



Relation géodésique et astronomique du système de mesure égyptien.

L'étude a pour objectif de démontrer le lien entre le système de mesure égyptien basé sur la géodésie locale et l'azimut du soleil aux moments des solstices à la latitude de la basse Egypte.

Pour commencer il convient de rappeler le système de mesure géodésique employé en Egypte antique. Selon l'ingénieur Edme François JOMARD, à l'aide d'une campagne de mesure, il est basé sur une subdivision sexagésimale et duodécimale du degré de l'arc méridien à la latitude de la moyenne de l'Egypte. Nous rappellerons les différentes mesures en système métrique et une étude de sensibilité sera réalisée sur l'estimation de l'arc méridien terrestre du globe en faisant varier la latitude.

Par la suite nous nous attarderons sur le calcul des angles astronomiques aux moments des levers et couchers du soleil lors des solstices d'été et d'hiver. Nous verrons qu'ils dépendent principalement de la latitude et de l'année d'observation. Nous ferons une projection sur la basse Égypte et sur la période correspondante à la construction du plateau de Gizeh.

Pour finir nous ferons le rapprochement entre les travaux de Edme François JOMARD et le calcul des angles solsticiaux. Nous démontrerons que certaines mesures (dont la coudée royale égyptienne) sont la projection de la subdivision du degré méridien sur les angles solsticiaux.

Table des matières

I.	Rappel du système de mesure géodésique égyptien.....	2
A.	Principe de subdivision de l'arc méridien local et mesures relatives égyptiennes.....	2
1.	Echelle sexagésimale et duodécimale des mesures.....	3
2.	Conversion des mesures dans le système métrique.....	3
B.	Mise à jour du système métrique sur plusieurs latitudes	4
1.	Tableau de synthèse sur la latitude d'Alexandrie (31.2°N)	4
2.	Tableau de synthèse sur la latitude de Gizeh (30.0°N)	5
3.	Etude de sensibilité en fonction de la latitude du globe.....	5
II.	Lien entre l'azimut du soleil au solstice et le système de mesure à la latitude de l'Égypte	7
A.	Calcul de l'azimut du lever et du coucher du soleil aux solstices.....	7
B.	Relation entre système de mesure sexagésimal et l'angle solsticial de la basse Egypte	9
III.	Conclusion	11
IV.	Annexes	12
V.	Références.....	14

I. Rappel du système de mesure géodésique égyptien

A. Principe de subdivision de l'arc méridien local et mesures relatives égyptiennes

Membre de la campagne française en Egypte organisée par Napoléon BONAPARTE en 1798, E.F.JOMARD ingénieur polytechnicien et ingénieur des ponts et chaussées a étudié le système de mesure égyptien¹. En analysant la métrologie locale sur les différents monuments (stades, obélisques, pyramides, temples, statues, etc...) et les distances itinérantes, Il est arrivé à la conclusion que le système employé dans l'Égypte antique est basé sur la géodésie locale. Selon lui, les égyptiens dans l'antiquité ont réalisé une mesure d'un degré méridien en latitude sur la latitude moyenne de la basse Egypte et l'ont subdivisé sur la base sexagésimale et duodécimale².

Entiers diviseurs de l'arc méridien :

- Base sexagésimale (base 6) : 2, 3 et 6
- Base duodécimale (base 12) : 2, 3, 4, 6 et 12

Il s'est basé sur un modèle géodésique elliptique du globe terrestre (*Figure 1*). La terre n'est pas parfaitement ronde, le rayon équatorial est plus grand que le rayon polaire. De ce fait, une variation d'un degré méridien à l'équateur est plus petite en longueur qu'une variation d'un degré au pôle (*Équation 1*).

Les calculs dans cette étude seront réalisés avec ce même modèle géodésique.

Illustrations du modèle géodésique :

$$\frac{G'}{G} = 1 - 3\alpha(\sin^2 L - \sin^2 L')^3$$

Équation 1 : Variation degré méridien de latitude entre deux points

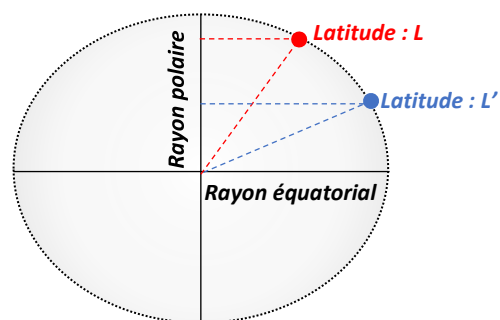


Figure 1 : Modèle elliptique globe

¹ (Edme François Jomard, s.d.) Wikipédia

² (JOMARD, 1817), « Mémoire sur le système métrique des anciens Egyptiens », p.280-2911.

³ (PUISSANT, 1805), « Traité de géodésie - Exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques », p.134

- α : valeur de l'aplatissement terrestre [Su]
- L : valeur degré de latitude du point (1) [°]
- L' : valeur degré de latitude du point (2) [°]
- g : valeur du degré méridien à la latitude L [grade]
- g' : valeur du degré méridien à la latitude L' [grade]

1. Echelle sexagésimale et duodécimale des mesures

Les valeurs relatives entre les différentes mesures égyptiennes sont données ci-dessous (*Tableau 1*).

