 jours
4,98 h	HIP84405	36 Ophiuchi	4,33	62 jours
5,04 h	HIP85340	44 Ophiuchi	4,16	55 jours
5,08 h	HIP84143	η Scorpii	3,32	88 jours
5,10 h	HIP85755	51 Ophiuchi	4,78	57 jours
5,12 h	HIP85423	45 Ophiuchi	4,28	66 jours
5,15 h	HIP85927	λ Scorpii	1,62	62 jours
5,17 h	HIP85696	υ Scorpii	2,70	71 jours
<i>5,35 h</i>	<i>HIP86736</i>	<i>58 Ophiuchi</i>	<i>4,86</i>	<i>55 jours</i>
<i>5,40 h</i>	<i>HIP86670</i>	<i>κ Scorpii</i>	<i>2,39</i>	<i>72 jours</i>
<i>5,42 h</i>	<i>HIP86228</i>	<i>θ Scorpii</i>	<i>1,86</i>	<i>77 jours</i>

Table 43 : Liste des étoiles candidates au décan 5.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP82514</i>	<i>μ¹ Scorpii</i>	<i>3,00</i>	<i>19/11</i>
<i>0,01 h</i>	<i>HIP82545</i>	<i>μ² Scorpii</i>	<i>3,56</i>	<i>20/11</i>
0,02 h	HIP80975	90 Ophiuchi	4,45	12/11
0,09 h	HIP80894	φ Ophiuchi	4,29	12/11
<i>0,10 h</i>	<i>HIP82396</i>	<i>ε Scorpii</i>	<i>2,29</i>	<i>16/11</i>
<i>0,16 h</i>	<i>HIP84143</i>	<i>η Scorpii</i>	<i>3,32</i>	<i>26/11</i>
0,23 h	HIP81724	HD150416	4,91	16/11
0,26 h	HIP83574	HD154090	4,83	24/11
<i>0,49 h</i>	<i>HIP86228</i>	<i>θ Scorpii</i>	<i>1,86</i>	<i>27/11</i>
<i>0,55 h</i>	<i>HIP85696</i>	<i>υ Scorpii</i>	<i>2,70</i>	<i>26/11</i>
<i>0,59 h</i>	<i>HIP85927</i>	<i>λ Scorpii</i>	<i>1,62</i>	<i>24/11</i>
0,60 h	HIP86170	HD159433	4,26	03/12
0,63 h	HIP84405	36 Ophiuchi	4,33	24/11
<i>0,66 h</i>	<i>HIP86670</i>	<i>κ Scorpii</i>	<i>2,39</i>	<i>29/11</i>

Table 44 : Liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 4.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 4 et 5.

Heure de lever stellaire le 4 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,82 h	HIP84143	η Scorpii	3,32	88 jours
4,83 h	HIP85755	51 Ophiuchi	4,78	57 jours
4,86 h	HIP85423	45 Ophiuchi	4,28	66 jours
4,89 h	HIP85927	λ Scorpii	1,62	62 jours
4,91 h	HIP85696	υ Scorpii	2,70	71 jours
5,05 h	HIP86736	58 Ophiuchi	4,86	55 jours
5,11 h	HIP86670	κ Scorpii	2,39	72 jours
5,13 h	HIP86228	θ Scorpii	1,86	77 jours
5,14 h	HIP87072	3 Sagittarii	4,53	65 jours
5,20 h	HIP86170	HD159433	4,26	87 jours
5,20 h	HIP87220	HD161840	4,79	70 jours
5,24 h	HIP87073	ι^1 Scorpii	2,99	80 jours
5,27 h	HIP88116	4 Sagittarii	4,74	55 jours
<i>5,29 h</i>	<i>HIP87261</i>	<i>G Scorpii</i>	<i>3,19</i>	<i>76 jours</i>
<i>5,44 h</i>	<i>HIP88635</i>	<i>γ Sagittarii</i>	<i>2,98</i>	<i>59 jours</i>
<i>5,49 h</i>	<i>HIP87294</i>	<i>ι^2 Scorpii</i>	<i>4,78</i>	<i>89 jours</i>
<i>5,92 h</i>	<i>HIP89931</i>	<i>δ Sagittarii</i>	<i>2,72</i>	<i>57 jours</i>
<i>5,92 h</i>	<i>HIP90185</i>	<i>ε Sagittarii</i>	<i>1,79</i>	<i>58 jours</i>

Table 45 : Liste des étoiles candidates au décan F.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 9 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,78 h	HIP86670	κ Scorpii	2,39	72 jours
4,80 h	HIP86228	θ Scorpii	1,86	77 jours
4,88 h	HIP87072	3 Sagittarii	4,53	65 jours
4,94 h	HIP86170	Q Scorpii	4,26	87 jours
4,94 h	HIP87220	HD161840	4,79	70 jours
4,97 h	HIP88116	4 Sagittarii	4,74	55 jours
4,98 h	HIP87073	ι^1 Scorpii	2,99	80 jours
5,03 h	HIP87261	G Scorpii	3,19	76 jours
5,14 h	HIP88635	γ Sagittarii	2,98	59 jours
5,18 h	HIP88567	W Sagittarii	4,66	70 jours
5,19 h	HIP87294	ι^2 Scorpii	4,78	89 jours

Heure de lever stellaire le 9 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,22 h	HIP88839	HD165634	4,55	68 jours
5,28 h	HIP89153	HD166464	4,96	63 jours
<i>5,35 h</i>	<i>HIP90185</i>	<i>ε Sagittarii</i>	<i>1,79</i>	<i>58 jours</i>
<i>5,36 h</i>	<i>HIP89931</i>	<i>δ Sagittarii</i>	<i>2,72</i>	<i>57 jours</i>
<i>5,52 h</i>	<i>HIP89642</i>	<i>η Sagittarii</i>	<i>3,10</i>	<i>74 jours</i>
<i>5,56 h</i>	<i>HIP90289</i>	<i>21 Sagittarii</i>	<i>4,81</i>	<i>57 jours</i>
<i>5,61 h</i>	<i>HIP89678</i>	<i>HD167818</i>	<i>4,66</i>	<i>70 jours</i>

Table 46 : Liste des étoiles candidates au décan 6.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP86228</i>	<i>θ Scorpii</i>	<i>1,86</i>	<i>27/11</i>
<i>0,06 h</i>	<i>HIP85696</i>	<i>ν Scorpii</i>	<i>2,70</i>	<i>26/11</i>
<i>0,10 h</i>	<i>HIP85927</i>	<i>λ Scorpii</i>	<i>1,62</i>	<i>24/11</i>
0,11 h	HIP86170	HD159433	4,26	03/12
0,14 h	HIP84405	36 Ophiuchi	4,33	24/11
<i>0,17 h</i>	<i>HIP86670</i>	<i>κ Scorpii</i>	<i>2,39</i>	<i>29/11</i>
0,18 h	HIP85423	45 Ophiuchi	4,28	27/11
0,21 h	HIP84970	θ Ophiuchi	3,27	23/11
<i>0,21 h</i>	<i>HIP87073</i>	<i>ι^1 Scorpii</i>	<i>2,99</i>	<i>02/12</i>
0,25 h	HIP87294	ι^2 Scorpii	4,78	06/12
0,26 h	HIP84893	ξ Ophiuchi	4,39	23/11
0,29 h	HIP85340	44 Ophiuchi	4,16	25/11
<i>0,32 h</i>	<i>HIP87261</i>	<i>G Scorpii</i>	<i>3,19</i>	<i>02/12</i>
0,37 h	HIP85755	51 Ophiuchi	4,78	26/11
0,45 h	HIP87220	HD161840	4,79	02/12
0,52 h	HIP87072	3 Sagittarii	4,53	02/12
0,60 h	HIP86736	58 Ophiuchi	4,86	30/11
0,73 h	HIP88567	γ^1 Sagittarii	4,66	07/12
<i>0,73 h</i>	<i>HIP88635</i>	<i>γ Sagittarii</i>	<i>2,98</i>	<i>03/12</i>
<i>0,73 h</i>	<i>HIP89642</i>	<i>η Sagittarii</i>	<i>3,10</i>	<i>08/12</i>
0,79 h	HIP88116	4 Sagittarii	4,74	03/12
0,80 h	HIP88839	HD165634	4,55	07/12

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,88 h</i>	<i>HIP90185</i>	<i>ε Sagittarii</i>	<i>1,79</i>	<i>05/12</i>
<i>0,95 h</i>	<i>HIP89931</i>	<i>δ Sagittarii</i>	<i>2,72</i>	<i>05/12</i>

Table 47 : Liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 5 et précède celle des étoiles candidates au décan 6. En italique figurent les étoiles candidates aux décans 5, F et 6.

Heure de lever stellaire le 9 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>2,02 h</i>	<i>HIP71352</i>	<i>η Centauri</i>	<i>2,33</i>	<i>23/10</i>
2,02 h	HIP71865	HD129116	4,01	25/10
2,03 h	HIP73714	σ Librae	3,25	23/10
2,04 h	HIP72571	58 Hydrae	4,42	26/10
2,08 h	HIP72104	HD129685	4,92	26/10
2,12 h	HIP72010	HD129456	4,06	27/10
2,26 h	HIP76333	γ Librae	3,91	28/10
<i>2,31 h</i>	<i>HIP71860</i>	<i>α Lupi</i>	<i>2,30</i>	<i>27/10</i>
<i>2,38 h</i>	<i>HIP73334</i>	<i>κ Centauri</i>	<i>3,13</i>	<i>29/10</i>
<i>2,38 h</i>	<i>HIP73273</i>	<i>β Lupi</i>	<i>2,68</i>	<i>29/10</i>
2,44 h	HIP74604	1 Lupi	4,91	31/10
2,49 h	HIP74857	2 Lupi	4,35	31/10
2,61 h	HIP76600	τ Librae	3,66	01/11
2,65 h	HIP75141	δ Lupi	3,22	02/11
2,66 h	HIP75304	φ^2 Lupi	4,54	02/11
2,66 h	HIP77853	θ Librae	4,13	02/11
2,67 h	HIP76470	υ Librae	3,60	02/11
2,70 h	HIP75177	φ^1 Lupi	3,57	02/11
2,70 h	HIP76880	κ Librae	4,75	03/11
2,77 h	HIP77635	1 Scorpil	4,63	04/11
2,78 h	HIP76742	42 Librae	4,97	04/11
2,79 h	HIP75501	κ Lupi	4,60	04/11
2,80 h	HIP77840	2 Scorpil	4,59	04/11
<i>2,81 h</i>	<i>HIP78265</i>	<i>π Scorpil</i>	<i>2,89</i>	<i>03/11</i>
<i>2,84 h</i>	<i>HIP75264</i>	<i>ε Lupi</i>	<i>3,37</i>	<i>04/11</i>
<i>2,84 h</i>	<i>HIP76297</i>	<i>γ Lupi</i>	<i>2,80</i>	<i>04/11</i>
<i>2,88 h</i>	<i>HIP78933</i>	<i>ω^1 Scorpil</i>	<i>3,93</i>	<i>04/11</i>

Heure de lever stellaire le 9 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
2,90 h	HIP76945	ψ^2 Lupi	4,75	05/11
2,91 h	HIP78821	β^2 Scorpii	4,90	05/11
<i>2,92 h</i>	<i>HIP78104</i>	<i>ρ Scorpii</i>	<i>3,87</i>	<i>05/11</i>
<i>2,93 h</i>	<i>HIP77634</i>	<i>χ Lupi</i>	<i>3,97</i>	<i>05/11</i>
2,94 h	HIP79374	ν Scorpii	4,00	06/11
2,98 h	HIP76705	ψ^1 Lupi	4,66	06/11
2,99 h	HIP78990	ω^2 Scorpii	4,31	07/11
<i>3,17 h</i>	<i>HIP78384</i>	<i>η Lupi</i>	<i>3,42</i>	<i>08/11</i>
3,17 h	HIP79404	13 Scorpii	4,58	09/11
<i>3,17 h</i>	<i>HIP80112</i>	<i>σ Scorpii</i>	<i>2,90</i>	<i>07/11</i>
3,21 h	HIP78650	HD143787	4,96	10/11
3,22 h	HIP80569	χ Ophiuchi	4,22	09/11
3,29 h	HIP78918	θ Lupi	4,22	10/11
3,30 h	HIP80343	ψ Ophiuchi	4,48	11/11
3,32 h	HIP79881	HD146624	4,80	11/11
3,32 h	HIP80894	ϕ Ophiuchi	4,29	11/11
3,33 h	HIP80079	\omicron Scorpii	4,55	11/11
3,33 h	HIP80473	ρ Ophiuchi	4,57	11/11
3,35 h	HIP78655	HD143699	4,90	11/11
3,37 h	HIP80975	ω Ophiuchi	4,45	11/11
3,44 h	HIP80815	22 Scorpii	4,79	12/11
<i>3,47 h</i>	<i>HIP81266</i>	<i>τ Scorpii</i>	<i>2,82</i>	<i>11/11</i>
3,63 h	HIP80911	HD148703	4,24	14/11
3,66 h	HIP81724	HD150416	4,91	15/11
3,92 h	HIP81304	H Scorpii	4,18	18/11
<i>3,94 h</i>	<i>HIP82396</i>	<i>ϵ Scorpii</i>	<i>2,29</i>	<i>15/11</i>
<i>3,97 h</i>	<i>HIP82514</i>	<i>μ^1 Scorpii</i>	<i>3,00</i>	<i>18/11</i>
<i>4,01 h</i>	<i>HIP82545</i>	<i>μ^2 Scorpii</i>	<i>3,56</i>	<i>19/11</i>
<i>4,19 h</i>	<i>HIP84970</i>	<i>θ Ophiuchi</i>	<i>3,27</i>	<i>21/11</i>
<i>4,22 h</i>	<i>HIP84893</i>	<i>ξ Ophiuchi</i>	<i>4,39</i>	<i>22/11</i>
4,26 h	HIP83574	HD154090	4,83	23/11
<i>4,33 h</i>	<i>HIP84405</i>	<i>36 Ophiuchi</i>	<i>4,33</i>	<i>23/11</i>
<i>4,35 h</i>	<i>HIP85340</i>	<i>44 Ophiuchi</i>	<i>4,16</i>	<i>23/11</i>
4,47 h	HIP85755	51 Ophiuchi	4,78	25/11
4,49 h	HIP84143	η Scorpii	3,32	25/11
4,53 h	HIP85423	45 Ophiuchi	4,28	25/11
<i>4,55 h</i>	<i>HIP85696</i>	<i>ν Scorpii</i>	<i>2,70</i>	<i>25/11</i>

Heure de lever stellaire le 9 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>4,56 h</i>	<i>HIP85927</i>	<i>λ Scorpii</i>	<i>1,62</i>	<i>22/11</i>
4,73 h	HIP86736	58 Ophiuchi	4,86	28/11
<i>4,78 h</i>	<i>HIP86670</i>	<i>κ Scorpii</i>	<i>2,39</i>	<i>27/11</i>
<i>4,80 h</i>	<i>HIP86228</i>	<i>θ Scorpii</i>	<i>1,86</i>	<i>26/11</i>
4,88 h	HIP87072	3 Sagittarii	4,53	30/11
4,94 h	HIP86170	HD159433	4,26	01/12
4,94 h	HIP87220	HD161840	4,79	01/12
4,97 h	HIP88116	4 Sagittarii	4,74	01/12
<i>4,98 h</i>	<i>HIP87073</i>	<i>ι ¹ Scorpii</i>	<i>2,99</i>	<i>30/11</i>
<i>5,03 h</i>	<i>HIP87261</i>	<i>G Scorpii</i>	<i>3,19</i>	<i>30/11</i>
5,14 h	HIP88635	γ Sagittarii	2,98	01/12
5,18 h	HIP88567	W Sagittarii	4,66	05/12
5,19 h	HIP87294	ι ² Scorpii	4,78	04/12
5,22 h	HIP88839	HD165634	4,55	06/12
5,28 h	HIP89153	HD166464	4,96	07/12
<i>5,35 h</i>	<i>HIP90185</i>	<i>ε Sagittarii</i>	<i>1,79</i>	<i>03/12</i>
<i>5,36 h</i>	<i>HIP89931</i>	<i>δ Sagittarii</i>	<i>2,72</i>	<i>04/12</i>
<i>5,52 h</i>	<i>HIP89642</i>	<i>η Sagittarii</i>	<i>3,10</i>	<i>06/12</i>
<i>5,56 h</i>	<i>HIP90289</i>	<i>21 Sagittarii</i>	<i>4,81</i>	<i>09/12</i>
<i>5,61 h</i>	<i>HIP89678</i>	<i>HD167818</i>	<i>4,66</i>	<i>09/12</i>

Table 48 : Liste des étoiles dont le lever succède à celui des étoiles associées au décan 2.
En italique figurent les étoiles associées aux décans 2, C, 3, D, 4, E, 5, F et 6.

