



Notes sur le "commentariolus"

TEXTES

Pierre Lerich

Un mince manuscrit de six pages distribué à quelques amis : c'est le "Commentariolus" premier texte connu de Copernic, écrit peut-être vers 1512, peut-être vers 1535 (c'est l'opinion de Dreyer¹), des années en tout cas avant la parution en 1543 de l'oeuvre immortelle : "Des révolutions des orbes célestes".

Ces quelques pages contiennent toute l'astronomie future. Le passage choisi définit (sans aucune démonstration) les trois mouvements simultanés dont la Terre est animée.

1 - En même temps qu'il affirme sa thèse révolutionnaire (mouvement orbital de la Terre), Copernic maintient le dogme traditionnel du mouvement circulaire uniforme ("arcs égaux dans des temps égaux"). Depuis l'antiquité, les astronomes expliquent les avances et les retards du Soleil par rapport à son mouvement moyen par un décentrement du cercle parcouru : c'est le système de l'excentrique qui s'applique aussi bien avec la Terre au centre qu'avec le Soleil au centre, en donnant de bons résultats. La 25^e partie du rayon (la 24^e selon Ptolémée), correspond à 0,04, le rayon étant l'unité. Plus tard dans "Révolutions" ce nombre est ramené à 0,032 ; la meilleure approximation possible aurait été 0,034 : le double de l'excentricité de l'ellipse réelle : 0,017. En effet, la raison en est simplement que Copernic fait se déplacer la Terre à vitesse constante alors que pour Kepler la vitesse au périhélie est plus grande (deuxième loi de Kepler).

Mettre le Soleil au centre n'améliore pas les résultats numériques, qui étaient déjà satisfaisants au moins pour la Terre et le Soleil, mais c'est un progrès qualitatif considérable.

2 - Sous la coupole du planétarium, il est très facile de savoir si on est au centre ou quelque part sur un rayon. Par exemple, si on n'est pas au centre, les deux étoiles des Gémeaux, Castor et Pollux, vont se rapprocher ou s'écarter l'une de l'autre suivant la rotation diurne des constellations autour de la coupole.

Mais si on agrandit le planétarium jusqu'aux dimensions de l'Univers cet effet disparaît, on ne peut plus se situer et toute la difficulté de l'astronomie vient de là, comme Ptolémée l'avait déjà bien compris. A cause de la petite dimension de l'orbe terrestre (ou solaire), on ne peut donc pas savoir lequel des deux est au centre.

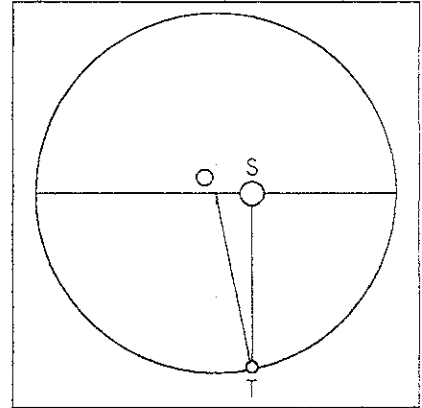
Le Capricorne et le Cancer sont des signes conventionnels (degrés 270 à 300, 90 à 120, du zodiaque). Quand Copernic veut parler de la constellation et non du signe, il précise : par exemple, quelques lignes plus bas, "la tête des Gémeaux". En pratique, on ne peut pas confondre 5° du Taureau (i.e. 35° de longitude céleste) et "l'Oeil du taureau" (i.e. l'étoile Aldébaran). Newton procédait encore ainsi et c'est Laplace qui a mis fin à cet usage archaïque.

