

SÉMINAIRE DE PHILOSOPHIE ET MATHÉMATIQUES

JEAN BERNHARDT

Légende et modernité de Copernic

Séminaire de Philosophie et Mathématiques, 1979, fascicule 4
« Légende et modernité de Copernic », , p. 1-37

http://www.numdam.org/item?id=SPHM_1979__4_A1_0

© École normale supérieure – IREM Paris Nord – École centrale des arts et manufactures,
1979, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la série « Séminaire de philosophie et mathématiques » implique
l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute
utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale.
Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

LEGENDES ET MODERNITE DE COPERNIC *

====*

Delambre, dans son Histoire de l'Astronomie moderne, considérait le grand ouvrage de Copernic comme "le livre (...) qui a changé la face de la science"¹. Mais à peine quelques années plus tard, le Cours de philosophie positive de Comte faisait de Copernic -j'y reviendrai²- un savant de deuxième ordre, un médiocre presque, né au bon moment pour lever partiellement un obstacle extrinsèque et usé par le temps. Force est de constater que ce genre d'appréciation a eu tendance à devenir de plus en plus insistant avec le développement même de l'histoire des sciences, comme si ç'avait été par manque d'information (touchant notamment des aspects archaïques de son oeuvre³) que Copernic s'était trouvé hissé sur un piédestal. Or, comme j'ai déjà essayé de le montrer⁴, je prétends que l'estimation traditionnelle de la révolution copernicienne est en fin de compte la plus juste et la plus clairvoyante. Un peu d'histoire des sciences en éloigne, mais beaucoup d'histoire des sciences y ramène. Plus exactement, les progrès modernes de cette discipline difficile ne l'ont pas toujours gardé de certains pièges ; deux au moins de ces pièges doivent être cités ici, à savoir celui que présentent les archaïsmes éventuels des novateurs, qu'on les repère ou non, en tant qu'organiquement unis aux conquêtes nouvelles, et en second lieu -piège encore plus important- la tentation toujours menaçante de concentrer l'attention sur les résultats obtenus par les hommes de science au détriment des méthodes et des présupposés théoriques sans lesquels ces résultats n'auraient été ni significatifs ni même recherchés. Faute d'être toujours prêt à reconnaître que le neuf et l'ancien se mêlent et se combinent, l'historien des sciences accorde trop à un esprit historique d'une certaine raideur ; faute de remonter des aboutissements imparfaits et précaires à leurs

nécessaires conditions, plus ou moins implicites ou peu voyantes, et d'une portée éventuellement bien plus vaste, il s'attache trop exclusivement à l'étude (évidemment indispensable) des détails techniques et des réussites les plus tardives.

On trouvera dans un article d'encyclopédie récent, au reste dû à un maître renommé pour sa puissance de synthèse, un exemple-limite des interprétations dépréciatives du copercicianisme auxquelles on en est parfois arrivé de nos jours. Déjà dans son grand travail en cours sur Les sciences humaines et la pensée occidentale⁵, M. Gusdorf avait minimisé l'apport de Copernic, sans doute avec l'intention première de donner tout son relief à celui de Galilée⁶. C'est précisément dans son article de l'Encyclopaedia universalis sur "La Révolution galiléenne" que G. Gusdorf a tenu sur Copernic ses propos les plus durs⁷. Copernic est-il "vraiment l'initiateur de la révolution astronomique" ? Non. Tout d'abord, il convient de "souligner le peu de succès du De revolutionibus, tiré en 1543 à mille exemplaires, et jamais épuisé". On répondra que, pour l'époque, un ouvrage savant, très technique, bénéficie déjà ainsi d'un fort beau tirage, signe d'un espoir de grande diffusion (et qu'en serait-il aujourd'hui, du reste ?). Or, la diffusion commence à être assez bien connue, grâce au dépouillement matériel entrepris à l'occasion des commémorations de 1973. L'article de G. Gusdorf est antérieur à ces recherches, il n'en demeure pas moins qu'on a repéré, en France seulement, une bonne soixantaine d'exemplaires du XVIe siècle, sans compter ceux de la Narration prima de Rheticus⁸. Et il y a eu en trois quarts de siècle, de 1543 à 1617, trois éditions du grand ouvrage. "Copernic ne fut guère lu", poursuit G. Gusdorf. C'est peu commode à vérifier d'un point de vue quantitatif ; en tout cas, il a assurément été lu et avec attention par tout ce qui compte en fait de savants d'avant-garde dans la grande période de la fin du XVIe siècle et des débuts du XVIIe : Galilée, Maestlin, Tycho Brahé, Kepler, Descartes (du moins pour l'essentiel) et d'autres, auxquels il faut ajouter des adversaires informés, comme Viète. "La Sainte Inquisition

attendit, après sa mort, soixante-treize ans avant de le condamner." Sans doute, mais il y a lieu de nuancer, car il est aujourd'hui connu que des personnalités influentes de l'Eglise romaine y songèrent très tôt, quelques années seulement après les luthériens⁹. A cette époque des fébriles débuts du concile de Trente, l'urgence n'était pas du côté d'une condamnation commune à Rome et aux Réformés, l'ouvrage à condamner se présentant de plus en langue savante et portant sur des questions techniquement peu accessibles à la plupart des latinistes eux-mêmes. Toutefois, un dominicain de Florence, bien en cour à Rome, Tolosani, dans un manuscrit datant de 1544 (donc l'année qui suit la mort de l'astronome et la parution du De revolutionibus) complète ses réflexions De veritate Sacrae Scripturae par un appendice consacré au copernicéisme, en reconnaît l'ambition réaliste sans se laisser duper par la Préface d'Osiander et fait allusion à un projet de condamnation du Cardinal-Maître Spina¹⁰. Ce témoignage précieux corrobore l'absence de tout indice d'époque qui permettrait de soutenir la légende de l'approbation pontificale, amorcée par la Dédicace de Copernic et les encouragements du cardinal Schonberg¹¹.

Tout cela n'est encore qu'assez périphérique. Mais si l'on examine l'oeuvre, qu'y trouve-t-on, selon G. Gusdorf ? Une spéculation d'esprit fort traditionnel : "Le De Revolutionibus propose un schéma dans la tradition du système d'Eudoxe ou du système de Ptolémée, et non pas une théorie fondée sur la conjonction de l'observation et des mathématiques". Voilà qui n'est pas très aimable à l'égard de la complexe tentative des astronomes homocentristes et qui est encore moins approprié à la "Grande Composition" de Ptolémée, bien éloignée d'un (simple) "schéma" négligeant la relation observation-mathématiques. La question est alors de savoir si l'on peut se contenter de parler en général de "conjonction" entre les données et les calculs (terme qui, d'ailleurs, ne serait peut-être pas mal appliqué à l'Almageste) pour caractériser une théorie scientifique. Ne faudra-t-il pas distinguer diverses relations possibles ? Achéons pour l'instant la lecture du paragraphe : Copernic est finalement écrasé sous

l'accusation de "mysticisme". En effet, "pour faire de Copernic le fondateur de l'astronomie moderne, il faut écarter le voile mystique dont s'enveloppe son système ; malheureusement, en l'absence de ce voile, ce système n'en est plus un". Et G. Gusdorf d'appeler à la rescousse l'autorité du grand Alexandre Koyré, en faisant référence d'une part à ce que celui-ci appelait, imprudemment, l'"héliolâtrie" de Copernic¹², d'autre part au préjugé du mouvement "circulaire uniforme" entendu comme perfection du mouvement, d'un point de vue esthétique-ontologique¹³. En fait, personne n'a jamais décelé dans l'oeuvre de Copernic le moindre indice sérieux d'un quelconque "mysticisme". Certes il est facile de citer tel passage du De revolutionibus (livre premier, chap. 10) : "ce n'est pas improprement que certains l'ont appelé (le Soleil) la prunelle du monde, d'autres son Esprit, d'autres son Recteur. Trismegiste l'appelle Dieu visible, l'Electre de Sophocle l'Omnivoyant. C'est ainsi, en effet, que le Soleil, comme reposant sur le trône royal, gouverne la famille des astres qui tournent autour de lui"¹⁴. Deux raisons au moins rendent ce texte suspect de "littérature" : d'abord, on ne voit pas bien comment le Soleil serait le "recteur" et le "gouverneur" des planètes, alors que notoirement il est dépourvu de tout rôle autre que celui d'un luminaire et s'il faut une raison à la marche des orbites, Copernic n'en donne pas d'autre que de l'ordre des causes formelles, à savoir la forme sphérique des corps célestes¹⁵ ; en second lieu, il paraît fort vraisemblable qu'en se référant comme il le fait à des classiques prestigieux qui exaltent le Soleil, dans une tradition que continuera entre autres Galilée¹⁶, il cherche surtout à fortifier de l'extérieur et à faire passer pour moins novatrice qu'elle ne l'est la position qu'il assigne au Soleil : "dans ce temple splendide qui donc poserait ce luminaire en un lieu autre, ou meilleur, que celui d'où il peut tout éclairer à la fois ?"¹⁷. De plus, il n'est pas sans intérêt de noter à quel point la première esquisse de la théorie, le Commentariolus, sépare la sécheresse de l'exposé scientifique et les enjolivements, loin de mêler le sentiment au raisonnement et les émotions à l'argumentation : tout ce petit traité

est d'une froideur sans défaillance, à la seule exception de l'image qui le conclut¹⁸ et qui atteste, si l'on veut, une sensibilité, mais sans pour autant constituer celle-ci en ingrédient ou en mobile spécifiques de la théorie.

