

L'éclipse de Lune par la pénombre du 25 mars 2024.

P. ROCHER, © INSTITUT DE MÉCANIQUE CÉLESTE ET DE CALCUL DES ÉPHÉMÉRIDES – OBSERVATOIRE DE PARIS

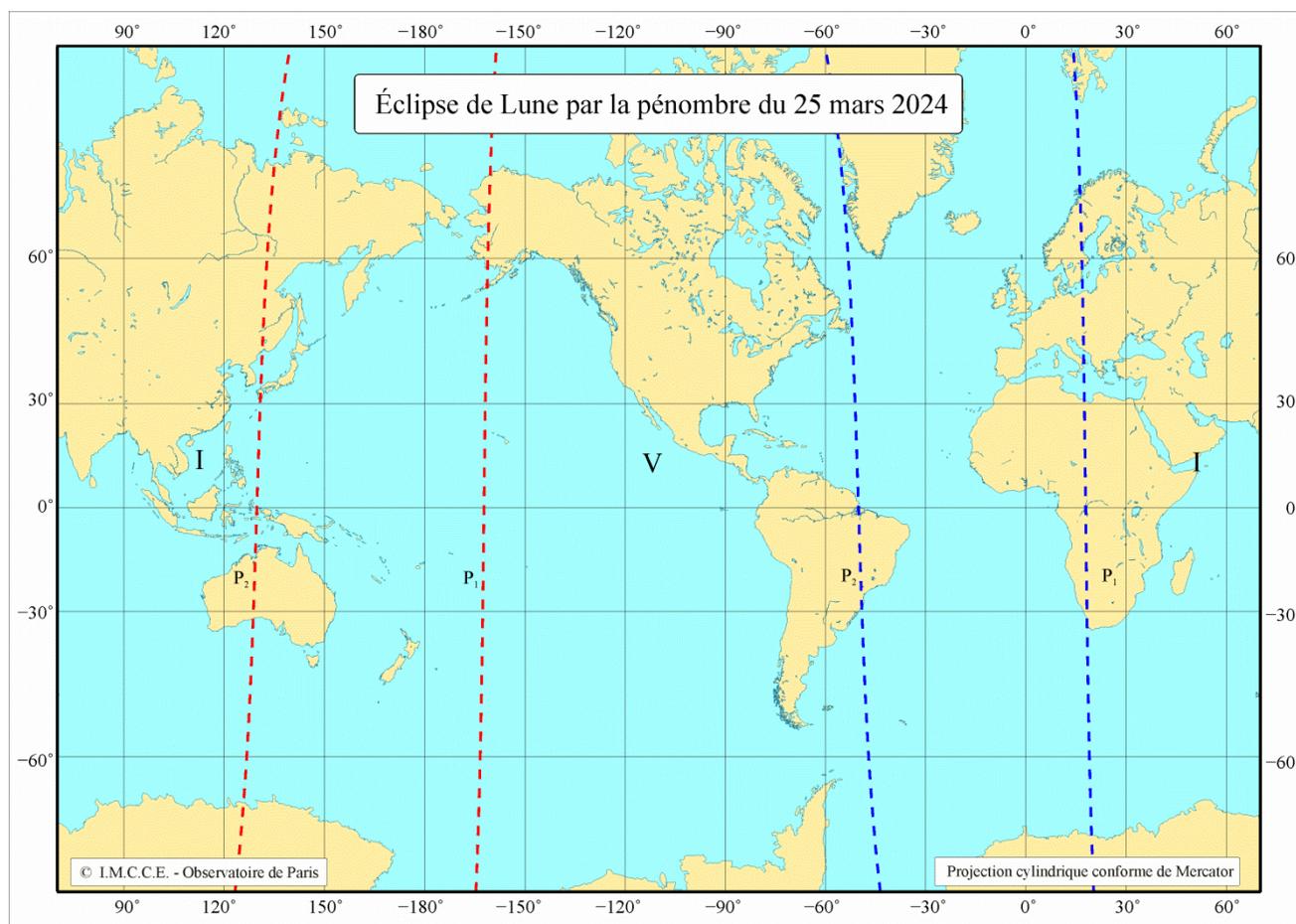


Figure 1 : Carte de l'éclipse de Lune par la pénombre du 25 mars 2024

La carte donne les limites de visibilité de l'éclipse sur Terre :

La carte est centrée sur la zone de visibilité (V) et de chaque côté on trouve deux zones d'invisibilités (I), en fonction du type d'éclipse on a tracé plusieurs courbes :

P1 : la limite de la région où l'on observe l'entrée dans la pénombre (petits pointillés)

P2 : la limite de la région où l'on observe la sortie de la pénombre (petits pointillés)

Chacune de ces courbes correspond aux lieux où la Lune se trouve à l'horizon à l'instant de la phase correspondante, les courbes en rouge correspondent aux lieux où la Lune se lève et les courbes en bleu les lieux où la Lune se couche.

