

Les prochaines éclipses de Soleil en France

Dans un an et demi, le 11 août 1999, on pourra observer une éclipse totale de Soleil en France et en Europe. L'événement est plutôt rare : les dernières "totales" visibles en Europe datent de 1954 (le 30 juin vers midi, à Oslo et en Suède), et de 1961 (le matin du 15 février, dans le Sud de la France et en Italie). La région parisienne a été obscurcie en 1406 (le 16 juin) et en 1724 (le 22 mai) lors d'éclipses totales ; on a pu observer une éclipse annulaire depuis Paris en 1764 (le matin du 1^{er} avril), en 1847 (le 9 octobre au matin), ainsi qu'en 1912 (le 17 avril à 12 h 10 UT) lors d'une très brève éclipse annulaire-totale.

L'éclipse totale suivante, visible depuis Paris, aura lieu le 3 septembre... 2081. Mais d'ici là, d'autres régions du monde passeront dans l'ombre de la Lune et, depuis la France métropolitaine, nous devons nous contenter d'observer des éclipses "partielles". Le tableau I donne la liste de toutes ces éclipses, visibles depuis Paris, au cours du siècle prochain.

Rappelons d'abord quelques notions relatives aux éclipses.

Occultation

En fait, une éclipse de Soleil n'est pas une... éclipse mais une *occultation*. Lors d'une éclipse de Lune, notre satellite disparaît dans l'ombre de la Terre, il est éclipsé. Le phénomène est semblable pour les satellites de Jupiter ou ceux de Saturne, vus depuis la Terre. Au contraire, quand la Lune passe "devant" un astre (une étoile, une planète ou le Soleil) cet astre nous est masqué, il est occulté.

Nature des éclipses

La Lune est 400 fois plus petite que le Soleil mais elle est située 400 fois moins loin ; le Soleil et la Lune ont ainsi le même diamètre apparent, de l'ordre de un demi-degré (ou 30'), ce qui est toutefois 3 fois moins que notre petit doigt vu bras tendu. C'est cette égalité (fortuite) des dimensions apparentes qui rend les éclipses totales de Soleil si spectaculaires.

La trajectoire orbitale de la Terre étant légèrement elliptique, la distance de la Terre au Soleil varie tout au long de l'année, de 147,1 millions de km au début de janvier (au périhélie) à 152,1 millions de km au début de juillet (à l'aphélie). Le diamètre apparent du Soleil vaut en moyenne 32' mais varie entre 31,5' (juillet) et 32,5' (janvier). Cette variation annuelle de 1' seulement (soit 3 % du diamètre) a été décelée en 1602 par Kepler : cela l'a conduit à considérer que l'orbite de la Terre n'est pas un cercle mais une ellipse.

De la même façon, l'orbite de la Lune est elliptique et le diamètre apparent géocentrique varie entre 29,4' et 33,4'. Il en résulte que selon la distance de la Lune, l'éclipse peut être *totale* (si la Lune est plus "grosse" que le Soleil) ou *annulaire*, si elle ne le masque pas entièrement et laisse voir alors un mince anneau lumineux. Une éclipse est dite *partielle* quand le cône d'ombre de la Lune ne rencontre pas la Terre, au contraire du cône de pénombre. Une éclipse est *centrale* pour un lieu donné de la Terre quand l'axe du cône d'ombre passe par ce point.

Fréquence des éclipses

Une éclipse de Soleil se produit au moment de la Nouvelle-Lune. Mais à cause de l'inclinaison de 5° du plan de l'orbite lunaire sur l'écliptique (le plan de l'orbite de la Terre), il ne se produit pas d'éclipse de Soleil chaque mois, à chaque Nouvelle-Lune, mais à deux (voire trois) périodes dans l'année, séparées d'un peu moins de 6 mois.

Chaque année ont donc lieu au moins 2 et au plus 7 éclipses (de Lune et de Soleil). Pour l'ensemble de la Terre, on compte en moyenne 2,4 éclipses de Soleil par an (et 1,5/an de Lune, sans comptabiliser les éclipses de Lune par la pénombre (0,9/an) très difficiles à observer car peu contrastées).