Subdivisions sexagésimales du degré méridien local :

- Le « Mille égyptien » représente la minute d'arc méridien (60^{ème} partie)
- Le « Plèthre égyptien » représente la seconde d'arc méridien (3600^{ème} partie).

Subdivisions duodécimales du degré méridien local :

- La « Coudée antique » représente la 240000^{ème} partie d'arc méridien

NOMS DES MESURES.	VALEURS RELATIVES.		
Circonférence du globe.....	#	#	60 { sexagésimes, scrupules ou sextans.
Sexagésime.....	6 degrés.....	#	60 schœnes.
Degré.....	#	10 schœnes.....	60 milles.
Grand schœne.....	6 milles.....	#	60 stades.
Mille ou minute.....	#	10 stades.....	60 plèthres.
Stade Égyptien dit Olympique.....	6 plèthres.....	10 schanion.....	60 cannes décapodes.
Côté de l'aroure.....	#	10 grandes cannes.....	60 béma haploun.
Plèthre ou seconde.....	#	10 cannes décapodes.....	66 $\frac{2}{3}$ coudées.
Schanion des terres labourées.....	6 cannes décapodes.....	10 orgyies.....	60 pieds.
Grande canne.....	6 Béma haploun.....	10 coudées.....	60 palmes.
Canne décapode.....	6 $\frac{2}{3}$ coudées (ou 6 tierces).....	10 pieds.....	#
Orgyie.....	6 pieds.....	#	#
Xylon.....	6 spithames.....	#	#
Béma haploun, pas simple.....	#	10 palmes.....	#
Coudée.....	6 palmes.....	#	#

Le pied a 4 palmes (36 quarts); le palme, 4 doigts.

Tableau 1 : Echelle sexagésimale des principales mesures Egyptiennes ⁴

2. Conversion des mesures dans le système métrique.

Le tableau récapitulatif de l'ensemble des valeurs métriques est présenté en annexe du document (*Tableau 7*).⁵

Subdivisions sexagésimales du degré méridien local :

- Le « Mille égyptien » vaut **1847,2 m** ⁶
- Le « Plèthre égyptien » vaut **30,79 m**

Subdivisions duodécimales du degré méridien local :

- La « Coudée antique » vaut **0,4618 m**

⁴ (JOMARD, 1817), « Mémoire sur le système métrique des anciens Egyptiens », p.280-2911.

⁵ (JOMARD, 1817), « Mémoire sur le système métrique des anciens Egyptiens », annexes.

⁶ Les valeurs dans cette section sont sous les hypothèses :

- α : aplatissement = 1/334
- L' : latitude moyenne de l'égypte = 27° 39'14"

B. Mise à jour du système métrique sur plusieurs latitudes

Pour la suite de l'étude nous allons mettre à jour le coefficient d'aplatissement terrestre⁷. Cette modification permet d'améliorer la précision de l'estimation du degré méridien.

Dans les premières sections nous convertirons les mesures égyptiennes en considérant deux latitudes correspondantes aux villes d'Alexandrie et de Gizeh. Ces mesures seront utilisées pour le chapitre suivant. Nous finirons par une étude de sensibilité sur l'ensemble du globe terrestre.

1. Tableau de synthèse sur la latitude d'Alexandrie (31.2°N)

Sur cette latitude, le degré de méridien est de 110872.466m⁸. En appliquant les échelles relatives entre les différentes mesures nous obtenons le tableau suivant :

Echelle sexagésimale des principales Mesures linéaires égyptiennes																
Mesures égyptiennes																
Mesures	Circonférence globe	Sexagési me	Degré	Schoene	Mille	Stade	Côté de l'aroure	plèthre	Schoenion	Grande canne	Canne	Orgyie	Pas	Coudée	pied	Palme
Circonférence globe		60														
Sexagési me			6	60												
Degré				10	60	600	2400	3600	6000	24000	36000	60000	144000	240000	360000	110872,466
Schoene					6	60	240	360	600	2400	3600	6000	14400	24000	36000	11087,247
Mille						10	40	60	100	400	600	1000	2400	4000	6000	1847,874
Stade							4	6	10	40	60	100	240	400	600	184,787
Côté de l'aroure								1 1/2	2 1/2	10	15	25	60	100	150	46,197
plèthre									1 2/3	6 2/3	10	16 2/3	40	66 2/3	100	30,798
Schoenion										4	6	10	24	40	60	18,479
Grande canne											1 1/2	2 1/2	6	10	15	4,620
Canne												1 2/3	4	6 2/3	10	3,080
Orgyie													2 2/5	4	6	1,848
Pas														1 2/3	2 1/2	0,770
Coudée															1 1/2	0,462
pied																0,308
Palme																0,077

Tableau 2 : Système métrique à la latitude 31.2°

Exemple de lecture du tableau : Mesure « Plèthre égyptien »

- Projection horizontale : elle est égale à 10 « Cannes », à 16,667 « Orgyies », à 40 « Pas », ...
- Projection verticale : Le « Côté de l'aroure » est composé de 1.5 « Plèthres égyptien », Le « Stade » est composé de 6 « Plèthres égyptien », ...