Heure de lever stellaire le 14 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,92 h	HIP88567	γ ₁ Sagittarii	4,66	70 jours
4,95 h	HIP88839	HD165634	4,55	68 jours
4,02 h	HIP89153	11 Sagittarii	4,96	63 jours
5,06 h	HIP90185	ε Sagittarii	1,79	58 jours
5,07 h	HIP89931	δ Sagittarii	2,72	57 jours
5,22 h	HIP89642	η Sagittarii	3,10	74 jours
5,23 h	HIP90289	21 Sagittarii	4,81	57 jours
5,25 h	HIP89678	HD167818	4,66	70 jours
5,34 h	HIP92041	ϕ Sagittarii	3,17	54 jours

Heure de lever stellaire le 14 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
<i>5,67 h</i>	<i>HIP91918</i>	<i>HD172910</i>	<i>4,86</i>	<i>78 jours</i>
<i>5,99 h</i>	<i>HIP93506</i>	<i>ζ Sagittarii</i>	<i>2,60</i>	<i>56 jours</i>

Table 49 : Liste des étoiles candidates au décan G.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 19 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,08 h	HIP92041	φ Sagittarii	3,17	54 jours
5,31 h	HIP91918	HD172910	4,86	78 jours
5,36 h	HIP93506	ζ Sagittarii	2,60	56 jours
5,43 h	HIP93683	ο Sagittarii	3,76	52 jours
5,45 h	HIP92761	ν ¹ Sagittarii	4,86	63 jours
<i>5,55 h</i>	<i>HIP93864</i>	<i>τ Sagittarii</i>	<i>3,32</i>	<i>58 jours</i>
<i>73 h</i>	<i>HIP93174</i>	<i>ε Coronae Australis</i>	<i>4,83</i>	<i>85 jours</i>

Table 50 : Liste des étoiles candidates au décan 7.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP89642</i>	<i>η Sagittarii</i>	<i>3,10</i>	<i>08/12</i>
0,06 h	HIP88116	4 Sagittarii	4,74	03/12
0,07 h	HIP88839	HD165634	4,55	07/12
<i>0,15 h</i>	<i>HIP90185</i>	<i>ε Sagittarii</i>	<i>1,79</i>	<i>05/12</i>
<i>0,22 h</i>	<i>HIP89931</i>	<i>δ Sagittarii</i>	<i>2,72</i>	<i>05/12</i>
0,24 h	HIP89153	11 Sagittarii	4,96	08/12
0,25 h	HIP89678	HD167818	4,66	11/12
0,39 h	HIP91918	HD172910	4,86	16/12
0,51 h	HIP90289	21 Sagittarii	4,81	11/12
0,56 h	HIP93174	ε Coronae Australis	4,83	21/12
0,65 h	HIP92041	φ Sagittarii	3,17	12/12

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,66 h	HIP93825	γ Coronae Australis	4,23	22/12
0,67 h	HIP94114	α Coronae Australis	4,11	22/12
0,78 h	HIP95347	α Sagittarii	3,96	26/12
0,82 h	HIP93506	ζ Sagittarii	2,60	15/12
0,89 h	HIP92761	ν ¹ Sagittarii	4,86	18/12
0,96 h	HIP93864	τ Sagittarii	3,32	18/12
1,07 h	HIP93683	σ Sagittarii	3,76	17/12
1,14 h	HIP94643	ψ Sagittarii	4,86	22/12
1,34 h	HIP94820	43 Sagittarii	4,88	22/12

Table 51 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 6.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 6.

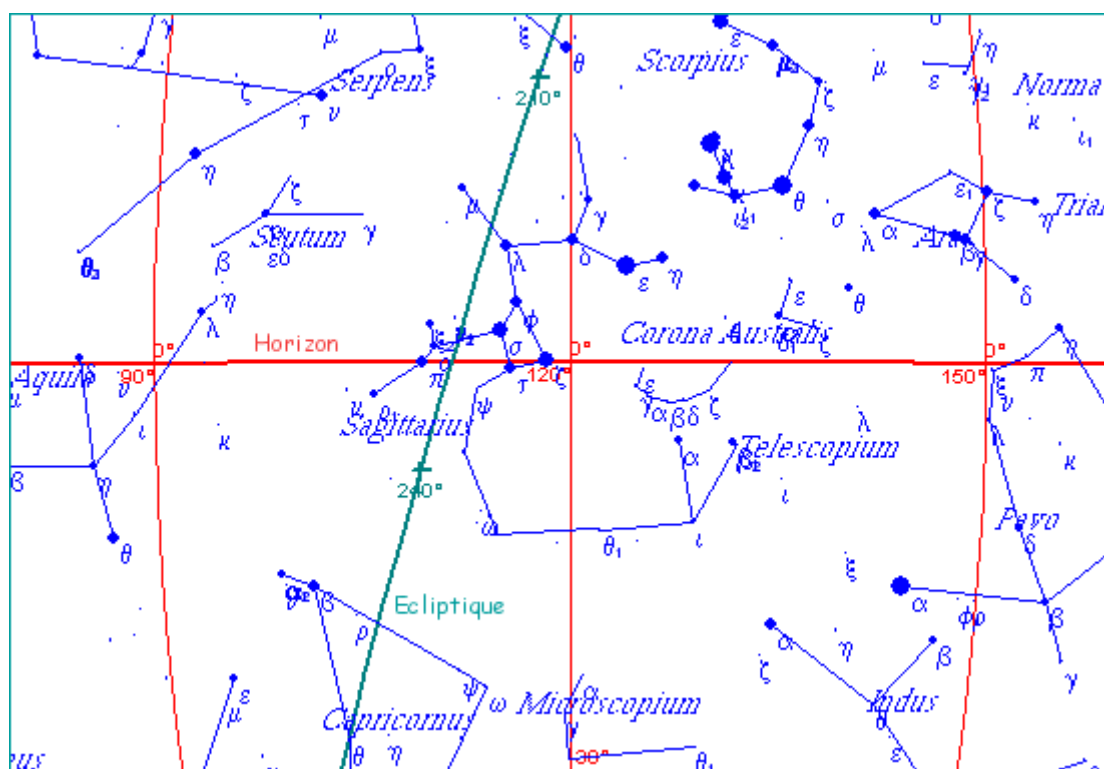


Figure 24 : Constellations du Scorpion, du Sagittaire, de la Couronne Australe et du Capricorne.

Heure de lever stellaire le 24 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,01 h	HIP91918	HD172910	4,86	78 jours
5,07 h	HIP93506	ζ Sagittarii	2,60	56 jours
5,17 h	HIP93683	ο Sagittarii	3,76	52 jours
5,19 h	HIP92761	ν ¹ Sagittarii	4,86	63 jours
5,26 h	HIP93864	τ Sagittarii	3,32	58 jours
5,37 h	HIP93174	ε Coronae Australis	4,83	85 jours
5,39 h	HIP93825	γ Coronae Australis	4,23	82 jours
5,39 h	HIP94114	α Coronae Australis	4,11	82 jours
5,41 h	HIP94643	ψ Sagittarii	4,86	62 jours
5,42 h	HIP94820	43 Sagittarii	4,88	53 jours
<i>5,77 h</i>	<i>HIP96465</i>	<i>52 Sagittarii</i>	<i>4,59</i>	<i>57 jours</i>
<i>5,78 h</i>	<i>HIP95347</i>	<i>α Sagittarii</i>	<i>3,96</i>	<i>89 jours</i>

Table 52 : Liste des étoiles candidates au décan H.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 29 décembre	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,08 h	HIP93174	ε Coronae Australis	4,83	85 jours
5,13 h	HIP93825	γ Coronae Australis	4,23	82 jours
5,13 h	HIP94114	α Coronae Australis	4,11	82 jours
5,15 h	HIP94643	ψ Sagittarii	4,86	62 jours
5,20 h	HIP94820	43 Sagittarii	4,88	53 jours
5,41 h	HIP96465	52 Sagittarii	4,59	57 jours
5,42 h	HIP95347	α Sagittarii	3,96	89 jours
<i>5,72 h</i>	<i>HIP97290</i>	<i>56 Sagittarii</i>	<i>4,87</i>	<i>56 jours</i>

Table 53 : Liste des étoiles candidates au décan 8.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP93506</i>	<i>ζ Sagittarii</i>	<i>2,60</i>	<i>15/12</i>
0,07 h	HIP92761	v ¹ Sagittarii	4,86	18/12
<i>0,14 h</i>	<i>HIP93864</i>	<i>τ Sagittarii</i>	<i>3,32</i>	<i>18/12</i>
<i>0,25 h</i>	<i>HIP93683</i>	<i>ο Sagittarii</i>	<i>3,76</i>	<i>17/12</i>
0,32 h	HIP94643	ψ Sagittarii	4,86	22/12
0,52 h	HIP94820	43 Sagittarii	4,88	22/12
0,64 h	HIP96465	52 Sagittarii	4,59	26/12
0,67 h	HIP98412	θ ¹ Sagittarii	4,37	04/01
0,84 h	HIP98842	HD 190056	4,99	09/01
0,88 h	HIP98066	ω Sagittarii	4,70	02/01
0,89 h	HIP98162	59 Sagittarii	4,54	04/01
0,94 h	HIP98353	60 Sagittarii	4,84	04/01
0,95 h	HIP97290	56 Sagittarii	4,87	30/12
0,95 h	HIP98688	62 Sagittarii	4,43	06/01

Table 54 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 7.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 7.

Heure de lever stellaire le 3 janvier	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,17 h	HIP96465	52 Sagittarii	4,59	57 jours
5,20 h	HIP95347	α Sagittarii	3,96	89 jours
5,44 h	HIP97290	56 Sagittarii	4,87	56 jours
<i>5,61 h</i>	<i>HIP98066</i>	<i>ω Sagittarii</i>	<i>4,70</i>	<i>66 jours</i>
<i>5,75 h</i>	<i>HIP98353</i>	<i>60 Sagittarii</i>	<i>4,84</i>	<i>68 jours</i>
<i>5,79 h</i>	<i>HIP98412</i>	<i>θ¹ Sagittarii</i>	<i>4,37</i>	<i>80 jours</i>
<i>5,79 h</i>	<i>HIP98162</i>	<i>59 Sagittarii</i>	<i>4,54</i>	<i>71 jours</i>

Table 55 : Liste des étoiles candidates au décan J.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 8 janvier	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,15 h	HIP97290	56 Sagittarii	4,87	56 jours
5,34 h	HIP98066	ω Sagittarii	4,70	66 jours
5,49 h	HIP98162	59 Sagittarii	4,54	71 jours
5,49 h	HIP98353	60 Sagittarii	4,84	68 jours
5,49 h	HIP98412	θ^1 Sagittarii	4,37	80 jours
5,58 h	HIP98688	62 Sagittarii	4,43	74 jours
<i>5,73 h</i>	<i>HIP98842</i>	<i>HD190056</i>	<i>4,99</i>	<i>85 jours</i>
<i>5,81 h</i>	<i>HIP101027</i>	<i>ρ Capricorni</i>	<i>4,77</i>	<i>51 jours</i>

Table 56 : Liste des étoiles candidates au décan 9.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 13 janvier	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,20 h	HIP98162	59 Sagittarii	4,54	71 jours
5,32 h	HIP98688	62 Sagittarii	4,43	74 jours
5,51 h	HIP98842	HD190056	4,99	85 jours
5,52 h	HIP101027	ρ Capricorni	4,77	51 jours
<i>5,96 h</i>	<i>HIP102485</i>	<i>ψ Capricorni</i>	<i>4,13</i>	<i>62 jours</i>

Table 57 : Liste des étoiles candidates au décan K.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 18 janvier	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,18 h	HIP98842	HD190056	4,99	85 jours
5,19 h	HIP101027	ρ Capricorni	4,77	51 jours
5,57 h	HIP102485	ψ Capricorni	4,13	62 jours
<i>5,93 h</i>	<i>HIP104019</i>	<i>η Capricorni</i>	<i>4,82</i>	<i>57 jours</i>

Table 58 : Liste des étoiles candidates au décan 10.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 23 janvier	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,30 h	HIP102485	ψ Capricorni	4,13	62 jours
5,55 h	HIP102978	ω Capricorni	4,12	75 jours
5,57 h	HIP104019	η Capricorni	4,82	57 jours
<i>5,91 h</i>	<i>HIP105515</i>	<i>ι Capricorni</i>	<i>4,28</i>	<i>54 jours</i>
<i>5,93 h</i>	<i>HIP104234</i>	<i>24 Capricorni</i>	<i>4,49</i>	<i>75 jours</i>

Table 59 : Liste des étoiles candidates au décan M.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

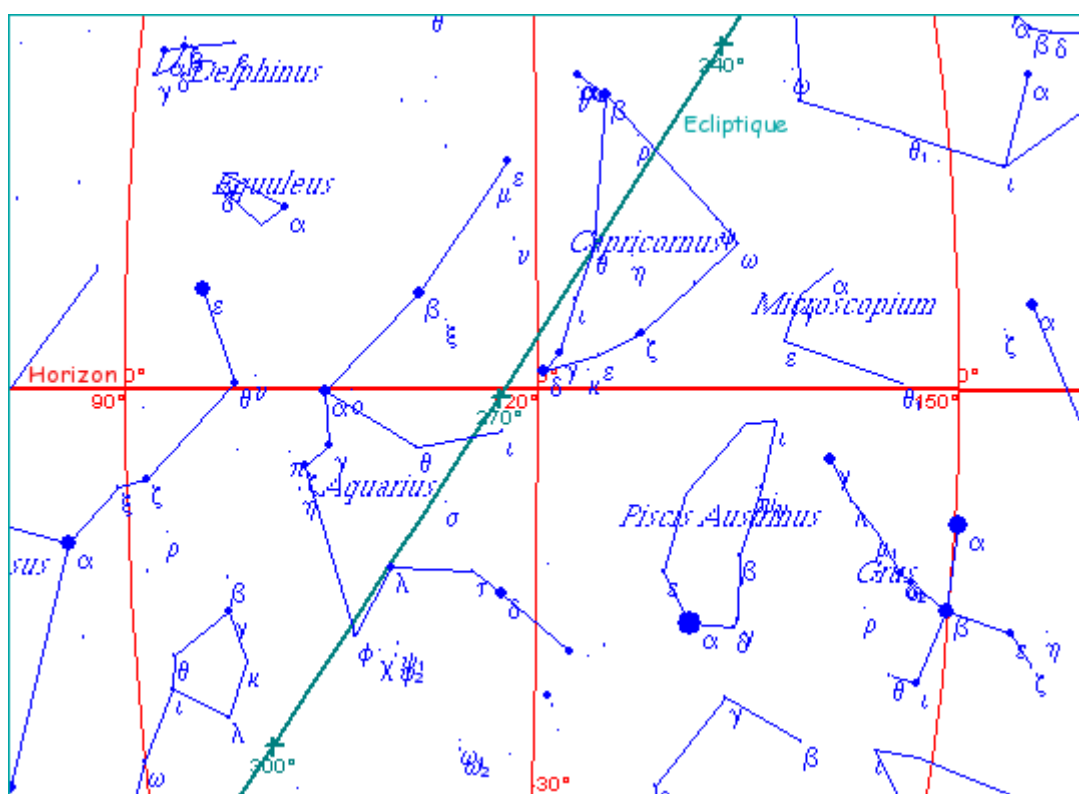


Figure 25 : Constellations du Capricorne, du Verseau et du Poisson Austral.