Ces observations suffisent-elles à "écarter le voile mystique" sans détruire ainsi le "système" ou bien faut-il croire avec G. Gusdorf que ce système est étroitement solidaire d'"une esthétique géométrique et métaphysique" ? Il est clair que d'une part, la circularité et la sphéricité ont été souvent et jusqu'à des époques tardives nanties du prestige d'une perfection esthétique-ontologique et que, d'autre part, Copernic fait appel au mouvement "circulaire uniforme" comme base et source d'inspiration de sa théorie, ainsi qu'il l'indique dans le Commentariolus¹⁹. On devrait inéluctablement en conclure au "mysticisme" de l'astronome, si l'exploitation du cercle ne pouvait résulter de considérations exclusivement rationnelles. Or, le cercle n'implique pas nécessairement un point de vue autre que simplement rationnel, en ce sens qu'il peut être pensé comme la figure géométrique de tout mouvement pourvu d'une périodicité régulière ("cyclique"), dont la régularité soit un fait d'observation²⁰. La question n'est pas alors de savoir si le cercle est plus beau ou métaphysiquement plus parfait que telle ou telle autre figure, mais s'il dévoile clairement la structure objective de certains phénomènes périodiques. Copernic n'avait en son temps ni le choix ni le besoin d'un autre modèle théorique pour de tels phénomènes et le privilège du cercle et du mouvement "circulaire uniforme" ne sont assimilables que par péché d'anachronisme à un retard irrationnel ou à une préférence de nature mythique ou mystique. Le De revolutionibus précise (I, chap. 4) que "le cercle seul peut ramener le passé"²¹. La nécessité de résoudre les "inégalités" et irrégularités diverses dont le retour s'observe régulièrement conduit Copernic à reprendre la technique ancienne des excentriques et des épicycles, c'est-à-dire des compositions de mouvements circulaires où le désordre l'irrégulier est réduit à pluralité (de centres ou de cercles). Ce n'est pas une simple reprise de la tradition ptoléméenne ; deux différences au moins apparais-

sent dans l'utilisation de cette technique : d'abord, elle devient rigoureuse, intransigeante, en refusant l'artifice de l'équant qui introduisait l'irrégularité dans certains mouvements simples, au lieu de la dissoudre en pluralité ; en second lieu, elle n'a pas seulement pour fonction de résoudre les mouvements apparents, elle n'en considère pas l'assignation comme indépendante du poste terrestre d'observation, si bien que la décomposition d'un seul mouvement apparent peut se distribuer entre deux corps célestes, dont la Terre, et non plus s'attribuer à un seul. L'importance des épicycles en est considérablement diminuée, tandis que des mouvements composés, considérés dans leur réalité objective, toute courbe non lisse est éliminée. Copernic remanie ainsi une technique traditionnelle dans le sens du progrès scientifique.

La question, pour autant, n'est pas encore réglée. Car c'est bien l'astronome lui-même qui décrit à propos de la disposition des orbites planétaires, dont il vient de tracer le schéma²², trop souvent pris, d'ailleurs, pour une représentation suffisante de la théorie : "Nous trouvons donc dans cette disposition une admirable harmonie du monde (admirandam mundi symetriam)" (De revolutionibus, I, chap. 10). Auparavant, dans la Dédicace au Pape, on trouve aussi que "la machine du monde (machina mundi)" a été agencée par le Créateur en vue d'une fin, comme l'implique le terme de machine et en effet, Copernic dit, aussitôt après, du monde, qu'il "avait été construit pour nous par le meilleur et le plus sûr des artisans²³". Mais là encore, il ne faut pas trop se laisser prendre à la lettre de certaines déclarations et surtout il faut toujours se demander si, oui ou non, elles ont un rôle à jouer dans la constitution de la théorie copernicienne. Indépendamment même du fait évident que la Dédicace du grand ouvrage participe du genre de la captatio benevolentiae et comporte par définition des aspects ad hominem, on peut fort bien admettre la sincérité de l'astronome dans certains élans esthétiques et religieux sans les mettre à la base de son oeuvre astronomique. L'ordre admirable du monde est d'abord pour Copernic un ensemble de régularités phénoménales qu'une longue tradition a reconnues avant lui ou

plutôt cet ensemble empirique allie des caractères contradictoires (variations irrégulières à court terme et néanmoins retour du même à plus long terme) qui dénoncent à la raison²⁴ un ordre masqué à découvrir, un ordre de base nécessairement circulaire, comme on l'a vu. En première approximation, Ptolémée faisait de même, quoique de façon moins intransigeante. Copernic le critique, ainsi que toute la tradition ptoléméenne, ainsi que les tentatives antérieures des hémocentristes, pour une raison essentielle d'inadéquation des buts et des résultats : "ils n'atteignent pas entièrement ce qu'ils cherchent", c'est-à-dire "la forme du monde et la proportion exacte de ses parties" (De revol., Dédicace)²⁵. Critique amplement justifiée : d'un centre ponctuel et immobile, on ne peut recueillir par les moyens optico-géométriques communs à Ptolémée et à Copernic que des distances angulaires sans possibilité de fermeture et le modèle ptoléméen est dépourvu de toute "forme" déterminée²⁶. La vision est en quelque sorte monoculaire, sans relief : on ne triangule pas dans un système monocentrique (même au sens large) et le déplacer²⁷.

Si donc on pose, comme rendant vision de l'expérience, une "admirable harmonie du monde", cette harmonie doit se retrouver adéquatement dans la représentation que l'on se donne du réel. Or le préjugé esthétique-ontologique aboutit, même chez des spécialistes éminents, comme A. Koyré, à des interprétations ou à des traductions insoutenables de textes fort importants. Ainsi, Copernic considère que la représentation ptoléméenne ne traduit pas l'unité organique, le système harmonieux du monde et qu'elle se contente d'accumuler pièces et morceaux en un ensemble monstrueux, par suite de son incoordination. Dans ce passage du De revolutionibus (Dédicace du Pape), il a recours à une comparaison d'ordre pictural : les partisans du géostatisme traditionnel, écrit-il, ressemblent à "qui prendrait de côté et d'autre des mains, des pieds, une tête, d'autres membres parfaitement reproduits (optime depicta), mais non pas selon les proportions d'un même corps, ces éléments ne correspondant pas du tout les uns aux autres, si bien que leur composition ferait un monstre plutôt qu'un être humain²⁸". On doit se garder d'escamoter ici le point de vue de la représentation

et de colorer d'émotion esthétique ou de valorisation mystique l'objet représenté. L'expérience et la raison révèlent le caractère ordonné et systématique du monde planétaire. Par voie de conséquence, le tableau (Copernic pratiquait la peinture) que l'on veut en faire ne saurait être correct si l'on se contente d'assembler des morceaux au hasard, même si ces morceaux sont en un sens fidèles. La chose et sa représentation sont deux et si l'on veut parler ici d'esthétique, ce ne pourrait être qu'au sens d'une esthétique de l'adéquation représentation/réalité représentée²⁹. Allons plus loin ; comme il n'est pas possible d'établir par confrontation cette adéquation, où l'ordre réel reste masqué, visé et non donné, la critique des astronomies traditionnelles est ici encore très pertinente. Coup par coup, planète après planète, ainsi procédait Ptolémée (comme Eudoxe avant lui), d'une façon le plus souvent convenable et précieuse, dans l'observation et même dans le traitement mathématique. Mais cette dispersion fausse l'orientation de la recherche et échoue à dresser le tableau vrai de l'ensemble pour la simple raison que seul le point de vue de l'ensemble peut servir de guide dans la mise en place des parties. On rejoint ainsi la critique précédente en l'approfondissant : que l'astronomie ptoléméenne manque son but par une sorte de vision statique et centriste, cela fait déjà un commencement de dispersion, puisque le poste d'observation terrestre est mis à part, dans une position exceptionnelle³⁰. Il n'est pas sûr d'avance que composer-ensemble soit supérieur à détailler-autour, mais à l'usage, c'est bien ce qui se laisse constater : on voit que le géocinétisme est vrai, parce qu'il se révèle fécond en déterminations et contrôlable par des recoupements de données d'une richesse croissante. Si les présupposés ptoléméens du géocentrisme et du géostatisme avaient été les bons, il n'eût servi à rien de leur reprocher les limites étroites qu'ils imposaient à la connaissance astronomique. Mais il n'en va pas ainsi. Finalement, dans le texte cité de la Dédicace au Pape, se trouvent impliquées non moins de trois "harmonies" : l'organisation du monde planétaire, à la fois manifestée et masquée dans les phénomènes, exigée ensuite par la raison, -en second lieu la réussite de l'hypothèse géocinétique, en tant que coordonnant

les phénomènes d'une façon qui satisfait à cette exigence rationnelle,- enfin, et par conséquent, la valeur objective de l'hypothèse qui devient une représentation correcte de la réalité visée. Harmonie exigée par la raison à partir de l'observation, harmonie de l'hypothèse et de l'observation, harmonie résultante entre la représentation et le réel, nulle part en tout cela de "mysticisme"³¹.