⁷ Hypothèses :

- α : aplatissement terrestre = $1 - \frac{R_p}{R_e} = 0.0033529$
- R_p : rayon polaire = 6356.7520 Km
- R_e : Rayon équatoriale = 6378.1370 Km

⁸ Calcul du degré méridien (Équation 1 : Variation degré méridien de latitude entre deux points)

- $g' = g(1 + 3\alpha (\sin^2 L'))$
- L : valeur degré de latitude à l'équateur = 0°
- g : valeur degré de latitude à l'équateur = 110574m (Calculateur degré méridien latitude, s.d.)

Légende du tableau :

- *En gris* : Subdivision en base 6 du degré méridien. ($6^1 = 6$ et $6^2 = 36$)
- *En rouge* : Subdivision en base 12 du degré méridien ($12^2 = 144$) ou subdivision en multiple de base 6 du degré méridien ($4 \cdot 6^2 = 144$)
- *En orange* : Subdivision en multiple de base 12 du degré méridien ($2 \cdot 12^1 = 24$) ou subdivision en multiple de base 6 du degré méridien ($4 \cdot 6^1 = 24$)

2. Tableau de synthèse sur la latitude de Gizeh (30.0°N)

Sur cette latitude, le degré de méridien est de 110852,0554 m. Nous avons :

Echelle sexagésimale des principales Mesures linéaires égyptiennes																
Mesures égyptiennes																
Mesures	Circonférence globe	Sexagésime	Degré	Schoene	Mille	Stade	Côté de l'aroure	plèthre	Schoenion	Grande canne	Canne	Orgyie	Pas	Coudée	pie	Palme
	Circonférence globe	60														#####
	Sexagésime	6	60													6651123,26104
	Degré		10	60	600	2400	3600	6000	24000	36000	60000	144000	240000	360000	#####	110852,05435
	Schoene			6	60	240	360	600	2400	3600	6000	14400	24000	36000	144000	11085,20544
	Mille				10	40	60	100	400	600	1000	2400	4000	6000	24000	1847,53424
	Stade					4	6	10	40	60	100	240	400	600	2400	184,75342
	Côté de l'aroure						1 1/2	2 1/2	10	15	25	60	100	150	600	46,18836
	plèthre							1 2/3	6 2/3	10	16 2/3	40	66 2/3	100	400	30,79224
	Schoenion								4	6	10	24	40	60	240	18,47534
	Grande canne								1 1/2	2 1/2	6	10	15	60		4,61884
	Canne								1 2/3	4	6 2/3	10	40			3,07922
	Orgyie									2 2/5	4	6	24			1,84753
	Pas										1 2/3	2 1/2	10			0,76981
	Coudée											1 1/2	6			0,46188
	pie												4			0,30792
	Palme															0,07698

Tableau 3 : Système métrique à la latitude 30.0°

3. Etude de sensibilité en fonction de la latitude du globe

Les mesures proposées par E.F.JOMARD sont des parties entières du degré méridien moyen en Egypte. Cependant sont-elles toutes pertinentes pour indiquer une latitude précise sur le globe terrestre ? Quel est l'impact de l'aplatissement de la terre sur ce système de subdivision terrestre ?

Il me paraît important de faire une étude de sensibilité en fonction de la latitude sur ces différentes subdivisions. Nous pourrions voir si l'on peut se fier à certaines mesures pour l'estimation d'une latitude et celles les plus stables sur l'ensemble du globe terrestre. Nous allons calculer la sensibilité en intégrant une erreur de 1mm sur les différentes mesures (Tableau 4).

R	10	60	600	2400	3600	6000	24000	36000	60000	144000	240000	360000	1440000
Mesures (m)	11087,247	1847,874	184,787	46,197	30,798	18,479	4,620	3,080	1,848	0,770	0,462	0,308	0,077
Mesures (m) - 1mm	11087,246	1847,873	184,786	46,196	30,797	18,478	4,619	3,079	1,847	0,769	0,461	0,307	0,076
Varriation °	0,0001	0,0050	0,05	0,10	0,10	0,10	0,70	0,70	1,70	4,20	7,20	12,20	-

 Tableau 4 : Sensibilité à la latitude ⁹

Plus la subdivision est grande, plus le facteur d'aplatissement ne se fait pas ressentir. En considérant une subdivision du degré méridien de latitude, la mesure la plus stable sur le globe terrestre est la « *Palme* ». A contrario, les mesures « *Mille égyptien* », « *Stade égyptien* », « *Côté de l'aroure* », « *Plèthre* » et « *Scheonion* » offrent une très bonne sensibilité sur la latitude.

Pour conclure sur une volonté d'étalonnage à la géodésie locale il conviendrait d'étudier plus particulièrement les mesures offrant une meilleure sensibilité à la latitude. Ou corroborer l'ensemble des mesures avec un élément valable à cette latitude précise.