Copernic. Commentariolus Des mouvements apparents relatifs au soleil

1 - La terre est mue circulairement d'un triple mouvement. Par le premier, elle tourne en un an, suivant l'ordre des signes, sur un grand orbe autour du soleil, décrivant toujours des arcs égaux dans des temps égaux : le centre de cet orbe est éloigné du centre du soleil d'une distance égale à la 25^e partie du rayon de l'orbe. **2** - Donc, puisque l'on admet que le rayon de cet orbe a une longueur insensible comparée à la hauteur de la sphère des étoiles, il s'ensuit que le soleil semble mû circulairement par ce mouvement, comme si la terre était placée au centre du monde, alors que pourtant ce phénomène résulte non pas du mouvement du soleil mais plutôt du mouvement de la terre, si bien que, par exemple, lorsque celle-ci est dans le Capricorne, le soleil est vu diamétralement opposé dans le Cancer, et ainsi de suite. **3** - Le soleil semblera aussi se mouvoir non uniformément avec ce mouvement, du fait de la distance qui le sépare du centre de l'orbe, comme on l'a déjà dit, d'où il résulte une équation maximale de $2 \frac{1}{6}^\circ$. **4** - D'autre part, le soleil s'écarte du centre du grand orbe en direction d'un point de la sphère des étoiles invariablement distant de 10° environ, à l'ouest, de la plus lumineuse des deux étoiles étincelantes de la tête des Gémeaux. Le soleil est donc vu à sa plus grande distance de la terre lorsque celle-ci se trouve au lieu opposé à ce point [de la sphère des étoiles], et que le centre de l'orbe est entre le soleil et la terre. **5** - Et par cet orbe, en vérité, ce n'est pas seulement la terre, mais en même temps tout ce qui est inclus dans l'orbe lunaire, qui est mû circulairement. **6** - Le deuxième mouvement de la terre est le mouvement de révolution diurne qui appartient tout à fait en propre à la terre et qui s'effectue autour de ses pôles selon l'ordre des signes, c'est-à-dire vers l'est : par ce mouvement le monde entier semble emporté dans un tourbillon impétueux. Ainsi donc la terre tourne avec, autour d'elle, l'eau et l'air tout proche. **7** - Le troisième mouvement est le mouvement en déclinaison. En effet, l'axe de la révolution diurne n'est pas parallèle à l'axe du grand orbe, mais il est incliné sur lui d'environ $23 \frac{1}{2}^\circ$ à notre époque. Par suite, tandis que le centre de la terre demeure toujours dans le plan de l'écliptique, c'est-à-dire sur la circonférence d'un cercle du grand orbe, ses pôles exécutent un mouvement de rotation, décrivant l'un et l'autre des petits cercles autour de centres [situés sur une ligne se déplaçant] parallèlement à l'axe du grand orbe. Et ce mouvement a une période de révolution d'un an à peu près, presque égale à celle du grand orbe. De fait, l'axe du grand orbe conserve par rapport à la sphère des étoiles une orientation invariable, en direction des points appelés pôles de l'écliptique. De même, le mouvement en déclinaison, combiné avec le mouvement de l'orbe, maintiendrait les pôles de la révolution diurne toujours dirigés vers les mêmes points du ciel, si ces mouvements avaient des périodes de révolutions exactement égales. **8** - Mais, en réalité, il a été montré, sur un long intervalle de temps, que la position [de l'axe] de la terre change par rapport aux configurations des étoiles fixes, et, pour cette raison, il a semblé à la plupart des astronomes que la sphère des étoiles elle-même est mue de quelques mouvements, dont la loi n'était pas encore bien comprise. Mais il est moins étonnant de faire résulter tous ces phénomènes du mouvement de la terre. **9** - A quoi sont rattachés les pôles, il ne m'appartient pas de le dire. Je vois bien, dans des matières plus communes, qu'une aiguille de fer frottée à un aimant tend toujours à s'orienter vers une même région du monde. Pourtant, il m'a semblé préférable de penser que ce mouvement de la terre est produit par quelque orbe, dont le mouvement entraîne les pôles eux-mêmes, et qui devra sans nul doute se trouver sous l'orbe de la lune.

Extrait de Textes Essentiels. Astronomie et astrophysique. JP Verdet.
Larousse, (p 193-194).

3 - L'équation maximale est l'écart angulaire maximal du Soleil vrai par rapport au Soleil moyen. La valeur $2^\circ \frac{1}{6}$, trop grande, est corrigée dans "Révolutions" qui propose, à la suite de plusieurs auteurs, diverses valeurs proches de la valeur correcte : $1^\circ 55'$.



L'équation est maximale quand la Terre est en T. On a alors :

$$\sin \text{OTS} = \text{OS} / \text{OT} = 1 / 25$$

D'où $\text{OST} \sim 2,3^\circ$.

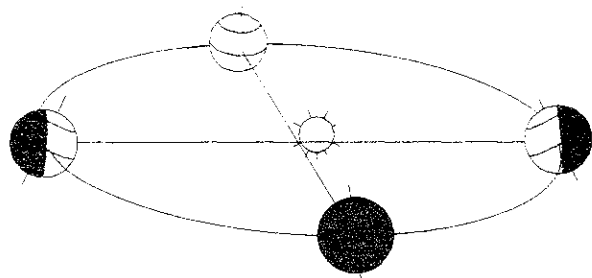
4 - La longitude du périhélie de la Terre est actuellement de 103° . La longitude écliptique de Pollux (β Gémeaux) est de 113° . Donc le périhélie est bien à 10° environ à l'ouest de Pollux. C'est avantageux de rapporter la longitude du périhélie (ou un autre angle) à une étoile fixe et non au point vernal car la valeur donnée échappe à la précession des équinoxes et reste valable beaucoup plus longtemps (mais pas éternellement).

5 - La Terre emporte dans sa révolution annuelle l'air, l'eau, les nuages, les oiseaux, les cailloux lancés en l'air ou lâchés du haut d'une tour etc... C'est la réponse à une objection archi-classique, remontant à Aristote et à Ptolémée. Il faut admettre cela pour entrer dans la "nouvelle astronomie".

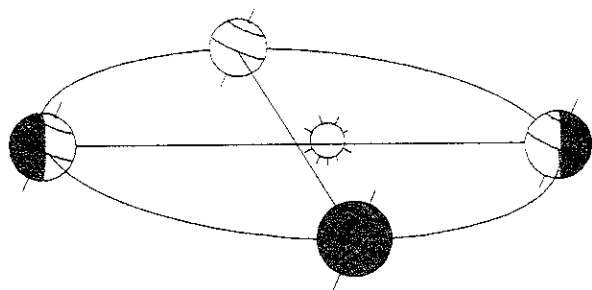
6 - La remarque précédente s'applique aussi au mouvement diurne. Avec une valeur acceptable du rayon terrestre, connue depuis l'Antiquité, il était facile de calculer la vitesse linéaire du déplacement d'un point de la Terre due au mouvement diurne : c'était la vitesse d'un boulet de canon, d'où l'idée d'un vent épouvantable, sauf si la Terre entraîne la couche d'air qui l'entoure.