Heure de lever stellaire le 28 janvier	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,31 h	HIP104019	η Capricorni	4,82	57 jours
5,32 h	HIP102978	ω Capricorni	4,12	75 jours
5,55 h	HIP105515	ι Capricorni	4,28	54 jours
5,57 h	HIP104234	24 Capricorni	4,49	75 jours
5,58 h	HIP103738	γ Microscopii	4,67	89 jours
<i>5,74 h</i>	<i>HIP105881</i>	<i>ζ Capricorni</i>	<i>3,77</i>	<i>64 jours</i>
<i>5,80 h</i>	<i>HIP106985</i>	<i>γ Capricorni</i>	<i>3,69</i>	<i>51 jours</i>
<i>5,86 h</i>	<i>HIP106039</i>	<i>36 Capricorni</i>	<i>4,50</i>	<i>66 jours</i>
<i>5,87 h</i>	<i>HIP105140</i>	<i>ε Microscopi</i>	<i>4,71</i>	<i>86 jours</i>
<i>5,87 h</i>	<i>HIP106723</i>	<i>ε Capricorni</i>	<i>4,51</i>	<i>57 jours</i>

Table 60 : Liste des étoiles candidates au décan 11.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP94643</i>	<i>ψ Sagittarii</i>	<i>4,86</i>	<i>22/12</i>
<i>0,20 h</i>	<i>HIP94820</i>	<i>43 Sagittarii</i>	<i>4,88</i>	<i>22/12</i>
<i>0,32 h</i>	<i>HIP96465</i>	<i>52 Sagittarii</i>	<i>4,59</i>	<i>26/12</i>
0,35 h	HIP98412	θ^1 Sagittarii	4,37	04/01
0,52 h	HIP98842	HD190056	4,99	09/01
0,56 h	HIP98066	ω Sagittarii	4,70	02/01
0,57 h	HIP98162	59 Sagittarii	4,54	04/01
0,62 h	HIP98353	60 Sagittarii	4,84	04/01
0,63 h	HIP97290	56 Sagittarii	4,87	30/12
0,63 h	HIP98688	62 Sagittarii	4,43	06/01
1,33 h	HIP101027	ρ Capricorni	4,77	08/01
1,39 h	HIP102485	ψ Capricorni	4,13	14/01
<i>1,40 h</i>	<i>HIP103738</i>	<i>γ Microscopii</i>	<i>4,67</i>	<i>25/01</i>
1,43 h	HIP102978	ω Capricorni	4,12	20/01
<i>1,67 h</i>	<i>HIP105140</i>	<i>ε Microscopii</i>	<i>4,71</i>	<i>29/01</i>
1,73 h	HIP104234	24 Capricorni	4,49	25/01
1,84 h	HIP104019	η Capricorni	4,82	19/01
<i>2,13 h</i>	<i>HIP105881</i>	<i>ζ Capricorni</i>	<i>3,77</i>	<i>27/01</i>

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>2,17 h</i>	<i>HIP106039</i>	<i>36 Capricorni</i>	<i>4,50</i>	<i>29/01</i>

Table 61 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 8 et précède celle des étoiles candidates au décan 11. En italique figurent les étoiles candidates aux décans 8 et 11.

Heure de lever stellaire le 7 février	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,19 h	HIP105881	ζ Capricorni	3,77	64 jours
5,21 h	HIP106985	γ Capricorni	3,69	51 jours
5,27 h	HIP106039	36 Capricorni	4,50	66 jours
5,28 h	HIP105140	ε Microscopi	4,71	86 jours
5,28 h	HIP106723	ε Capricorni	4,51	57 jours
5,54 h	HIP107188	κ Capricorni	4,72	63 jours
<i>5,69 h</i>	<i>HIP109139</i>	<i>ι Aquarii</i>	<i>4,29</i>	<i>51 jours</i>

Table 62 : Liste des étoiles candidates au décan 12.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 17 février	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,10 h	HIP109139	ι Aquarii	4,29	51 jours
5,55 h	HIP111123	σ Aquarii	4,82	53 jours

Table 63 : Liste des étoiles candidates au décan 13.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP103738</i>	<i>γ Microscopii</i>	<i>4,67</i>	<i>25/01</i>
0,03 h	HIP102978	ω Capricorni	4,12	20/01
<i>0,27 h</i>	<i>HIP105140</i>	<i>ε Microscopii</i>	<i>4,71</i>	<i>29/01</i>
0,33 h	HIP104234	24 Capricorni	4,49	25/01

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,44 h	HIP104019	η Capricorni	4,82	19/01
<i>0,73 h</i>	<i>HIP105881</i>	<i>ζ Capricorni</i>	<i>3,77</i>	<i>27/01</i>
<i>0,77 h</i>	<i>HIP106039</i>	<i>36 Capricorni</i>	<i>4,50</i>	<i>29/01</i>
0,80 h	HIP105515	ι Capricorni	4,28	24/01
0,98 h	HIP106723	ε Capricorni	4,51	28/01
1,08 h	HIP107188	κ Capricorni	4,72	01/02
1,09 h	HIP106985	γ Capricorni	3,69	27/01
<i>1,61 h</i>	<i>HIP109139</i>	<i>ι Aquarii</i>	<i>4,29</i>	<i>04/02</i>
1,97 h	HIP111954	ε Pisces Austrini	4,18	28/02
2,09 h	HIP113368	α Pisces Austrini	1,17	02/03
<i>2,10 h</i>	<i>HIP111123</i>	<i>σ Aquarii</i>	<i>4,82</i>	<i>13/02</i>

Table 64 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 11 et précède celle des étoiles candidates au décan 13. En italique figurent les étoiles candidates aux décans 11 et 13.

Heure de lever stellaire le 27 février	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,37 h	HIP112961	λ Aquarii	3,73	54 jours
5,43 h	HIP113136	δ Aquarii	3,27	61 jours
5,53 h	HIP112716	τ Aquarii	4,05	67 jours
<i>5,70 h</i>	<i>HIP111954</i>	<i>ε Pisces Austrini</i>	<i>4,18</i>	<i>88 jours</i>

Table 65 : Liste des étoiles candidates au décan 14.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 9 mars	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,81 h	HIP113136	δ Aquarii	3,27	61 jours
4,91 h	HIP112716	τ Aquarii	4,05	67 jours
5,05 h	HIP111954	ε Pisces Austrini	4,18	88 jours
5,05 h	HIP112211	66 Aquarii	4,68	80 jours
5,15 h	HIP115033	ψ ² Aquarii	4,41	58 jours
5,18 h	HIP114724	φ Aquarii	4,22	59 jours

Heure de lever stellaire le 9 mars	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
5,20 h	HIP114855	ψ^1 Aquarii	4,24	62 jours
5,22 h	HIP115115	ψ^3 Aquarii	4,99	62 jours
5,27 h	HIP113368	α Pisces Austrini	1,17	85 jours
<i>5,39 h</i>	<i>HIP114939</i>	<i>χ Aquarii</i>	<i>4,93</i>	<i>70 jours</i>
<i>5,51 h</i>	<i>HIP114341</i>	<i>88 Aquarii</i>	<i>3,68</i>	<i>85 jours</i>

Table 66 : Liste des étoiles candidates au décan 15.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

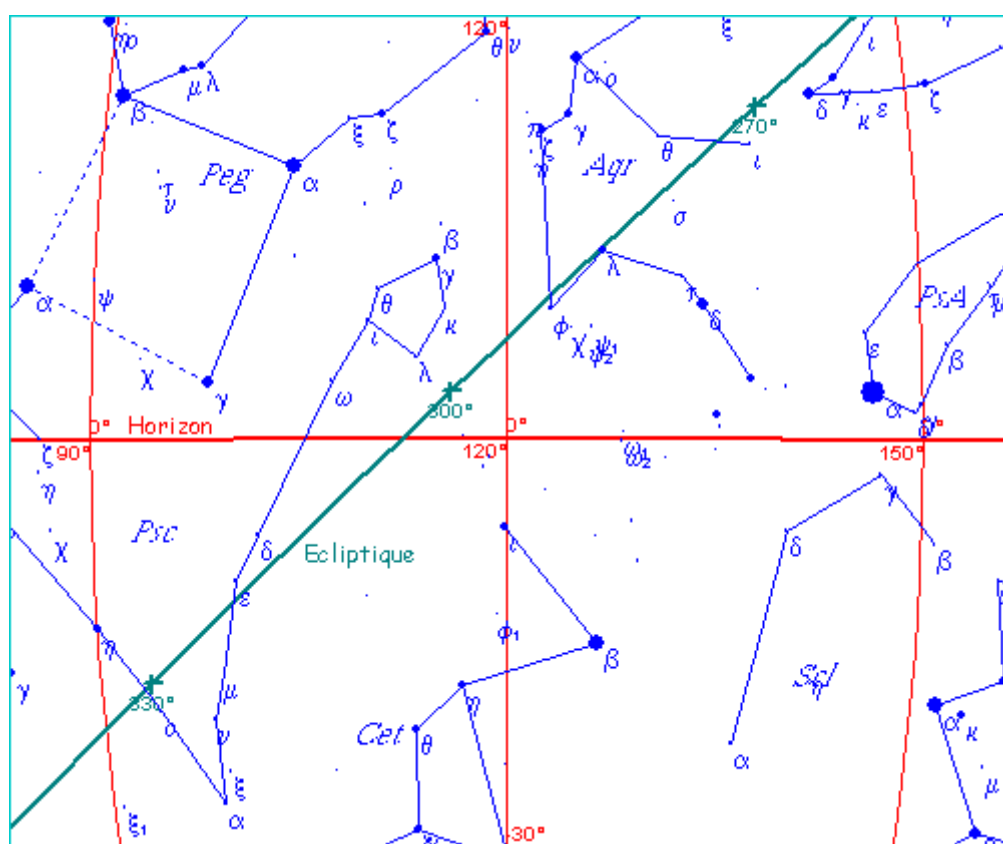


Figure 26 : Constellations du Verseau, du Poisson Austral et des Poissons.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP109139</i>	<i>ι Aquarii</i>	<i>4,29</i>	<i>04/02</i>
0,26 h	HIP111954	ε Pisces Austrini	4,18	28/02
0,48 h	HIP113368	α Pisces Austrini	1,17	02/03
<i>0,49 h</i>	<i>HIP111123</i>	<i>σ Aquarii</i>	<i>4,82</i>	<i>13/02</i>
0,54 h	HIP112211	66 Aquarii	4,68	01/63
0,76 h	HIP112716	τ Aquarii	4,05	25/02
0,81 h	HIP113136	δ Aquarii	3,27	23/02
0,93 h	HIP112961	λ Aquarii	3,73	21/02
0,95 h	HIP114341	88 Aquarii	3,68	11/03
1,24 h	HIP115438	98 Aquarii	3,96	18/03
1,28 h	HIP114855	ψ ¹ Aquarii	4,24	03/03
1,34 h	HIP114724	φ Aquarii	4,22	02/03
1,34 h	HIP115033	ψ ² Aquarii	4,41	02/03
1,35 h	HIP115115	ψ ³ Aquarii	4,99	04/03
1,35 h	HIP114939	χ Aquarii	4,93	09/03
1,65 h	HIP116758	ω ¹ Aquarii	4,97	20/03

Table 67 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 13.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 13.

Heure de lever stellaire le 19 mars	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,71 h	HIP113368	α Pisces Austrini	1,17	85 jours
4,84 h	HIP114939	χ Aquarii	4,93	70 jours
4,96 h	HIP114341	88 Aquarii	3,68	85 jours
5,15 h	HIP115438	98 Aquarii	3,96	88 jours
<i>5,22 h</i>	<i>HIP116971</i>	<i>ω² Aquarii</i>	<i>4,49</i>	<i>76 jours</i>
<i>5,22 h</i>	<i>HIP117245</i>	<i>19 Piscium</i>	<i>4,95</i>	<i>68 jours</i>
<i>5,28 h</i>	<i>HIP116758</i>	<i>ω¹ Aquarii</i>	<i>4,97</i>	<i>80 jours</i>
<i>5,33 h</i>	<i>HIP118209</i>	<i>27 Piscium</i>	<i>4,88</i>	<i>67 jours</i>

Table 68 : Liste des étoiles candidates au décan 16.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP114341</i>	<i>88 Aquarii</i>	<i>3,68</i>	<i>08/03</i>
<i>0,29 h</i>	<i>HIP114855</i>	<i>ψ^1 Aquarii</i>	<i>4,24</i>	<i>01/03</i>
0,29 h	HIP115438	98 Aquarii	3,96	15/03
<i>0,35 h</i>	<i>HIP114724</i>	<i>ϕ Aquarii</i>	<i>4,22</i>	<i>02/03</i>
<i>0,35 h</i>	<i>HIP115033</i>	<i>ψ^2 Aquarii</i>	<i>4,41</i>	<i>02/03</i>
<i>0,36 h</i>	<i>HIP115115</i>	<i>ψ^3 Aquarii</i>	<i>4,99</i>	<i>04/03</i>
<i>0,36 h</i>	<i>HIP114939</i>	<i>χ Aquarii</i>	<i>4,93</i>	<i>09/03</i>
0,66 h	HIP116758	ω^1 Aquarii	4,97	20/03
0,71 h	HIP116971	ω^2 Aquarii	4,49	19/03
1,04 h	HIP117245	19 Piscium	4,95	20/03
1,17 h	HIP118209	27 Piscium	4,88	21/03
1,19 h	HIP154	30 Piscium	4,37	26/03
1,25 h	HIP443	33 Piscium	4,61	25/03
1,48 h	HIP1562	ι Ceti	3,56	01/04

Table 69 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 15.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 15.