Exemples sur quelques mesures :

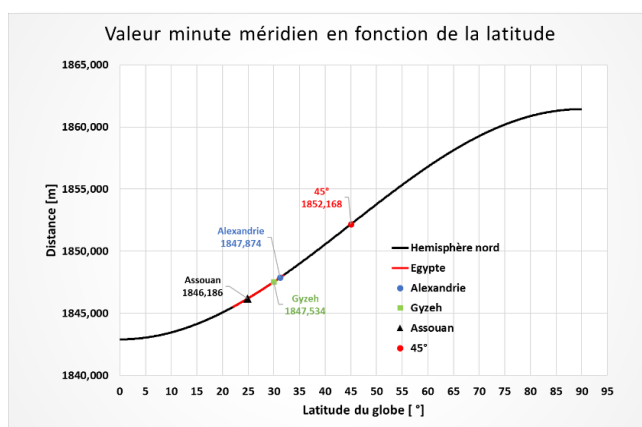


Figure 2 : Variation de la minute méridien fct latitude

Minute du degré méridien : 10 X Grand stade

La mesure offre une bonne sensibilité à la latitude :

- À Assouan le stade vaut 184.619 m
- À Gizeh le stade vaut 184.753 m
- À Alexandrie le stade vaut 184.784 m
- À 45° Nord le stade vaut 185.217 m

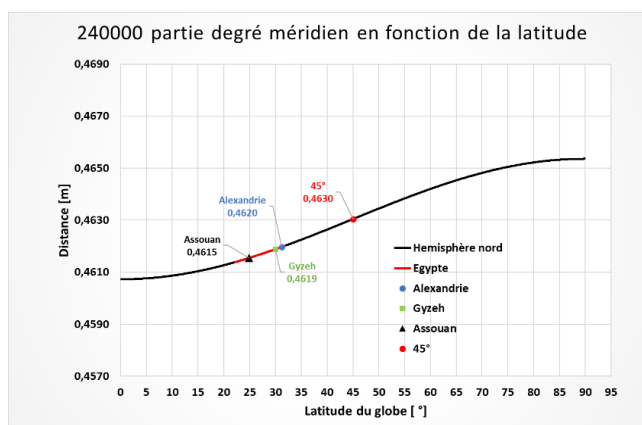


Figure 3 : Variation de la 240000ème partie méridien fct latitude

240000 -ème partie : Coudée antique

Sensibilité de la mesure :

- Sur la latitude de l'Egypte elle est quasiment constante [0,461 m : 0,462 m]
- Sur le globe elle varie sur la plage [0,461 m : 0,465 m]

⁹ Hypothèses :

- latitude de référence = 31.2° N
- r : le vecteur de subdivision de degré méridien [Su]
- v : variation de la latitude avec 1mm d'erreur sur la mesure [°]

II. Lien entre l'azimut du soleil au solstice et le système de mesure à la latitude de l'Égypte

Dans ce chapitre, nous allons voir que le système de mesure proposé dans la partie précédente est corroboré par une relation astronomique et géométrique valable uniquement sur la latitude de la basse Égypte.

Premièrement nous allons calculer les visées astronomiques des levers et couchers du soleil aux moments des solstices d'été et d'hiver. Ensuite nous démontrerons que certaines mesures égyptiennes sont liées à la projection des subdivisions terrestres sur l'angle solsticial.

A. Calcul de l'azimut du lever et du coucher du soleil aux solstices

Le soleil ne se lève et ne se couche pas tous les jours respectivement à l'Est et à l'Ouest. On observe ce phénomène uniquement deux jours dans l'année, aux équinoxes de printemps et d'automne. Le reste de l'année, le soleil est désaxé par rapport à l'axe Est-Ouest et peut aller jusqu'à un angle maximal aux solstices d'été et d'hiver (*Figure 4*). Cet angle est appelé « angle solsticial ». Il dépend de la latitude où l'on se situe sur le globe et de l'année d'observation. C'est causé par la différence d'angle entre l'axe de rotation de la terre et l'axe de rotation autour du soleil (l'écliptique) et par la variation de cette différence d'angle au cours du temps.¹⁰

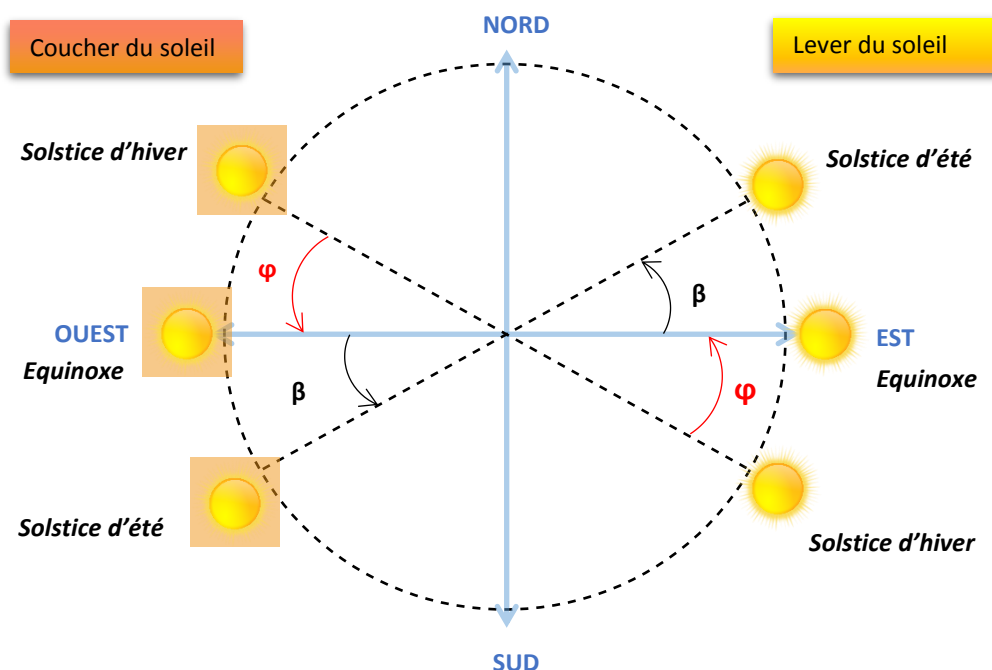


Figure 4 : Schéma de principe des angles solsticiaux

¹⁰ (Inclinaison de la terre : Obliquité, s.d.)