<i>date</i>	<i>nat</i>	<i>gr</i> (à Paris)	r_L/r_S	t_1 (UT)	<i>max</i> (UT)	h_0 (°)	t_4 (UT)	<i>note</i>	<i>centrale où ?</i>
11-08-1999	T	0,99	1,03	9.04	10.23	52	11.45		Compiègne, Noyon
31-05-2003	a	0,88	0,94	-	(3.30)	-4	4.26	(1)	Islande
3-10-2005	a	0,71	0,95	7.48	9.03	27	10.23		Madrid
29-03-2006	T	0,34	1,05	9.39	10.32	41	11.26		Tchad
1-08-2008	T	0,14	1,04	8.42	9.20	46	9.59		Sibérie
4-01-2011	p	0,73	0,94	(6.56)	8.09	3	9.26	(2)	-
20-03-2015	T	0,83	1,05	8.21	9.28	31	10.39		Mer de Norvège
10-06-2021	a	0,24	0,95	9.11	10.11	58	11.14		Nord du Groenland
25-10-2022	p	0,23	0,99	9.13	10.02	26	10.52		-
29-03-2025	p	0,34	1,05	10.08	11.01	43	11.55		-
12-08-2026	T	0,94	1,03	17.22	18.17	8	19.09		Nord de l' Espagne
2-08-2027	T	0,60	1,07	8.00	9.00	43	10.04		Gibraltar, Alger, Tunisie
21-06-2028	a	0,75	0,91	15.37	(16.51)	-3	-	(3)	Sud de l' Espagne
1-06-2030	a	0,63	0,94	4.19	5.16	11	6.18		Grèce
20-03-2034	T	0,04	1,04	9.59	10.19	37	10.39		Afrique centrale, Tchad
16-01-2037	p	0,56	0,92	7.49	9.05	10	10.29		-
5-01-2038	a	0,16	0,96	13.54	14.40	10	15.24		Afrique centrale, Niger
2-07-2038	a	0,22	0,99	13.14	14.08	53	14.59		Mauritanie
21-06-2039	a	0,69	0,94	17.35	18.38	11	19.36		Norvège, sud Suède
11-06-2048	a	0,65	0,95	11.54	13.29	58	14.56		Stockholm
14-11-2050	p	0,78	0,94	12.24	13.54	16	15.17		-
12-09-2053	T	0,61	1,03	7.12	8.14	26	9.19		Gibraltar, Tunisie
5-11-2059	a	0,84	0,93	6.26	7.36	7	8.53		Sud-Ouest de la France
30-04-2060	T	0,28	1,06	9.26	10.13	51	11.02		Libye
5-02-2065	p	0,82	0,96	8.28	9.49	19	11.15		-
22-06-2066	a	0,70	0,93	19.19	(20.14)	-3	-	(4)	Nord du Canada
21-04-2069	p	0,29	1,06	8.57	9.45	45	10.36		-
12-09-2072	T	0,16	1,06	7.04	7.39	21	8.13		Sibérie
13-07-2075	a	0,83	0,94	3.47	4.45	5	5.47		Nice, Vienne, Moscou
26-11-2076	p	0,49	0,98	9.53	11.05	20	12.19		-
11-05-2078	T	0,38	1,05	18.38	19.18	0	-	(5)	Atlantique Nord
1-05-2079	T	0,38	1,06	9.51	10.47	54	11.44		Groenland
13-09-2080	p	0,80	1,04	15.58	16.57	11	17.53		-
3-09-2081	T	1,02	1,06	6.35	7.36	23	8.41		Paris !
27-02-2082	a	0,84	0,92	15.14	16.31	9	17.41		Bayonne-Grenoble
21-04-2088	T	0,57	1,05	9.16	10.21	49	11.30		Tunisie, Grèce
23-09-2090	T	1,02	1,05	16.36	17.34	2	(18.28)	(6)	Paris !
18-02-2091	p	0,52	0,93	8.12	9.27	20	10.48		-
7-02-2092	a	0,60	0,97	15.28	16.33	3	(17.33)	(7)	Afrique du Nord
23-07-2093	a	0,83	0,95	10.54	12.34	60	14.09		Amsterdam, Berlin
15-07-2102	a	0,22	0,94	5.45	6.29	21	7.17		Pôle Nord, Est Sibérie

(Michel TOULMONDE)

Tableau I - *Liste des prochaines éclipses de Soleil visibles depuis Paris (de 1999 à 2102).*

La colonne "nat" indique la nature de l'éclipse : totale (T), annulaire (a) ou partielle (p) ; toutes ces éclipses seront vues comme partielles depuis la France (sauf les totales de 1999, 2081 et 2090). *gr* est la grandeur de l'éclipse locale. r_L/r_S donne le rapport des rayons apparents de la Lune et du Soleil.