Il y a d'autant moins lieu d'insister dans ce sens qu'à la prendre en elle-même, l'harmonie reconnue dans l'ordre du monde par Copernic est loin d'une absolue perfection. Est-il bien vrai, textes en main, que Copernic reprend l'héliocentrisme d'Aristarque ? Ou même seulement qu'il en reste à un monocentrisme ? L'originalité de Copernic n'est pas facile à repérer et le plus illustre de ses détracteurs³² modernes, Aug. Comte, en porte témoignage, de façon très instructive. Selon Comte, il s'est produit dans l'antiquité un blocage de la science astronomique : le développement de la pensée d'Hipparque, le grand astronome du IIe siècle av. J.-C., conduisait de lui-même à l'héliocentrisme, mais prématurément du point de vue du mode de penser prédominant à l'époque, c'est-à-dire de l'état "théologique" de l'esprit humain. Une découverte nécessaire est ainsi longuement retardée³³. Copernic a pour sa part la bonne fortune de remplir "la lacune laissée par un génie très supérieur au sien", ce qui met en relief "la différence d'opportunité des deux cas"³⁴. A la base de ce jugement se dégagent trois présupposés fort discutables et peut-être même susceptibles aujourd'hui de faire la quasi unanimité contre eux... En premier lieu, l'assimilation de l'esprit "théologique" à un anthropocentrisme essentiel conduit à mettre sur le même plan l'hostilité du stoïcien Cléanthe et celle du Saint Office au géocinétisme. Or, si les adversaires de Galilée ont pu être choqués par la mise en mouvement de la Terre, ramenée ainsi au sort commun des planètes, alors qu'elle est le lieu exceptionnel de l'Incarnation et de la Rédemption, c'est au contraire parce que la Terre doit rester un humble foyer bien distinct des divins astres que Cléanthe avait attaqué la conception d'Aristarque³⁵. Le maintien d'un géocentrisme n'a donc pas pour motif permanent au cours

des âges le respect du dogme de la "destination humaine de l'univers"³⁶ et l'identité à soi de l'esprit "théologique" s'en trouve gravement compromise. En second lieu, Comte accorde certes aux théories un rôle nécessaire et même d'importance croissante³⁷ dans l'édification de la science, mais on n'ignore pas qu'il les considère néanmoins comme de simples "anticipations"³⁸ des liaisons phénoménales sur lesquelles elles attirent l'attention : "l'esprit scientifique" consiste dans une "subordination nécessaire et permanente de l'imagination à l'observation" et les théories positives visent en tout et pour tout "à découvrir ou à perfectionner l'exacte coordination de l'ensemble des faits observés ou les moyens d'entreprendre utilement de nouvelles explorations". Ainsi "les conceptions scientifiques (...) sont seulement destinées à manifester la liaison réelle" des faits³⁹ selon une sorte d'activité réceptrice dont il n'est pas exagéré de dire qu'elle s'abolit dans la rencontre de son but. C'est ce qui permet de comprendre la grandeur d'un Hipparque, observateur attentif et rigoureux qui, selon Comte, disposait déjà d'une méthode assez positive, abstraction faite de la pression de la religiosité contemporaine, pour découvrir l'héliocentrisme. Tout le paradoxe de Comte (qui n'a d'ailleurs rien d'absurde du moment qu'il nous reste de bons témoignages d'un héliocentrisme explicite et encore plus ancien) tient à son phénoménisme positiviste, encore vivace dans la conscience scientifique d'aujourd'hui, malgré les dégâts qu'il a produits⁴⁰ et les leçons contraires de l'histoire des sciences modernes. Enfin, plus spécialement, la sous-estimation de Copernic chez le fondateur du positivisme présuppose un principe d'exclusion : il ne saurait y avoir de tierce possibilité entre géocentrisme géostatique et héliocentrisme géocinétique⁴¹. Aussi la grande affaire est-elle de "bien expliquer l'intervalle de quinze siècles" qui sépare Hipparque de Képler⁴².

La question est bien plutôt de savoir si Copernic a édifié un héliocentrisme, aussi harmonieux que pouvait l'être celui d'Aristarque quelque dix-huit siècles auparavant⁴³. Observons sommairement ici⁴⁴ que selon toute vrai-

semblance Copernic en savait encore moins que nous autres sur la théorie d'Aristarque⁴⁵. Mais quoi qu'il en soit, l'avortement de cet héliocentrisme vénérable n'est pas dû, comme le veut Comte, à l'influence extra-scientifique de l'esprit du temps. Non seulement la théorie s'est exprimée et cela chez un grand théoricien, doublé sans doute d'un observateur médiocre et prompt à l'extrapolation⁴⁶ (tout le contraire d'Hipparque), mais de plus le scandale d'une possible désacralisation des astres ne l'atteint pas spécifiquement et toute une tradition antérieure à l'aristotélisme avait déjà spéculé sinon sur l'héliocentrisme, en tout cas sur un géocinétisme. Dans la Dédicace du De revolutionibus, Copernic lui-même rappelle la doctrine de Philolaos : "Philolaos le Pythagoricien dit que (la Terre) se meut autour du Feu, en un cercle oblique, de même que le Soleil et la Lune"⁴⁷. En réalité, l'héliocentrisme ancien, loin de tendre virtuellement vers son accomplissement avec les progrès scientifiques de son époque, se trouvait au contraire en désaccord profond avec le solide corps de doctrine qu'avait constitué peu avant lui l'empirisme rationnel d'Aristote et qui allait dominer pour de longs siècles la mathématique astronomique de ses certitudes physiques⁴⁸. C'est dans ce cadre théorique que s'exerça la précision d'Hipparque, sans aucune tentation contraire, autant qu'on sache, en dépit du peu d'avenir de l'homocentrisme aristotélicien, raffinement trop ambitieusement compliqué et aventuré des essais antérieurs. C'est aussi à partir du même système que s'édifia la religion astrale des Stoïciens, dont se nourrit l'indignation de Cléanthe. La-dessus, croira-t-on qu'il ait suffi qu'avec le temps des fissures apparaissent dans l'édifice de la physique aristotélicienne pour que l'héliocentrisme, purement et simplement pareil à lui-même, resurgisse ? La vérité en général veut que l'on détruise ce que l'on remplace et une vérité plus particulière nous dit qu'en l'espèce aucun système nouveau, d'une part, n'avait porté de coups décisifs à l'unité organique de la physique aristotélicienne et que, d'autre part, personne d'autre que Copernic ne songea, pas plus à son époque qu'auparavant, dans un intervalle de plus d'un millénaire et demi, à prendre comme base de la science astronomique le refus du géostatisme tradi-

tionnel. Aussi ne faut-il pas s'étonner que la nouveauté du copernicianisme se distingue d'un harmonieux héliocentrisme.

On le constate dès le début du Commentariolus : "le centre du monde est au voisinage du Soleil (circa Solem)" , c'est-à-dire que ce centre, le centre des orbes planétaires, ne coïncide pas avec lui ; "le Soleil se trouve pour ainsi dire (tanquam) au milieu d'eux tous"⁴⁹, tandis que, dans la conception d'Aristarque, il occupe le centre de la circonférence annuellement décrite par la Terre⁵⁰. Le De revolutionibus présente l'astre quasi central comme un "luminaire"⁵¹ de fonction exclusivement optique (de la sorte, il est bien placé, mais on notera que cette appréciation finaliste n'est nullement fondatrice). A vrai dire dans son ouvrage principal, Copernic a cherché à situer le centre de l'orbe terrestre comme variable par rapport au Soleil, promu ainsi centre de référence ultime : un prétendu déplacement cyclique à très long terme de la ligne des apsides solaires se résout en une combinaison de trois cercles jonglant avec les millénaires (53 millénaires pour une révolution du cercle déférent, centré sur le Soleil, 3434 ans pour une révolution de son épicycle, lequel porte à son tour le centre de l'orbe terrestre)⁵². Mais alors, Copernic n'est-il pas héliocentriste, sans discussion possible ? Une distinction, à mon sens, s'impose. Avec son habituelle perspicacité, Kepler démêle chez Copernic "calcul" et "spéculation"⁵³, autrement dit science précise et construction gratuite. On ne doit pas se figurer qu'une telle opposition reste extérieure et anachronique. Car la spéculation héliocentriste n'apporte rien, sur le plan scientifique, à Copernic lui-même : elle est d'une autre échelle que les mesures coperniciennes ou antérieures (compte tenu, précisément, du degré d'approximation de l'époque) et n'entraîne aucun remaniement dans la structure du monde planétaire tel qu'il est édifié et vérifié⁵⁴. Le copernicianisme comme théorie scientifique ne rassemble pas tout ce que Copernic a pu supputer, croire et écrire : l'absence de toute influence du déplacement prétendu des apsides sur la représentation de l'ensemble du système prouve l'hétérogénéité de la méthode et de la pièce rapportée qui prétend le parachever. On croira difficilement que Copernic lui-même n'ait

pas soupçonné ce changement de genre, lui qui, sans être capable d'un véritable calcul des erreurs, en savait assez, en bon astronome, sur les ordres de grandeur sensiblement incomparables dans l'espace pour ne pas rester aveugle à ceux du temps et aux dangers de l'extrapolation : L'absence d'influence du déplacement admis des apsides sur le système fait penser à l'indispensable postulat du système, concernant l'absence de parallaxe sensible des fixes : Dans l'espace ou dans le temps, l'éloignement abolit la perception des différences. Longue durée et longue distance excèdent de la même façon les capacités d'observation⁵⁵.

Le travail scientifique de Copernic reste ainsi en dehors de tout héliocentrisme, en tant que ce travail se caractérise non pas par la seule édification d'un modèle géocinétique, mais, bien entendu, par la correspondance du modèle avec les données de l'inévitable géocentrisme d'observation. Et en effet, quelle que soit l'importance de la position du Soleil dans l'édification et la vérification du copernicianisme⁵⁶, il demeure que le point central de toutes les distances à préciser dans la représentation théorique, avec les conversions qui en découlent sous forme de sous-systèmes géocentriques à confronter avec les observations, n'est pas le Soleil. Le véritable centre de référence théorique est le centre de l'orbe terrestre : "les mouvements des autres astres errants (sont) rapportés au mouvement de la Terre et celui-ci (est) pris pour base de la révolution de chacun de ces astres" (Dédicace du De Rev.)⁵⁷. De Ptolémée à Copernic, le passage se fait donc entre deux géocentrismes, l'un étant géostatique et le second géocinétique. Il semble légitime, quoique peu habituel, de parler de "géocentrisme géocinétique" ou, si l'on veut, de "référentiel géocinétique", puisque le mouvement de l'orbe terrestre est posé comme "circulaire uniforme" de rayon égal à l'unité, de période égale à l'année sidérale, et de centre déterminé, quoique sans réalité physique. Copernic suit ici en les convertissant les alignements et parallélismes du système de Ptolémée (pour les planètes supérieures, parallélisme des rayons vecteurs des épicycles, pour les planètes inférieures, alignement du centre des épicycles) par rapport non pas au Soleil vrai, mais au "Soleil moyen", dans l'acception ancienne de ce terme⁵⁸.