- Ecliptique à 23,436° en 2018
- Variation de 24,5044° à 22,0425° sur 41000 ans

Nous allons calculer les angles solsticiaux ¹¹ à différentes villes en Egypte : Alexandrie, Gizeh et Assouan. Les trois villes offrent un écart angulaire d'environ 7.5° de latitude. En complément, le calcul sera réalisé sur plusieurs dates, -3000 Av JC et sur la plage [-2600 Av JC : -2500 Av JC] correspondante à l'année de construction de la grande pyramide de Memphis.¹² Ainsi nous pourrons voir l'impact de la variation de l'inclinaison de l'axe de la Terre.

Résultats du calcul des visées astronomiques :

Calcul azimuth lever et coucher soleil lors du solstice - Hiver						
	Angle azimuth juste avant l'horizon [°]		Années av JC			
	Villes	Latitude du globe [°]	-3000	-2600	-2500	
	Alexandrie	31,21	28,22	28,17	28,16	
	Gyze	30,00	27,85	27,80	27,79	
	Assouan	24,09	26,48	26,29	26,28	

Calcul azimuth lever et coucher soleil lors du solstice - Eté						
	Angle azimuth juste avant l'horizon [°]		Années av JC			
	Villes	Latitude du globe [°]	-3000	-2600	-2500	
	Alexandrie	31,21	28,62	28,58	28,57	
	Gyze	30,00	28,23	28,19	28,17	
	Assouan	24,09	26,63	26,59	26,58	

	Angle azimuth à l'horizon [°]		Années av JC			
	Villes	Latitude du globe [°]	-3000	-2600	-2500	
	Alexandrie	31,21	28,04	27,99	27,98	
	Gyze	30,00	27,67	27,63	27,62	
	Assouan	24,09	26,20	26,16	26,16	

	Angle azimuth à l'horizon [°]		Années av JC			
	Villes	Latitude du globe [°]	-3000	-2600	-2500	
	Alexandrie	31,21	28,81	28,76	28,75	
	Gyze	30,00	28,41	28,36	28,35	
	Assouan	24,09	26,76	26,72	26,71	

	Angle azimuth juste après l'horizon [°]		Années av JC			
	Villes	Latitude du globe [°]	-3000	-2600	-2500	
	Alexandrie	31,21	27,86	27,81	27,80	
	Gyze	30,00	27,50	27,46	27,45	
	Assouan	24,09	26,07	26,03	26,02	

	Angle azimuth juste après l'horizon [°]		Années av JC			
	Villes	Latitude du globe [°]	-3000	-2600	-2500	
	Alexandrie	31,21	29,00	28,95	28,94	
	Gyze	30,00	28,58	28,54	28,53	
	Assouan	24,09	26,90	26,86	26,85	

Tableau 5 : Calculs des azimuths de la basse Egypte

En incorporant la marge d'erreur du modèle de calcul, on constate que sur la période de construction de la grande pyramide [-2600 Av JC : -2500 Av JC] :

Au moment du solstice d'hiver (avant l'horizon et juste à l'horizon) :

- À la latitude de Gizeh, le soleil a formé un angle solsticial compris entre [27.5° et 28.1°].
- À la latitude d'Alexandrie, le soleil a formé un angle solsticial compris entre [27.7° et 28.5°].

Au moment du solstice d'été (avant l'horizon et juste à l'horizon) :

- À la latitude de Gizeh, le soleil a formé un angle solsticial compris entre [27.9° et 28.7°].

Autrement dit, entre ces deux latitudes et à cette période, le soleil s'est levé et couché sur l'angle du troisième triangle de Pythagore (8,15,17) (Tableau 5) aux moments des solstices d'été et d'hiver. Avec la précision du modèle, il est malheureusement impossible de déterminer la latitude exacte de cette conjecture.

¹¹ (Calculating the declination and set/rise azimuth, s.d.)

Hypothèses :

- Latitudes = [24.09° ; 30° ; 31.21°]
- Température ambiante = 15°C
- Pression ambiante = 1013.25 mbar

Marge d'erreur de l'outil :

- ε : Erreur sur azimuth = 0.3°

¹² (Pyramide de Gizeh, s.d.) Wikipédia

	<i>Triangle de pythagore</i>	<i>Angles [°]</i>	
1er	(3, 4, 5)	36,87	53,13
2ème	(5, 12, 13)	22,62	67,38
3ème	(8, 15, 17)	28,07	61,93
4ème	(7, 24, 25)	16,26	73,74

Tableau 6 : Calcul angles des triangles de Pythagore

Il est possible que les égyptiens aient remarqués cette particularité. Le principe est simple et nécessite aucun calcul. Il suffit de placer une structure rectangulaire orientée sur les axes cardinaux. La structure est composée de 8 modules de mesures sur 15. Alors on s'aperçoit que la diagonale fait exactement 17 modules de longueurs et se retrouve orientée sur le lever ou le coucher du soleil aux solstices. Par la suite, nous allons voir que certaines mesures égyptiennes du système géodésique proposées par E.F.Jomard font parties intégrantes de cette observation astronomique et géométrique.