Les instants des contacts t_1 et t_4 et celui du maximum sont sous la forme h.min (UT) ; ils sont entre parenthèses quand le Soleil est sous l'horizon. La valeur h_0 est la hauteur du Soleil à Paris lors du maximum local. La dernière colonne indique la région la plus proche de Paris d'où la centralité est observable. Les éclipses assez spectaculaires sont indiquées en gras.

notes : (1) lever du Soleil à Paris à 3.56 (UT) ; (2) lever à 7.46 ; (3) coucher à 16.34 ; (4) coucher à 19.55 ; (5) coucher à 19.18 ; (6) coucher à 17.44 ; (7) coucher à 16.56.

Les éclipses de Soleil se répartissent en moyenne selon les trois types : totales (0,6/an), annulaires (0,9/an), et partielles (0,9/an).

Si on considère maintenant non plus la Terre entière mais un grand pays comme la France, on n'y observe plus qu'une quarantaine d'éclipses par siècle (au lieu de 240 en moyenne pour la Terre entière) et les éclipses n'y sont alors vues que "comme partielles", les "centrales" (totales et annulaires) étant exceptionnelles : pour l'ensemble de la France, on en a vu quatre au 15^e siècle, une seule au 16^e, quatre aux 17^e, 18^e et 19^e, trois au 20^e et on en verra cinq au 21^e puis deux au 22^e siècle, soit une moyenne de l'ordre de 3 éclipses centrales par siècle (pour ces huit siècles-là).

Grandeur d'une éclipse

C'est la proportion maximale du *diamètre* solaire masqué par la Lune (et non la proportion de surface solaire masquée) : $gr = AM/AB$. Ce nombre est inférieur à 1 pour une éclipse partielle ou annulaire, et dépasse 1 pour une éclipse totale (au plus, $gr = 1,04$).

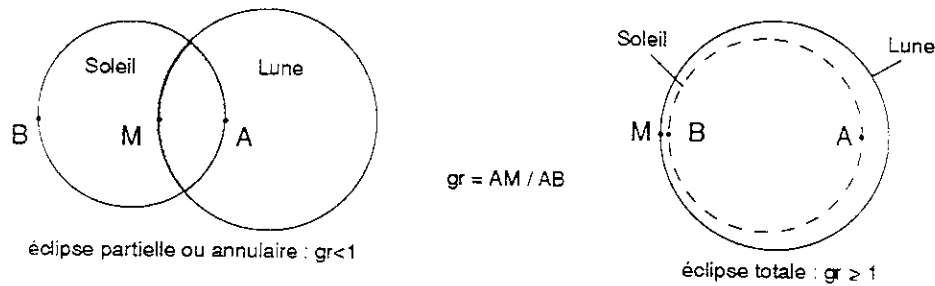
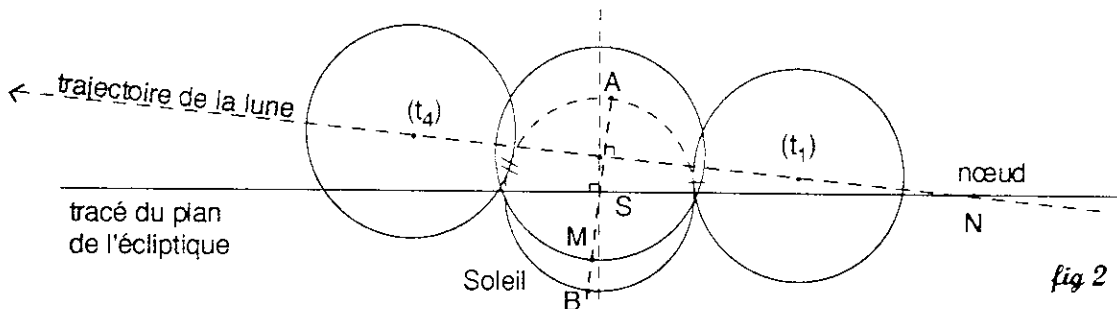