Comme le principe du mouvement "circulaire uniforme" n'admet aucune dérogation chez Copernic, il n'est pas question de mettre le Soleil (vrai) au centre et c'est de nouveau le centre du Soleil moyen, c'est-à-dire le centre de la révolution "circulaire uniforme" de l'orbe terrestre qui sert de point de référence, promu, cette fois, au rang de centre absolu du système planétaire.

On voit que le décalage du Soleil vrai et du Soleil moyen, source d'erreurs au regard anachronique de la restructuration keplérienne, résulte chez Copernic du respect le plus constant possible de la conjonction des exigences de son époque en matière de rationalité et du degré de précision des données dont disposait l'astronomie de son époque. Il n'est pas faux que, dans leur principe, les techniques mises en oeuvre par sa théorie ressortissent à une longue tradition. Plus on veut accorder à la rationalité des mouvements "circulaires uniformes" et plus il devient nécessaire de multiplier les centres et les cercles. L'excentricité et les systèmes épicycliques (inventés probablement par Apollonios de Pergè, dès le III^e siècle av. J.C.) complètent et compensent le type de rationalité immémorial dont seul le principe d'inertie rectilinéaire provoquera la chute de façon nette et opératoire beaucoup plus tard (et pour un temps).⁵⁹ Par tout un côté de son oeuvre, Copernic accomplit l'astronomie ancienne et médiévale. Aussi l'absence d'héliocentrisme véritable n'est-elle dans le De revolutionibus qu'un cas particulier. Dès le Commentariolus, où, comme on l'a vu, le décalage du Soleil et du centre de l'orbe terrestre est affirmé d'entrée, le premier postulat énonce qu'"il n'y a pas un centre unique pour tous les orbes ou sphères célestes"⁶⁰. Mais cela veut dire simplement qu'il faut compter avec la Lune. Quant au reste, Copernic tente alors d'édifier son système autour d'un centre unique de tous les orbes planétaires, en compensant cette forte unité par le recours à une technique d'épicycle redoublé. Cette conception privilégie une concentricité de principe, mais ne peut le faire qu'en multipliant les cercles (épicycles d'épicycles), si bien que le passage de l'organisation "concentro-biépicyclique" du Commentariolus à l'organisation "excentro-épicyclique" du grand ouvrage est avant tout une clarification, la mise au net d'un polycentrisme

essentiel dès le début⁶¹. Les centres des déférents planétaires sont distincts les uns des autres dans une sorte de constellation stable qui permet de garder comme point de référence le centre de l'orbe terrestre, sans conserver à celui-ci le moindre privilège ontologique ou réaliste sur les autres, qui sont, eux aussi, proches du Soleil. "Il convient", dit l'auteur du De revolutionibus (livre premier chap. 8) de "se contenter (satis esse) de ce que chaque mouvement se rapporte à son propre centre"⁶². Ptolémée déjà avait eu une formule analogue : "Chacun doit s'efforcer de faire concorder le mieux qu'il peut les hypothèses les plus simples avec les mouvements célestes ; mais si cela ne réussit point, il doit prendre celles des hypothèses qui s'adaptent aux faits"⁶³. L'astronome ancien et l'astronome moderne ont beau ne pas se résigner dans le même sens, puisque le premier s'autorise l'usage des points et cercles équants et maintient un monocétrisme, le tout dans un esprit de soumission aux données, tandis que le second sacrifie tout monocétrisme à son exigence rationaliste du mouvement "circulaire uniforme" pour la mettre en accord avec les données sans purement et simplement s'y soumettre. Il faut d'abord relever le point commun d'une sorte de dédoublement qui, dans les deux cas, nous conduit à distinguer entre d'éventuelles convictions ou tendances religieuses, théologiques, téléologiques, et le refus d'en tenir compte, non sans regret, dans le travail scientifique où il apparaît nécessaire, d'une manière ou d'une autre tout opposée, de renoncer à l'idéal d'un système du monde parfaitement harmonieux et supposé tel en vertu d'une inspiration supérieure à la raison et à l'expérience. Exploitant jusqu'aux insuffisances de son oeuvre scientifique, Ptolémée n'a pas hésité à le compléter par une machinerie finaliste d'un autre genre⁶⁴. Pour sa part, lorsqu'il "spécule", comme on l'a vu, on peut estimer que Copernic se laisse entraîner hors de sa propre science par la tentation esthétique-ontologique et non rationnelle de réduire à tout prix, -lui qui fait éclater l'harmonie d'un monde monocentrique !- toute irrégularité donnée ou admise comme telle dont il serait pourtant impossible ou gratuit d'opérer la résolution cyclique.

Répetons-le : quand on se propose de déterminer l'originalité et la

modernité du copernicianisme, ce qui est à discerner, la spécificité d'une oeuvre scientifique ne doit pas être confondu pêle-mêle avec tout ce qui peut être attribué à l'homme Copernic et qu'il a éventuellement en commun, de façon peu différenciée, avec d'innombrables contemporains⁶⁵. Comment se fait-il, alors que régnait sans partage chez tous les astronomes compétents le système de Ptolémée, alors que, malgré des corrections de détail, son inachèvement essentiel, ses difficultés (par exemple la discordance du mouvement et des variations du diamètre apparent de la Lune), certaines similitudes dispersées (les alignements et parallélismes signalés plus haut) ne stimulaient nulle part un quelconque effort de renouvellement, comment se fait-il que soudain, dans les premières années du XVIIe siècle, treize siècles après Ptolémée, un homme, un seul⁶⁶, bouleverse le vieux système et tire de sa restructuration des résultats jamais atteints ?

Ces résultats manifestent un énorme progrès ; leur évidence, généralement reconnue, devrait interdire d'en minimiser la portée, comme on le fait par anachronisme et par exagération des aspects archaïques ou précaires qui les accompagnent. Par exemple, la réduction des stations, des rétrogradations et des boucles dans le mouvement des planètes par la décomposition des effets de perspective sous le postulat géocinétique est radicalement nouvelle. Elle participe de ce souci, déjà signalé plus haut, de prendre en considération l'ensemble du système au lieu de l'analyser coup par coup comme Ptolémée et toute la tradition : c'est seulement en combinant, à propos de chaque planète, les relations angulaires qu'elle entretient avec la Terre en mouvement et le Soleil immobile (le Soleil vrai "corrigé" en Soleil moyen) que peuvent se fermer les mesures angulaires et que se déterminent les proportions du système, non sans unifier du même coup les particularités remarquables qui orientaient en ordre dispersé chaque planète par rapport au Soleil. A cet égard, le "polycentrisme" que j'ai essayé de mettre en évidence ne doit pas faire illusion : c'est un polycentrisme unifié par sa stabilité et par suite exploitable méthodologiquement pour une investigation systématique et non pas ponctuelle. Tout au contraire, le monocentrisme ptoléméen ne peut s'ouvrir que

sur des explorations de détail toujours marquées d'indétermination. Il est vrai que l'unité du monde copernicien est de simple juxtaposition, les mouvements de chaque corps céleste restant dans chaque cas des systèmes indépendants les uns des autres⁶⁷, ce que l'on peut opposer à la dynamique keplérienne et plus encore à celle de Newton. La grande révolution, malgré ces progrès à venir, qui en rectifie et enrichissent l'acquis décisif, n'en est pas moins due à Copernic.

On croit parfois en dire assez en parlant du "génie" de cet astronome exceptionnel : mot creux, tant qu'on ne lui accorde pas de contenu précis. Ou bien alors, c'est l'historien, maintenant, qui verse dans le "mysticisme". La question est de savoir comment Copernic a bien pu écarter de son champ de réflexion le dogmatisme encore tenace de la physique péripatéticienne. Le passage au géocinétisme et à l'héliostatisme, cette décentration qui arrache, qui émancipe l'astronomie de la tutelle d'une prétendue certitude géostatique, implique l'invention d'un "nouvel esprit scientifique", encore incapable, en ses débuts, de remplacer la physique qu'il refuse là où elle dérange⁶⁸, mais déjà en état d'y opposer une fécondité, une précision et une puissance d'explication supérieures. On a voulu, de temps à autre, caractériser cette condition fondamentale de la révolution copernicienne en s'intéressant plutôt à ... Galilée (tendance que reflète à son tour, on l'a vu, l'interprétation de G. Gusdorf). Kant, déjà, qui célèbre Copernic d'une manière ambiguë, à la limite de l'exemple fondateur et de la simple métaphore⁶⁹, met de toute façon l'accent sur l'originalité de Galilée comme étant celui chez qui "la raison" a su "forcer la nature à répondre à ses questions, au lieu de se laisser conduire par elle"⁷⁰. De même, A. Koyré exalte l'apriorisme méthodique du grand pionnier de la physique mathématique en le définissant comme prédominance de la raison sur la simple expérience" ou "primauté de la théorie sur les faits"⁷¹. Ces formules concordantes offrent un commencement de réponse et s'appliquent fort bien à la façon dont Copernic, comme Galilée, et avant lui, bien entendu⁷², a su élaborer une théorie rationnelle qui manipule et déborde librement les données sensibles. Mais un problème demeure : il faudrait préciser en quel sens et dans quelles limites la théorie "prédomine" sur les faits qui doivent la contrôler et