B. Relation entre système de mesure sexagésimal et l'angle solsticial de la basse Egypte

Considérons une implantation au sol (*Figure 5*) du principe énoncé dans la dernière section sur les latitudes d'Alexandrie (31.2°Nord) et de Gizeh (30° Nord). Le côté de 15 modules est orienté sur l'axe Est-Ouest. Tandis que le côté de 8 modules est orienté sur l'axe Nord-Sud. Et la diagonale de 17 modules est orientée sur le lever et le coucher du soleil aux moments des solstices (angle de 28.07° par rapport à l'axe Est-Ouest).

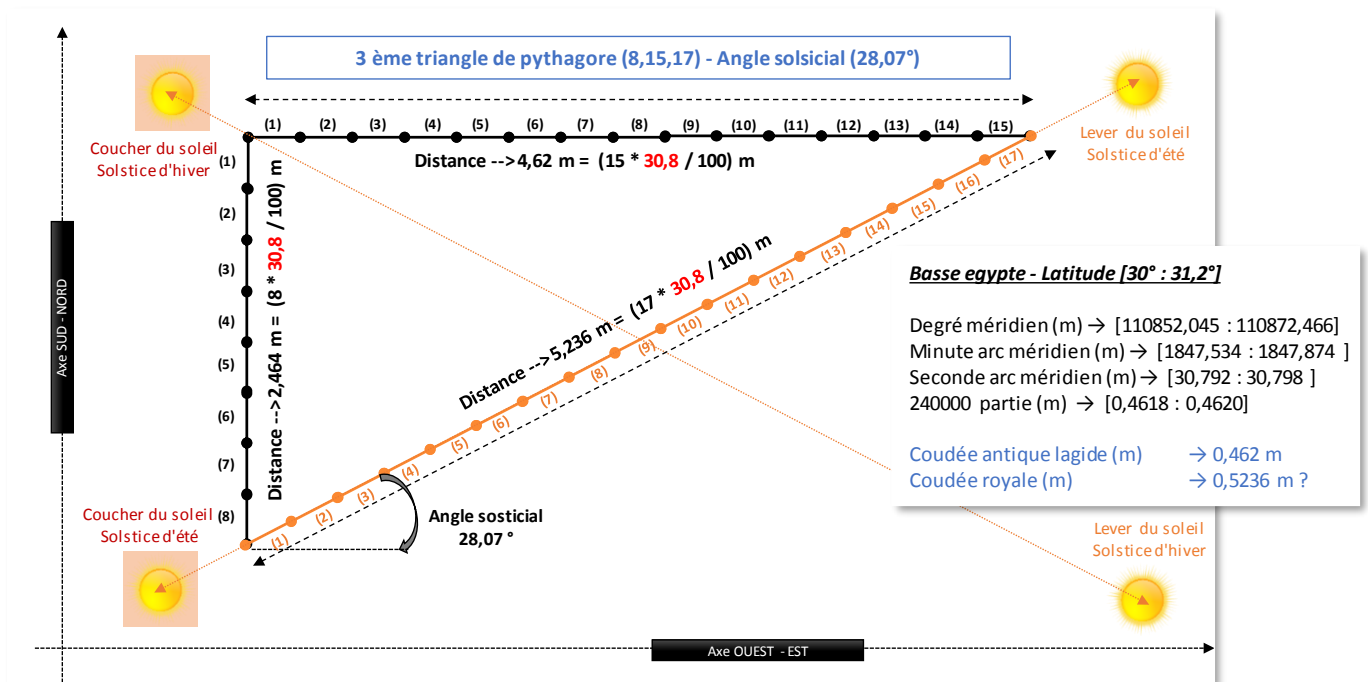


Figure 5 : Relation astronomique / géodésique

Nous allons calculer les valeurs métriques pour deux hypothèses de mesures et avec une marge d'erreur d'un millimètre.

Les modules testés sont :

1. La seconde du degré méridien ou « plèthre » valant **30,798 m** à la latitude 31.2° et **30.792 m** à la latitude 30°.
2. Le « pas égyptien » valant **0,308 m** à la latitude 31.2° et à la latitude 30°.

Les deux hypothèses permettent de juger la sensibilité des résultats car il y a un rapport de 1 à 100 entre ces deux mesures.

Résultats métriques linéaire de l'ensemble :

Hypothèse 1 : Plèthre 30.798m et 30.792m

- Côté de 15 modules → **461,970 m** (à la latitude 31.2°) et **461,880 m** (à la latitude 30.0°).
→ 1000 X **coudée antique** (0.006% d'erreur à la latitude 31.2° et 0.026% d'erreur à la latitude 30°).
- Côté de 8 modules → **246,384 m** (à la latitude 31.2°) et **246,336 m** (à la latitude 30.0°).
- Côté de 17 modules (Hypoténuse) → **523.566 m** (à la latitude 31.2°) et **523,464 m** (à la latitude 30.0°).
→ 1000 X **coudée royale**
- Petit côté + hypoténuse → **769,950 m** (à la latitude 31.2°) et **769,800m** (à la latitude 30.0°).
→ 1000 X **pas égyptiens** (0.006% d'erreur à la latitude 31.2° et 0.026% d'erreur à la latitude 30°).