fig 1 : Grandeur d'une éclipse de Soleil

Durée des éclipses

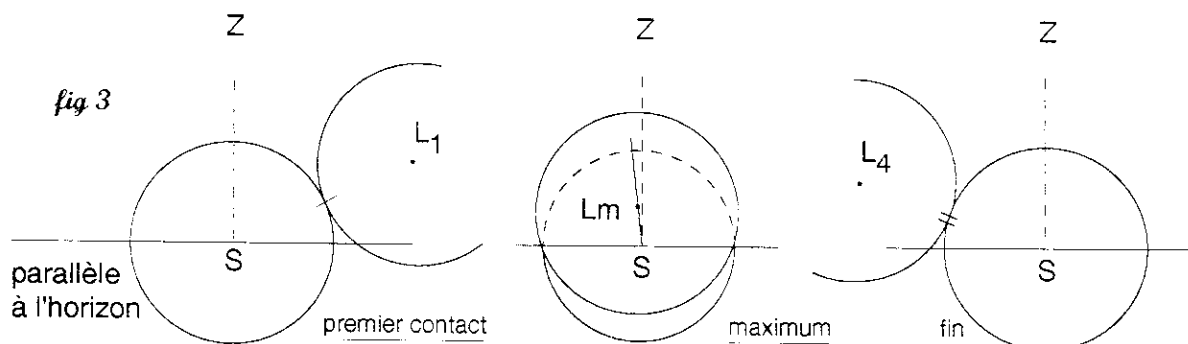
La durée globale du phénomène s'étend de l'instant t_1 du 1^{er} contact jusqu'à l'instant t_4 du 2^e contact, quand les disques du Soleil et de la Lune sont tangents extérieurement. Cette durée ($t_4 - t_1$), généralement de l'ordre de 2 à 3 heures, peut atteindre 3 h 1/2 environ dans certains cas d'éclipses centrales. La lecture d'Hergé (*Le Temple du Soleil*) est trompeuse sur ce point.

L'étape de la totalité ($t_3 - t_2$) est généralement brève, de l'ordre de 2 à 4 minutes entre les instants t_2 et t_3 où le disque solaire est tangent intérieurement à celui de la Lune. Les éclipses de longue durée ne se produisent que quand le Soleil est "petit", c'est à dire au début de juillet (cette condition n'est pas suffisante). Ce fut le cas récemment le 11 juillet 1991 où le Mexique fut plongé dans l'obscurité (mais pas dans la nuit noire !) pendant 7 minutes. Pour la durée maximale (7 min 30 s), rendez-vous le 16 juillet 2186 au Venezuela vers 14 h 30 UT...



Les prochaines éclipses de Soleil en France

La figure 4 représente les futures éclipses de Soleil dessinées telles qu'on les observera depuis Paris lors du maximum de l'éclipse partielle *locale*. Ce sont donc des dessins en coordonnées *horizontales*. Prenons l'exemple du 20 mars 2015.



Pendant un peu plus de 2 h 1/2, le Soleil se déplace dans le ciel mais l'arc de l'écliptique n'est pas parallèle à l'horizon. L'image représentée ici est la *superposition* des trois dessins précédents, où le zénith (le point du ciel à notre verticale) est toujours situé "en haut" du dessin, le bord de la feuille restant parallèle à l'horizon (parisien).

Le Soleil est dessiné ici (fig.4) avec le même diamètre pour toutes ces éclipses. Par contre, celui de la Lune est tracé en proportion de celui du Soleil au moment de l'éclipse maximale. On indique le centre de la Lune lors de ce maximum ainsi que les positions (sur le bord du disque solaire) du 1^{er} contact (un trait) et du 2^e contact (2 traits). Il est aisé de simuler le phénomène complet à l'aide d'un pièce de monnaie représentant la Lune qui passe "devant" le Soleil.

Le choix de Paris est arbitraire mais, sauf exceptions signalées ci-après, les dessins sont quasi identiques pour d'autres régions françaises. Par contre, les instants du tableau I ne sont valables que pour Paris et peuvent différer jusqu'à 10 minutes pour d'autres localités. Quelques éclipses, invisibles depuis Paris, seront toutefois visibles (mais difficilement) ailleurs en France métropolitaine. C'est le cas des éclipses de 2013, 2049, 2067, 2087 et 2097, qui ne figurent pas dans le tableau I et dont voici quelques informations.

L'éclipse du 3 novembre 2013, totale en Afrique centrale, ne sera visible (en France) que dans les Pyrénées, entre Bayonne et Perpignan, vers 12 h 30 (UT). D'une "grandeur" de l'ordre de 0,01 elle sera "rasante". Même cas pour celle du 31 mai 2049, rasante au sud d'une ligne Arcachon-Toulouse-Narbonne (vers 14 h 50 UT). Celle du 6 décembre 2067 ne sera visible qu'à l'est de la ligne Bayonne-Strasbourg, rasante, juste avant le coucher du Soleil (vers 15 h 15 UT). Celle du 2 mai 2087 sera rasante en Bretagne juste avant le coucher du Soleil également. Dix ans plus tard, on aura des conditions toutes semblables pour celle du 11 mai 2097, en Bretagne encore. Cependant, cette éclipse sera totale au Cap Nord (le point le plus septentrional de l'Europe, au nord de la Norvège), vers 19 h 30 UT, très bas (4°) sur l'horizon nord-ouest. Mais attention, un autre spectacle va suivre : à 22 h 10 UT, le Soleil (non éclipsé) passera le méridien Nord au ras de l'horizon pour un "Soleil de minuit", le premier de l'année. Quelle journée !