Heure de lever stellaire le 29 mars	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,62 h	HIP115438	98 Aquarii	3,96	88 jours
4,67 h	HIP116971	ω^2 Aquarii	4,49	76 jours
4,70 h	HIP116758	ω^1 Aquarii	4,97	80 jours
4,70 h	HIP117245	19 Piscium	4,95	68 jours
4,74 h	HIP118209	27 Piscium	4,88	67 jours
4,85 h	HIP154	30 Piscium	4,37	73 jours
4,85 h	HIP443	33 Piscium	4,61	71 jours

Table 70 : Liste des étoiles candidates au décan 17.

Heure de lever stellaire le 8 avril	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,29 h	HIP443	33 Piscium	4,61	71 jours
4,32 h	HIP154	30 Piscium	4,37	73 jours
4,59 h	HIP3786	δ Piscium	4,44	61 jours
4,59 h	HIP1562	ι Ceti	3,56	76 jours
4,72 h	HIP4906	ε Piscium	4,27	59 jours
4,83 h	HIP7097	η Piscium	3,62	49 jours

Table 71 : Liste des étoiles candidates au décan 18.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP117245</i>	<i>19 Piscium</i>	<i>4,95</i>	<i>20/03</i>
<i>0,13 h</i>	<i>HIP118209</i>	<i>27 Piscium</i>	<i>4,88</i>	<i>21/03</i>
<i>0,15 h</i>	<i>HIP154</i>	<i>30 Piscium</i>	<i>4,37</i>	<i>26/03</i>
<i>0,21 h</i>	<i>HIP443</i>	<i>33 Piscium</i>	<i>4,61</i>	<i>25/03</i>
0,44 h	HIP1562	ι Ceti	3,56	01/04
1,08 h	HIP3786	δ Piscium	4,44	02/04
1,11 h	HIP4147	20 Ceti	4,78	16/04
1,33 h	HIP4906	ε Piscium	4,27	05/04
1,76 h	HIP7007	μ Piscium	4,84	22/04
1,81 h	HIP7097	η Piscium	3,62	07/04

Table 72 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 17.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 17.

Heure de lever stellaire le 18 avril	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
4,00 h	HIP3786	δ Piscium	4,44	61 jours
4,13 h	HIP4906	ε Piscium	4,27	59 jours
4,24 h	HIP7097	η Piscium	3,62	49 jours
4,47 h	HIP4147	20 Ceti	4,78	81 jours

Table 73 : Liste des étoiles candidates au décan 20.

Heure de lever stellaire le 28 avril	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,92 h	HIP4147	20 Ceti	4,78	81 jours
4,08 h	HIP8198	o Piscium	4,26	65 jours
4,12 h	HIP7007	μ Piscium	4,84	75 jours
<i>4,30 h</i>	<i>HIP7884</i>	<i>v Piscium</i>	<i>4,45</i>	<i>75 jours</i>

Table 74 : Liste des étoiles candidates au décan 19.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP1562</i>	<i>ι Ceti</i>	<i>3,56</i>	<i>01/04</i>
0,64 h	HIP3786	δ Piscium	4,44	02/04
<i>0,67 h</i>	<i>HIP4147</i>	<i>20 Ceti</i>	<i>4,78</i>	<i>16/04</i>
0,89 h	HIP4906	ε Piscium	4,27	05/04
1,32 h	HIP7007	μ Piscium	4,84	22/04
<i>1,37 h</i>	<i>HIP7097</i>	<i>η Piscium</i>	<i>3,62</i>	<i>07/04</i>
1,54 h	HIP7884	v Piscium	4,45	26/04
1,60 h	HIP8198	o Piscium	4,26	21/04

Table 75 : Étoiles dont la culmination succède à celle de l'étoile candidate au décan 18.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 18 et 20.

Heure de lever stellaire le 8 mai	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,56 h	HIP7007	μ Piscium	4,84	75 jours
3,72 h	HIP7884	v Piscium	4,45	75 jours
3,89 h	HIP9487	α Piscium	3,82	73 jours
3,91 h	HIP15416	HD20468	4,85	49 jours
3,92 h	HIP8833	ξ Piscium	4,61	81 jours
3,94 h	HIP10324	ξ ¹ Ceti	4,36	71 jours
4,00 h	HIP13914	ε Arietis	4,63	55 jours
<i>4,10 h</i>	<i>HIP11484</i>	<i>ξ² Ceti</i>	<i>4,30</i>	<i>69 jours</i>
<i>4,12 h</i>	<i>HIP15549</i>	<i>HD20644</i>	<i>4,47</i>	<i>54 jours</i>

Heure de lever stellaire le 8 mai	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
<i>4,36 h</i>	<i>HIP15110</i>	<i>ζ Arietis</i>	<i>4,87</i>	<i>58 jours</i>

Table 76 : Liste des étoiles candidates au décan 22.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

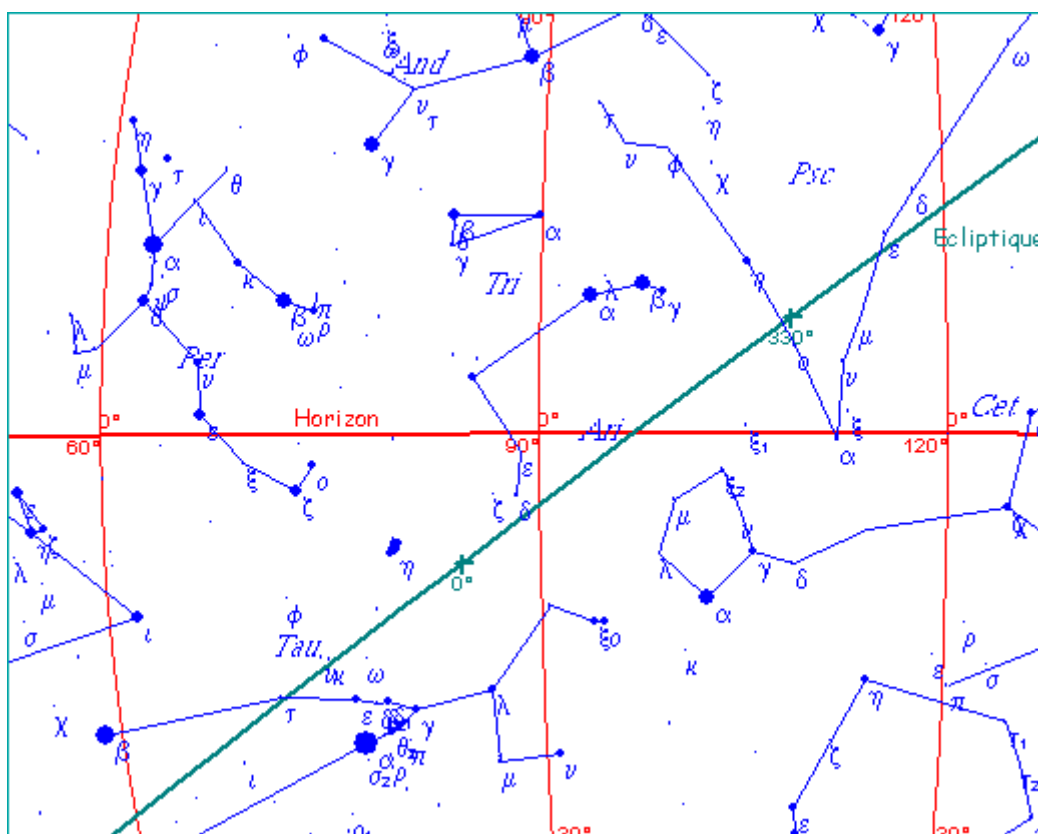


Figure 27 : Constellations des Poissons, du Bélier, de la Baleine et du Taureau.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP3786</i>	<i>δ Piscium</i>	<i>4,44</i>	<i>02/04</i>
0,63 h	HIP4147	20 Ceti	4,78	16/04
<i>0,25 h</i>	<i>HIP4906</i>	<i>ϵ Piscium</i>	<i>4,27</i>	<i>05/04</i>
<i>0,68 h</i>	<i>HIP7007</i>	<i>μ Piscium</i>	<i>4,84</i>	<i>22/04</i>
0,73 h	HIP7097	η Piscium	3,62	07/04
<i>0,90 h</i>	<i>HIP7884</i>	<i>ν Piscium</i>	<i>4,45</i>	<i>26/04</i>
<i>0,96 h</i>	<i>HIP8198</i>	<i>\omicron Piscium</i>	<i>4,26</i>	<i>21/04</i>
1,11 h	HIP8833	ξ Piscium	4,61	03/05
1,26 h	HIP9487	α Piscium	3,82	01/05
1,43 h	HIP10324	ξ^1 Ceti	4,36	03/05
1,68 h	HIP11484	ξ^2 Ceti	4,30	05/05
1,83 h	HIP12093	ν Ceti	4,87	18/05
1,93 h	HIP12828	μ Ceti	4,27	10/05
1,93 h	HIP12387	δ Ceti	4,08	19/05
1,98 h	HIP12706	γ Ceti	3,47	16/05
2,10 h	HIP13914	ϵ Arietis	4,63	04/05
2,21 h	HIP13954	λ Ceti	4,71	18/05
2,26 h	HIP15416	HD20468	4,85	03/05
2,29 h	HIP14135	α Ceti	2,54	17/05
2,29 h	HIP14838	δ Arietis	4,35	12/05
2,34 h	HIP15110	ζ Arietis	4,87	10/05
2,34 h	HIP15549	HD20644	4,47	08/05
2,69 h	HIP15900	\omicron Tauri	3,61	25/05
2,71 h	HIP16083	ξ Tauri	3,73	23/05
2,74 h	HIP16369	5 Tauri	4,14	25/05
<i>2,82 h</i>	<i>HIP17499</i>	<i>17 Tauri</i>	<i>3,72</i>	<i>12/05</i>
<i>2,82 h</i>	<i>HIP17531</i>	<i>19 Tauri</i>	<i>4,30</i>	<i>13/05</i>
<i>2,83 h</i>	<i>HIP17573</i>	<i>20 Tauri</i>	<i>3,87</i>	<i>13/05</i>
<i>2,85 h</i>	<i>HIP17608</i>	<i>23 Tauri</i>	<i>4,14</i>	<i>14/05</i>
<i>2,89 h</i>	<i>HIP17847</i>	<i>27 Tauri</i>	<i>3,62</i>	<i>13/05</i>

Table 77 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 19.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 19 et 23.

Heure de lever stellaire le 18 mai	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
3,77 h	HIP17499	17 Tauri	3,72	51 jours
3,79 h	HIP17573	20 Tauri	4,30	53 jours
3,79 h	HIP17531	19 Tauri	4,30	53 jours
<i>3,83 h</i>	<i>HIP17608</i>	<i>23 Tauri</i>	<i>4,14</i>	<i>54 jours</i>
<i>3,83 h</i>	<i>HIP17847</i>	<i>27 Tauri</i>	<i>3,62</i>	<i>51 jours</i>
<i>3,91 h</i>	<i>HIP12706</i>	<i>γ Ceti</i>	<i>3,47</i>	<i>77 jours</i>
<i>3,94 h</i>	<i>HIP12093</i>	<i>ν Ceti</i>	<i>4,87</i>	<i>84 jours</i>
<i>3,96 h</i>	<i>HIP20252</i>	<i>54 Persei</i>	<i>4,93</i>	<i>51 jours</i>
<i>3,99 h</i>	<i>HIP13954</i>	<i>λ Ceti</i>	<i>4,71</i>	<i>74 jours</i>
<i>4,06 h</i>	<i>HIP12387</i>	<i>δ Ceti</i>	<i>4,08</i>	<i>84 jours</i>
<i>4,40 h</i>	<i>HIP14135</i>	<i>α Ceti</i>	<i>2,54</i>	<i>72 jours</i>

Table 78 : Liste des étoiles candidates au décan 23.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 28 mai	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
<i>3,64 h</i>	<i>HIP16369</i>	<i>5 Tauri</i>	<i>4,14</i>	<i>74 jours</i>
<i>3,67 h</i>	<i>HIP19038</i>	<i>37 Tauri</i>	<i>4,36</i>	<i>65 jours</i>
<i>3,68 h</i>	<i>HIP15900</i>	<i>σ Tauri</i>	<i>3,61</i>	<i>76 jours</i>
<i>3,70 h</i>	<i>HIP20250</i>	<i>ϕ Tauri</i>	<i>4,97</i>	<i>62 jours</i>
<i>3,81 h</i>	<i>HIP20711</i>	<i>υ Tauri</i>	<i>4,28</i>	<i>60 jours</i>
<i>3,83 h</i>	<i>HIP20635</i>	<i>κ Tauri</i>	<i>4,21</i>	<i>60 jours</i>
<i>3,99 h</i>	<i>HIP18724</i>	<i>λ Tauri</i>	<i>3,41</i>	<i>68 jours</i>

Table 79 : Liste des étoiles candidates au décan 24.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP17499</i>	<i>17 Tauri</i>	<i>3,72</i>	<i>12/05</i>
<i>0,00 h</i>	<i>HIP17531</i>	<i>19 Tauri</i>	<i>4,30</i>	<i>13/05</i>
<i>0,01 h</i>	<i>HIP17573</i>	<i>20 Tauri</i>	<i>3,87</i>	<i>13/05</i>
<i>0,03 h</i>	<i>HIP17608</i>	<i>23 Tauri</i>	<i>4,14</i>	<i>14/05</i>
<i>0,07 h</i>	<i>HIP17847</i>	<i>27 Tauri</i>	<i>3,62</i>	<i>13/05</i>
0,32 h	HIP19038	37 Tauri	4,36	26/05
0,37 h	HIP20252	54 Persei	4,93	18/05
0,40 h	HIP18724	λ Tauri	3,41	29/05
0,49 h	HIP20250	ϕ Tauri	4,97	27/05
0,54 h	HIP18907	ν Tauri	3,91	07/06
0,55 h	HIP19990	ω Tauri	4,93	30/05
0,63 h	HIP20635	κ Tauri	4,21	28/05
0,64 h	HIP20711	υ Tauri	4,28	28/05
0,65 h	HIP20205	γ Tauri	3,65	03/06

Table 80 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 23.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 23.