éventuellement l'infirmier, faute de quoi l'on s'attacherait trop étroitement au formalisme de la déduction kantienne et à ses postulats complémentaires d'analogie problématique pour rendre pleinement compte de l'objectivité physique dans la science moderne⁷³. Celle-ci doit être mise en perspective historique et l'on s'aperçoit alors que les rapports de la théorie et des faits sont complexes et variables, loin de se réduire à l'opposition d'une "primauté" rationnelle succédant à une "primauté" inverse qui serait celle d'un sensualisme de l'expérience vague, chimère introuvable. Le terme même de "primauté" n'invite-t-il pas à préciser le rôle de facteurs secondaires et subordonnés ? On observera en passant que l'exemple de Copernic exclut la nécessité d'une priorité chronologique, puisque la majorité des données dont disposait l'astronome lui venaient d'un passé fort ancien. Quand donc l'on s'efforce de remonter des résultats obtenus par un homme de science aux conditions théoriques qui lui ont permis de les atteindre et qui seules leur confèrent leur sens, on se contente de formules trop vagues si l'on ne s'élève pas jusqu'à l'explicitation, prédominante et même tout à fait dominante par rapport aux théories comme par rapport aux faits, des présupposés qui en déterminent les rôles respectifs dans la création scientifique. L'ensemble de ces présupposés généraux est ce que j'ai choisi de nommer, à l'imitation de diverses disciplines contemporaines que caractérise le même préfixe "englobant", métathéorie. Je me contente ici de décrire sommairement⁷⁴ les trois métathéories successives qu'il me paraît nécessaire de confronter pour cerner toute la modernité des bases du copernicianisme, sans lesquelles on ne comprend pas l'oeuvre propre de Copernic, et pas davantage, ses prolongements en astronomie et ailleurs, dans les "Temps modernes".

A court d'information historique, il serait aisé d'imaginer une correspondance sans problème entre théories et observations, soit en faisant dériver par abstraction les unes des autres, soit en réservant une certaine différence d'origine entre l'activité initiale des premières et la passivité des secondes, mais afin de résorber (Comte) ou de valider absolument (dogmatisme de la preuve, très répandu) l'effort théorique dans les données qui le contrôlent. Or, la première métathéorie à envisager, celle du platonisme, est très loin de ces facilités

illusaires. On trouve bien chez Platon une différence et une dérivation, mais la différence est celle de deux mondes (avec toutes les nuances qu'il faudrait introduire dans cette profonde altérité) et le monde dérivé trouble et dégrade les caractères de celui dont il est issu. En conséquence, quelle que soit la régularité cyclique complexe que présente le monde sensible, en l'occurrence dans les observations astronomiques, la question ne se pose pas d'y rechercher des moyens de contrôle, ni de s'élever (démarche risquée et non fondatrice, prenant à rebours l'ordre de constitution du réel) des données sensibles aux raisons intelligibles. Il est vrai que les astres sont plus hauts en perfection, plus proches de l'intelligible pur, que les objets de notre expérience proche, mais ils ne nous offrent que des apparences imparfaites⁷⁵, dont il n'y a rien à tirer. D'un autre côté, les composantes intelligibles ou quasi intelligibles déterminées qui constituent les trajectoires réelles ne nous sont pas accessibles, derrière le brouillage des apparences, de sorte que la seule solution concevable ferait appel à une déduction d'un point de vue supérieur aux intelligibles eux-mêmes : l'idéal serait de faire appel à une dialectique descendante dont l'origine ne pourrait résider que dans la source suprême, dans le Bien. Or il va de soi que nous ne pouvons qu'avoir au plus une difficile intuition du Bien et que nous ne coïnciderons ni ne communierons jamais avec son acte originaire. Une déduction finaliste et moralisatrice ayant délibérément recours aux images mythiques représente l'effort ultime et, sur le plan de la connaissance, l'échec de l'astronomie platonicienne.

A ce type d'échec répond la transformation profonde de la théorie de la connaissance qu'inaugure la philosophie aristotélicienne, dont la métathéorie admise par les astronomes au moins à partir de Gémios (Ier siècle av. J.C.) et reprise notamment par Ptolémée, est une application dans un domaine particulier. Aristote oriente l'intellectualisme dans un sens qui le compose avec un empirisme sensualiste jusqu'à l'en conditionner étroitement⁷⁶. Etant admis que l'homocentrisme⁷⁷, d'après l'exemple même d'Aristote, prétend à une unification excessive, dont l'étroitesse aboutit à des complications qui en annulent l'intérêt, d'autres techniques de résolution devront être mises en oeuvre. Mais surtout une physique à

à base sensualiste, un réalisme sensible de la vérité physique, ne peut que tenir à distance et se subordonner l'astronomie mathématique. D'où le conventionalisme de Géminos ou de Ptolémée : cette métathéorie admet d'abord le réalisme physique⁷⁸, fixité centrale de la Terre et objectivité des trajectoires observées de ce point privilégié. Après quoi, faute de pouvoir mieux observer ces trajectoires, presque toutes réduites à des lignes sans plus, il ne reste qu'à les traiter mathématiquement, dans un esprit de rationalisation pragmatique, de calcul sans ambition de vérité. De ce conventionalisme ou phénoménisme astronomique découlent chez Ptolémée la pluralité toujours possible de schémas équivalents entre lesquels aucun choix ne s'impose au nom de la vérité et le traitement séparé (traduction mot-à-mot) de chaque trajectoire observée par des schémas ad hoc, aussi complexes que de besoin dans chaque cas, sans moyen ni exigence de vérification. Il y a donc place désormais pour une "grande composition mathématique" qui marque un progrès sur le platonisme, mais qui, d'autre part, en vertu de sa modestie, appelle les compléments hypothétiques de cette machinerie finaliste dont Ptolémée, répétant à cet égard les solutions platoniciennes, a cru nécessaire de l'assortir.

Ces deux métathéories, celle de l'intelligible, source du sensible et celle de la sensation, condition de l'intelligible et lieu de son apparition, reviennent donc, fondamentalement, à la même impuissance, à ceci près que surgit dans la seconde l'usage du concept (mathématique), nettement coupé du sensible qu'il transpose, sans être, comme l'intelligible, comme l'Idée platonicienne ou aristotélicienne, en rapport de dépendance objective avec lui, dans un sens ou dans l'autre. Une distance, une dualité s'affirme donc déjà et une liberté du sujet s'esquisse (dans l'équivalence des hypothèses) chez Ptolémée, à l'intérieur du réalisme sensible qui en limite la portée en se réservant la visée du vrai. Que fait donc Copernic à son tour ? Comment peut-il s'arracher à la domination du réalisme sensible et en libérer l'astronomie moderne ?

Ce n'est pas par un simple coup de force, dépourvu de soubassements théoriques ; encore moins par un retour à la métathéorie platonicienne, comme on l'a cru parfois. Essayer autre chose simplement pour voir et rompre pour ce seul motif

avec la tradition, une manoeuvre si vague n'aurait pu s'orienter dans la direction d'une réussite aussi nette et aussi exceptionnelle. Quant au retour à Platon, il n'aurait nullement résolu le problème du contrôle sensible, ainsi qu'on l'a vu. La métathéorie nouvelle pose -et jusqu'à preuve du contraire- pour la première fois chez Copernic, un ensemble de trois termes: un ordre objectif marqué en même temps qu'indiqué par le retour régulier des "inégalités" cycliques, une multiplicité de données sensibles et une organisation conceptuelle. L'essentiel de la révolution métathéorique consiste à refuser tout privilège d'organisation à la multiplicité des données pour réserver les structures visant l'ordre objectif à la libre initiative du "mathématicien". Les structures apparentes du sensible restent toujours, le cas échéant, des similitudes non unifiées (position des planètes par rapport au Soleil) ou méconnaissant la relativité, pourtant bien connue⁷⁹, du mouvement et du repos du point de vue optico-géométrique (géocentrisme). L'ordre objectif à dévoiler est donc bien un ordre rationnel de géométrie cinématique, selon un idéal qui en soi n'est pas nouveau, mais cet ordre, pour la première fois, doit être construit par le sujet connaissant et non admis par lui selon une lecture directe des configurations sensibles, conséquence, dans la tradition, de l'asservissement de la pensée au sujet percevant. Une fois donc posé le but de la recherche, un ordre objectif rationnel, dont la réalité est prouvée par le retour du même à travers la confusion des irrégularités observées⁸⁰ -et à ce stade initial, l'exigence rationnelle domine déjà, il est vrai de manière encore traditionnelle en elle-même, les données sensibles, en réclamant la réduction des irrégularités-, l'essai copernicien de renouvellement comporte (essentiellement et par simplification) un ensemble de trois étapes originales. La première consiste à élaborer les grands principes de l'hypothèse d'ensemble : mouvements "circulaires uniformes" des sept planètes, y compris de la Terre, immobilité du Soleil non loin du centre de l'orbe terrestre. On doit admettre, ici encore, que l'hypothèse tient compte de données et d'un savoir anciens (concernant la révolution du Soleil), elle est orientée certes par les observations et ne saurait se donner une sorte de liberté gratuite. Néanmoins, comme structure, elle est parfaitement autonome

et c'est là le point essentiel. Elle garde, pour ainsi parler, ses distances, en face de la diversité donnée qu'elle organise. La deuxième étape consiste à préciser numériquement les proportions du système dans l'hypothèse d'ensemble. Il est évidemment besoin, une fois de plus, de recueillir des observations, mais, de nouveau, la "primauté" de la théorie se manifeste clairement. Pour calculer la proportion des orbites, l'hypothèse privilégie des situations particulières où des grandeurs angulaires qui échappent à notre expérience sont précisées indirectement comme conséquences des postulats initiaux : l'élongation maximale d'une planète inférieure est élevée à la dignité théorique de tangente, bien que l'angle droit ne soit pas de l'ordre du visible⁸¹ ; tout aussi inobservable est l'angle formé par la Terre et une planète supérieure avec le Soleil au sommet lorsque le Soleil et la planète sont en quadrature (on déduit cet angle, par proportionnalité conforme aux postulats initiaux, des temps de révolution de la Terre et de la planète supérieure et du temps séparant l'opposition de la quadrature)⁸². C'est donc bien l'hypothèse théorique qui choisit les observations utiles et leur donne sens. Mais si la fermeture des angles et les opérations trigonométriques qu'elle permet dépassent déjà la tradition par leur fécondité, l'hypothèse n'atteint pas encore à la solidité souhaitée.