Hypothèse 2 : Pas égyptien 0,308m

- Côté de 15 modules → **4,620 m** (à la latitude 31.2° et à la latitude 30.0°).
→ 10 X **coudée antique**
- Côté de 8 modules → **2,464 m** (à la latitude 31.2° et à la latitude 30.0°).
- Côté de 17 modules (Hypoténuse) → **5,236 m** (à la latitude 31.2° et à la latitude 30.0°).
→ 10 X **coudée royale**
- Petit côté + hypoténuse → **7,700 m** (à la latitude 31.2° et à la latitude 30.0°).
→ 10 X **pas égyptiens**

Ces résultats semblent montrer que la « coudée antique », la « coudée royale » et le « pas égyptien » sont les projections de la subdivision par base 60 du degré méridien sur les axes cardinaux et sur l'azimut du soleil aux moments des solstices d'été et d'hiver. Cette conjecture est valable sur la plage de latitude de la basse Egypte [30.0° : 31.2°].

III. Conclusion

Les éléments astronomiques et géométriques à la latitude de la basse Egypte viennent conforter les déductions de l'ingénieur E.F.Jomard sur l'emploi d'un système de mesure basé sur une subdivision sexagésimale de la géodésie locale en Egypte.

En effet nous avons vu qu'entre deux latitudes, 30.0°N à Gizeh et 31.2° à Alexandrie, les visées astronomiques aux moments des levers et des couchers du soleil aux solstices d'été et d'hiver formaient un angle de 28.07° . Géométriquement il s'agit de l'angle du troisième triangle de Pythagore (8,15,17). Sur ces latitudes, l'angle solsticial permet de recomposer les mesures duodécimales trouvées par E.F.Jomard.

Pour élaborer leur système de mesure, il est fort probable que les égyptiens dans l'antiquité aient premièrement découpé le degré de l'arc méridien de la basse Egypte en parties de 60 (minute du degré) et de 3600 (seconde du degré) correspondant respectivement aux mesures « *Mille* » et « *Plèthre* ». Ensuite, pour rendre le système de mesure unique à une seule plage de latitude, ils ont projeté les mesures précédentes sur l'angle solsticial. Ils en ont déduit la « *coudée antique* », la « *coudée royale* » et le « *Pas égyptien* ».

IV. Annexes

C QUELQUES AUTRES MESURES.

AIM ou Hébraïque	PIED Égyptien.	PIED Romain.	SPITHAME, Zereth (Pied de Pline).	PIED naturel.	TOFAH ou Palme.	PALME Égyptien.	SITA.	DOIGT Hébraïque, Etsba'.	VALEUR EN MÈTRES.
1000.	120000.	125000.	133333 $\frac{1}{3}$.	140000.	400000.	480000.	800000.	1600000.	36944,32.
1000.	14400.	15000.	16000.	16800.	48000.	57600.	96000.	192000.	4433,32.
100.	4800.	5000.	5333 $\frac{1}{3}$.	5600.	16000.	19200.	32000.	64000.	1477,78.
100.	3600.	3750.	4000.	4200.	12000.	14400.	24000.	48000.	1108,33.
100.	480.	500.	533 $\frac{1}{3}$.	560.	1600.	1920.	3200.	6400.	147,78.
10.	10 $\frac{4}{5}$.	11 $\frac{1}{4}$.	12.	12 $\frac{3}{5}$.	36.	43 $\frac{1}{5}$.	72.	144.	3,325.
10.	3 $\frac{3}{5}$.	3 $\frac{3}{4}$.	4.	4 $\frac{1}{5}$.	12.	14 $\frac{3}{5}$.	24.	48.	1,108.
$\frac{1}{2}$.	1 $\frac{4}{5}$.	1 $\frac{7}{8}$.	2.	2 $\frac{3}{10}$.	6.	7 $\frac{1}{5}$.	12.	24.	0,5541.
$\frac{1}{24}$.	1 $\frac{3}{4}$.	1 $\frac{9}{11}$.	1 $\frac{17}{18}$.	2 $\frac{1}{24}$.	5 $\frac{5}{8}$.	7.	11 $\frac{1}{3}$.	23 $\frac{1}{3}$.	0,5390.
$\frac{1}{4}$.	1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{9}{16}$.	1 $\frac{3}{5}$.	1 $\frac{3}{4}$.	5.	6.	10.	20.	0,4618.
$\frac{1}{5}$.	1 $\frac{18}{25}$.	1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{3}{5}$.	1 $\frac{17}{25}$.	4 $\frac{4}{5}$.	5 $\frac{12}{25}$.	9 $\frac{3}{5}$.	19 $\frac{1}{5}$.	0,4434.
1000 ou Hébraïque	1 $\frac{1}{5}$.	1 $\frac{1}{4}$.	1 $\frac{1}{3}$.	1 $\frac{2}{5}$.	4.	4 $\frac{4}{5}$.	8.	16.	0,3674.
	Pied Égyptien.	1 $\frac{1}{24}$.	1 $\frac{1}{9}$.	1 $\frac{1}{6}$.	3 $\frac{1}{5}$.	4.	6 $\frac{3}{5}$.	13 $\frac{1}{5}$.	0,3079.
		Pied Romain.	1 $\frac{1}{15}$.	1 $\frac{1}{25}$.	3 $\frac{1}{5}$.	3 $\frac{11}{25}$.	6 $\frac{3}{5}$.	12 $\frac{4}{5}$.	0,2956.
			Zereth ou Spithame (Pied de Pline).	1 $\frac{1}{20}$.	3.	3 $\frac{3}{5}$.	6.	12.	0,2771.
				Pied naturel.	2 $\frac{6}{7}$.	3 $\frac{3}{7}$.	5 $\frac{1}{7}$.	11 $\frac{3}{7}$.	0,2639.
					Tofah ou Palme.	1 $\frac{1}{5}$.	2.	4.	0,0924.
						Palme Égyptien.	1 $\frac{2}{3}$.	3 $\frac{1}{3}$.	0,0770.
							Sita.	2.	0,0462.
								Etsba'.	0,0231.