Heure de lever stellaire le 7 juin	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
<i>3,47 h</i>	<i>HIP25984</i>	<i>χ Aurigae</i>	<i>4,71</i>	<i>51 jours</i>
<i>3,58 h</i>	<i>HIP20713</i>	<i>71 Tauri</i>	<i>4,48</i>	<i>70 jours</i>
<i>3,59 h</i>	<i>HIP20885</i>	<i>θ^1 Tauri</i>	<i>3,84</i>	<i>71 jours</i>
<i>3,61 h</i>	<i>HIP27639</i>	<i>ν Aurigae</i>	<i>4,72</i>	<i>52 jours</i>
<i>3,64 h</i>	<i>HIP21029</i>	<i>HD28527</i>	<i>4,78</i>	<i>71 jours</i>
<i>3,75 h</i>	<i>HIP18907</i>	<i>ν Tauri</i>	<i>3,91</i>	<i>81 jours</i>
<i>3,79 h</i>	<i>HIP23497</i>	<i>ι Tauri</i>	<i>4,62</i>	<i>63 jours</i>
<i>3,83 h</i>	<i>HIP19860</i>	<i>μ Tauri</i>	<i>4,27</i>	<i>77 jours</i>

Table 81 : Liste des étoiles candidates au décan 25.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 17 juin	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Période d'invisibilité annuelle
<i>3,35 h</i>	<i>HIP26451</i>	<i>ζ Tauri</i>	<i>2,97</i>	<i>56 jours</i>
<i>3,35 h</i>	<i>HIP25539</i>	<i>114 Tauri</i>	<i>4,88</i>	<i>63 jours</i>
<i>3,36 h</i>	<i>HIP23835</i>	<i>104 Tauri</i>	<i>4,91</i>	<i>72 jours</i>
<i>3,37 h</i>	<i>HIP24822</i>	<i>109 Tauri</i>	<i>4,96</i>	<i>69 jours</i>
<i>3,40 h</i>	<i>HIP23607</i>	<i>11 Orionis</i>	<i>4,65</i>	<i>71 jours</i>
<i>3,46 h</i>	<i>HIP28237</i>	<i>139 Tauri</i>	<i>4,81</i>	<i>57 jours</i>
<i>3,51 h</i>	<i>HIP22957</i>	<i>ο² Orionis</i>	<i>4,06</i>	<i>76 jours</i>
<i>3,53 h</i>	<i>HIP29696</i>	<i>κ Aurigae</i>	<i>4,32</i>	<i>55 jours</i>
<i>3,56 h</i>	<i>HIP24010</i>	<i>15 Orionis</i>	<i>4,81</i>	<i>72 jours</i>
<i>3,62 h</i>	<i>HIP22509</i>	<i>π² Orionis</i>	<i>4,35</i>	<i>78 jours</i>
<i>3,62 h</i>	<i>HIP22449</i>	<i>π³ Orionis</i>	<i>3,19</i>	<i>77 jours</i>
<i>3,66 h</i>	<i>HIP22845</i>	<i>π¹ Orionis</i>	<i>4,64</i>	<i>78 jours</i>
<i>4,31 h</i>	<i>HIP25336</i>	<i>γ Orionis</i>	<i>1,64</i>	<i>65 jours</i>

Table 82 : Liste des étoiles candidates au décan 26.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP18724</i>	<i>λ Tauri</i>	<i>3,41</i>	<i>29/05</i>
<i>0,09 h</i>	<i>HIP20250</i>	<i>φ Tauri</i>	<i>4,97</i>	<i>27/05</i>
<i>0,14 h</i>	<i>HIP18907</i>	<i>ν Tauri</i>	<i>3,91</i>	<i>07/06</i>
0,15 h	HIP19990	ω Tauri	4,93	30/05
<i>0,23 h</i>	<i>HIP20635</i>	<i>κ Tauri</i>	<i>4,21</i>	<i>28/05</i>
0,24 h	HIP20711	υ Tauri	4,28	28/05
0,25 h	HIP20205	γ Tauri	3,65	03/06
0,26 h	HIP19740	47 Tauri	4,84	12/06
0,27 h	HIP20455	δ ¹ Tauri	3,77	02/06
0,29 h	HIP19860	μ Tauri	4,27	08/06
0,29 h	HIP20542	δ ² Tauri	4,80	03/06
0,30 h	HIP20648	δ ³ Tauri	4,30	01/06
0,32 h	HIP22453	1 Aurigae	4,89	25/05
0,33 h	HIP20889	ε Tauri	3,53	01/06
0,35 h	HIP20713	71 Tauri	4,48	05/06
0,37 h	HIP22678	2 Aurigae	4,79	25/05

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,38 h	HIP20732	π Tauri	4,69	10/06
0,38 h	HIP20877	75 Tauri	4,96	10/06
0,38 h	HIP20885	θ^1 Tauri	3,84	06/06
0,38 h	HIP20894	θ^2 Tauri	3,40	03/06
0,41 h	HIP21029	HD28527	4,78	06/06
0,48 h	HIP21273	ρ Tauri	4,65	08/06
0,48 h	HIP21881	τ Tauri	4,27	31/05
0,55 h	HIP21683	σ^2 Tauri	4,67	08/06
0,59 h	HIP21589	90 Tauri	4,27	11/06
0,59 h	HIP21402	88 Tauri	4,25	12/06
0,79 h	HIP22667	\omicron^1 Tauri	4,71	20/06
0,79 h	HIP24727	16 Aurigae	4,54	02/06
0,81 h	HIP23497	ι Tauri	4,62	08/06
0,85 h	HIP22449	π^3 Orionis	3,19	16/06
0,86 h	HIP22509	π^2 Orionis	4,35	17/06
0,87 h	HIP22957	\omicron^2 Orionis	4,06	16/06
0,90 h	HIP22845	π^1 Orionis	4,64	18/06
0,90 h	HIP23835	104 Tauri	4,91	14/06
0,92 h	HIP22549	π^4 Orionis	3,68	19/06
0,95 h	HIP23607	11 Orionis	4,65	14/06
1,03 h	HIP22797	π^5 Orionis	3,71	23/06
1,03 h	HIP24010	15 Orionis	4,81	17/06
1,03 h	HIP25984	χ Aurigae	4,71	04/06
1,05 h	HIP24822	109 Tauri	4,96	15/06
1,15 h	HIP27639	υ Aurigae	4,72	08/06
1,18 h	HIP25539	114 Tauri	4,88	13/06
1,31 h	HIP25945	119 Tauri	4,32	23/06
1,34 h	HIP26451	ζ Tauri	2,97	12/06
1,41 h	HIP23875	β Eridani	2,78	01/07
1,43 h	HIP27468	132 Tauri	4,88	19/06
1,43 h	HIP27830	136 Tauri	4,56	13/06
1,45 h	HIP25336	γ Orionis	1,64	18/06

Table 83 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 24.
En italique figurent les étoiles candidates au décan 24.

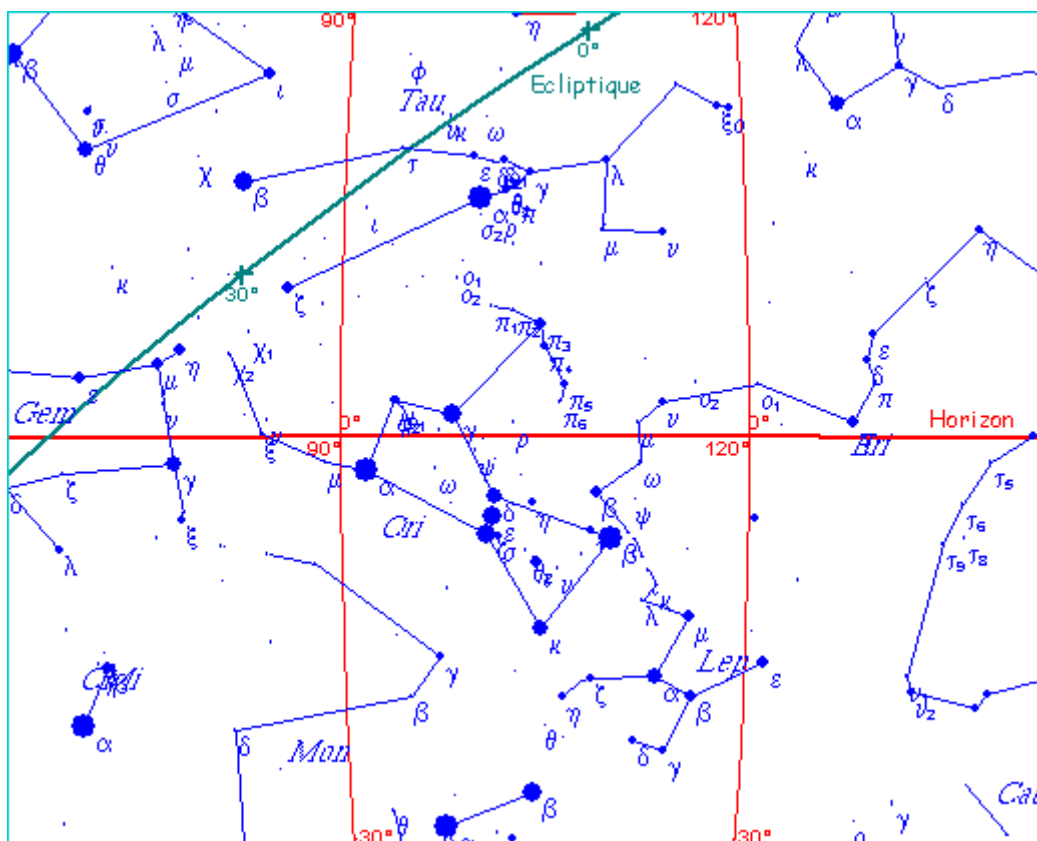


Figure 28 : Les constellations du Taureau, d'Orion et de l'Eridan.

Heure de lever stellaire le 17 juin	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
2,43 h	HIP19038	37 Tauri	4,36	25/05
2,43 h	HIP16369	5 Tauri	4,14	24/05
2,44 h	HIP15900	o Tauri	3,61	24/05
2,49 h	HIP20250	φ Tauri	4,97	26/05
2,55 h	HIP20635	κ Tauri	4,21	27/05
2,57 h	HIP20711	υ Tauri	4,28	27/05
2,65 h	HIP19990	ω Tauri	4,93	29/05
2,68 h	HIP18724	λ Tauri	3,41	28/05
2,74 h	HIP21881	τ Tauri	4,27	30/05
2,77 h	HIP24727	16 Aurigae	4,54	01/06
2,79 h	HIP20889	ε Tauri	3,53	31/05
2,79 h	HIP20648	δ ³ Tauri	4,30	31/05
2,81 h	HIP20455	δ ¹ Tauri	3,77	01/06

Heure de lever stellaire le 17 juin	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
2,86 h	HIP20542	δ^2 Tauri	4,80	02/06
2,87 h	HIP20894	θ^2 Tauri	2,87	02/06
2,87 h	HIP20205	γ Tauri	3,65	02/06
2,88 h	HIP25984	χ Aurigae	4,71	03/06
2,95 h	HIP20713	71 Tauri	4,48	04/06
3,00 h	HIP20885	θ^1 Tauri	3,84	05/06
3,01 h	HIP21029		4,78	06/06
3,02 h	HIP27639	υ Aurigae	4,72	06/06
3,11 h	HIP21683	σ^2 Tauri	4,67	08/06
3,11 h	HIP20732	π Tauri	4,69	09/06
3,11 h	HIP19860	μ Tauri	4,27	07/06
3,12 h	HIP20877	75 Tauri	4,96	09/06
3,12 h	HIP18907	ν Tauri	3,91	07/06
3,13 h	HIP23497	ι Tauri	4,62	07/06
3,13 h	HIP21273	ρ Tauri	4,65	08/06
3,18 h	HIP21589	90 Tauri	4,27	10/06
3,30 h	HIP19740	47 Tauri	4,84	11/06
3,27 h	HIP27830	136 Tauri	4,56	12/06
3,31 h	HIP21402	88 Tauri	4,25	12/06
<i>3,35 h</i>	<i>HIP26451</i>	<i>ζ Tauri</i>	<i>2,97</i>	<i>11/06</i>
<i>3,35 h</i>	<i>HIP25539</i>	<i>114 Tauri</i>	<i>4,88</i>	<i>13/06</i>
<i>3,36 h</i>	<i>HIP23835</i>	<i>104 Tauri</i>	<i>4,91</i>	<i>14/06</i>
<i>3,37 h</i>	<i>HIP24822</i>	<i>109 Tauri</i>	<i>4,96</i>	<i>14/06</i>
<i>3,40 h</i>	<i>HIP23607</i>	<i>11 Orionis</i>	<i>4,65</i>	<i>14/06</i>
<i>3,46 h</i>	<i>HIP28237</i>	<i>139 Tauri</i>	<i>4,81</i>	<i>15/06</i>
<i>3,51 h</i>	<i>HIP22957</i>	<i>σ^2 Orionis</i>	<i>4,06</i>	<i>16/06</i>
<i>3,53 h</i>	<i>HIP29696</i>	<i>κ Aurigae</i>	<i>4,32</i>	<i>16/06</i>
<i>3,56 h</i>	<i>HIP24010</i>	<i>15 Orionis</i>	<i>4,81</i>	<i>16/06</i>
<i>3,62 h</i>	<i>HIP22509</i>	<i>π^2 Orionis</i>	<i>4,35</i>	<i>17/06</i>
<i>3,62 h</i>	<i>HIP22449</i>	<i>π^3 Orionis</i>	<i>3,19</i>	<i>16/06</i>

Table 84 : Liste des étoiles candidates au décan 28b.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 27 juin	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>3,28 h</i>	<i>HIP22797</i>	<i>π^5 Orionis</i>	<i>3,71</i>	<i>83 jours</i>
<i>3,32 h</i>	<i>HIP25336</i>	<i>γ Orionis</i>	<i>1,64</i>	<i>65 jours</i>
<i>3,34 h</i>	<i>HIP26207</i>	<i>λ Orionis</i>	<i>3,39</i>	<i>72 jours</i>
<i>3,36 h</i>	<i>HIP32246</i>	<i>ε Geminorum</i>	<i>3,06</i>	<i>50 jours</i>
<i>3,44 h</i>	<i>HIP30883</i>	<i>ν Geminorum</i>	<i>4,13</i>	<i>60 jours</i>
<i>3,47 h</i>	<i>HIP26176</i>	<i>φ^1 Orionis</i>	<i>4,39</i>	<i>75 jours</i>
<i>3,51 h</i>	<i>HIP34693</i>	<i>τ Geminorum</i>	<i>4,41</i>	<i>54 jours</i>
<i>3,53 h</i>	<i>HIP27511</i>	<i>134 Tauri</i>	<i>4,89</i>	<i>74 jours</i>
<i>3,59 h</i>	<i>HIP29038</i>	<i>ν Orionis</i>	<i>4,42</i>	<i>68 jours</i>
<i>3,64 h</i>	<i>HIP26366</i>	<i>φ^2 Orionis</i>	<i>4,09</i>	<i>79 jours</i>
<i>3,68 h</i>	<i>HIP25813</i>	<i>32 Orionis</i>	<i>4,20</i>	<i>80 jours</i>
<i>3,74 h</i>	<i>HIP27989</i>	<i>α Orionis</i>	<i>0,45</i>	<i>56 jours</i>
<i>3,87 h</i>	<i>HIP31681</i>	<i>γ Geminorum</i>	<i>1,93</i>	<i>51 jours</i>
<i>4,27 h</i>	<i>HIP24436</i>	<i>β Orionis</i>	<i>0,18</i>	<i>78 jours</i>

Table 85 : Liste des étoiles candidates au décan 28.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Heure de lever stellaire le 7 juillet	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>3,26 h</i>	<i>HIP26311</i>	<i>ε Orionis</i>	<i>1,69</i>	<i>74 jours</i>
<i>3,26 h</i>	<i>HIP34088</i>	<i>ζ Geminorum</i>	<i>4,01</i>	<i>61 jours</i>
<i>3,28 h</i>	<i>HIP25281</i>	<i>η Orionis</i>	<i>3,35</i>	<i>87 jours</i>
<i>3,29 h</i>	<i>HIP36962</i>	<i>ν Geminorum</i>	<i>4,06</i>	<i>55 jours</i>
<i>3,36 h</i>	<i>HIP26727</i>	<i>ζ Orionis</i>	<i>1,74</i>	<i>75 jours</i>
<i>3,38 h</i>	<i>HIP24436</i>	<i>β Orionis</i>	<i>0,18</i>	<i>78 jours</i>
<i>3,38 h</i>	<i>HIP32362</i>	<i>ξ Geminorum</i>	<i>3,35</i>	<i>65 jours</i>
<i>3,43 h</i>	<i>HIP37740</i>	<i>κ Geminorum</i>	<i>3,57</i>	<i>52 jours</i>
<i>3,45 h</i>	<i>HIP38538</i>	<i>φ Geminorum</i>	<i>4,97</i>	<i>52 jours</i>
<i>3,54 h</i>	<i>HIP26549</i>	<i>σ Orionis</i>	<i>3,77</i>	<i>88 jours</i>
<i>3,61 h</i>	<i>HIP35350</i>	<i>λ Geminorum</i>	<i>3,58</i>	<i>60 jours</i>
<i>4,04 h</i>	<i>HIP26241</i>	<i>ι Orionis</i>	<i>2,75</i>	<i>88 jours</i>