Contrairement à une légende parmi tant d'autres, la théorie n'est pas encore suffisamment développée. En fait partie intégrante, comme hypothèse de vocation réaliste, la déduction, à partir de son géométral, des projections de base géocentrique qui doivent se superposer aux états apparents du ciel, procurés par le géocentrisme d'observation. Telle est la troisième étape, celle du contrôle. Il ne s'agit plus de privilégier certaines données, en se contentant de quelques transformations simples entre géocinétisme et géocentrisme, mais de passer, dans le plus grand nombre de cas possible, à des mises en perspective géocentrique virtuelle (conceptuelle) du système, afin de les confronter aux observations effectives. Même à cette dernière étape, on peut dire que la théorie garde l'initiative, puisque c'est son organisation propre qui détermine les conditions de sa vérification ou de son infirmation, (sans décider pour autant de l'issue, des données détermi-

nées n'étant pas ployables à toute fin) : ou bien elle impose son géocentrisme dérivé aux données, ou bien elle éclate. En ce cas, les données restent privées de sens par elles-mêmes ; dans l'autre, elles acquièrent la vérité seconde qui convient aux apparences précises. Ainsi, le réalisme de la géométrie cinématique s'éprouve par rencontre avec des indices discriminants en s'efforçant de les intégrer dans son organisation explicative et de "sauver les phénomènes" au sens le plus fort, après avoir pris ses distances à leur égard. C'est dire que, dans les meilleurs cas, dans ceux où aucun indice retenu n'est décidément rebelle à son intégration, la théorie n'arrivera jamais au bout de sa tâche et la troisième étape n'aura jamais de fin en droit. Au moment même où se constitue avec succès une métathéorie de la preuve, on doit abandonner la chimère d'une justification absolue⁸³ : L'hétérogénéité du concept et du phénomène, conquête essentielle du copernicanisme, exclut la possibilité d'une parfaite coïncidence ; partiels et approximatifs, les indices sensibles sont débordés par les hypothèses qui se veulent complètes et exactes touchant l'objet qu'elles se donnent et qui peuvent d'ailleurs en même temps rester insuffisamment informées au niveau de l'analyse fine des conditions d'observation. Une théorie ne peut donc que devenir d'autant plus probable qu'elle accumule un nombre et une variété plus grands d'indices en sa faveur, soit au moment même de sa constitution, soit après coup, par recherche active ou par rencontre inattendue. Malgré les limites d'un pouvoir d'exploration encore modeste et d'une précision relativement faible des mesures, le copernicisme a bénéficié dès le début de confirmations empiriques assez remarquables, en attendant celles de Kepler et de Galilée et tant d'autres par la suite, jusqu'à l'aube du XXe siècle.

On sait bien que la théorie de Copernic s'est en même temps largement modifiée et rectifiée. En est-elle ainsi revenue aux techniques de rationalisation ad hoc en usage dans l'astronomie précopernicienne ? Nullement, car les progrès de l'observation n'ont jamais déterminé le rafistolage du détail sous des principes immuables ; de nouvelles hypothèses ont été forgées, parfois assez proches des précédentes, parfois très nouvelles, mais toujours à distance des faits, tou-

jours débordantes et dominantes, toujours monopolisant le soin d'échafauder des structures à vérifier sans fin. On voit par là que le grand et durable bouleversement qui fonde et régit la science moderne consiste en une métathéorie née chez Copernic. Son génie tient essentiellement dans la portée générale de l'acte par lequel le sujet du savoir refuse de se laisser dominer par le sujet percevant et entreprend d'édifier activement toute objectivité possible, comme sujet universel agençant ses concepts au-dessus et en deçà de son étroite particularité sensible. L'esprit veut situer l'oeil qui s'oublie en prétendant situer les choses, la mise en ordre ne se fait plus sur le spectacle et la géométrisation du monde devient invisible, tout en se voulant objectivement vraie.

Il vaudrait la peine de se demander -ce que jusqu'à présent on ne semble pas avoir considéré comme une tâche digne d'être approfondie pour elle-même et peut être de nature à jeter les bases d'une conception générale de la compréhension des grandes créations scientifiques- comment l'individu Copernic, plutôt qu'un autre, est devenu le premier pionnier de la science moderne et d'abord de l'astronomie moderne de position. On peut estimer que l'originalité d'un grand créateur regroupe en elle, synthétise et dépasse ainsi des traits caractéristiques, mais ordinairement dispersés, de son époque (étant bien clair qu'un progrès exceptionnel ne provient jamais de la seule collectivité des compétences spéciales). Il se pourrait que Nicolas Copernic, par sa situation individuelle et les éléments divers de sa formation et de son expérience singulière, se fût trouvé, sans aucune prédestination, à une sorte de point nodal où se seraient rencontrés et mêlés des courants de la Renaissance ordinairement séparés. Par exemple, les artistes de l'époque ne sont guère du monde des lettrés et des savants érudits, tandis que Copernic, doté d'une solide formation d'astronome, s'intéresse activement à la peinture et n'a pu ignorer, en Italie, le développement des études de perspective et l'enthousiasme que soulève cette technique chez les praticiens des arts plastiques⁸⁴. De même, l'astronome a dû être, beaucoup plus que ses confrères, frappé par la richesse d'invention et la hardiesse d'une certaine forme d'imagination machiniste⁸⁵ qui, très répandue chez les ingénieurs et les artistes italiens du temps

n'est pas sans affinité avec la liberté de restructuration de la machinerie copernicienne⁸⁶. On a dit aussi que l'un des traits caractéristiques d'une "mentalité nouvelle" était "le désir d'organiser et de maîtriser l'espace"⁸⁷; il n'est pas improbable que cette préoccupation, capable de toucher l'homme d'action que fut Copernic plus que les spécialistes confinés dans une discipline des plus contemplatives, ait été transposée par l'amateur éclairé en maîtrise et organisation conceptuelles de l'espace cosmique. Ces points et d'autres appellent la recherche et la connaissance assez bonne que l'on a de la vie de l'astronome laisse espérer des résultats. Il serait souhaitable de parvenir à montrer que cette personnalité, aux larges horizons, est un produit, à la seconde puissance, de son siècle, jusqu'en son originalité la plus exceptionnelle, -et non un navigateur de la pensée qui aurait avancé au hasard et n'aurait jamais su ce qu'il trouvait sur sa route⁸⁸. Mais tout est dit en peu de mots sur ce sujet par un poète du XXe siècle qui fait parler un photographe :

"Puisque ces mystères me dépassent, feignons d'en être l'organisateur"⁸⁹.

NOTES

1. Delambre, Histoire de l'Astronomie moderne, I, Paris, 1821, p. 85.
2. Cf. Ci-dessous, pp. 8-9. Comte commence à rédiger le Cours de philosophie positive en 1830 ; les leçons sur l'astronomie sont de 1834.
3. "Archaïques" le plus souvent par abstraction de leur fonction et par référence anachronique au classicisme encore à venir.
4. Principalement dans deux articles de la Revue de l'enseignement philosophique : L'originalité de Copernic et la naissance de la science moderne, XXIII, n°6, août-sept. 1973, pp. 1-35, avec appendice bibliographique ; -Copernic, Tycho, Bradley note supplémentaire, XXV, n°6, août-sept. 1975, pp.1-22. Qu'il me soit permis de renvoyer à ces deux études, souvent plus détaillées que le présent travail. Inversement, certaines précisions et rectifications sont données ci-dessous, avec comme références : Art.I et Art.II . Ainsi, l'Appendice bibliographique de Art.I, pp. 34-35 devrait être aujourd'hui complété au moins par les titres suivants : N. Swerdlow, The Derivation and First Draft of Copernicus's Planetary Theory, A Translation of the Commentariolus with Commentary, Proceedings of the American Philosophical Society, 117, n°6, Dec. 1973, pp;423-512 ; - H. Hugonnard-Roche, E. Rosen et J.P. Verdet, Introductions à l'Astronomie de Copernic, Le Commentariolus de Copernic, la Narration prima de Rheticus, Paris, 1975 ; -Nicolai Copernici de revolutionibus libri sex. t. II des Opera omnia, Varsovie-Cracovie, 1975 (le tome premier présente un magnifique fac-similé du manuscrit, Paris-Varsovie, 1973).
5. Paris, 1966 et suivantes, en cours de publication.
6. On notera le titre des volumes III-1 et III-2 : La Révolution galiléenne, 1969. Je dois signaler que j'avais d'abord suivi G. Gusdorf dans mon compte-rendu des quatre premiers volumes (cf. Revue d'histoire des sciences, 1969, pp.171-179, notamment pp.175-176) qui, d'ailleurs, fourmillent de notations intéressantes. Sur Galilée et Copernic, voir ci-dessous nn. 20,21 et 72.
7. Toutes les citations sont tirées de l'article : Galiléenne (Révolution), Encyclopaedia universalis, t. VII, Paris, 1968, § 1, p.444, col.B.
8. Cf. l'inventaire établi pour la France par R. Taton et M. Cazenave, Revue d'Hist. des