7 - En "inventant" ce troisième mouvement, le but de Copernic est de maintenir l'axe de la Terre dans une direction à peu près constante. Pour Jacques Gapaillard², la raison de ce mouvement supplémentaire réside dans la croyance de Copernic en la matérialité des orbes célestes. Quand on essaie de construire un système solaire mécanique, on fixe la Terre sur un bras Soleil-Terre et il faut faire tourner l'axe de la Terre par rapport à ce bras pour qu'il garde une direction fixe dans l'espace. Ce n'est qu'une question de référentiel : ce troisième mouvement est mesuré par rapport à l'axe Soleil Terre et non par rapport aux étoiles.

Pour que l'étoile polaire reste bien au-dessus du pôle nord terrestre pendant que la Terre effectue sa révolution annuelle, il faut, selon Copernic, que l'axe de la Terre tourne en sens inverse de la révolution annuelle et de la même quantité. Par exemple, si la Terre en un mois a parcouru 30° de son orbite, il faut que le pôle nord ait tourné de 30° en sens inverse pour rester aligné sur la polaire. D'où ces deux "petits cercles" des pôles terrestres nord et sud autour de points situés eux-mêmes sur des cercles parallèles au "grand orbe". ce sont donc des épicycles et ce mouvement est expliqué de la même façon que celui des planètes, avec des combinaisons de cercles et d'épicycles. L'idée d'un axe de rotation restant parallèle à lui-même a paru inacceptable à Copernic parce que trop différent de tous les autres mouvements du système. C'est l'explication donnée par Dreyer.



Sans ce troisième mouvement pour Copernic, l'axe de la Terre serait lié au rayon Soleil Terre et la déclinaison du Soleil serait constante.



Si, avec ce troisième mouvement, on fait tourner l'axe de la Terre par rapport au rayon Soleil Terre avec une période d'un an, on retrouve un axe fixe par rapport aux étoiles.

C'est ce mouvement qui est la cause de la variation de la déclinaison du Soleil. Sans ce troisième mouvement, la déclinaison du Soleil serait fixe et il n'y aurait pas de saisons.

8 - Copernic constate l'invariance de deux pôles : le pôle de l'écliptique (le "grand orbe") et le pôle de l'équateur céleste (le mouvement diurne), non loin de l'étoile polaire. A l'échelle des siècles, le pôle de l'équateur, qui passe actuellement près de l'étoile polaire, décrit un grand cercle dans le ciel en 26000 ans, ce que Copernic explique par une petite différence entre la période du "grand orbe" et celle du petit cercle, un léger retard chaque année qui finit par s'accumuler. Donc, c'est bien la Terre qui est responsable de la précession des équinoxes.

Les deux premiers mouvements (diurne et annuel) sont bien argumentés dans "Révolutions". L'inutilité du mouvement en déclinaison apparaîtra par la suite avec la disparition des orbes matériels (Galilée). L'explication de la précession devra attendre Newton, un siècle et demi plus tard.

9 - La ligne des pôles terrestres est peut-être attirée par quelque chose, comme l'aiguille de la boussole. On voit qu'il manque à Copernic l'idée d'inertie, et qu'il aurait été bien étonné s'il avait pu voir fonctionner un gyroscope. Ne pouvant dire par quoi les pôles peuvent être attirés, Copernic préfère penser qu'ils sont attachés eux aussi à un "orbe", certainement très proche, quelque part entre la Terre et la Lune. Un orbe n'étant pas une trajectoire abstraite mais plutôt un espace entre deux enveloppes sphériques concentriques, où circule un fluide qui "propulse" les planètes, deux orbes ne peuvent pas empiéter l'un sur l'autre. Donc l'orbe des pôles, s'il existe, doit être sous l'orbe de la Lune.

Dans ce texte fondateur, on voit l'astronomie nouvelle se dégager avec peine de l'ancienne. Il manque des mots et des notions qui permettraient de fonder un édifice entièrement neuf. On pourrait même dire qu'il y a une louche de nouveauté dans un tonneau de tradition. Mais c'était suffisant pour causer beaucoup de scandale. Après un demi-siècle de rejet presque unanime (Copernic l'avait prévu) le nouveau système finit par séduire quelques esprits aventureux, de nouvelles preuves s'accumulèrent et le conflit avec l'Eglise devint inévitable.

Bibliographie :

- 1 - J.L.E Dreyer : "A history of astronomy from Thales to Kepler" ; éd. Dover, 1953
- 2 - Jacques Gapaillard : "et pourtant elle tourne !" ; éd. Seuil 1993.

Note de la rédaction :

Merci à Pierre Causeret pour ses illustrations et sa participation.