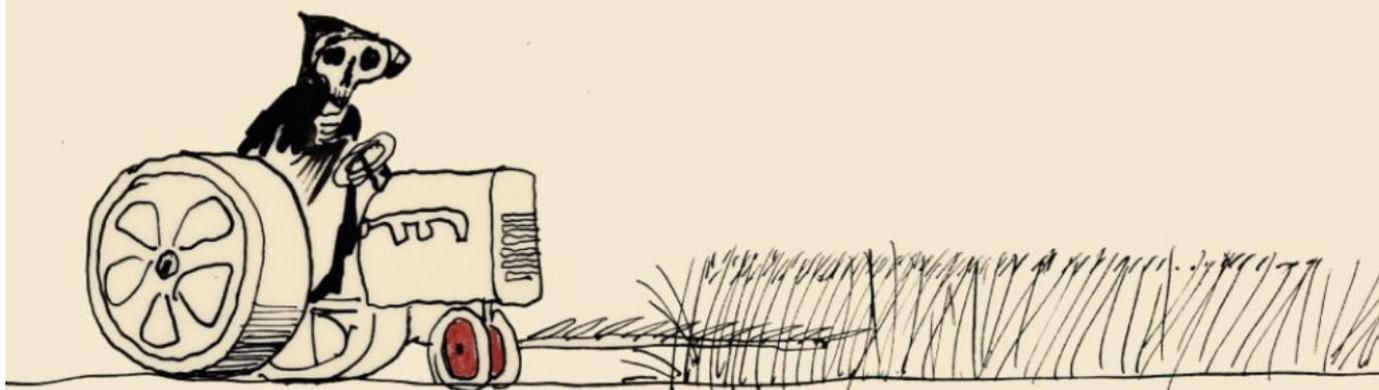


TIME IS TOMI

EXPOSITION DU 22 FÉVRIER AU
28 JUIN 2020 ■ MUSÉE DU TEMPS
DE BESANÇON

TOMI UNGERER
LE TEMPS EN HÉRITAGE

DOSSIER PEDAGOGIQUE



T. Ungerer



MUSÉE
DU TEMPS
BESANÇON
Palais Granvelle

En partenariat avec

MUSÉES DE LA VILLE DE STRASBOURG

Ville de
Besançon

L'astrolabe de la Cité administrative de la ville de Strasbourg (1976)



fig. 1 – prototype d'horloge à astrolabe, début des années 1980, Ets. Ungerer Strasbourg, Collection particulière

Time is Tomi

Tom Ungerer, le temps en héritage

Exposition du 22 février au 28 juin 2020

Les Ungerer, fabricants d'horloges d'édifice

À la mort du grand mécanicien et horloger Jean-Baptiste Schwilgué, les Ungerer reprennent la fabrique à leur compte en 1858. S'inscrivant dans son héritage, ils poursuivent la production d'horloges d'édifice publiques. Quatre générations Ungerer se succèdent à la tête de l'entreprise durant près de 150 ans, sur une période marquée par l'annexion de l'Alsace par l'Allemagne en 1871 et les deux Guerres mondiales, mais également par l'évolution de l'horlogerie monumentale. La fabrique Ungerer s'est sans cesse attachée à se diversifier pour maintenir son activité, jusqu'à son rachat en 1989 par l'entreprise Bodet.

Après la participation de Jules-Albert et de son frère Auguste-Théodore à la construction de **l'horloge de la cathédrale de Strasbourg**, chacune des générations suivantes a réalisé à son tour une horloge d'exception. En 1911, suite à l'incendie de **l'église Saint-Michel de Hambourg**, la fabrique Ungerer installe une horloge d'édifice dans le bâtiment reconstruit. Il s'agit de la plus grande horloge mécanique d'Allemagne dont l'aiguille des minutes mesure près de 5 mètres de long.

Inaugurée en 1933, **l'horloge astronomique de Messine en Sicile** constitue le fait de gloire de la fabrique. Considérée comme la plus haute horloge astronomique du monde, elle est toujours en fonctionnement aujourd'hui et continue à attirer les curieux venus assister au ballet des 54 automates dessinés par Théodore Ungerer, le père de Tomi.

En 1950, Charles Ungerer, frère de Théodore, aidé de l'ingénieur Henri Bach, installe une horloge astronomique à carillon dans le tout nouvel **hôtel de ville d'Oslo**. Cité comme l'un des plus remarquables des pays nordiques, le carillon joue toutes les heures une mélodie différente sur 49 cloches.

En reprenant la tête de l'entreprise en 1964, Jean Boutry, neveu de Charles et beau-frère de Tomi Ungerer, poursuit la tradition familiale. Il développe plusieurs projets **d'horloges monumentales à planétaires ou astrolabes**, dont celles de la Communauté Urbaine de Strasbourg (1976) et de l'aéroport d'Orly ouest (1970), que des millions de passagers peuvent toujours admirer aujourd'hui.

Construite de 1973 à 1976, la Cité Administrative de la ville de Strasbourg abrite au premier étage un astrolabe commandé à l'entreprise Ungerer en 1976. Il s'agit de la représentation de la position des astres dans le ciel, pour la latitude et la longitude de Strasbourg, qui s'inspire de l'astrolabe d'Oslo. Cette réalisation est le fruit du travail conjoint d'Henri Bach, ingénieur pour les Etablissements Ungerer et Cie, Jean Boutry, directeur et PDG de l'entreprise, et de Jacques Quinet, architecte.

Première partie – Une origine lointaine

L'astrolabe est avec la sphère armillaire, l'un des symboles de l'astronomie. C'est d'ailleurs en quelque sorte une sphère armillaire mise à plat. Comme cette dernière, il est une représentation de l'univers, dans sa vision géocentrique, et permet de donner l'heure, s'orienter, calculer et prévoir des phénomènes astronomiques.

1. Représentations du monde

Depuis toujours, l'humanité a tenté de comprendre le monde dans lequel elle évolue, pour mieux vivre, mais aussi sans doute par curiosité, par plaisir. Plusieurs visions et représentations ont émergé. D'abord des visions géocentriques ont été imaginées, avant qu'au début du XVII^e siècle ne s'impose la représentation héliocentrique de Copernic. Dessins, cartes représenteront différents modèles : visions de la terre avec ses continents, ses côtes, ses océans... et visions du ciel avec étoiles, constellations, planètes, lune et soleil...

1.1. Les globes de Berthoud, conçus vers 1785 et présentés au musée du Temps, forment un couple, comprenant un globe céleste et un globe terrestre. Sur le globe terrestre figurent les continents, les mers et les océans. Sont également indiqués l'équateur, les tropiques du capricorne et du cancer, ainsi que le méridien longitude de Paris. Le globe céleste présente les positions des étoiles et les différentes constellations visibles dans le ciel.



fig. 2 & 3 – Paire de globes mécaniques, Ferdinand Berthoud, vers 1785, musée du Temps

1.2. Le planétaire d'Antide Janvier, réalisé à la fin du XVIII^{ème} siècle, donne une autre représentation de l'univers. Il nous montre l'organisation du système solaire dans une vision héliocentrique : le soleil est, en effet, au centre de cette représentation. La terre et les planètes du système solaire se déplacent donc autour de l'astre solaire. La lune également présente tourne autour de la terre. Le grand disque horizontal, portant des médaillons, est le plan de l'écliptique. Les médaillons indiquent les constellations du zodiaque. Enfin, le grand disque incliné est l'équateur céleste.



fig. 4 – Sphère astronomique héliocentrique, Antide Janvier, 1771, musée du Temps

1.3. La sphère armillaire, inventée dans l'Antiquité, pose la terre au centre du monde : il s'agit donc d'une représentation géocentrique. Devenue le symbole même de l'astronomie, la sphère armillaire est un instrument très ancien qui matérialise la vision géocentrique de l'univers. Elle revêt un double aspect. Il s'agit d'abord d'un modèle de l'univers, dans l'un des sens premiers du mot modèle, celui d'une maquette montrant la théorie géocentrique en fonctionnement. L'instrument possède des vertus pédagogiques indéniables et permet d'accéder à des connaissances importantes par simple manipulation. La sphère est par ailleurs un instrument d'observation et de mesure du ciel permettant la réalisation des premiers catalogues d'étoiles.



fig. 5 – Sphère géocentrique, XVII^e siècle, musée du Temps



fig. 6 – Dessin d'une sphère armillaire

La terre, bien sûr fixe, est figurée par une petite boule au centre de l'objet. Certains éléments de la sphère sont fixes, tandis que d'autres pivotent autour de l'axe des pôles. Les éléments fixes correspondent à ce que l'on nomme « la sphère locale » constituée des repères qu'utilise l'observateur pour situer les astres : horizon, méridien local. Les éléments mobiles permettent de reproduire la rotation apparente de la sphère céleste autour de la terre.