Cartes des zones de centralité

Les figures 5 et 6 montrent les limites des zones de visibilité des éclipses centrales (totales ou annulaires) en France, aux 20^e et 21^e siècles.

L'éclipse du 17 avril 1912 fut annulaire dans l'Atlantique et en Mer Baltique, mais totale en France : le sommet du cône d'ombre y a frôlé la Terre. La zone de visibilité de l'éclipse totale fut donc très étroite, moins de 2 km seulement et l'étape de totalité n'a duré que... 2 s à St Germain-en-Laye à 12 h 10 UT !

Celle du 15 février 1961 est encore présente dans beaucoup de mémoires car c'est la plus récente des "totales" en France : tôt le matin (vers 7 h 30 UT) dans un ciel bien dégagé mais bas sur l'horizon est-sud-est (de 3° de hauteur à Royan, jusqu'à 10° à Nice). En dehors de cette bande de 200 km de large, l'éclipse fut vue comme partielle ($gr = 0,96$ à Paris).

La prochaine, celle du 11 août 1999, concernera le Nord de la France. L'ombre de la Lune survolera la bande de totalité à 3000 km/h, sur 110 km de large, de Cherbourg à Strasbourg (sans passer sur Paris). Le spectacle complet durera 2 h 40 min (vers 10 h 20 UT), pour seulement 2 min 15 s de totalité (et, encore plus à l'est, 2 min 23 s à Bucarest). Une carte, des horaires et des schémas ont déjà été publiés dans les *Cahiers Clairaut* (n° 50, été 1990).

Au siècle prochain, la France recevra 5 zones de centralité mais (sauf en 2081) les conditions d'observation ne seront pas favorables : les éclipses se produiront avec un Soleil très bas sur l'horizon, peu après son lever ou juste avant son coucher.

L'éclipse du 12 août 2026 sera totale en fin d'après midi dans le Nord de l'Espagne (très proche de Bayonne). Celle du 5 novembre 2059, annulaire, aura lieu dans le Sud-Ouest de la France, moins d'une heure après le lever du Soleil. Le 13 juillet 2075, c'est le Sud-Est de la France qui sera concerné par une éclipse annulaire, tôt le matin (vers 4 h 30 UT) vingt minutes après le lever du Soleil. Celle du 27 février 2082, annulaire également, sera visible dans la moitié sud de la France, moins d'une heure avant le coucher du Soleil. Enfin, le 23 septembre 2090, l'éclipse sera totale dans le Nord-Ouest et en région parisienne, mais ayant lieu au moment du coucher du Soleil, la nuit arrivera plus tôt que prévu !

L'éclipse totale du 3 septembre 2081 améliorera fort heureusement ces conditions d'observation avec une large zone de totalité (200 km), un Soleil déjà haut sur l'horizon, et une durée variant de 3 min 1/2 à Brest (à 17° de hauteur) jusqu'à 4 min à Mulhouse (à 27°). Bien plus à l'est, la durée atteindra 5 min 1/2 dans le Golfe Persique, à 70° de hauteur.

Observer une éclipse de Soleil

Il est *très important de se protéger efficacement la vue* car on regarde alors directement le Soleil, et des lunettes de soleil sont insuffisantes. Il suffit de trouver dès maintenant des bords noirs de radiographie, ou éventuellement des petits morceaux de mylar aluminé (on trouve ce matériau comme sachet d'emballage de purée en poudre ou de cacahuètes, ou... couverture de survie). Ça reste transparent tout en absorbant fortement la lumière mais certains sont trop peu aluminés (donc dangereux) ou diffusent légèrement la lumière, rendant floue l'image du Soleil. Il est temps de chercher le bon modèle !

Pour une observation avec un instrument, le mieux est de projeter l'image du Soleil avec une petite lunette astronomique, ou un télescope. Il ne faut *surtout pas* utiliser de petit filtre en verre indiqué "Sun" car, étant placé près du foyer de l'instrument, il chauffe et éclate : la pupille dilatée reçoit alors un terrible flash aveuglant.