Pour chaque phase, les lieux situés à l'ouest d'une courbe rouge ne voient pas le début de la phase, car la Lune n'est pas encore levée et les lieux situés à l'est voient la phase correspondant à la courbe, car la Lune est déjà levée. De même, les lieux situés à l'est d'une courbe bleue ne voient pas la phase, car la Lune est déjà couchée et les lieux situés à l'ouest voient la phase correspondant à la courbe, car la Lune n'est pas encore couchée.

Cette éclipse de Lune est la première éclipse de Lune de l'année 2024.

Les éclipses de Lune par la pénombre sont très peu spectaculaires et difficiles à observer à l'œil nu, la perte de luminosité du disque lunaire étant très faible lorsqu'une partie de la Lune est dans la pénombre de la Terre. Pour voir les différentes phases d'une éclipse de Lune en un lieu donné, il suffit qu'il fasse nuit durant ces phases. En effet, les éclipses de Lune se produisent toujours à la

pleine lune. Or à la pleine lune, la Lune se lève lorsque le Soleil se couche et elle se couche lorsque le Soleil se lève, la Lune est donc visible toute la nuit.

L'éclipse est visible en totalité sur le continent américain, sur une partie Est de l'océan Pacifique et une partie Ouest de l'océan Atlantique. Elle est en partie visible sur l'Europe de l'ouest, sur l'Est de l'Asie et sur l'Est de l'Australie. Elle est en partie visible en France métropolitaine, on n'observera pas le maximum et la fin de l'éclipse, mais elle est visible en totalité à la Martinique et en Guadeloupe. À l'instant du maximum la Lune se trouve dans la constellation de la Vierge. Les instants sont donnés en UTC, il faut ajouter une heure pour avoir l'heure légale en France métropolitaine.

Circonstances de l'éclipse Magnitude : 0,9560089				
Phases	Instant en UTC	Longitude	Latitude	Angle au pôle
Entrée dans la pénombre	4h 53,2min	72° 17,5' E	0° 39,0' S	161,1°
Maximum de l'éclipse	7h 12,8min	106° 16,6' E	1° 12,1' S	29,0°
Sortie de la pénombre	9h 32,5min	140° 16,1' E	1° 45,2' S	256,9°

Durée totale de l'éclipse : 4h 39min 15,00s.

Pour chaque début et fin de phase, on donne l'angle au pôle des points de contact, les points de contact sont les points de tangence entre le disque lunaire et les cônes d'ombre et de pénombre. L'angle au pôle est l'angle formé par la direction du pôle Nord céleste et la demi-droite issue du centre lunaire et passant par le point de tangence, cet angle est compté positivement vers l'ouest (donc dans le sens direct). On donne également les coordonnées géographiques des lieux où la Lune est au zénith à l'instant de chaque phase.

Éléments à l'instant du maximum de l'éclipse.

Maximum de l'éclipse le 25 mars 2024 à 7h 12min 49,687s UTC,

Ascension droite du centre de l'ombre : 12h 18min 49,92s.

Déclinaison du centre de l'ombre : $-2^{\circ} 2' 16,58''$.

Diamètre du cône d'ombre : 77,49'

Diamètre du cône de pénombre : 141,64'

Parallaxe équatoriale du Soleil : 8,82".

Ascension droite du centre de la Lune : 12h 20min 41,29s.

Déclinaison du centre de la Lune : $-1^{\circ} 12' 5,74''$.

Diamètre apparent de la Lune : 29,48'

Parallaxe équatoriale de la Lune : 54' 5,41".

TT-UTC = 69,184s.