- Sciences, 1974, pp.307-328. Voir aussi les remarques d'O. Gingerich, Proceedings of the Am. Phil. Soc., 1973, p.520.
9. Sur ces derniers, cf. Koyré, La révolution astronomique, Paris, 1961, p.77.
10. Cf. E. Garin, A proposito di Copernico, Riv. critica di Storia d. Filosofia, XXVI, 1971 et Alle origini della polemica anticopernicana Studia Copernicana, VI, 1973 ; Edw. Rosen, Was Copernicus' Revolutions Approved by the Pope ? Jal History of Ideas, XXXVI, 3, 1975.
11. Cf. l'édition (texte et trad.) du livre premier Des Révolutions des Orbes Célestes, par Koyré, Paris, nouveau tirage, 1970 (avec errata de Rosen). L'adresse de N. Schonberg est aux pp.32-34, précédant la Dédicace au Pape Paul III.
12. "Héliolâtrie", ibid., p.23 (Introd. de Koyré) ; voir aussi Révol. astronomique, p.69 où l'on retrouve le même terme. Quoi qu'il en soit, Koyré donne beaucoup plus d'importance que Gusdorf à Copernic (voir en particulier le début de son Introduction, p.2 : "l'in vraisemblable hardiesse de la pensée copernicienne").
13. Ed. Koyré, Introduction, p.21.
14. Ibid., pp.115-116, Trad. Koyré légèrement modifiée. C'est le ciel qui est dit "dieu visible" au début du livre premier, p.51 . Noter que c'est Koyré qui fait du Soleil "lampas pulcherrima", Révol. astr., p.63 ; opp. le texte dont la référence est ci-dessous à la n.17 .
15. Cf. éd. Koyré, Introd., pp.20-22 et Texte du De rev., I, chap.4, p.67 (ainsi que Révolu. astr., pp.61-62).
16. Cf. dans le recueil d'études sur Galilée du Centre intern. de Synthèse, Paris, 1968, la trad., due au P. Russo, de la Lettre à Christine de Lorraine, à la p.357.
17. Ed. Koyré, pp.115-116. Dans tout ce passage, ambivalence classique du visible et du voyant éclairant et surveillant.
18. Cf. "la danse des planètes", derniers mots du Commentariolus, Introductions..., p.91. Le texte dit : "tota siderum chorea" (cf. Art.I, p.19, n.85).
19. Cf. Introductions..., début du Commentariolus, pp.71-72.
20. Un passage du Saggiatore de Galilée, ed. naz., VI, p.319, cité et judicieusement commenté par Clavelin, Philosophie naturelle de Galilée, Paris, 1968, p.218 et nn., re-

fuse toute hiérarchisation des figures géométriques prises en elles-mêmes ; elles sont seulement plus ou moins convenables à telle ou telle construction. Galilée dit aussi (Dialogo, I, p.56, cité ibid., p.218) que "seuls le repos et le mouvement circulaire (sont) aptes à la conservation de l'ordre".

21. "Solus enim circulus est, qui potest peracta reducere", éd. Koyré, p.70. Mouvement uniforme, ainsi que précise le contexte. Cf. la citation terminant la n.20 ci-dessus Copernic et Galilée sont exactement concordants sur ce point.
22. Ce schéma simplifié à l'extrême a eu un sort malheureux : on se précipite trop souvent sur cette figure, y trouvant harmonie et pureté et simplicité. Voir un exemple dans Art.I, p.7, n.32 (où j'ai eu le tort de ne pas rappeler que, désireux de mettre en valeur, au début de son ouvrage, la nouveauté de l'essentiel de sa restriction, Copernic lui-même a voulu mettre en image, nécessairement incomplète et imprécise, le principe le plus fondamental de sa recherche).
23. Trad. Koyré modifiées, éd. Koyré, p.116 et p.43.
24. Cf. éd. Koyré, I,4, p.70.
25. Trad. Koyré modifiée, éd. Koyré, pp.41 (trad.) et 42 (texte).
26. De sorte qu'il n'y a pas d'équivalence, malgré ce que l'on en dit souvent, ni de transformation mathématique précise entre les représentations de Ptolémée et celles de Copernic. Cf. Art.II, p.16, n.28. Il faut enrichir d'abord Ptolémée de structures précoperniciennes qui le déterminent et lui donnent forme pour pouvoir établir des équivalences.
27. Cf. Bailly, Histoire de l'Astronomie moderne, I, Paris, 1785, pp.357-358 : "Si d'un lieu quelconque vous regardez un objet éloigné, à travers une campagne nue, le rayon visuel qui s'étend de votre oeil à l'objet, ne peut vous faire connaître sa distance; vous n'en aurez point d'idée tant que vous resterez à la même place : mais si vous vous avancez vers la droite ou la gauche, vous verrez alors de côté la distance de votre premier poste à l'objet éloigné ; vous pourrez comparer cette distance au chemin que vous avez parcouru en vous écartant, et ce chemin, mesuré par vos pas, vous donnera l'idée de la distance que vous n'avez pas parcourue". Il y a en effet trois points, dont deux sont des postes d'observation : la distance linéaire des deux pos-

tes et les distances angulaires mesurées de chacun entre l'autre et le point inaccessible permettent de fermer le triangle. Il ne me semble pas qu'il y ait un rapprochement à faire avec De rev., I, chap.9 ad fin., éd. Koyré, p.102, où il est recommandé de regarder amboobus oculis, "des deux yeux".

28. Ed. Koyré, p.42. Traduction remaniée (chez Koyré, pp.41-42, depicta est escamoté).
29. Il y a un ordre objectif stable, fidèle à lui-même, mais la grande affaire, pour Copernic, est d'en acquérir la connaissance précise qui se vérifie à travers la cohérence d'une méthode systématique capable d'intégrer les phénomènes (cf. Dédicace, ibid., p.45). L'accès de la systématisme de la méthode à un tableau qui se tient, le fait qu'elle n'aboutit pas à disparate et rencontre des résultats déterminés (unicité de chaque résultat pour chaque cas) est déjà, avant tout commencement de preuve proprement dite, la marque d'une supériorité essentielle sur la tradition, en tant que construction organisée qui a chance d'être la bonne, étant la seule. Une unification précise et une seule : Dédicace, pp.40 et 42; I, 10, pp.112 et 116 (éd. Koyré).
30. Du point de vue de la "dynamique" copernicienne, la régularité de l'ordre n'a pas besoin d'un centre concret, physique.
31. Le pythagorisme réel ou supposé de Copernic a fait l'objet d'un ouvrage très documenté, Br. Bilinski, II Pitagorismo di Niccolo Copernico, Varsovie, etc., 1977. Il ressort, à mon avis, de cette recension très complète, tant en matière d'études que de sources, qu'on ne voit pas du tout comment cette doctrine -bon exemple de philosophie et de religion esthétique et mystique- a pu jouer un rôle dans la constitution du copernicianisme, à titre nettement différentiel. Restée vivante à la Renaissance, elle n'en avait pas moins cédé au géostatisme aristotélico-scolastique. On ne peut évidemment exclure que la translation de la Terre autour d'un feu central (voir ci-dessous, n.47) ait eu quelque influence sur le géocinétisme de Copernic, mais l'astronome semble plutôt y voir (dans le Commentariolus, cf. Introductions..., p.74) une spéculation sans rapport avec sa théorie scientifique ce qui n'est pas mal vu. En Art.I, p.18, n.79, j'étais d'un autre avis, commandé par l'idée d'une admiration de la Renaissance pour les auteurs anciens qui, en fait, est souvent plus tempérée

- et plus critique chez les hommes de science que chez les purs humanistes (voir par ex. le début de la Narration de Rheticus, Introductions..., p.99 ; selon ce texte, Regiomontanus n'est pas inférieur à Ptolémée, ni Copernic à Regiomontanus.
32. Le mot n'est pas trop fort et l'on est surpris que P. Arnaud, l'excellent connaisseur de Comte, ait eu l'idée d'un "Copernic, précurseur du positivisme", Studia Copernicana, XIV, 1975, pp.231-235. Voir plus bas, en particulier n.76.
33. Cf. Système de politique positive, III, Paris, 1929 ("5e édition, identique à la première"), pp.322-329, voir ci-dessous, n.42.
34. Ibid., p.329. Même page : "l'étrange silence propre au plus grand des penseurs astronomiques fut systématiquement déterminé par l'incompatibilité de la science avec la théologie qui devait encore prévaloir".
35. Cf. Plutarque, De facie in orbe Lunae, 6, 922 f-923 a.
36. Cours de philosophie positive, éd. de 1975, t.I, p.360.
37. Ibid., t.II, p.139. L'état positif ne dispense pas, bien au contraire, de théories.
38. "Les hypothèses vraiment philosophiques doivent constamment présenter le caractère de simples anticipations sur ce que l'expérience et le raisonnement auraient pu dévoiler immédiatement, si les circonstances du problème eussent été plus favorables" (Cours de phil. pos., éd. de 1975, I, p.457).
39. Ibid., II, p.102.
40. Un positivisme quelque peu tronqué, mais assez fidèle pourtant, a guidé tout au long du XIXe siècle et au-delà les tentatives d'étranglement plus ou moins efficaces et toujours influentes qui s'attaquaient aux recherches réalistes de contrôle indirect (par ex. l'atomisme, la microbiologie) et systématique (tableau de Mendéléiev). Cf. dans l'Histoire de la Philosophie dirigée par Châtelet, t.6, Paris, 1973, mon exposé sur Chimie et Biologie au XIXe siècle, notamment pp.74-76, 81-83. J'ai pu vérifier que l'influence post mortem d'un Berthelot, prolongée par descente de l'enseignement supérieur au secondaire, avait atteint les débuts de la Seconde Guerre Mondiale vers 1939-40, bien des manuels de chimie ne s'exprimaient sur la théorie atomique qu'avec des réserves extrêmement prudentes... Encore aujourd'hui, le théoricien fait peur, souvent, à l'homme de laboratoire, comme s'il suffisait d'observer, de

mesurer, de manipuler.