2. Projection de la sphère

Les représentations précédentes sont des modèles en volume, en 3D dirait-on aujourd'hui. Il est possible de produire des représentations « à plat » (en 2 dimensions) de ces modèles. La mappemonde est un exemple de mise à plat du globe terrestre sphérique.

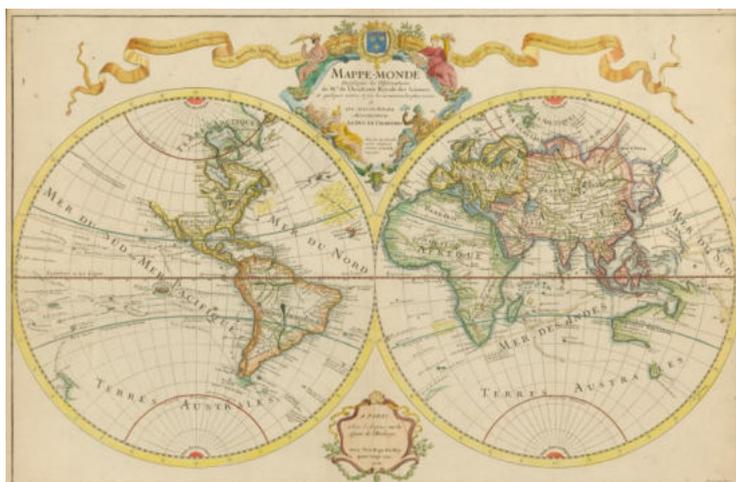


fig. 7 & 8 – Mappemonde de Guillaume Delisle, après 1707 et planisphère céleste mobile de Camille Flammarion

Cette opération de mise à plat d'un volume est une **opération mathématique appelée projection**. Il existe de nombreuses techniques de projection. Le principe de l'astrolabe repose sur la **projection stéréographique** de la sphère armillaire. Il s'agit de projeter une sphère sur le plan. Prenons le cas de la sphère céleste avec son pôle nord, à proximité de l'étoile polaire, son équateur céleste et son pôle sud. Le plan de projection sera le plan de l'équateur. C'est sur ce plan que l'on trace le résultat de la projection.

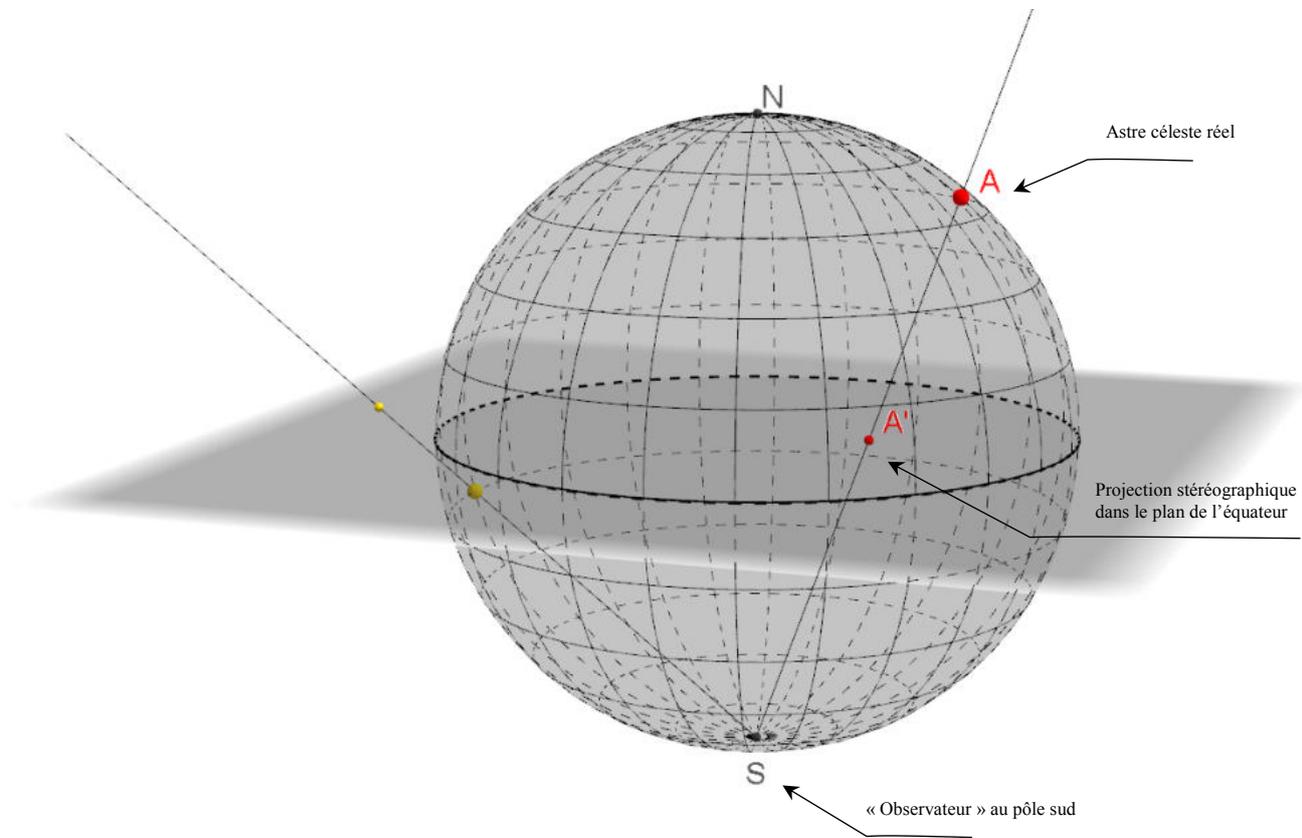


fig. 9 – Projection stéréographique de pôle sud

La projection stéréographique utilisée dans les astrolabes, est dite de pôle sud, car toutes les droites de projection sont tirées à partir du pôle sud. Afin de mieux comprendre cette projection, on peut considérer qu'on place l'œil à l'extérieur de la sphère au niveau du pôle sud et que ce que l'on représente sur le plan de l'équateur est ce que voit cet œil de la sphère céleste. L'astre A est représenté en A' sur le plan de l'équateur de telle sorte que les points A et A' sont alignés avec le pôle sud. Plus un astre est proche du pôle sud et plus sa projection s'éloigne du centre du plan de l'équateur. Aussi l'astrolabe sera limité, au sud, par le tropique du Capricorne.

3. Description de l'astrolabe

L'astrolabe possède principalement trois éléments...

L'araignée

représente la projection de la voûte céleste. Cette partie est mobile et peut tourner autour de l'axe central de la matrice.