Le Soleil des Antilles

La toute prochaine éclipse totale de Soleil aura lieu le 26 février 1998. La bande de totalité passe en Amérique centrale (Galápagos, Panama, Colombie) et en Guadeloupe. Pointe-à-Pitre, à 50 km de la ligne de centralité, sera dans l'ombre pendant 2 minutes, à 18 h 31 UT (ou 14h31 en heure locale). En Martinique, l'éclipse ne sera que partielle ($gr = 0,96$) ainsi qu'en Guyane ($gr = 0,56$ à 18 h 36 UT). Lors de la totalité (en Guadeloupe), on verra Jupiter juste à côté, à 3° "sous" la couronne solaire (à 49° de hauteur), et Mercure 4° au-dessus. N'en déplaie aux astrologues, le Soleil sera parmi les étoiles de la constellation du Verseau (et non dans celle des Poissons), comme chaque 26 février d'ailleurs...

Michel Foutmonde

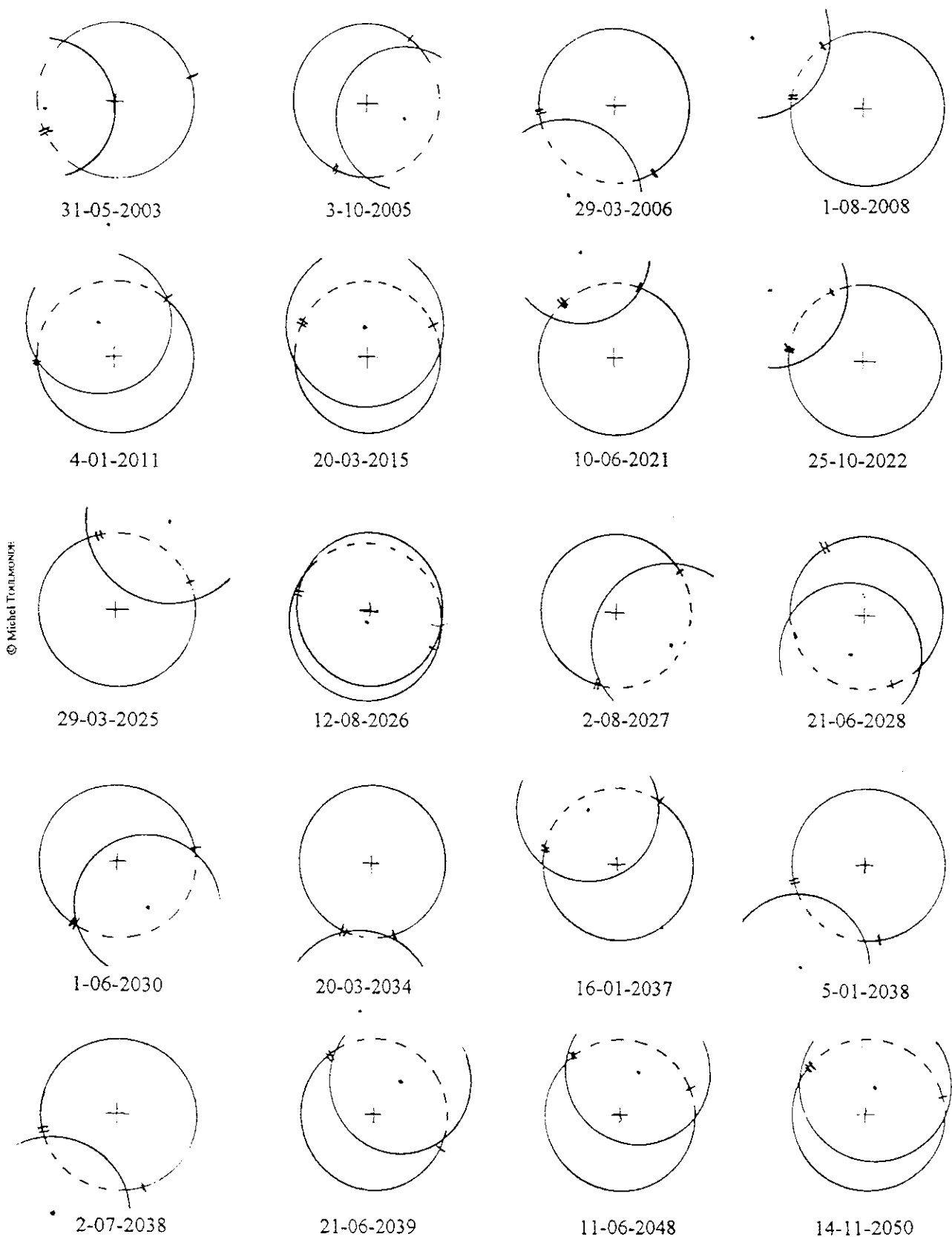


Fig. 4 - Les éclipses de Soleil visibles depuis Paris, de 2003 à 2050.