Éclipse de Lune par la pénombre du 25 mars 2024

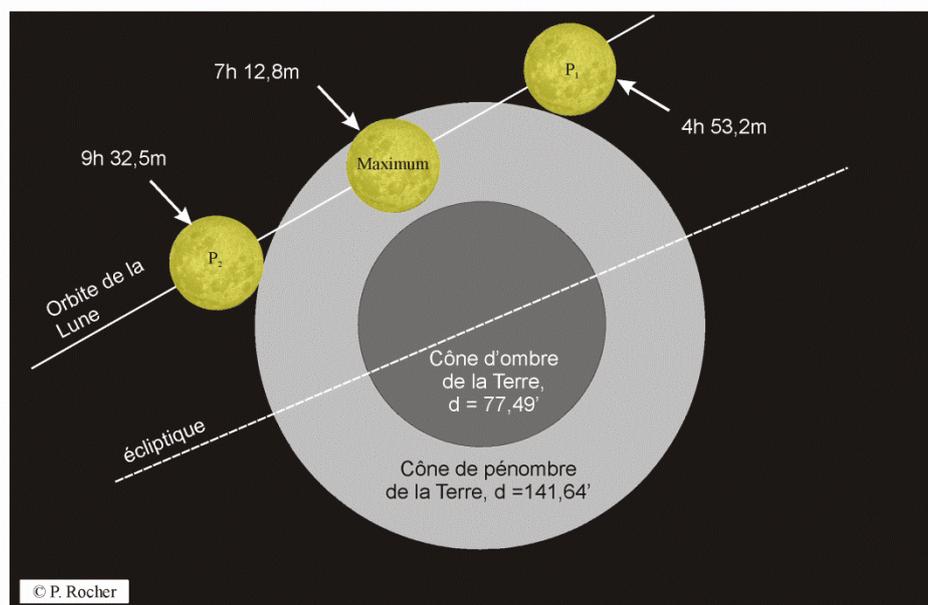


Figure 2 : Évolution des positions de la Lune durant les différentes phases de l'éclipse.

La figure ci-dessus représente les différentes phases de l'éclipse, les instants sont donnés en Temps universel coordonné, il faut ajouter deux heures pour avoir l'heure légale en France métropolitaine.

Cette éclipse a lieu proche du passage de la Lune à son apogée, le diamètre apparent de la pleine lune est donc faible (29,48'). On remarque que la distance entre les limites des cônes d'ombre et de pénombre est 32,07', donc supérieure au diamètre lunaire, on aurait pu avoir une éclipse totale par la pénombre si la latitude de la Lune avait été un tout petit peu plus faible. L'éclipse a lieu après le passage de la Lune par son nœud descendant, durant l'éclipse la Lune se trouve dans la constellation de la Vierge.

Voici la suite des événements relatifs à la Lune au voisinage du 25 mars :

- le 23/03/2024 à 15h 44m 59s UTC : La Lune à l'apogée, distance à la Terre : 406 294,218 km, diamètre apparent : 29,49', longitude moyenne : 165,79°.
- le 25/03/2024 à 07h 00m 20s UTC : Pleine lune.
- le 25/03/2024 à 07h 12min 51s UTC : Maximum de l'éclipse de Lune.
- le 26/03/2024 à 04h 07m 29s UTC : la Lune passe par le nœud descendant de son orbite, longitude moyenne : 195° 34,5'.

La série de Saros de cette éclipse de Lune

Le Saros est une période de récurrence des éclipses de 6585,32 jours correspondant à 223 révolutions synodiques moyennes de la Lune, qui est très proche de 242 révolutions draconitiques moyennes de la Lune et de 239 révolutions anomalistiques moyennes de la Lune. Elle a la propriété de ramener la pleine lune proche du même nœud de l'orbite lunaire et proche de la même position de la Lune sur son orbite par rapport à la direction de son périégée. Cette période a été nommée, à tort, Saros par Edmond Halley. On peut donc construire des séries longues d'éclipses séparées par un Saros. Ces séries longues traduisent l'évolution des éclipses homogènes due au fait que ces trois quantités ne sont pas identiques.

Cette éclipse appartient à une série longue de Saros comportant 71 éclipses successives. Cette série commence avec l'éclipse par la pénombre du 29 avril 888 (les dates antérieures à 1582 sont données dans le calendrier julien) et se termine par l'éclipse par la pénombre du 10 juin 2150. Elle se compose de 7 éclipses par la pénombre, suivies de 23 éclipses partielles par l'ombre, puis de 13 éclipses totales, puis 18 éclipses partielles par l'ombre et se termine par 10 éclipses par la pénombre. Ce sont toutes des éclipses au nœud descendant de la Lune, donc les latitudes célestes successives de la Lune croissent des latitudes négatives aux latitudes positives, les positions de la Lune par rapport aux cônes d'ombre et de pénombre de la Terre vont donc se déplacer dans cette série du sud au nord. En réalité, dans le propos précédent, les directions nord et sud désignent le nord et le sud par rapport à l'écliptique et non pas par rapport à l'équateur terrestre, il faut bien se rappeler que l'écliptique est incliné par rapport à l'équateur terrestre.