Le tympan

représente la projection de la sphère locale. On y voit des lignes qui permettent de repérer la position des étoiles, de la lune, du soleil. Le tympan est fixe. Il faut un tympan pour chaque latitude.



fig. 10 – Pièces d'un astrolabe

La pièce sur laquelle reposent les autres parties de l'astrolabe est la **matrice** ou **mère**. Sa face est creusée pour recevoir les tympan. Le **bord est gradué en 24h**.



fig. 11 – Astrolabe assemblé

4. Les origines grecques

« Le principe de l'astrolabe repose, comme nous l'avons vu, sur le procédé mathématique de la projection stéréographique de la sphère céleste sur le plan de l'équateur. Cette projection est certainement due à Apollonios de Perge, mathématicien du III^e siècle av. J.-C., mais c'est le grand astronome Hipparque qui, vers 150 av. J.-C., la perfectionna et l'utilisa en astronomie. On attribue parfois l'invention de l'astrolabe à Ptolémée, vers 150 ap. J.-C., mais ce qu'il nomme astrolabon organon dans *l'Almageste* correspond à une sphère armillaire. En revanche, dans un autre texte de Ptolémée, le *Planisphaerium*, est décrit un planisphère rotatoire qui peut être considéré comme une forme primitive d'astrolabe. Il manque encore deux idées essentielles : ajouter la carte stellaire pour qu'elle devienne araignée et ajouter un élément de visée au dos, l'alidade à pinnules. La première trace quasi certaine d'un traité de l'astrolabe correspond à celui, au IV^e siècle, de Théon d'Alexandrie. »

Dutarte Philippe, *Les instruments de l'astronomie ancienne : de l'Antiquité à la Renaissance*, Paris, Editions Vuibert, 2006, p. 117.

5. L'apport des savants arabes

« L'astrolabe fut introduit dans le monde islamique au VII^e siècle, à travers les traductions des textes grecs. Un auteur arabe du X^e siècle affirme que le premier astronome arabe qui fabriqua un astrolabe est Muhammad al-Fazari, qui vivait à Bagdad dans la seconde moitié du VIII^e siècle. Il écrivit un ouvrage sur la sphère armillaire et un autre sur l'utilisation de l'astrolabe. Cet instrument connut un très grand succès dès le IX^e siècle, où l'on fabriquait déjà de véritables chefs-d'œuvre. Le monde musulman se distingue en effet alors des autres civilisations par ses besoins d'une mesure précise du temps et des phénomènes astronomiques, l'astrolabe permettant, en particulier, de déterminer les heures des prières. Les Arabes en perfectionnèrent le principe pour s'orienter dans le désert ou trouver la direction de La Mecque. Le dos de l'instrument, laissé presque libre, sera complété par des tables ou des abaques, pour les calculs trigonométriques ou calendaires, et par un « carré des ombres ». Le carré des ombres permet une utilisation de l'astrolabe à des fins topographiques pour mesurer des distances inaccessibles. Enfin, l'astrologie fut également une des principales utilisations de l'astrolabe et une des raisons de son développement, comme du développement de l'astronomie. »

Dutarte Philippe, *Les instruments de l'astronomie ancienne : de l'Antiquité à la Renaissance*, Paris, Editions Vuibert, 2006, p. 120.

Deuxième partie – Le cadran-astrolabe de la cité administrative de Strasbourg

La société Ungerer, installée à Strasbourg, est issue d'une longue tradition horlogère. L'entreprise strasbourgeoise d'horlogerie a été fondée en 1858 par Albert et Auguste Théodore Ungerer. Ils succèdent à Jean-Baptiste Schwilgué et à son fils Charles Schwilgué. Jean-Baptiste Schwilgué (1776-1856) a transformé et entretenu, de 1838 à 1843, l'horloge astronomique de la cathédrale de Strasbourg. Par la suite, de 1858 jusqu'en 1989, l'entretien de l'horloge astronomique sera assuré par l'entreprise Ungerer. Réputée, l'entreprise s'engage alors dans la réalisation d'horloges astronomiques monumentales, en France mais également à l'étranger.

Présentons rapidement quelques chefs d'œuvres de la société Ungerer...

En 1933, l'entreprise Ungerer construit la plus grande horloge astronomique du monde dans la cathédrale de Messine. Puis en 1952, la ville d'Oslo commande une horloge astronomique pour orner la façade de l'hôtel de ville. Cette horloge comporte un cadran bien curieux : il s'agit d'un cadran-astrolabe que nous allons décrire et expliquer.

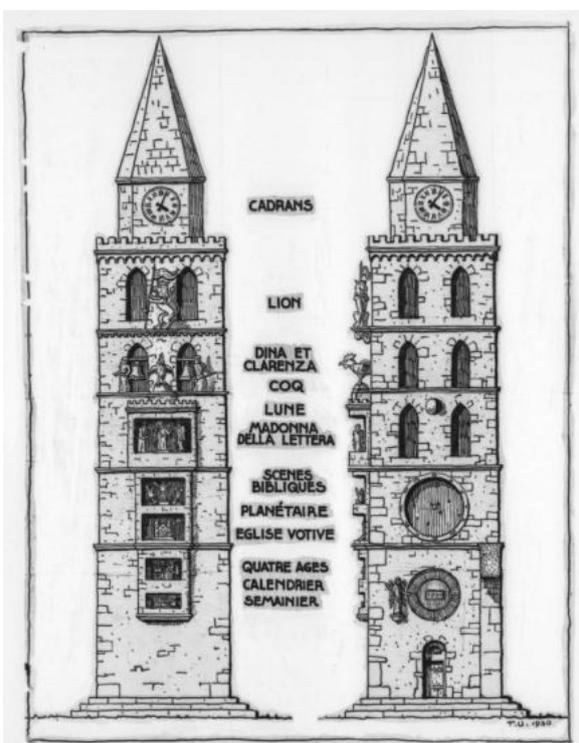


fig. 12 & 13 – Schéma réalisé par Théodore Ungerer en 1933 et photo de l'horloge de Messine



fig. 14 & 15 – Hôtel de ville d'Oslo avec son cadran-astrolabe

Intéressons-nous maintenant de plus près au cadran-astrolabe installé à Strasbourg...

Le 13 juin 1977, la ville de Strasbourg fait l'acquisition d'un tel cadran-astrolabe. Il est installé dans le hall d'accueil du nouveau centre administratif de la ville et de la communauté urbaine. Ce cadran est qualifié en son temps de « chef d'œuvre absolu ».



fig. 16 – Cadran astrolabe de la cité administrative de Strasbourg

L'astrolabe du Centre Administratif a été construit, sur proposition de M. François Herrenschmidt (Architecte des Bâtiments de France), par les Ets Ungerer dont le directeur technique était M Jean Boutry.

Les rouages ont été calculés et conçus par Henri Bach, ingénieur des Ets Ungerer. Henri Bach a également calculé et tracé la projection stéréographique du Safiha, que nous allons décrire par la suite, pour la latitude de 48 degrés, 35 minutes Nord, pour la ville de Strasbourg. Henri Bach a également rédigé une notice descriptive de l'astrolabe que nous allons largement utiliser pour expliquer cet astrolabe. La partie artistique est l'œuvre de Jacques Quinet, architecte esthéticien à Paris.

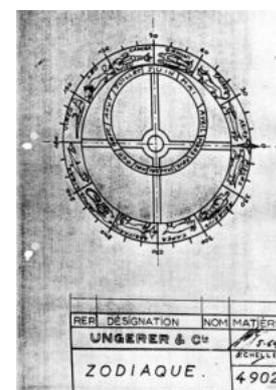


fig. 17 – Notice Ets Ungerer

Ce remarquable cadran permet d'obtenir de nombreuses informations. Il indique :

- L'heure officielle française sur le deuxième cadran, situé en arrière de l'astrolabe et visible sur le cliché ci-dessous (fig. 19).
- L'heure moyenne locale de la ville de Strasbourg ainsi que l'heure sidérale.