Table 86 : Liste des étoiles candidates au décan 29.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP22449</i>	<i>π^3 Orionis</i>	<i>3,19</i>	<i>16/06</i>
0,03 h	HIP22509	π^2 Orionis	4,35	17/06
0,03 h	HIP22957	\omicron^2 Orionis	4,06	16/06
0,05 h	HIP22845	π^1 Orionis	4,64	18/06
0,05 h	HIP23835	104 Tauri	4,91	14/06
0,07 h	HIP22549	π^4 Orionis	3,68	19/06
0,10 h	HIP23607	11 Orionis	4,65	14/06
0,18 h	HIP22797	π^5 Orionis	3,71	23/06
0,18 h	HIP24010	15 Orionis	4,81	17/06
0,18 h	HIP25984	χ Aurigae	4,71	04/06
0,20 h	HIP24822	109 Tauri	4,96	15/06
0,30 h	HIP27639	υ Aurigae	4,72	08/06
0,31 h	HIP25539	114 Tauri	4,88	13/06
0,46 h	HIP25945	119 Tauri	4,32	23/06
0,49 h	HIP26451	ζ Tauri	2,97	12/06
0,56 h	HIP23875	β Eridani	2,78	01/07
0,58 h	HIP27468	132 Tauri	4,88	19/06
0,58 h	HIP27830	136 Tauri	4,56	13/06
0,60 h	HIP25336	γ Orionis	1,64	18/06
0,64 h	HIP26777	126 Tauri	4,84	22/06
0,68 h	HIP25044	22 Orionis	4,72	03/07
0,69 h	HIP25302	25 Orionis	4,89	02/07
0,69 h	HIP25473	ψ Orionis	4,59	01/07
0,69 h	HIP26176	ϕ^1 Orionis	4,39	26/06
0,69 h	HIP26207	λ Orionis	3,39	24/06
0,69 h	HIP28237	139 Tauri	4,81	16/06
0,70 h	HIP25813	32 Orionis	4,20	28/06
0,71 h	HIP26366	ϕ^2 Orionis	4,09	28/06
<i>0,73 h</i>	<i>HIP24436</i>	<i>β Orionis</i>	<i>0,18</i>	<i>27/06</i>
<i>0,77 h</i>	<i>HIP25281</i>	<i>η Orionis</i>	<i>3,35</i>	<i>03/07</i>
0,77 h	HIP27913	54 Orionis	4,39	22/06
0,83 h	HIP28734	1 Geminorum	4,16	20/06
0,85 h	HIP25930	δ Orionis	2,25	28/06
0,85 h	HIP27511	134 Tauri	4,89	27/06
0,85 h	HIP29696	κ Aurigae	4,32	17/06
0,87 h	HIP26594	ω Orionis	4,50	02/07
0,91 h	HIP28716	χ^2 Orionis	4,64	23/06

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,94 h</i>	<i>HIP26311</i>	<i>ε Orionis</i>	<i>1,69</i>	<i>28/06</i>
<i>1,01 h</i>	<i>HIP26549</i>	<i>σ Orionis</i>	<i>3,77</i>	<i>07/07</i>
1,01 h	HIP26736	HD37756	4,95	08/07
<i>1,02 h</i>	<i>HIP26727</i>	<i>ζ Orionis</i>	<i>1,74</i>	<i>30/06</i>
1,02 h	HIP29655	η Geminorum	3,31	20/06
<i>1,03 h</i>	<i>HIP26241</i>	<i>ι Orionis</i>	<i>2,75</i>	<i>07/07</i>
1,05 h	HIP27989	α Orionis	0,45	20/06
1,08 h	HIP29038	ν Orionis	4,42	27/06
1,11 h	HIP28614	μ Orionis	4,12	01/07
1,12 h	HIP29434	69 Orionis	4,95	28/06
1,13 h	HIP30343	μ Geminorum	2,87	19/06
1,16 h	HIP29426	ξ Orionis	4,45	29/06
1,28 h	HIP30883	ν Geminorum	4,13	26/06
1,31 h	HIP27366	κ Orionis	2,07	10/07

Table 87 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 26.
En italique figurent les étoiles candidates aux décans 26 et 29.

Heure de lever stellaire le 17 juillet	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>3,32 h</i>	<i>HIP27366</i>	<i>κ Orionis</i>	<i>2,07</i>	<i>87 jours</i>
<i>3,35 h</i>	<i>HIP32533</i>	<i>17 Monocerotis</i>	<i>4,77</i>	<i>81 jours</i>
<i>3,44 h</i>	<i>HIP36188</i>	<i>β Canis Minoris</i>	<i>2,89</i>	<i>63 jours</i>
<i>3,47 h</i>	<i>HIP37908</i>	<i>81 Geminorum</i>	<i>4,89</i>	<i>67 jours</i>
<i>3,63 h</i>	<i>HIP36425</i>	<i>6 Canis Minoris</i>	<i>4,55</i>	<i>73 jours</i>
<i>3,66 h</i>	<i>HIP37279</i>	<i>α Canis Minoris</i>	<i>0,40</i>	<i>50 jours</i>
<i>4,51 h</i>	<i>Sirius</i>	<i>α Canis Majoris</i>	<i>-1,44</i>	<i>72 jours</i>

Table 88 : Liste des étoiles candidates au décan 30.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
<i>0,00 h</i>	<i>HIP24436</i>	<i>β Orionis</i>	<i>0,18</i>	<i>27/06</i>
0,04 h	HIP25281	η Orionis	3,35	03/07
0,04 h	HIP27913	54 Orionis	4,39	22/06
0,10 h	HIP28734	1 Geminorum	4,16	20/06
0,12 h	HIP25930	δ Orionis	2,25	28/06
0,12 h	HIP27511	134 Tauri	4,89	27/06
0,12 h	HIP29696	κ Aurigae	4,32	17/06
0,14 h	HIP26594	ω Orionis	4,50	02/07
0,18 h	HIP28716	χ^2 Orionis	4,64	23/06
0,21 h	HIP26311	ϵ Orionis	1,69	28/06
0,28 h	HIP26549	σ Orionis	3,77	07/07
0,28 h	HIP26736	HD37756	4,95	08/07
0,29 h	HIP26727	ζ Orionis	1,74	30/06
0,29 h	HIP29655	η Geminorum	3,31	20/06
0,30 h	HIP26241	ι Orionis	2,75	07/07
0,32 h	HIP27989	α Orionis	0,45	20/06
0,35 h	HIP29038	ν Orionis	4,42	27/06
0,38 h	HIP28614	μ Orionis	4,12	01/07
0,39 h	HIP29434	69 Orionis	4,95	28/06
0,40 h	HIP30343	μ Geminorum	2,87	19/06
0,43 h	HIP29426	ξ Orionis	4,45	29/06
0,55 h	HIP30883	ν Geminorum	4,13	26/06
<i>0,58 h</i>	<i>HIP27366</i>	<i>κ Orionis</i>	<i>2,07</i>	<i>10/07</i>
0,65 h	HIP32246	ϵ Geminorum	3,06	22/06
0,77 h	HIP31681	γ Geminorum	1,93	24/06
0,83 h	HIP30419	8 Monocerotis	4,39	10/07
0,91 h	HIP31216	13 Monocerotis	4,47	09/07
0,91 h	HIP34693	τ Geminorum	4,41	28/06
0,94 h	HIP32249	30 Geminorum	4,49	09/07
0,97 h	HIP31978	15 Monocerotis	4,66	08/07
0,97 h	HIP32362	ξ Geminorum	3,35	05/07
1,07 h	HIP34088	ζ Geminorum	4,01	04/07
1,10 h	HIP33202	38 Geminorum	4,73	09/07
1,12 h	HIP32533	17 Monocerotis	4,77	16/07
1,18 h	HIP30867	β Monocerotis	3,76	20/07
1,20 h	HIP36046	ι Geminorum	3,78	01/07
1,26 h	HIP32578	18 Monocerotis	4,48	18/07

Instant de culmination	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
1,27 h	HIP35550	δ Geminorum	3,50	03/07
1,37 h	HIP36962	υ Geminorum	4,06	05/07
1,38 h	HIP35350	λ Geminorum	3,58	08/07
1,41 h	HIP37629	σ Geminorum	4,23	04/07
1,57 h	HIP37740	κ Geminorum	3,57	06/07
1,64 h	HIP38538	ϕ Geminorum	4,97	07/07
1,65 h	HIP33971	19 Monocerotis	4,99	24/07
1,67 h	HIP36425	6 Canis Minoris	4,55	18/07
1,68 h	HIP36041	ϵ Canis Minoris	4,99	20/07
<i>1,69 h</i>	<i>HIP32349</i>	<i>Sirius</i>	<i>-1,44</i>	<i>18/07</i>

Table 89 : Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 29 et précède celle de Sirius. En italique figurent les étoiles candidates au décan 29.

Heure de lever stellaire le 27 juillet	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
0,97 h	HIP22449	π^3 Orionis	0,97	16/06
1,06 h	HIP22549	π^4 Orionis	3,68	19/06
1,24 h	HIP29655	η Geminorum	3,31	19/06
1,29 h	HIP30343	μ Geminorum	2,87	18/06
1,31 h	HIP22797	π^5 Orionis	3,71	22/06
1,36 h	HIP25336	γ Orionis	1,64	18/06
1,36 h	HIP32246	ϵ Geminorum	3,06	21/06
1,38 h	HIP26207	λ Orionis	3,39	23/06
1,64 h	HIP31681	γ Geminorum	1,93	23/06
1,67 h	HIP27989	α Orionis	0,45	19/06
1,68 h	HIP36046	ι Geminorum	3,78	30/06
1,87 h	HIP25930	δ Orionis	2,25	28/06
1,92 h	HIP23875	β Eridani	2,78	01/07
1,93 h	HIP35550	δ Geminorum	3,50	02/07
1,95 h	HIP26311	ϵ Orionis	1,69	28/06
1,97 h	HIP25281	η Orionis	3,35	03/07
2,05 h	HIP26727	ζ Orionis	1,74	30/06
2,07 h	HIP32362	ξ Geminorum	3,35	04/07
2,07 h	HIP24436	β Orionis	0,18	27/06

Heure de lever stellaire le 27 juillet	Identifiant Hipparcos de l'étoile	Désignation courante de l'étoile	Magnitude visuelle	Date de lever héliaque
2,08 h	HIP37740	κ Geminorum	3,57	05/07
2,20 h	HIP26549	σ Orionis	3,77	07/07
2,23 h	HIP35350	λ Geminorum	3,58	07/07
2,29 h	HIP26241	ι Orionis	2,75	07/07
2,66 h	HIP27366	κ Orionis	2,07	10/07
2,78 h	HIP36188	β Cancrī	2,89	13/07
2,98 h	HIP37279	α Canis Minoris	0,40	10/07
<i>3,66 h</i>	<i>HIP32349</i>	<i>Sirius</i>	<i>-1,44</i>	<i>17/07</i>

Table 90 : Liste des étoiles candidates aux décans 28a, 27a, 27b ou 27d et 27c.
En italique figurent les étoiles dont le lever se produit au cours de l'aube.

Liste des Tables et des Figures

Table	Descriptif	page
Table 1 :	Liste des étoiles mentionnées sur l'intérieur du couvercle de certains sarcophages datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire ainsi que sur les édifices du Nouvel Empire à l'Époque Romaine	17
Table 2 :	Identifications proposées par Reinhard Böcker, Christian Leitz, Juan Antonio Belmonte et José Lull	25
Table 3 :	Dates auxquelles chaque décan indiquait les première et dernière heures de nuit sur l'horloge stellaire n° 1	36
Table 4 :	Listes d'étoiles obtenues à partir des vingt horloges stellaires dont nous disposons	42
Table 5 :	Figuration des décans indexés a ou b au sein des listes n° 12 à 20 ainsi qu'au plafond de la tombe de <i>Senenmout</i> (S) à Deir el-Bahari (XVIIIème dynastie)	44
Table 6 :	Listes d'étoiles déduites d'horloges stellaires théoriques développées selon le modèle de l'horloge stellaire n° 1 (fig. 4a, b, c, d, e et f) mais conçues (n × 40) ans plus tard	51
Table 7 :	Datation proposée des vingt listes d'étoiles en relation avec la chronologie égyptienne	48
Table 8 :	Comparatif entre les six types de listes d'étoiles décanales	57
Table 9 :	Au plafond du cénotaphe de <i>Séthi I</i> à Abydos figurent les dates auxquelles un décan donné cessa d'indiquer la première heure de nuit (première heure), débuta sa période d'invisibilité annuelle (entrée dans la Douat) et effectua son lever héliaque (naissance) au cours de l'année ronde considérée	60
Table 10 :	Datation des listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> , <i>Séthi IA</i> et <i>Séthi IB</i> déduite des positions occupées sur ces listes par les décans 1 et 31	66
Table 11 :	Dates de lever héliaque de Sirius en différents lieux de latitude égyptienne	69
Table 12 :	Estimation photométrique des valeurs prises par le coefficient d'extinction atmosphérique <i>K</i> dans différentes conditions d'obscurité, d'humidité et d'altitude	101
Table 13 :	Importances relatives des diverses sources d'extinction en différentes distances zénithales	109
Table 14 :	Valeurs caractéristiques de la brillance du ciel en différents instants de la journée	112
Table 15 :	Dates de lever héliaque de Sirius en un lieu de latitude égale à 30° en l'an 2000 BC déduites de différentes valeurs de l' <i>arcus visionis</i>	121
Table 17 :	Variation de la période d'invisibilité annuelle de l'étoile Sirius avec l'époque historique et la latitude géographique	125

Table	Descriptif	page
Table 18a :	Levers d'étoiles à l'aube des 17 juillet, 27 juillet, 6 août et 16 août de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC	129
Table 18b :	Levers d'étoiles au soir des 13 novembre, 23 novembre, 3 décembre et 13 décembre de l'une des années entre 2097 et 2090 BC	131
Table 19 :	Listes des étoiles candidates aux décans 31, 32, 33 et 34 (table 3)	132
Table 20 :	Dates auxquelles l'apparition d'un décan indiquait, pour la première fois, la dernière heure de nuit et, pour la dernière fois, la première heure de nuit, sur les listes de types <i>tmôt</i> , <i>knmt</i> , <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i> , ou effectua son lever héliaque sur les listes de type <i>Séthi IB</i> . Ces dates sont exprimées dans le calendrier civil égyptien	140
Table 21 :	Liste des étoiles candidates au décan 32	143
Table 22 :	Liste des étoiles dont la culmination succède à celle de Sirius et précède celle de θ <i>Hydrae</i>	144
Table 23 :	Liste des étoiles candidates au décan 33	295
Table 24 :	Liste des étoiles candidates au décan 34	295
Table 25 :	Etoiles dont la culmination succède à celle de θ <i>Hydrae</i>	296
Table 26 :	Liste des étoiles candidates au décan 35	296
Table 27 :	Liste des étoiles candidates au décan 35a	297
Table 28 :	Liste des étoiles candidates au décan 36	298
Table 29 :	Liste des étoiles candidates au décan 36a	298
Table 30 :	Liste des étoiles candidates au décan 37	299
Table 31 :	Liste des étoiles candidates au décan 38	300
Table 32 :	Liste des étoiles candidates au décan A	300
Table 33 :	Liste des étoiles candidates au décan 1	301
Table 34 :	Liste des étoiles candidates au décan B	302
Table 35 :	Liste des étoiles candidates au décan 2	302
Table 36 :	Liste des étoiles candidates au décan C	303
Table 37 :	Liste des étoiles candidates au décan 3	304
Table 38 :	Liste des étoiles dont la culmination succède à celle de l'étoile assimilée au décan 36a et précède celles des étoiles candidates au décan 3	305
Table 39 :	Liste des étoiles candidates au décan D	308
Table 40 :	Liste des étoiles candidates au décan 4	308
Table 41 :	Liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 3	309
Table 42 :	Liste des étoiles candidates au décan E	310