L'éclipse du 25 mars 2024 est la 64^e éclipse de la série longue et la troisième éclipse par la pénombre de la fin de la série, la trajectoire du bord de la Lune est donc assez proche du bord nord du cône d'ombre. L'éclipse totale de la série qui a la phase de totalité la plus longue est celle du 4-5 juin 1555 (1h 43min 7s). Comme l'éclipse de mars 2024 est postérieure à celle de 1555, la trajectoire de la Lune passe en dessous du cône d'ombre donc le maximum de l'éclipse a lieu après la pleine lune et avant le passage par le nœud descendant. On remarque également que les deux éclipses par la pénombre qui précèdent l'éclipse du 25 mars sont des éclipses totales par la pénombre.

On peut également remarquer une dissymétrie dans la répartition des différents types d'éclipse de cette série longue, principalement pour les éclipses par l'ombre.

L'évolution des séries longues au nœud descendant

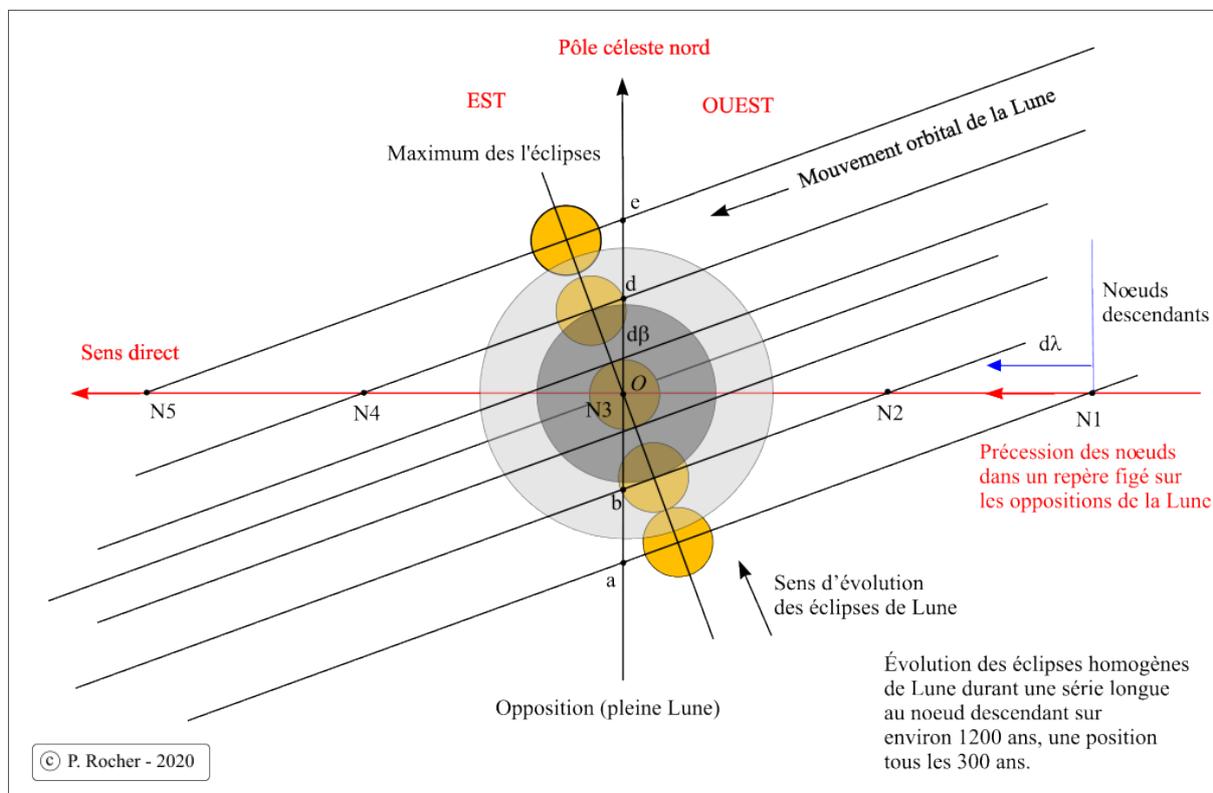


Figure 3 : Projection orthogonale de la sphère céleste écliptique.