- Il montre également la position du soleil, de la lune (ainsi que les phases de cette dernière), les signes du zodiaque et les éclipses solaires et lunaires et la date approximative du jour.
- On observe au centre du cadran la terre. La représentation traditionnelle utilisée sur les astrolabes est bien respectée : il s'agit d'une vision géocentrique, c'est à dire vue de la terre, centre apparent immobile de l'univers. Cette représentation géocentrique n'a pas perdu tout intérêt. En effet, nous continuons à parler du lever du soleil et de la lune laissant l'impression, que notre terre est le centre immobile d'un univers, qui tourne autour ! Bien entendu, nous savons depuis Copernic qu'en réalité notre terre tourne autour du soleil. Nous avons appris que le soleil lui-même a perdu sa position de centre de gravité du monde et qu'il n'est plus que l'une des myriades d'étoiles de notre galaxie.



fig. 18 – Cadran astrolabe de la cité administrative de Strasbourg



fig. 19 – Cadran de 12h indiquant l'heure officielle - cité administrative de Strasbourg

Avant d'expliquer en détail ce cadran astronomique, afin d'en comprendre les multiples facettes, nous devons revoir quelques notions élémentaires de l'astronomie géocentrique...

1. Trajectoire apparente des étoiles

Quand nous regardons le ciel nocturne, il nous apparaît comme une immense sphère creuse étoilée, dont la terre représente le centre immobile. Cette sphère étoilée est animée d'un mouvement de rotation très lent autour d'un axe oblique (l'axe de rotation de la terre), qui passe par l'étoile polaire. Le sens de rotation est tel, que les étoiles se lèvent à l'est pour se coucher à l'ouest (voir illustration ci-contre).



fig. 20 – Ciel étoilé en rotation autour de l'étoile polaire

En y regardant de plus près, nous constatons que les mêmes étoiles reviennent exactement aux mêmes endroits chaque jour un peu plus tôt, exactement après 23 heures, 56 minutes et 4,09 secondes déjà, tandis que le soleil, qui nous contourne dans le même sens, met 24 heures pour revenir au même endroit, soit un retard de 4 minutes environ par jour sur les étoiles.

2. L'écliptique

Imaginons pour l'instant un soleil, qui ne soit pas plus lumineux que la lune. Nous pourrions alors constater son retard apparent sur les étoiles qui l'entourent et nous pourrions même constater que son retard atteindra un tour complet après 365 jours, 5 heures, 48 minutes et 48 secondes, « une année tropique », période après laquelle le soleil se lèvera à nouveau avec la même étoile qu'au début de nos observations. Admettons en plus, que **le soleil laisse dans son mouvement de retard une trace orange** dans le ciel étoilé, nous verrions ce cercle orange se fermer sur lui-même après l'écoulement de cette année tropique. Ce cercle orange est appelé **écliptique** : c'est la trajectoire apparente du soleil au cours d'une année.

Imaginons maintenant, que la terre soit coupée en deux demi-sphères, perpendiculairement à l'axe du monde, donc suivant son **équateur**, par un plan qui soit étendu jusqu'à la sphère étoilée, pour couper celle-ci suivant une **trace circulaire rouge**, "**l'équateur céleste**". Nous constaterions alors que le cercle orange, trace annuelle laissée par le soleil, coupera ce cercle rouge, l'équateur céleste, en deux endroits opposés du ciel étoilé et sous un angle de 23 degrés et demi environ.

La figure 21 montre ces deux cercles avec leurs points d'intersection. Le point d'intersection, tourné vers nous, est le point " **gamma** " : le soleil occupe cette position le jour du printemps, le 21 mars de chaque année. **Le cercle vert représente l'horizon local** (c'est à dire le plan horizontal local), correspondant au lieu où se situe l'observateur. L'axe de la terre « perfore » le ciel en deux points : les pôles célestes Nord et Sud. Cet axe de rotation, est incliné de telle sorte que le plan local soit horizontal. C'est le principe qu'on retrouve dans la sphère Armillaire.

Les anciens avaient subdivisé l'écliptique (cercle orange), orbite solaire apparente annuelle, en 12 signes zodiacaux; ce n'est donc point par hasard si notre année comprend douze mois. Avec l'invention des douze signes du zodiaque, le calendrier était né. Rappelons les constellations du zodiaque traversées au cours d'une année par le soleil : le bélier, le taureau, les gémeaux, le cancer, le lion, la vierge, la balance, le scorpion, le sagittaire, le capricorne, le verseau et les poissons.

Le schéma ci-dessous représente l'antique sphère armillaire que nous allons dans la suite projeter sur le plan de l'équateur pour obtenir le cadran-astrolabe.