Les dessins sont en coordonnées horizontales, représentant le phénomène tel qu'on pourra l'observer lors du maximum local de l'éclipse ; le zénith est "en haut". On indique aussi les positions des centres des disques du Soleil (+) et de la Lune (•) ainsi que des deux contacts extérieurs (| et ||).

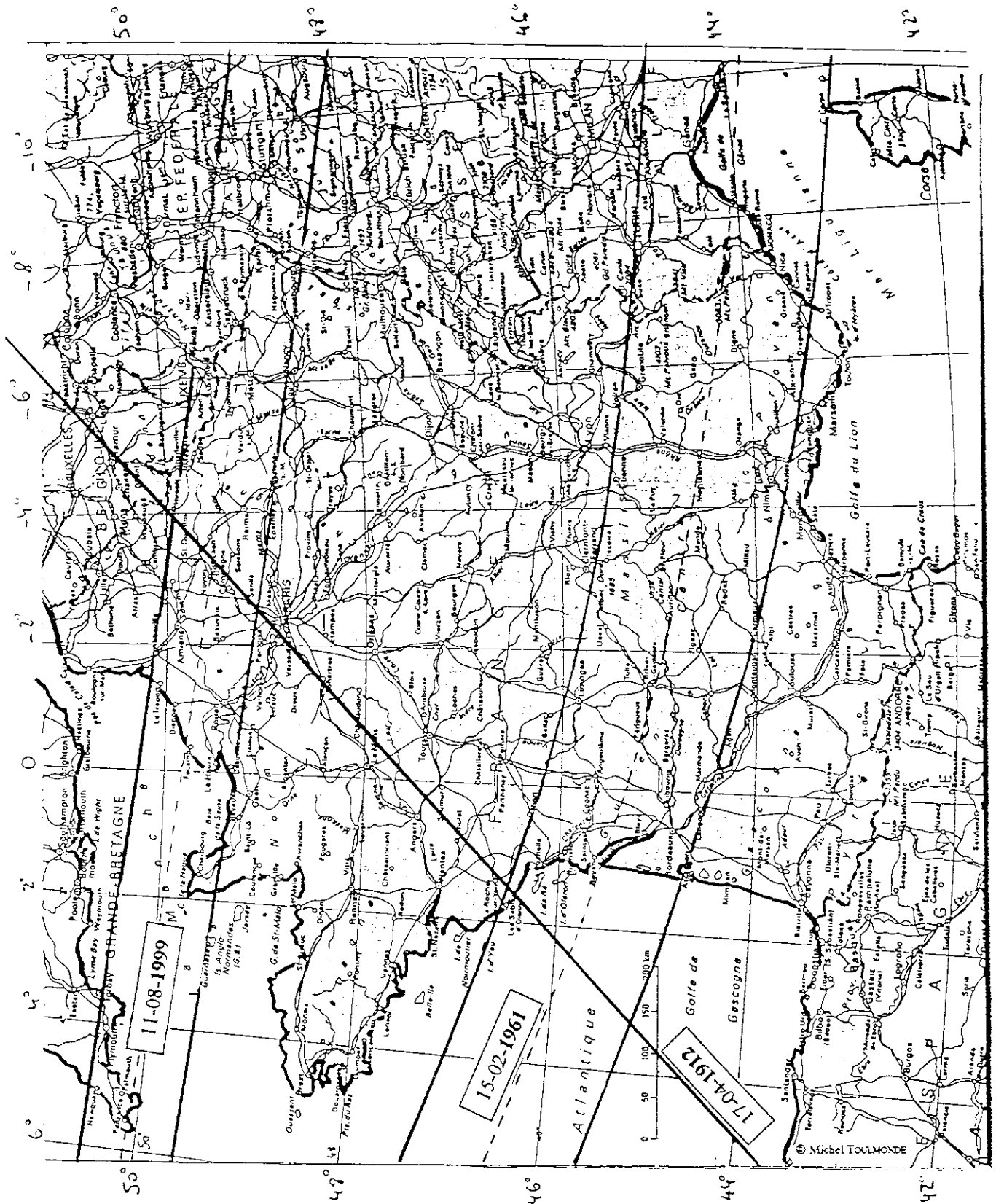


Fig. 5 - Zones de centralité des éclipses de Soleil en France au 20^e siècle
(1912 - 1961 - 1999)