La figure ci-dessus montre l'évolution des éclipses homologues de Lune durant une suite longue de saros au nœud descendant, cette évolution est montrée dans le repère céleste écliptique vu depuis le centre de la Terre, les longitudes célestes évoluent donc dans le sens direct de la droite (ouest) vers la gauche (est). Pour rendre l'explication plus compréhensive, la figure n'est pas à l'échelle, notamment l'inclinaison de l'orbite lunaire ($\sim 5^\circ$) et les tailles des cônes d'ombre et pénombre ainsi que le diamètre apparent de la Lune sont fixes. Sur cette figure, nous avons figé la longitude de la

pleine Lune (opposition), ce sont donc les positions du nœud descendant qui vont varier dans le sens direct par rapport à l'opposition au cours du temps. Nous avons représenté la position du nœud descendant environ tous les 300 ans ainsi que les maxima des éclipses correspondantes c'est-à-dire les distances minimales entre le centre de la Lune et le centre des cônes. Le décalage entre la position de la pleine Lune et la position de la ligne des nœuds entre deux saros provient de l'écart en temps entre 223 lunaisons (6585,321314 jours) et 242 révolutions draconitiques (6 585,537 419 jours), cet écart est en moyenne de l'ordre 52 minutes de temps. Durant ces 52 minutes, la Lune sur son orbite se déplace en moyenne par rapport à son nœud de $-28,67'$. Donc si l'on fige la position de la Lune à l'opposition le nœud se déplace par rapport à la Lune dans le sens direct par rapport à La Lune. Compte tenu de l'inclinaison de l'orbite lunaire, ce décalage se traduit par un décalage moyen de la longitude céleste du nœud de $\delta\lambda= 28,55'$ et par une variation moyenne de la latitude céleste de la Lune de $\delta\beta= 2,64'$ (ces distances ne sont pas constantes dans la projection orthogonale).

Au début de la suite longue d'éclipses de Lune, le nœud descendant se trouve en position N1, à l'ouest de l'opposition, la Lune va donc passer d'ouest en est devant le bord sud du cône de pénombre, les premières éclipses de la suite seront des éclipses par la pénombre passant au bord sud de la pénombre (éclipsant donc le nord de la Lune). 300 ans plus tard, le nœud descendant de l'orbite lunaire est en N2, la Lune rencontre le bord sud du cône d'ombre, les éclipses de Lune sont donc partielles par l'ombre. 300 ans plus tard, le nœud descendant N3 est proche de la longitude de l'opposition, c'est le cas idéal d'une éclipse totale centrale, puis nous avons une situation symétrique par rapport à l'opposition, c'est-à-dire un nœud en N4 correspondant à des éclipses partielles par l'ombre, mais au nord du cône d'ombre (éclipsant le sud de la Lune), puis des éclipses par la pénombre au nord du cône de pénombre qui prennent fin après la dernière position N5 du nœud. On remarque que lorsque le nœud descendant est à l'ouest de l'opposition le maximum de l'éclipse a lieu avant l'opposition, et que lorsque le nœud descendant est à l'est de l'opposition le maximum de l'éclipse a lieu après l'opposition. Donc la connaissance de l'instant du maximum de l'éclipse, de l'instant de l'opposition et de la nature du nœud (descendant) permet de situer la position de l'éclipse dans la suite longue d'éclipses homologues et la partie de la Lune éclipsée. Ou bien, inversement, la connaissance de la position d'une éclipse dans sa suite longue et la nature du nœud permet de savoir si le maximum de l'éclipse a lieu avant ou après l'opposition et de connaître la partie de la Lune éclipsée.

Le tableau donne les éclipses de la série longue de Saros contenant l'éclipse du 25 mars 2024. Pour les types d'éclipse :

- P : désigne les éclipses par la pénombre,
- P(T) : désigne les éclipses totales par la pénombre,
- O : désigne les éclipses partielles par l'ombre,
- T : désigne les éclipses totales,
- La durée indiquée est celle de la phase de totalité.