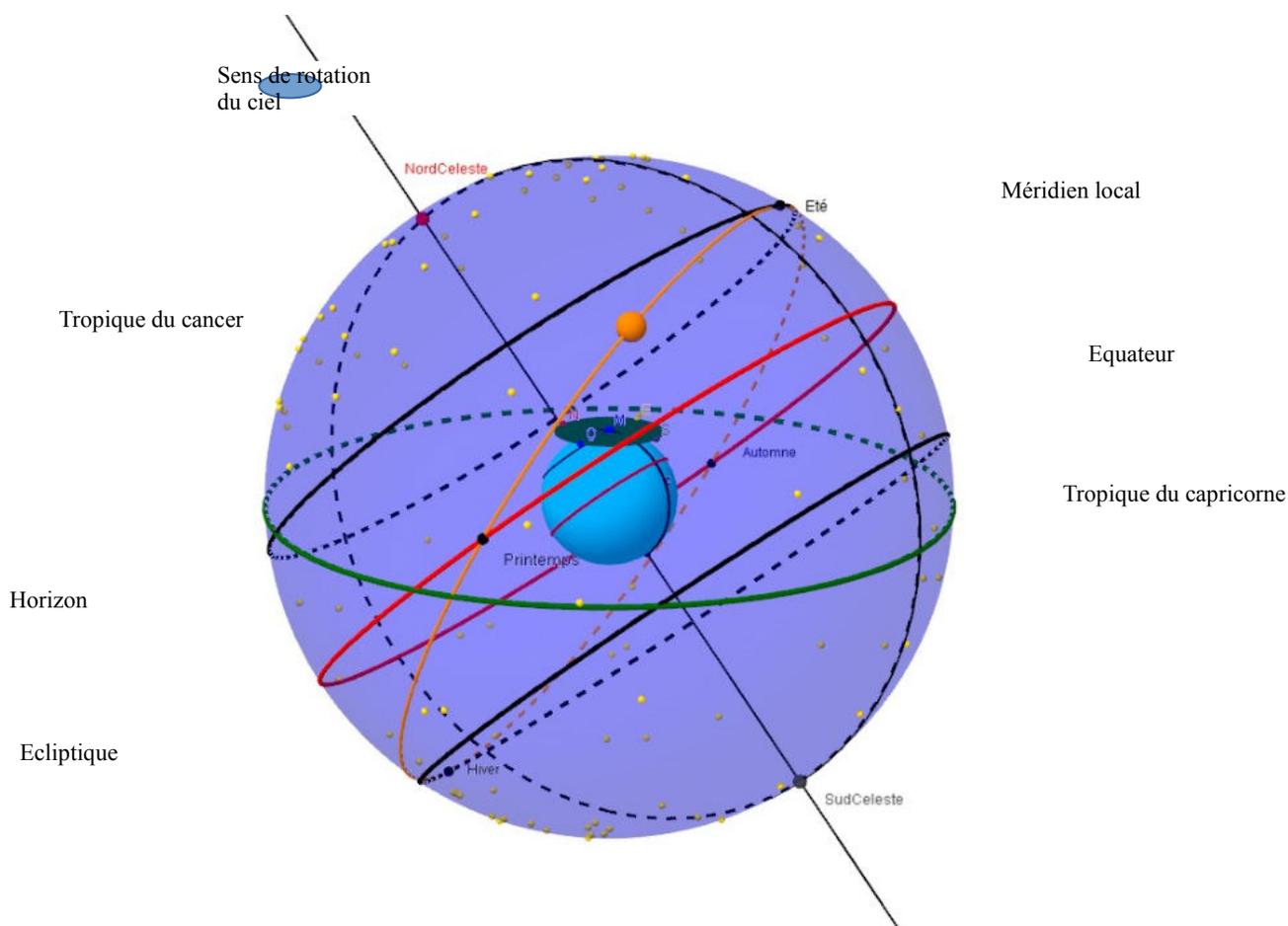


fig. 21 – Schéma d'une sphère armillaire

Lorsque le soleil se trouve au point gamma de sa trajectoire annuelle le long de l'écliptique, il tourne ce jour-là sur l'équateur céleste, ce sera le 21 mars, équinoxe du printemps. La durée du jour sera alors égale à la durée de la nuit. Lorsque trois mois plus tard, le 21 juin, commencement de l'été, le soleil entrera dans le signe du cancer, il nous contournera ce jour-là sur un cercle parallèle à l'équateur céleste, mais situé bien plus haut : le "tropique du cancer". Ce sera la plus longue journée de l'année avec la nuit la plus courte. A midi, le soleil occupera la position la plus haute de l'année. Trois mois plus tard, arrivé au point opposé du point gamma, nouvelle équinoxe, commencement de l'automne, le soleil nous contournera ce jour-là à nouveau sur l'équateur céleste; donc à nouveau égalité entre la durée du jour et de la nuit. Vers Noël enfin, le 21 décembre, entrée du soleil dans le signe du capricorne, l'astre du jour, nous contourne sur un cercle parallèle à l'équateur, mais situé bien plus bas que celui-ci, le tropique du capricorne. La journée sera la plus courte, la nuit la plus longue de l'année.

3. La lune

La lune notre satellite naturel, nous contourne dans le même sens que les étoiles et le soleil, (c'est évident, puisque en réalité c'est la rotation diurne de la terre qui détermine ces mouvements apparents), mais elle perd un tour complet sur le soleil en 29 jours, 12 heures, 44 minutes et 3 secondes : Un mois synodique.

Comme c'est le soleil qui éclaire la lune, ce mouvement différentiel provoque les phases lunaires bien connues. Si la trajectoire lunaire autour de la terre était décrite dans le même plan que la trajectoire apparente annuelle du soleil autour de la terre, (plan de l'écliptique), la lune passerait par l'ombre de la terre à chaque pleine lune et elle passerait devant le soleil à chaque nouvelle-lune. Nous aurions alors droit, chaque mois, à une éclipse lunaire, suivie une quinzaine de jours après, d'une éclipse solaire. Or ces deux trajectoires occupent deux plans qui se croisent sous un angle de 5 degrés environ en moyenne. Ces deux plans se coupent dans la ligne des nœuds, comme le montre la figure ci-dessous. Sur cette ligne des nœuds, on distingue le nœud ascendant "A" et le nœud descendant "D".

Ainsi les éclipses ne pourront avoir lieu que si le soleil et la pleine lune sont en opposition sur cette ligne des nœuds (éclipse lunaire), ou si le soleil et la nouvelle lune se trouvent en conjonction soit au nœud ascendant ou au nœud descendant (éclipse solaire).

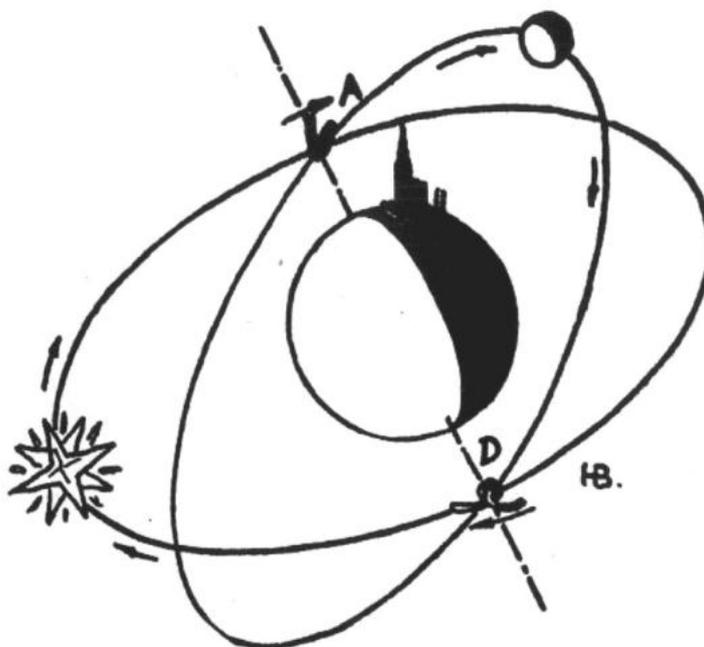


fig. 22 – Ligne des nœuds : intersection des orbites solaire et lunaire

Ce qui complique un peu les choses, c'est le fait que cette **ligne des nœuds est animée d'un mouvement de précession** relativement rapide. Le nœud ascendant et le nœud descendant reculent de façon à parcourir tous les signes du zodiaque en 6 793 jours et 12 heures, soit environ 18,6 années. Ainsi, puisque notre cadran-astrolabe doit montrer les éclipses, ce mouvement de précession de la ligne des nœuds ne peut pas être négligé, contrairement à la précession des équinoxes.

4. Le tympan du cadran-astrolabe

Rappelons-nous que le cadran-astrolabe possède un **tympan fixe** devant lequel se déplacent des éléments mobiles. Lorsque nous observons le ciel nous pouvons projeter sur la voûte céleste, grâce à notre imagination, **un réseau de lignes** (fig. 23 & 24) semblable à celui que nous traçons à la surface d'un globe terrestre. Ce réseau forme une **grille** qui nous permet de repérer les positions des étoiles.



fig. 23 – Vision du ciel sans repère

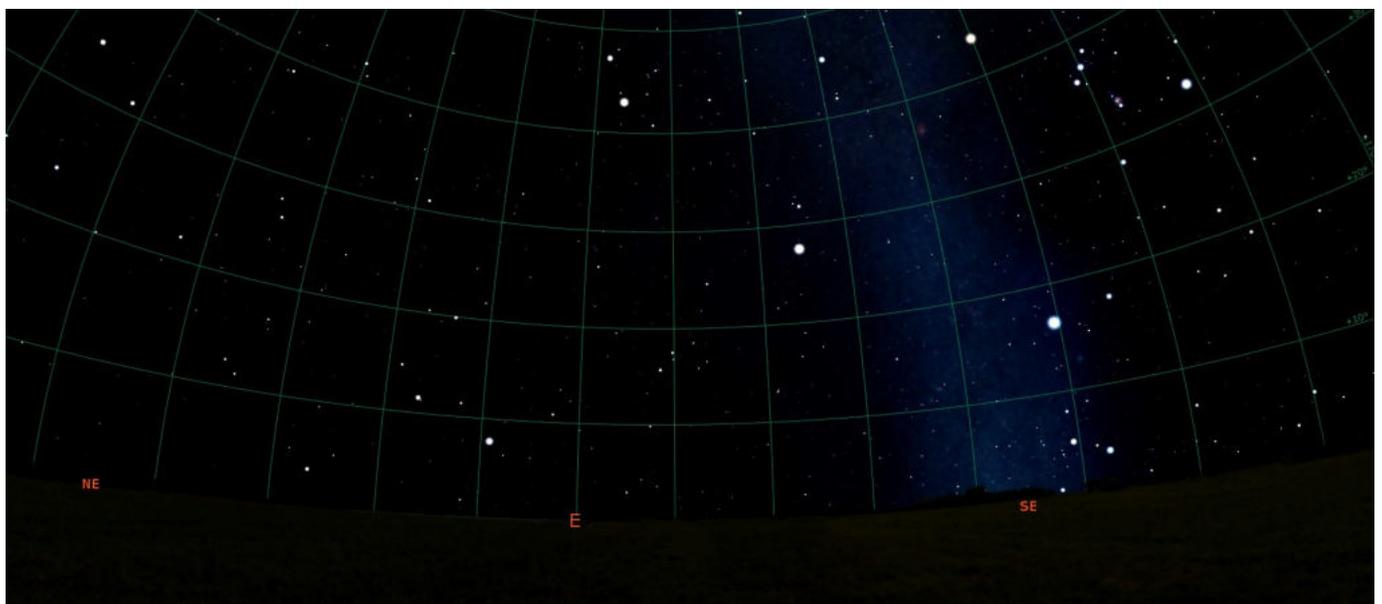


fig. 23 - Ciel muni d'une « grille » permettant de repérer les positions des astres en hauteur et en azimuth.