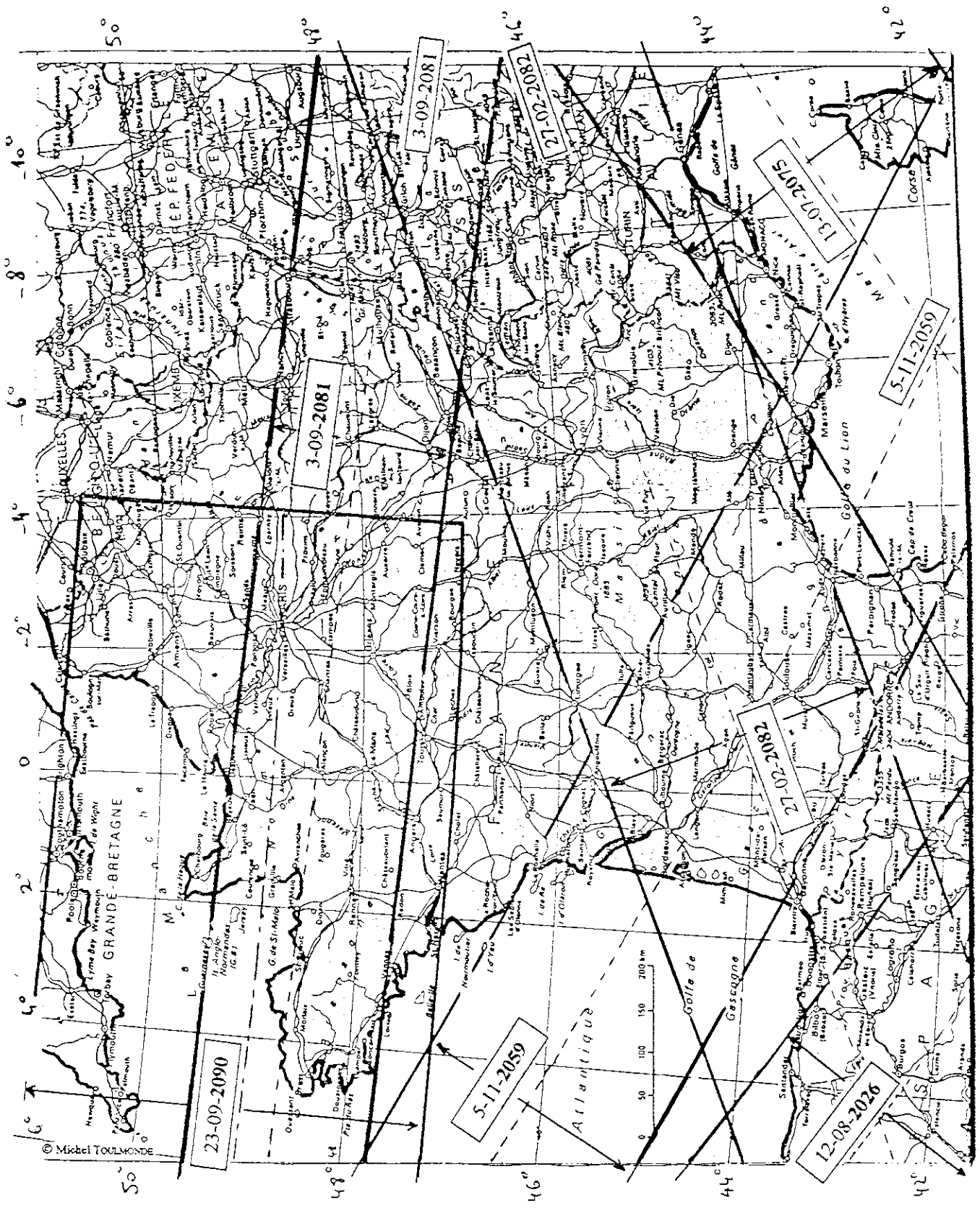


Fig. 6 - Zones de centralité des éclipses de Soleil en France au 21^e siècle
 (2026 - 2059 - 2075 - 2081 - 2082 - 2090)