6. Système métrique.

Tableau 7 : Synthèse métrique

[V.]

TABLEAU

COMPOSÉ

D'APRÈS DES FRAGMENTS DE JULIEN L'ARCHITECTE,

CONTENANT PLUSIEURS MESURES DES ÉGYPTIENS.

	Μίλιον (πέντε)	Στάδιον.	Πλῆθος.	Ἀκαυται.	Ὀργυία νομικτ.	Ὀργυία ἀπλά.	Βῆμα.	Πῆχυς.	Ποῦς.	Pied de Plin.	Σπι- θαμή. (1)	Παλαιά
Mille de Strabon, Eratosthène et Ptolémée.	1 $\frac{1}{2}$.	8 $\frac{1}{2}$. *	55 $\frac{1}{2}$.	555 $\frac{1}{2}$.	833 $\frac{1}{2}$. *	933 $\frac{1}{2}$.	1666 $\frac{1}{2}$.	3333 $\frac{1}{2}$.	5000.	5555 $\frac{1}{2}$.	6666 $\frac{1}{2}$.	20000.
Mille du temps de Julien.		7 $\frac{1}{2}$. *	50.	500.	750. *	840. *	1500. *	3000.	4500.	5000.	6000. *	18000.
Grand stade Égyptien.			6 $\frac{1}{2}$.	66 $\frac{1}{2}$.	100. *	112. *	200.	400.	600.	666 $\frac{1}{2}$.	800.	2400.
Mesure formée sur le pied de Plin.			Plèthre.	10. *	15. *	16 $\frac{1}{2}$.	30. *	60. *	90. *	100.	120.	360.
Mesure formée sur le pied de Plin.			Acène.		1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{17}{21}$.	3.	6.	9.	10.	12.	36.
					Orgyie géomé- trique.	1 $\frac{1}{21}$. *	2.	4.	6.	6 $\frac{2}{3}$.	8.	24.
					Orgyie simple.	1 $\frac{11}{12}$.	3 $\frac{1}{2}$.	5 $\frac{5}{12}$.	5 $\frac{10}{12}$.	5 $\frac{10}{12}$.	7 $\frac{1}{2}$.	21 $\frac{1}{2}$.
							Pas.	2. *	3. *	3 $\frac{1}{2}$.	4.	12. *
							Coudée Égyptienne.	1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{1}{2}$.	2.	6.
								Pied Égyptien.	1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{1}{2}$.	1 $\frac{1}{2}$.	4.
									Pied de Plin.	1 $\frac{1}{2}$.	3 $\frac{1}{2}$.	
										Spi- thame.	3.	
												Palme.

(1) Il y a πέντε dans le texte, pour ἀπλά.

Les nombres marqués d'une étoile sont ceux qui sont tirés des passages de Julien; les autres sont conclus.

A.

5. Système métrique.

V. Références

(s.d.). Récupéré sur <http://www.pariszigzag.fr/wp-content/uploads/2014/05/histoire-obelisque-concorde1.jpg>

Calculateur degré méridien latitude. (s.d.). Récupéré sur <http://msi.nga.mil/MSISiteContent/StaticFiles/Calculators/degree.html>

Calculating the declination and set/rise azimuth. (s.d.). Récupéré sur <http://www.iol.ie/~geniet/eng/>.

Edme François Jomard. (s.d.). Récupéré sur Wikipédia:
https://fr.wikipedia.org/wiki/Edme_Fran%C3%A7ois_Jomard

Inclinaison de la terre : Obliquité. (s.d.). Récupéré sur Wikipedia:
https://fr.wikipedia.org/wiki/Inclinaison_de_l%27axe

JOMARD, E. F. (1817). Mémoire sur le système métrique des anciens égyptiens.

PUISSANT, L. (1805). Traité de géodésie - Exposition des méthodes trigonométriques et astronomiques. Paris.

Pyramide de Gizeh. (s.d.). Récupéré sur wikipedia:
https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyramide_de_Kh%C3%A9ops

Pyramide de Khéphren. (s.d.). Récupéré sur Wikipedia:
https://fr.wikipedia.org/wiki/Pyramide_de_Kh%C3%A9phren