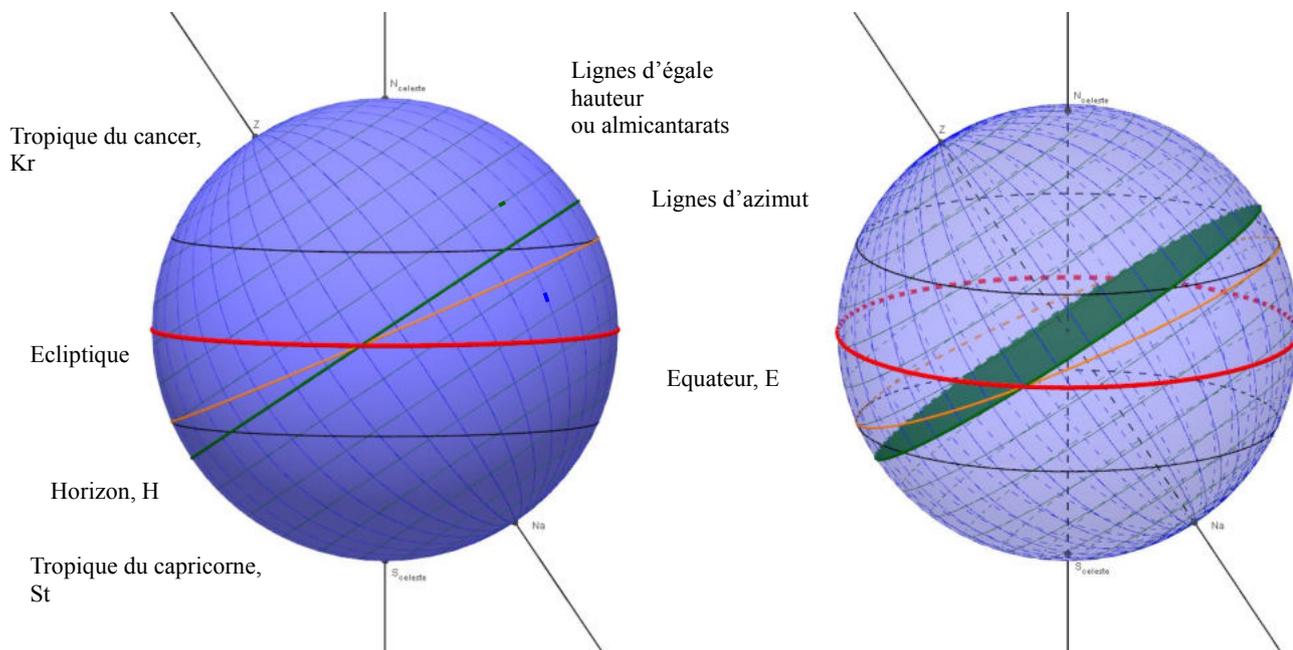


fig. 24 - Ciel muni d'une « grille » locale, permettant de repérer les positions des astres en hauteur et en azimuth.

Venons-en au cadran-astrolabe. Cette **grille** dont nous avons parlé plus haut, ainsi que **l'équateur céleste** et **les tropiques** doivent être projetés sur un plan, le plan du cadran. Pour la réalisation de l'astrolabe de Strasbourg, la maison Ungerer a choisi la projection stéréographique polaire à point de vue boréal (projection de pôle nord), telle qu'elle est expliquée sur la figure 25.

Soit la sphère céleste, avec son pôle nord $N_{\text{céleste}}$ et $S_{\text{céleste}}$ son pôle sud. Soit Z le zénith du lieu et Na son opposé, le nadir. **L'axe Z - Na est donc la verticale** passant par le lieu considéré, par exemple Strasbourg. Nous remarquons que l'axe $N_{\text{céleste}}S_{\text{céleste}}$ est vertical alors que l'horizon H (cercle vert) est incliné suivant la latitude de l'observateur.

Le cercle E (en rouge) est **l'équateur céleste**, et les cercles Kr et St sont **les tropiques** (en noir épais) du cancer et du capricorne, (Trajectoire du soleil la plus élevée et la plus basse). La verticale passant par Strasbourg Z - Na fait un **angle de 48 degrés 35 minutes** avec l'axe du monde $N_{\text{céleste}}S_{\text{céleste}}$. C'est la **latitude** du lieu. Le cercle H (en vert) est l'horizon pour cette latitude.

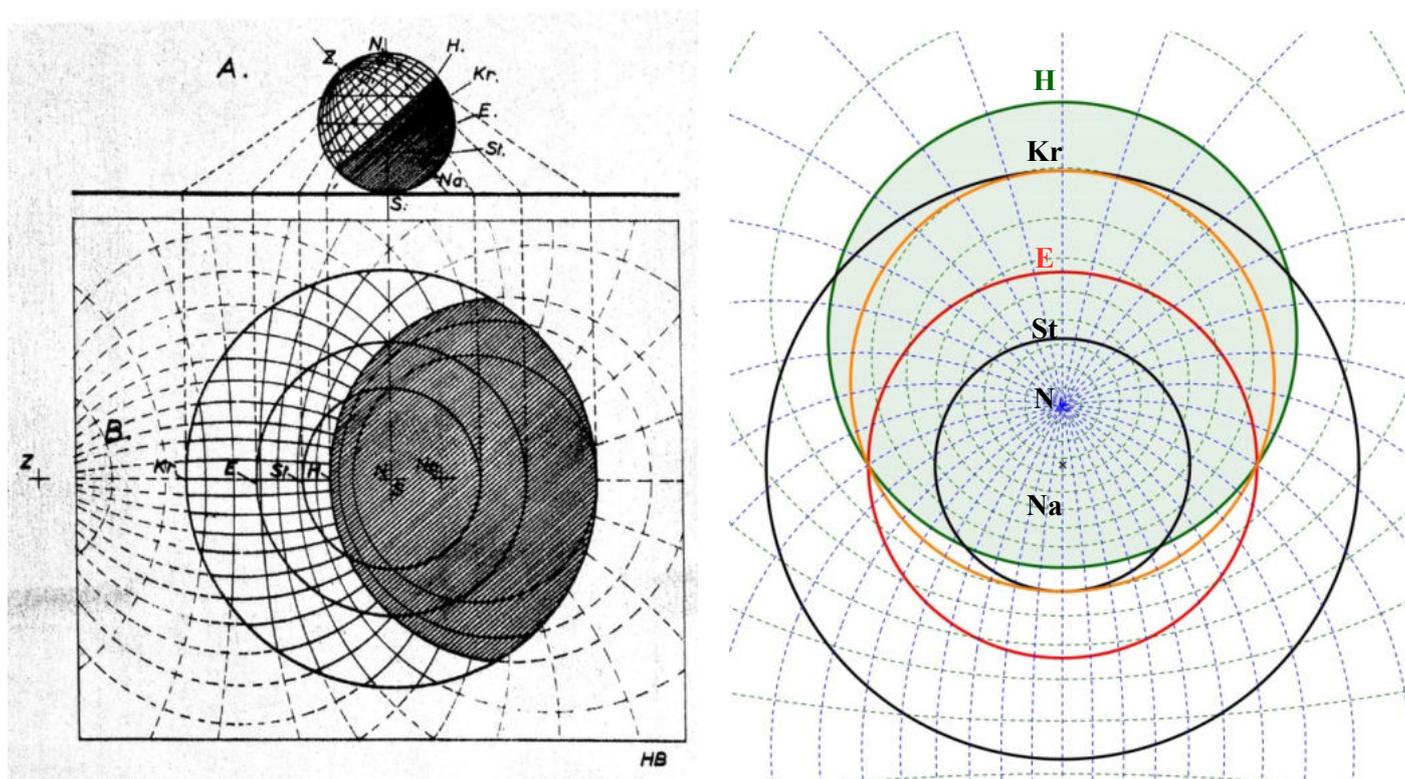


fig. 25 & 26 – Tracé du tympan – Notice Ets Ungerer & schéma géogebra

Au-dessus de l'horizon et parallèles avec lui, sont tracées des **cercles d'égale hauteur** de 10 en 10 degrés (en pointillés verts). On les nomme les **almicantrats**. Perpendiculairement à l'horizon sont tracés des **cercles verticaux** (en pointillés bleus), passant par le zénith et donnant les **azimuts** de 10 en 10 degrés également.