N° Type	Date	Magnitude	Durée	N° Type	Date	Magnitude	Durée
1 P	29/04/888	0.0752371		37 T	24/05/1537	1.7450786	1h42m04s
2 P	11/05/906	0.1951609		38 T	04 - 05/06/1555	1.8240791	1h43m07s
3 P	21/05/924	0.3217812		39 T	15/06/1573	1.6772940	1h41m10s
4 P	01/06/942	0.4522740		40 T	06/07/1591	1.5263487	1h35m43s
5 P	11 - 12/06/960	0.5848708		41 T	16- 17/07/1609	1.3785897	1h26m20s
6 P	23/06/978	0.7164467		42 T	28/07/1627	1.2320548	1h11m25s
7 P	03/07/996	0.8486593		43 T	07/08/1645	1.0902624	0h46m45s
8 O	14 - 15/07/1014	0.0328505		44 O	18/08/1663	0.9546207	
9 O	25/07/1032	0.1533482		45 O	29/08/1681	0.8285122	
10 O	05/08/1050	0.2645107		46 O	09/09/1699	0.7119858	
11 O	15 - 16/08/1068	0.3689051		47 O	20/09/1717	0.6062349	
12 O	27/08/1086	0.4600230		48 O	01 - 02/10/1735	0.5136711	
13 O	06/09/1104	0.5413923		49 O	12/10/1753	0.4336694	
14 O	17 - 18/09/1122	0.6100856		50 O	23/10/1771	0.3652165	
15 O	28/09/1140	0.6677844		51 O	02 - 03/11/1789	0.3097253	
16 O	09/10/1158	0.7127040		52 O	15/11/1807	0.2648671	
17 O	19 - 20/10/1176	0.7462317		53 O	25/11/1825	0.2314429	
18 O	31/10/1194	0.7708515		54 O	06 - 07/12/1843	0.2033900	
19 O	10/11/1212	0.7856254		55 O	17/12/1861	0.1842646	
20 O	21 - 22/11/1230	0.7942615		56 O	28/12/1879	0.1666694	
21 O	02/12/1248	0.7974051		57 O	07 - 08/01/1898	0.1518350	
22 O	13/12/1266	0.7994901		58 O	20/01/1916	0.1329777	
23 O	24/12/1284	0.8004760		59 O	30/01/1934	0.1123210	
24 O	04/01/1303	0.8044255		60 O	10 - 11/02/1952	0.0835184	
25 O	14/01/1321	0.8134860		61 O	21/02/1970	0.0466761	
26 O	26/01/1339	0.8295036		62 P(T)	03/03/1988	1.0910514	
27 O	05/02/1357	0.8542399		63 P(T)	14 - 15/03/2006	1.0303909	
28 O	16 - 17/02/1375	0.8894076		64 P	25/03/2024	0.9560089	
29 O	27/02/1393	0.9369785		65 P	05/04/2042	0.8683742	
30 O	10/03/1411	0.9964870		66 P	15/04/2060	0.7677698	
31 T	20 - 21/03/1429	1.0683659	0h39m33s	67 P	27/04/2078	0.6561143	
32 T	01/04/1447	1.1546154	0h58m05s	68 P	07/05/2096	0.5312062	
33 T	11/04/1465	1.2516851	1h11m59s	69 P	19/05/2114	0.3987189	
34 T	22 - 23/04/1483	1.3612036	1h23m13s	70 P	29 - 30/05/2132	0.2566142	
35 T	03/05/1501	1.4796923	1h31m54s	71 P	10/06/2150	0.1103612	
36 T	14/05/1519	1.6101681	1h38m19s				

Sources

Canon des éclipses de Lune sur la période -3000, 3000. (P. Rocher, 2009).

On utilise les éphémérides INPOP06 (Fienga A. ,2008).

On utilise la précession Capitaine & all P03(2003), la nutation 2000A et le temps sidéral de l'UAI (2000).

On utilise les formules d'interpolation dans le calcul du TT-UTC pour les années antérieures à 1780 (F. Espenak et J Meeus, 2006) <https://eclipse.gsfc.nasa.gov/LEcat5/deltatpoly.html> .

Dans ce Canon pour le TT-UTC :

- Pour les années antérieures à -250 on utilise un formulaire parabolique.
- Pour les années postérieures à 1780 et jusqu'à notre époque, on utilise des valeurs tabulées.
- Pour les années futures antérieures à 2150 on utilise de nouveau des formules d'interpolation polynomiale.
- Pour les années postérieures à 2150 on utilise un formulaire parabolique.
- Pour les valeurs extrapolées dans le futur, on utilise une valeur constante sur une année.

Références

Capitaine N. & all 2003, *A&A* 412, 567-586.

Capitaine N., Wallace, P. T., & Chapront, J. 2003, *A&A*, 412, 567-586.

Fienga A. & all 2008, *A&A*, 477, 315-327.