Table	Descriptif	page
Table 43 :	Liste des étoiles candidates au décan 5	311
Table 44 :	Liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 4	311
Table 45 :	Liste des étoiles candidates au décan F	312
Table 46 :	Liste des étoiles candidates au décan 6	312
Table 47 :	Liste des étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 5 et précède celle des étoiles candidates au décan 6	313
Table 48 :	Liste des étoiles dont le lever succède à celui des étoiles associées au décan 2	314
Table 49 :	Liste des étoiles candidates au décan G	316
Table 50 :	Liste des étoiles candidates au décan 7	317
Table 51 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 6	317
Table 52 :	Liste des étoiles candidates au décan H	319
Table 53 :	Liste des étoiles candidates au décan 8	319
Table 54 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 7	320
Table 55 :	Liste des étoiles candidates au décan J	320
Table 56 :	Liste des étoiles candidates au décan 9	321
Table 57 :	Liste des étoiles candidates au décan K	321
Table 58 :	Liste des étoiles candidates au décan 10	321
Table 59 :	Liste des étoiles candidates au décan M	322
Table 60 :	Liste des étoiles candidates au décan 11	323
Table 61 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 8	323
Table 62 :	Liste des étoiles candidates au décan 12	324
Table 63 :	Liste des étoiles candidates au décan 13	324
Table 64 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 11	324
Table 65 :	Liste des étoiles candidates au décan 14	325
Table 66 :	Liste des étoiles candidates au décan 15	325
Table 67 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 13	327
Table 68 :	Liste des étoiles candidates au décan 16	327

Table	Descriptif	page
Table 69 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 15	328
Table 70 :	Liste des étoiles candidates au décan 17	328
Table 71 :	Liste des étoiles candidates au décan 18	329
Table 72 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 17	329
Table 73 :	Liste des étoiles candidates au décan 20	329
Table 74 :	Liste des étoiles candidates au décan 19	330
Table 75 :	Étoiles dont la culmination succède à celle de l'étoile candidate au décan 18	330
Table 76 :	Liste des étoiles candidates au décan 22	330
Table 77 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 19	332
Table 78 :	Liste des étoiles candidates au décan 23	333
Table 79 :	Liste des étoiles candidates au décan 24	333
Table 80 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 23	334
Table 81 :	Liste des étoiles candidates au décan 25	334
Table 82 :	Liste des étoiles candidates au décan 26	335
Table 83 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 24	335
Table 84 :	Liste des étoiles candidates au décan 28b	337
Table 85 :	Liste des étoiles candidates au décan 28	339
Table 86 :	Liste des étoiles candidates au décan 29	339
Table 87 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 26	340
Table 88 :	Liste des étoiles candidates au décan 30	341
Table 89 :	Étoiles dont la culmination succède à celle des étoiles candidates au décan 29	342
Table 90 :	Liste des étoiles candidates aux décans 28a, 27a, 27b ou 27d et 27c	343
Table 91 :	Récapitulatif des étoiles associées à chacun des 90 décans égyptiens	186
Table 92 :	Identifications proposées par Reinhard Böcker, Christian Leitz, Juan Antonio Belmonte, José Lull et Karine Gadré	195

Table	Descriptif	page
Table 93 :	Correspondance entre les arrangements stellaires caractérisant les listes de types <i>ṯmʒt</i> , <i>knmt</i> , <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> , <i>Séthi IA</i> et <i>Séthi IB</i> et la succession des levers héliaques des étoiles candidates à chacun des décans mentionnés sur ces listes (en caractères italiques figurent les décans inutiles et en caractères soulignés figurent les décans manquants) .	210
Table 94 :	Réarrangements stellaires consécutifs au travail d'identification des décans égyptiens	213
Table 95 :	Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dans un repère écliptique. En caractères gras figurent les 36 décans réguliers qui devraient figurer sur les listes de types <i>ṯmʒt</i> , <i>knmt</i> , <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> , <i>Séthi IA</i> et <i>Séthi IB</i> (table 94). En caractères gras et italiques figurent les décans réguliers dont les étoiles associées se situent entre deux constellations zodiacales	226
Table 96 :	Nombre de décans réguliers qui occupent chaque tranche de l'écliptique de 30 degrés sur les listes de types <i>ṯmʒt</i> , <i>knmt</i> , <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> , <i>Séthi IA</i> et <i>Séthi IB</i> . L'incertitude sur le nombre de décans, marquée par le « ou », résulte de la localisation des étoiles associées aux décans 1, 16, 27a, 28 et 32 entre deux constellations zodiacales	227

Figure	Descriptif	page
Figure 1 :	Localisation de l'anneau décanal sur la voûte céleste locale	23
Figure 2 :	Schéma général d'une horloge stellaire	33
Figure 3 :	Instants de lever des décans de début et de fin de nuit	40
Figure 4a :	Schéma de l'horloge stellaire n° 1	49
Figure 4b :	Schéma d'une horloge calquée sur l'horloge n° 1 mais conçue 40 ans après	49
Figure 4c :	Schéma d'une horloge calquée sur l'horloge n° 1 mais conçue 2×40 ans après	49
Figure 4d :	Schéma d'une horloge calquée sur l'horloge n° 1 mais conçue 3×40 ans après	50
Figure 4e :	Schéma d'une horloge calquée sur l'horloge n° 1 mais conçue 4×40 ans après	50
Figure 4f :	Schéma d'une horloge calquée sur l'horloge n° 1 mais conçue 5×40 ans après	50
Figure 5 :	Figuration des listes de type <i>Senenmout</i> sous la forme d'une horloge stellaire	65
Figure 6 :	Positions successivement occupées par l'écliptique (E_0 , E_1 , E_2) et l'équateur moyen (A_0 , A_1 , A_2) aux dates jd_0 , jd_1 et jd_2	84
Figure 7 :	Représentation schématique de la période d'invisibilité annuelle d'une étoile	91
Figure 8 :	La visibilité d'une étoile en son jour de conjonction avec le Soleil en un lieu de latitude donnée dépend essentiellement de la valeur de sa déclinaison	91
Figure 9 :	Lors de sa traversée de l'atmosphère terrestre stratifiée, le flux de photons incidents subit diverses absorptions	100
Figure 10a :	Variations horaires des valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant à Abbassia à compter de l'équinoxe de printemps, entre les instants de coucher et de lever du Soleil	106
Figure 10b :	Variations horaires des valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant à Assiout à compter de l'équinoxe de printemps, entre les instants de coucher et de lever du Soleil	107
Figure 10c :	Variations horaires des valeurs moyennes de taux d'humidité de l'air ambiant à Assouan à compter de l'équinoxe de printemps, entre les instants de coucher et de lever du Soleil	108
Figure 11 :	Relation entre la période d'invisibilité annuelle des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 et leur déclinaison	119
Figure 12 :	Relation entre la période d'invisibilité annuelle des étoiles de magnitude visuelle inférieure ou égale à 6 et leur latitude écliptique	119

Figure	Descriptif	page
Figure 13 :	Localisation spatiale des étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à Abbassia ($\varphi \approx 30^\circ$) en l'an 2000 BC	120
Figure 14 :	Redéfinition des contours de l'anneau décanal, constitué des 1166 étoiles dont la période d'invisibilité annuelle était comprise entre 50 et 90 jours à Abbassia en l'an 2000 BC	120
Figure 15 :	Variation de la période d'invisibilité annuelle (dpi) de Sirius à Abbassia entre l'an 7000 BC et l'an 8000	126
Figure 16 :	Variations de la déclinaison et de l'ascension droite de Sirius entre l'an 7000 BC et l'an 8000	126
Figure 17 :	Variations de la latitude et de la longitude écliptiques de Sirius entre l'an 7000 BC et l'an 8000	127
Figure 18 :	Apparition de Sirius à l'est du ciel le matin du 17 juillet et le soir du 23 novembre de l'une des années comprises entre 2097 et 2090 BC	135
Figure 19 :	Imagerie associée aux appellations hiéroglyphiques de plusieurs décans au plafond de la tombe de <i>Senenmout</i> à Deir el-Bahari (dynastie XVIII)	138
Figure 20 :	Constellations du Grand Chien, du Petit Chien, de l'Hydre et du Cancer	144
Figure 21 :	Constellations de l'Hydre, de la Coupe, du Corbeau et de la Vierge	297
Figure 22 :	Constellations de l'Hydre, de la Vierge, du Centaure, du Loup et de la Balance	301
Figure 23 :	Constellations du Loup, du Scorpion et de la Couronne Australe	305
Figure 24 :	Constellations du Scorpion, du Sagittaire, de la Couronne Australe et du Capricorne	318
Figure 25 :	Constellations du Capricorne, du Verseau et du Poisson Austral	322
Figure 26 :	Constellations du Verseau, du Poisson Austral et des Poissons	326
Figure 27 :	Constellations des Poissons, du Bélier, de la Baleine et du Taureau	331
Figure 28 :	Les constellations du Taureau, d'Orion et de l'Eridan	337
Figure 29 :	Figuration des listes de types <i>Senenmout</i> , <i>Séthi IC</i> et <i>Séthi IA</i> sous la forme d'une horloge stellaire. Dans la zone foncée de forme triangulaire figure la liste des décans épagomènes dans l'ordre suggéré par Otto Neugebauer et Richard A. Parker	184
Figure 30 :	Corrélation entre les instants d'apparition à l'est des étoiles associées aux décans égyptiens et la succession des heures de nuit égyptiennes sur l'horloge stellaire n°1. L'existence des zones A, B, C et D s'explique par le laps de temps relativement important ou faible qui s'écoule entre les levers successifs des étoiles candidates aux décans 13 et 14, 28 et 29, B et C, 11 et 12, respectivement	217

Figure	Descriptif	page
Figure 31 :	Horloge stellaire n°1 étendue aux décans inutilisés. En caractères gras figurent les décans de douzième heure de nuit dont les apparitions à l'est se produisaient peu après le début de l'aube. Six de ces décans notés 13, 17, 20, 28, 31 et H, étaient visibles une décade avant que leurs apparitions n'indiquent la douzième et dernière heure de nuit	220
Figure 32 :	Localisation spatiale des 175 étoiles candidates aux 90 décans égyptiens	222
Figure 33a :	Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dont l'ascension droite était comprise entre 0 et 8h en l'an 2000 BC	223
Figure 33b :	Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dont l'ascension droite était comprise entre 8 et 16h en l'an 2000 BC	224
Figure 33c :	Localisation des étoiles associées aux décans égyptiens dont l'ascension droite était comprise entre 16 et 24h en l'an 2000 BC	225

Publications relatives au travail de thèse

1. Catalogue d'étoiles peuplant le ciel de l'Égypte ancienne

Auteurs : Karine Gadré et Sylvie Roques

Publié dans les Cahiers Caribéens d'Égyptologie n°11 (février/mars 2008)

Résumé : *Sur l'intérieur du couvercle de certains sarcophages datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire d'une part, sur la surface extérieure de clepsydres, au plafond de temples et de tombes datant du Nouvel Empire à l'Époque Romaine d'autre part, figurent les appellations hiéroglyphiques de quatre-vingt dix étoiles peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne. Cet article rassemble, au sein d'un catalogue, la désignation hiéroglyphique, la forme translittérée et, lorsque disponible, la signification de l'appellation hiéroglyphique de chacune de ces étoiles que nous qualifions aujourd'hui de décanales parce qu'elles effectuaient leurs levers héliaques chaque dix jours de l'année civile égyptienne constituée de 365 jours.*

2. Préalable à l'identification des décans égyptiens : constitution d'une base de données archéologiques

Auteurs : Karine Gadré et Sylvie Roques

Soumis à publication dans la revue Göttinger Miszellen

Résumé : *La succession des apparitions ou culminations d'étoiles dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Égypte ancienne était utilisée pour marquer les heures de nuit. Ces étoiles dont la période d'invisibilité annuelle avoisinait les soixante-dix jours sont aujourd'hui qualifiées de décanales parce qu'elles effectuaient leurs levers héliaques à dix jours d'intervalle. Leurs appellations hiéroglyphiques figurent sur l'intérieur du couvercle de sarcophages, sur la surface extérieure de clepsydres, au plafond de temples et tombes datant de la Première Période Intermédiaire à l'Époque Romaine. Chacun de ces vestiges fait partie d'une base de données archéologiques dont la réalisation constitue le préalable à l'identification des étoiles décanales.*

3. L'année civile égyptienne et les horloges stellaires

Auteurs : Karine Gadré et Sylvie Roques

Publié dans Revista de la Sociedad Urugaya de Egiptologia n°25, 2008

Résumé : *Sur l'intérieur du couvercle de dix-neuf sarcophages de bois datant de la Première Période Intermédiaire et du Moyen Empire ainsi qu'au plafond de l'Osiréion à Abydos figurent des horloges stellaires fonctionnant sur la base de l'année civile égyptienne constituée de 365 jours : chaque dix jours, le lever d'une même étoile indiquait la fin d'une heure toujours plus tôt de la nuit. Parce qu'un quart de jour supplémentaire ne lui était pas régulièrement ajouté, l'année civile égyptienne vagabondait et le contenu des horloges stellaires devait être régulièrement mis à jour.*

4. Astronomical dating proposals of the ancient Egyptian stellar clocks

Auteurs : Karine Gadré et Sylvie Roques

A paraître dans Revista de la Sociedad Urugaya de Egiptologia n°26, 2009

Résumé : *On the interior lid of nineteen sarcophagi unearthed in Middle and Upper Egypt necropolis on the one hand, on the ceiling of the cenotaph of Seti I at Abydos, Middle Egypt, on the other hand, were painted stellar clocks which worked on the basis of the successive appearances of stars in the East between the end of astronomical twilight and the very beginning of dawn throughout the ancient Egyptian civil year made up of 365 days. The present paper aims at dating the twenty stellar clocks by comparing their respective stellar arrangements. The dating proposals are next compared to those deduced from the applying of archaeological, topological and philological criteria.*

5. Le lever héliaque de Sirius, source de datation historique

Auteur : Karine Gadré

Publié dans les Cahiers Caribéens d'Egyptologie n°6 (février/mars 2004)

Résumé : *From ancient Egypt come several recordings of the heliacal rising of Sirius in the reigns of pharaohs Sesostris ?, Amenhotep I, Thutmosis III, Ptolemy III, Ptolemy IV, and in Roman times, whose astronomical study leads to better know the visual acuity of the ancient Egyptian priests-astronomers – a parameter needed to identify the old Egyptian decanal stars –, then to sharpen the epoch of their reign according to the latitude of the place chosen for observation.*