Supposons cette sphère céleste A, construite en cercles de fil de fer, soudés ensemble. Posons cette corbeille à salade sur une planche à dessin, le pôle Sud en bas et fixons au pôle Nord une source de lumière ponctuelle. (ampoule de lampe de poche). Le tout étant placé dans l'obscurité, l'ampoule étant allumée, on verra sur la planche à dessin apparaître le tracé B que nous avons rabattu vers le bas de la figure 25. C'est la **projection stéréographique polaire à point de vue boréal du ciel de Strasbourg**, avec sa ligne de l'horizon, ses almicantrats et ses verticaux.

L'horizon H sépare sur notre cadran la partie visible du ciel de la partie invisible, hachurée sur le dessin. Le tropique-du cancer est le pourtour, extérieur du tracé, trajectoire diurne la plus élevée du soleil. le cercle concentrique E est l'équateur céleste, trajectoire diurne du soleil aux équinoxes. Le cercle concentrique intérieur, St est le tropique du capricorne, trajectoire la, plus basse du soleil.

Bien entendu, la projection stéréographique des cadrans-astrolabes Ungerer n'est pas obtenue par un tel procédé optique expérimental, mais par des équations mathématiques et bien entendu pour la latitude demandée.

Cette projection stéréographique polaire fournira le fond fixe de notre cadran-astrolabe. Ce fond fixe est le **tympan** aussi appelé **safiha**. La partie gauche du dessin étant orientée vers le haut. Ainsi la partie visible du ciel se trouvera au-dessus de l'horizon. L'équateur céleste sera à moitié visible et à moitié invisible (la durée du jour égale la durée de la nuit aux équinoxes).

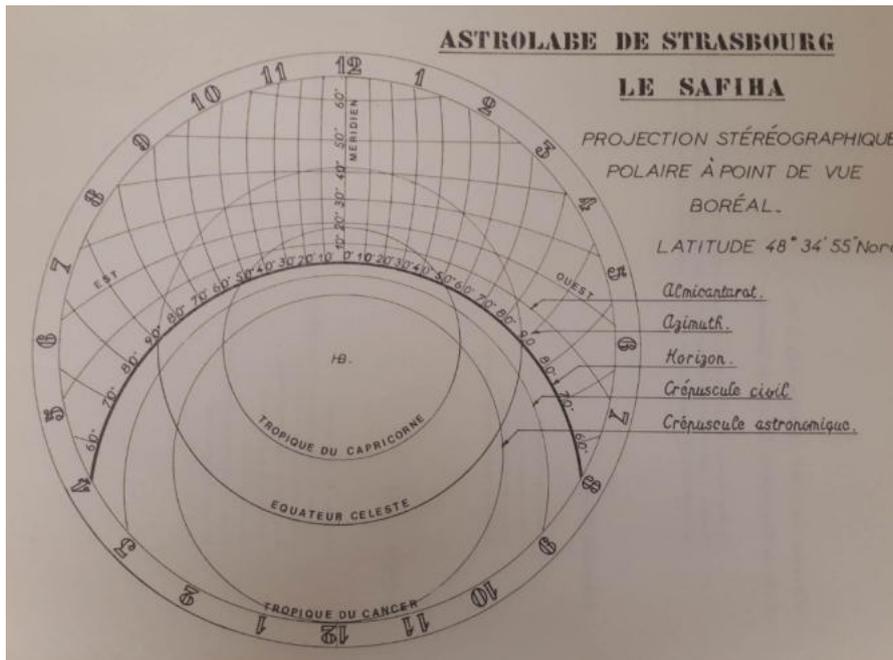


fig. 27 – Tracé du tympan ou Safiha

5. Les éléments mobiles tournants

5.1 L'araignée

Devant ce fond fixe, tournera l'**araignée** figure 28, qui représente la **projection du ciel étoilé** et qui fera donc un tour en 23 heures, 56 minutes et 4,090 secondes dans le sens des aiguilles d'une montre. Cette araignée comporte un cercle excentré, dont le bord extérieur représente l'**écliptique**, la trace orange dont il était question plus haut, projetée dans le plan du cadran, suivant cette même projection stéréographique déjà vue. Les douze signes du zodiaque, pour être bien visibles, sont reportés sur un cercle concentrique extérieur. Les douze mois de l'année peuvent être inscrits directement sur la couronne excentrée de l'écliptique.

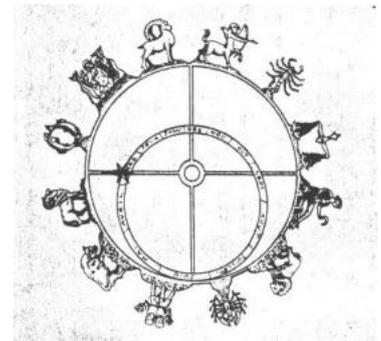


Fig. 28 – L'araignée

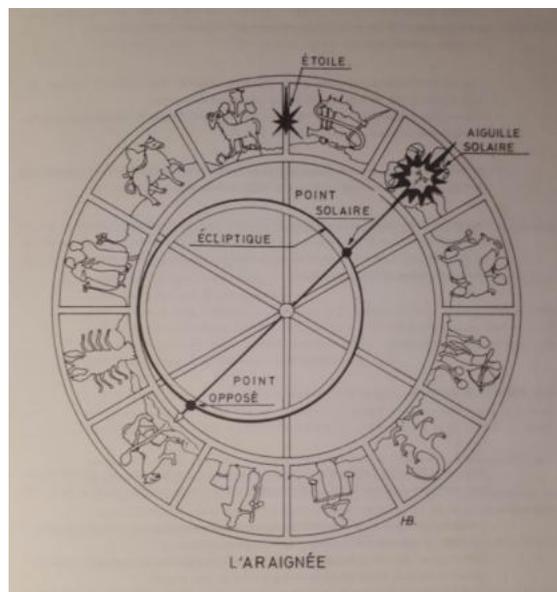


fig. 29 – L'araignée & l'aiguille solaire

5.2 L'aiguille solaire

Si devant cette araignée, qui fait un tour en 23 heures,56 minutes et 4,09 secondes, nous faisons tourner dans le même sens une **aiguille solaire**, faisant un tour en un jour civil de 24 heures, le point d'intersection de la tige effilée de cette aiguille solaire avec le bord extérieur de l'écliptique va parcourir, en reculant, toute l'écliptique en 365 jours, 5 heures, 48 minutes et 48 secondes. Ce point que nous nommerons "**Point Solaire**" représente de ce fait dans le système de courbes de notre cadran, à tout moment du jour et de la nuit, la position du soleil dans le ciel du lieu considéré, et ceci pendant toutes les saisons de l'année. Aussi bien en hauteur, qu'en direction. Ce point solaire va parcourir le 21 juin le tropique du cancer, il va parcourir le 21 mars et le 21 septembre l'équateur céleste et au 21 décembre le tropique du capricorne.

En même temps, **le disque flamboyant doré de l'aiguille solaire indique l'heure moyenne locale sur un cadran concentrique de deux fois douze heures et sur le pourtour de l'araignée,le signe du zodiaque occupé par le soleil.**

5.3 L'aiguille lunaire

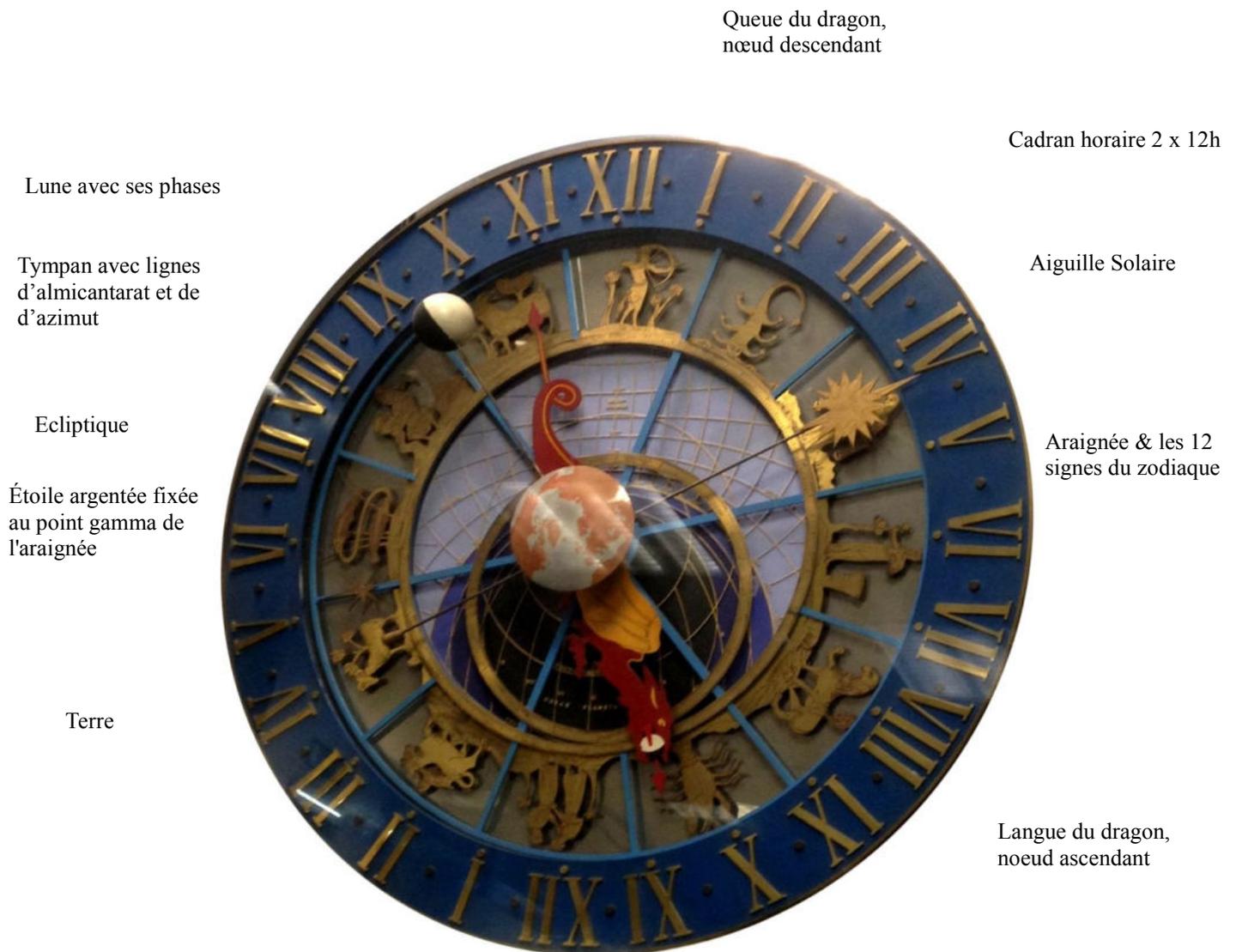
Une **aiguille lunaire** tourne dans le même sens, en perdant un tour sur l'aiguille solaire en un mois synodique de 29 jours, 12 heures, 44 minutes et 3 secondes. Elle porte à son extrémité **un petit globe lunaire** mi-argenté, mi-noir, indiquant la phase lunaire. Au centre, une **calotte sphérique représente la terre** et cache une paire de pignons coniques, qui provoquent, en mouvement différentiel entre l'aiguille solaire et l'aiguille lunaire, la rotation de cette sphère autour d'elle même dans cette même période d'un mois synodique, de sorte qu'elle tourne toujours sa face argentée vers le disque solaire, comme si elle était éclairée par ce dernier. Ainsi, lorsque la sphère lunaire passe devant le disque solaire, elle nous montre sa face noire; c'est la nouvelle lune. (Conjonction). En opposition avec le disque solaire, par contre, elle nous montre sa face argentée, c'est la pleine lune. Entre ces deux positions extrêmes, **la petite sphère montre les phases intermédiaires lunaires** d'une façon parfaitement naturelle.

5.4 L'aiguille du dragon

Finalement, une aiguille double, **l'aiguille du dragon**, tourne dans le même sens que les autres mobiles, mais en gagnant un tour sur l'araignée en 6 793 jours et 12 heures, indiquant ainsi la position de la **ligne des nœuds** dans l'écliptique. **La langue du dragon** montre la position du nœud ascendant. **La queue du dragon** montre la position du nœud descendant. Ainsi lorsque la pleine lune (opposition), ou la nouvelle lune (conjonction), ont lieu sur l'aiguille du dragon, alors seulement il y a éclipse de lune dans le premier, et éclipse de soleil dans le second cas.

Bien entendu, l'aiguille solaire et l'aiguille lunaire de notre cadran-astrolabe, indiquent les positions du soleil moyen et d'une lune moyenne, car le respect de leurs anomalies demanderait un mécanisme très compliqué et très coûteux. Les rouages de l'astrolabe Ungerer sont calculés avec une telle précision, que l'horloge étant tenue à l'heure, l'erreur du mouvement sidéral (araignée) n'atteint qu'une seconde en 8 années, celle de l'aiguille du dragon 2,2 secondes par an et celle de l'aiguille lunaire 3,08 secondes par an. Comme il s'agit d'un cadran de 24 heures, ces défauts se noient dans le jeu normal des engrenages et ne seront guère perceptibles après une période de 100 ans...

L'astrolabe de la cité administrative de Strasbourg



Crédits photographiques

- © Geneviève Boutry (couverture)
- © Musée du Temps, Laurence Reibel : n°16, n°18, n°19, n°31 © Musée du Temps, Pierre Guenat : n°2, n°3, n°5 © musée du Temps : n°4
- © Dantor [CC BY-SA <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>] : n°6
- © Classiccardinal [CC BY-SA <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>] : n°8
- © Logiciel GéoGebra, Stéphane Verjux : n°9, n°21, n°24, n°26
- © Logiciel Stellarium : n°23
- © Evan Bench [<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.fr>] : n°10
- © Archives départementales du Bas-Rhin : n°12 (73J644)
- © <http://www.patrimoine-horloge.fr> : n°13, n°15
- © Archives de l'entreprise Ungerer : n°17, n°22, n°23, n°25, n°27, n°28, n°29, n°30
- © Steve Ryan, Stars around Polaris - Day 62 [<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/deed.fr>] : n°20
- © https://en.wikimedia.org/wiki/Public_domain : n°7
- © Sage Ross [Creative Commons CC-BY-SA-3.0] : n°11
- © Jean Paul Alandry [<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.fr>] : n°14

Bibliographie

- Centre administratif de la ville et de la communauté urbaine de Strasbourg, *L'astrolabe*, brochure imprimée, 7 p.
- Comité de Liaison des Enseignants et Astronomes (CLEA), *Les Cahiers Clairaut*, n°144, hiver 2013.
- Dutarte Philippe, *Les instruments de l'astronomie ancienne : de l'Antiquité à la Renaissance*, Paris, Editions Vuibert, 2006, 294 p.
- Entreprise Ungerer, *Une horloge à la mesure des étoiles*, années 1980.
- Entreprise Ungerer, Notices relatives au fonctionnement des astrolabes Ungerer, 73J149, Archives départementales du Bas-Rhin.
- <http://www.patrimoine-horloge.fr/index.html>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Astrolabe_planisph%C3%A9rique