6. Identifying the ancient Egyptian decanal stars

Auteurs : Karine Gadré et Sylvie Roques

Soumis à publication

Résumé : *The study of one hundred archaeological vestiges which were erected all along the Nile river between 2200 and 50 BC led to draw up one hundred star lists in the order of their successive rising or transit in the night or twilight sky throughout the old Egyptian civil year made up of 365 days. Every ten days, one of these stars rose heliacally – as a consequence, they are termed as decanal. Their heliacal rising moreover put an end to their yearly period of invisibility of 70 days. The identification of these decanal stars to stars visible with the naked eye of the Hipparchos catalogue requires the conceiving of a model which combines astrometric parameters and visibility criteria, next the taking into account of several criteria of astronomical and egyptological natures. This approach is detailed within this article.*

7. Détail du projet de constitution, à l'échelle internationale, d'un réseau de chercheurs en Astro-Égyptologie

Auteur : Karine Gadré

Publié dans les Cahiers Caribéens d'Egyptologie n°7 (février/mars 2005)

Résumé : *The publication of articles dealing with ancient Egyptian Astronomy within Egyptological journals like the Cahiers Caribéens d'Egyptologie, my participation as an Astrophysicist in the 2004 ARCE meeting, the mixed composition of my PH.D. examining board, can be seen as many steps towards the forthcoming forming of a team made up of both Astronomers and Egyptologists from the whole world, willing to build an astro-egyptology related database, willing to study together the astronomical orientation of such monument, the astronomical content of some painting or writing dating from ancient Egypt ; finally, willing to publish the results of their interdisciplinary research work on the World Wide Web and within already existing egyptological and astronomical journals.*

8. Le lever du Soleil sur la Terre d'Égypte : une recreation au quotidien

Auteur : Karine Gadré

Publié dans African Skies / Cieux Africains n°6 (janvier 2002)

Résumé : En Égypte ancienne, il n'est pas d'événement céleste qui n'ait revêtu de symbolique particulière. Ainsi le lever du Soleil, son apparition à la surface de l'horizon oriental sous la forme d'un disque rougeoyant, ne déroge-t-il pas à la règle. Aux yeux des anciens égyptiens, la renaissance quotidienne du dieu Soleil, son émergence des eaux du *Noun*, cet océan d'énergie informe dont provient toute forme d'existence, s'apparentait à sa toute première manifestation dans le ciel d'Égypte, en ce jour auquel le monde fut créé, en ce premier jour qu'ils nommaient *Sep Tepy*.

9. Introduction aux méthodes de l'archéoastronomie.

Première Partie : Application à l'identification des décans égyptiens

Auteur : Karine Gadré

Publié dans i-Medjat n°1 (juin 2008)

Résumé : *Cet article, le premier d'une série de deux, constitue le compte-rendu d'un séminaire public donné au Bureau des Longitudes le 6 février 2008 et disponible à l'écoute sur le site de Canal Académie. Après une brève introduction à l'archéoastronomie, nous exposons le principe de la démarche archéoastronomique puis l'appliquons à la résolution d'une problématique égyptologique : l'identification des décans égyptiens.*

10. Introduction aux méthodes de l'archéoastronomie. Seconde Partie : Application à la détermination de la source astronomique d'orientation d'édifices égyptiens

Auteur : Karine Gadré

A paraître dans i-Medjat n°3 (printemps 2009)

Présentations orales du travail de thèse (effectuées sur invitation)

1. Séminaire du Centre François Viètes à Nantes, février 2008

Titre : « Introduction aux méthodes de l'archéoastronomie. Application à l'Égypte ancienne »

Résumé : *Le récent développement de modèles de visibilité d'un objet dans le ciel nocturne ou crépusculaire permet de résoudre divers problèmes que pose l'archéoastronomie. Leur utilisation dans le contexte de l'Égypte ancienne a notamment abouti à la révision des dates de début de règne de plusieurs pharaons, à la cartographie des constellations peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne, à la formulation d'une toute nouvelle hypothèse orientationnelle concernant les pyramides de l'Ancien Empire ainsi que les temples d'Isis et Hathor à Dendérah. Cet exposé a été l'occasion de présenter, dans le détail, la démarche adoptée pour résoudre certains problèmes (constitution de bases de données archéologiques et stellaires, conception de modèles de visibilité d'étoiles à l'oeil nu, application de critères astronomiques et égyptologiques), ainsi que les résultats obtenus.*

2. Séminaire du Bureau des Longitudes, février 2008

Titre : « Introduction aux méthodes de l'archéoastronomie. Application à l'Égypte ancienne »

Résumé : *Le récent développement de modèles de visibilité d'un objet dans le ciel nocturne ou crépusculaire permet de résoudre divers problèmes que pose l'archéoastronomie. Leur utilisation dans le contexte de l'Égypte ancienne a notamment abouti à la révision des dates de début de règne de plusieurs pharaons, à la cartographie des constellations peuplant le ciel méridional de l'Égypte ancienne, à la formulation d'une toute nouvelle hypothèse orientationnelle concernant les pyramides de l'Ancien Empire ainsi que les temples d'Isis et Hathor à Dendérah. Cet exposé a été l'occasion de présenter, dans le détail, la démarche adoptée pour résoudre certains problèmes (constitution de bases de données archéologiques et stellaires, conception de modèles de visibilité d'étoiles à l'oeil nu, application de critères astronomiques et égyptologiques), ainsi que les résultats obtenus.*

3. Séminaire de l'Institut de Mathématiques de Toulouse, juin 2007

Titre : « Les décans égyptiens : des étoiles mythiques »

Résumé : *Les anciens Egyptiens croyaient en une vie après la mort. Selon eux, le laps de temps nécessaire au défunt pour renaître dans l'au-delà était de 70 jours. De nombreux textes funéraires assimilent cette renaissance au lever héliaque d'une étoile dont la période d'invisibilité annuelle était voisine alors de 70 jours. Quatre-vingt dix étoiles sont mentionnées sur l'intérieur du couvercle de sarcophages, au plafond de temples et de tombes datés de l'an 2200 BC à l'an 50. L'étude archéologique, philologique et astronomique du contenu de ces cent vestiges aboutit à la définition des contraintes spatiales, temporelles et optiques d'un modèle combinant équations de la mécanique céleste et critères de visibilité d'une étoile dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Egypte ancienne. Ce modèle nous permet d'assimiler chacune des 90 étoiles à des étoiles du catalogue Hipparcos - en d'autres termes, de dresser une cartographie du monde de l'au-delà, tel que l'imaginaient les anciens Egyptiens. L'application de ce modèle à l'orientation astronomique des pyramides d'Egypte sera également examinée, ainsi que quelques perspectives de travail à court et moyen termes.*

4. Séminaire du Bureau des Longitudes, Paris, mai 2007

Titre : « Les décans égyptiens : des étoiles mythiques »

Résumé : *Les anciens Egyptiens croyaient en une vie après la mort. Selon eux, le laps de temps nécessaire au défunt pour renaître dans l'au-delà était de 70 jours. De nombreux textes funéraires assimilent cette renaissance au lever héliaque d'une étoile dont la période d'invisibilité annuelle était voisine alors de 70 jours. Quatre-vingt dix étoiles sont mentionnées sur l'intérieur du couvercle de sarcophages, au plafond de temples et de tombes datés de l'an 2200 BC à l'an 50. L'étude archéologique, philologique et astronomique du contenu de ces cent vestiges aboutit à la définition des contraintes spatiales, temporelles et optiques d'un modèle combinant équations de la mécanique céleste et critères de visibilité d'une étoile dans le ciel nocturne ou crépusculaire de l'Egypte ancienne. Ce modèle nous permet d'assimiler chacune des 90 étoiles à des étoiles du catalogue Hipparcos - en d'autres termes, de dresser une cartographie du monde de l'au-delà, tel que l'imaginaient les anciens Egyptiens. L'application de ce modèle à l'orientation astronomique des pyramides d'Egypte sera également examinée, ainsi que quelques perspectives de travail à court et moyen termes.*

5. Colloque de l'American Research Center in Egypt, Boston, avril 2005

Titre : « Forming an international team of researchers into Astro-Egyptology »

Résumé : *The publication of articles dealing with ancient Egyptian Astronomy within Egyptological journals like the Cahiers Caribéens d'Egyptologie ; my participation as an Astronomer in the meetings organized by the American Research Center in Egypt at Tucson, Arizona, in 2004 and at Boston, Massachussets, 2005 ; the mixed composition of my PH.D. examining board, can be seen as many steps towards the forthcoming forming of a team made up of both Astronomers and Egyptologists from the whole world, willing to build together an astro-egyptology related database, willing to study together the astronomical orientation of such monument, the astronomical content of some painting or writing dating from ancient Egypt ; finally, willing to jointly publish the results of their interdisciplinary research work on the World Wide Web as well as within already existing egyptological and astronomical journals.*

Publication en français dans les Cahiers Caribéens d'Egyptologie n°7

6. Colloque de l'American Research Center in Egypt, Tucson, avril 2004

Titre : « Astro-Egyptology : a new research area involving both Astronomers and Egyptologists »

Résumé : *Each year, the American Research Center in Egypt organizes a meeting which gathers Egyptologists from the whole world, each specialized in a given topic (art, litterature, philology, religion, ...). One of the sessions of this 55th edition, supervized by Prof. Dr. Richard Wilkinson, was entirely devoted to ancient Egyptian Astronomy. For the very first time, professional Astronomers were invited to introduce the results of their research work into this topic, indeed. Chris Peterson, from the Cloudbait Observatory, first explained the reasons why this research area was, still today, so little developed. I then introduced a new way for the Astronomers and the Egyptologists to work together : a probabilistic approach to which the success of the new orientation theory of the pyramids of Egypt gave substance, as well as the outcome, within the context of my doctoral dissertation, of my work of identification of the old Egyptian decans - these stars whose successive risings or transits were used to tell nighttime under the First Intermediate Period, the Middle and the New Kingdoms. The Egyptologists which participated in this meeting welcomed this new approach which this dossier details.*

Valorisation du travail de thèse auprès du grand public

1. Documentaires pour Arte et France Télévisions (en cours de réalisation)

Avec la participation de Christiane Desroches-Noblecourt et Jean Leclant.

2. Interview réalisée pour la radio Jet FM (diffusée en février 2008)

Fichier audio disponible à l'adresse :

<http://www.ast.obs-mip.fr/users/gadre/JetFM.mp3>

3. Spectacles relatifs à l'Astronomie en Égypte Ancienne

Collaboration à l'écriture du scénario de deux spectacles de planétarium intitulés :

- ✓ « Étoiles d'Égypte », Astronef, Planétarium de Saint-Etienne, 2005 ;
- ✓ « Les étoiles de Pharaon », Cité de l'Espace, Toulouse, 2006.

4. Conférences grand public

- ✓ « Sous le ciel de l'Égypte ancienne », Centre de Préhistoire de Pech-Merle, Cabrerets (Lot) et La Ferme des Etoiles, Fleurance (Gers), juin 2008 ;
- ✓ « L'astronomie au temps des Pharaons », Café des Sciences organisé par Les Petits Débrouillards au Musée Champollion à Figeac (Lot), mars 2008 ;
- ✓ « De Atoum à Hubble : voyage dans le cosmos entre passé et présent », Culture Diff' et Les Chemins Buissonniers, Rieumes, décembre 2005 ;
- ✓ « Identification of the old Egyptian decanal stars », Institut International d'Egyptologie pour l'Etude du Droit, de la Technologie et de la Science en Egypte ancienne (INDETEC), Barcelone, octobre 2005 ;
- ✓ « La création du monde : mythes égyptiens et réalité scientifique »
 - Bibliothèque Muroise, Lyon, septembre 2004 ;
 - Culture Diff' et Les Chemins Buissonniers, Saint-Elix le Château, 2005.

5. Revues de presse

- ✓ Article en cours de rédaction pour Science & Vie ;
- ✓ « On a déchiffré le ciel des Egyptiens », Ciel & Espace n°398, 2003 ;
- ✓ « Evolution de l'imagerie céleste égyptienne au cours de la Période Dynastique », Toutankhamon Magazine n°3, 2003.

6. Publications sur le site Culture Diff' (www.culturediff.org)

Les dossiers suivants sont disponibles en versions française et anglaise :

- ✓ « Constitution d'une base de données AstroEgypto » ;
- ✓ « Les pyramides d'Égypte : la chronologie de leur édification, leur architecture interne et externe, leur orientation astronomique » ;
- ✓ « Le ciel de l'Égypte ancienne : horloges stellaires, clepsydres et plafonds astronomiques » ;
- ✓ « Les décans égyptiens : des étoiles mythiques » ;
- ✓ « Le lever du Soleil sur la Terre d'Égypte : une recreation au quotidien » ;
- ✓ « Le lever héliaque de Sirius, source de datation astronomique » ;
- ✓ « Le zodiaque de Dendérah. Les temples d'Isis et Hathor » ;
- ✓ « La création du monde : mythes égyptiens et réalité scientifique » ;
- ✓ « Astro-Egyptologie : un nouveau domaine de recherche associant les astronomes et les égyptologues » ;
- ✓ « Détail du projet de constitution d'un réseau international de chercheurs en astronomie et égyptologie ».

Les logiciels suivants sont disponibles en versions française et anglaise :

- ✓ « Dates de coucher et de lever héliaques d'une étoile » ;
- ✓ « Dates de solstices et équinoxes » ;
- ✓ « Source astronomique d'orientation d'un monument ».

AUTHOR : KARINE GADRÉ

TITLE OF THE DISSERTATION :

**« MAKING UP A VISIBILITY MODEL OF ANY STAR VISIBLE
WITH THE NAKED EYE. APPLYING TO THE IDENTIFICATION
OF THE ANCIENT EGYPTIAN DECANAL STARS »**

SUMMARY OF THE DISSERTATION :

On the interior lid of sarcophagi, on the external surface of water clocks, on the ceiling of temples and tombs dating from about 2100 to about 50 BC and located all along the Nile river, between Alexandria and Aswân, were drawn twenty stellar clocks and eighty star lists in the order of their successive heliacal risings, nocturnal risings or transits. Their identification to stars visible with the naked eye of the Hipparcos catalogue first required the making up of a complete list of these ninety stars accompanied with the translation of their respective hieroglyphic names. The comparison between the stellar arrangements characterizing the one hundred star lists led to their grouping into six types of star lists and to the determination of the spatial, temporal and optical sighting conditions of the decanal stars. These constraints have next been applied to a visibility model of stars visible with the naked eye in the dark or twilight sky of ancient Egypt which combines several astrometric and photometric parameters. Next, the making up of star lists in the order of their heliacal risings, of their nocturnal risings or transits, the comparison with the six prototypes of star lists, the taking into account of several astronomical, philological and parietal criteria, led to contract the number of candidate stars to everyone of the ninety decanal stars. This research work led to draw a map of the sky of ancient Egypt, to better define the ancient Egyptian nighthours, to refine the beginning of the reign of several pharaohs, etc.

KEYWORDS :

archaeoastronomy, astronomy, ancient, Egypt, stellar, clocks, decanal, star, lists, decans, identification, visibility, model, astrometric, photometric, parameters, naked, eye, heliacal, rising, setting, yearly, period, invisibility, succession, risings, transits.