41. "La connaissance du mouvement de la terre nous conduit naturellement à nous transporter au point de vue solaire" etc. (Cours de phil. pos., I, éd. de 1975, p.364).
42. Système de politique positive, III, pp.326-327. "Quinze siècles" : plutôt dix-huit.
43. On se souviendra, sans insister sur les questions de vrais et de faux précurseurs (il serait à peine outré de prétendre que les vrais précurseurs se reconnaissent aux différences, non aux similitudes), que Copernic n'invente en aucune façon la rotation diurne de la Terre : son innovation géocinétique s'entend du mouvement de translation annuelle et n'est apparentée qu'à la théorie d'Aristarque, laquelle restait sans doute plus spéculative. Il eût été fort intéressant de repérer un contemporain de Copernic qui eût accompli, même plus schématiquement, une oeuvre analogue : on fait parfois un sort à Celio Calcagnini (1479-1541) pour son opuscule publié en 1644 (Quod caelum stet, terra moveatur...), Que le ciel est immobile et la terre mobile..., cf. W.D. Hine, art. in Isis, 64, 1973, n°221, p.22), mais cet humaniste italien s'en tient au mouvement diurne (cf. Koyré, in R. Taton dir., La Science moderne, Paris, 1958, p.57, -ou pareillement Koyré revu par Rosen, ibid., 2e éd. 1969 p.58).
44. Plus détaillé dans Art.I, pp.3-6 et nn.-. Une rectification importante : le postulat de l'incomparabilité sensible de la grandeur de l'orbe terrestre et de sa distance aux fixes est exactement le même chez Aristarque que chez Copernic ; la "rectification" erronée d'Archimède, plus mathématicien qu'astronome, est contredite par un passage du seul texte conservé d'Aristarque, Dimensions et distances du Soleil et de la Lune (point n°2, au début, in Heath, Aristarchus of Samos, Oxford, 1913, pp. 352-353). On sait que, dans des cas très divers, le postulat d'incomparabilité sensible est d'usage courant en astronomie; la reprise copernicienne n'implique pas du tout la connaissance par Copernic du texte d'Archimède, l'Arénaire, mais quoi qu'il en soit, l'astronome ancien et l'astronome moderne étaient aussi familiarisés avec la généralité du postulat l'un que l'autre (et plus qu'Archimède). On notera encore que l'absence de parallaxe annuelle des fixes fait mauvais ménage avec des conceptions finalistes (un vide immense dans le cosmos...), Tycho Brahé ne pourra y con-

- sentir, tant par pieux sentiments de l'ordre que par empirisme. Le postulat chez Copernic : cf. Commentariolus, Introductions...pp.72-73.
45. Cf. Art.I, p.5 et n.22. -Le texte de l'Arénaire sur Aristarque renferme 4 propositions (éd. de Ch. Mugler, Archimède, II, 1971, Coll. des Univ. de France, Paris, pp.135-136) : 1) le Soleil et la sphère des fixes sont immobiles ; 2) la Terre décrit autour du Soleil comme centre une circonférence 3) la sphère des fixes a le même centre que le Soleil ; 4) la circonférence décrite par la Terre est comme un point par rapport à la sphère des fixes (postulat complémentaire qu'Archimède comprend mal et qu'il tente de corriger après l'avoir exposé tel quel).
46. Cf. le texte d'Aristarque signalé ci-dessus en n.44.
47. C'est une citation de Plutarque, texte grec, éd. Koyré p.44 (plus exactement Aetius De placitis philosophorum, III, chap. 13, 3). Voir aussi éd. Koyré p.76 (De rev., I, 5).
48. Cf. Art.I, pp.12-13 et n.56. Le texte de Géminos, résumant Poseidonios, est cité par Simplicius, le commentateur d'Aristote ; trad. complète dans Duhem, Système du Monde, II, pp. 76-78. Sur la solidité organique de l'aristotélisme, cf. Clavelin, Phil. nat. de Galilée, 1ère partie.
49. Introductions..., p.72. Cf. De rev., I, 10, éd. Koyré, p.110. Glissement dans la trad. de Koyré, pour I, 9, p.102 : medium mundi, "milieu du monde" et non pas "centre", trop précis.
50. Cf. ci-dessus, n.45.
51. Cf. ci-dessus, n.17.
52. Cf. Opera omnia, II, Livre III, chap. XX et suiv., p.161 sqq. (et références de Introductions..., p.49 et n.63, ainsi que, ibid., Narratio prima, pp.108-109 et fig. pp.204-205) ; Dreyer, A History of Astronomy from Thales to Kepler, (1906, titre un peu différent), New-York, 1953, p.331 sqq. ; Koyré, Révol. astron., p.63.
53. Cf. Kepler, préface à l'Astronomie nova, trad. par Koyré, Révol. astron., p.191.
54. Cf. ibid., p.155.
55. Si Copernic se laisse aller à l'extrapolation, on n'en conclura pas qu'il verse dans le "mysticisme" ou l'astrologie. C'est Rheticus qui tire, avec enthousiasme, des conclusions astrologiques et, à son tour, Koyré extrapole lorsqu'il avance que

"c'est très certainement Copernic lui-même qui parle par sa bouche" (éd. Koyré, introd., p.11). En De Rev., ibid., p.51, le terme astrologia est pris au même sens que astronomia (introd. du livre premier). -Par ailleurs, on connaît un horoscope portant sur Copernic (photogr. h.-t. n°22, dans Biskup, Regesta Copernicana = Studia Cop. VIII, 1973, voir aussi p.34, le h.-t. est après p.192), indice des plus minces, en face du silence constant des oeuvres sur ce sujet et du soin mis par le "mathématicien" à se distinguer des "philosophes", des "théologiens" et aussi des "bavards" (cf. éd. Koyré, I, chap.8, p.92 : laisser aux "philosophes de la nature" le soin de débattre de l'infinité ou de la finitude du monde ; dédicace au Pape, pp.47-48 : "bavards" et... théologiens ignorant les mathématiques, Lactance "faible mathématicien"). Pour lui, philosophie est synonyme de science et ce que nous nommons de ce terme est plutôt physiologia, cf. éd. Koyré, Dédicace, pp.37, 43, 46 : philosophie (de la nature).

56. Dans mon Art.I, par souci de briéveté, j'avais passé sous silence la distinction du Soleil vrai et du Soleil moyen, mais j'aurais dû expliciter cette simplification.
57. Ed. Koyré, p.45 (cf. p.46).
58. Ce n'est pas le Soleil moyen au sens de l'astronomie moderne : il s'agit déjà d'un Soleil fictif, mais du point de vue de l'uniformisation de son mouvement (avant Copernic) ou du point de vue du centre du mouvement uniforme autour d'un centre excentré par rapport à la Terre et le Soleil moyen en fait autant par rapport à la Terre elle-même. Soleil vrai et Soleil moyen sont alignés ensemble lorsqu'ils s'alignent avec la Terre et le centre de révolution du Soleil vrai (et les deux cercles de révolution se coupent à la perpendiculaire de cet alignement passant par le milieu de la distance des deux centres).
59. Pour un temps, parce que la relativité générale d'Einstein remet le cercle en faveur et fait l'économie des obscures forces d'attraction, cf. M.A. Tonnelat, Histoire du principe de relativité, Paris, 1971, p.351 sq. -La résolution en mouvements "circulaires uniformes" est plus particulièrement platonicienne, selon Simplicius, comm. au De caelo. II 12 (trad. Duhem. Système, I, p.103.).
60. Introductions... p.72.
61. Cf. Koyré, Révol. astron., p.87.

62. Ed. Koyré, p.99, Cf. I, 5, pp.75-76.
63. Almageste, livre XIII, chap.2 (trad. Duhem, Système du Monde, I, p.496 et II, p.84)
64. Au livre II des Hypothèses des planètes ; pour plus de détail, cf. Art.I, pp.16-17 et nn.
65. Malgré sa liberté de langage à l'égard de la théologie, rappelée ci-dessus à la n.55, rien ne permet de douter, entre autres, de la sincérité de sa foi chrétienne (cf. Galilée). -Dans le cas de Kepler, de telles distinctions entre foi et science seraient au contraire déformantes, comme le montre bien le beau livre récent de Gérard Simon, Kepler astronome astrologue, Paris, 1979. Mais Kepler n'est pas Copernic et il est parfois imprudent de les rapprocher.
66. Cf. Ci-dessus, n.43 et Koyré, Révol. astron., pp.102-103, n.30.
67. Cf. éd. Koyré, p.145, n.18.
68. Copernic semble avant tout désireux d'émanciper la science astronomique sous les espèces de son réalisme géométrique ; la physique aristotélico-scholastique est un obstacle à écarter d'une manière ou d'une autre et il me semble que les arguments employés dans le De rev., souvent par retournement polémique des principes traditionnels n'engagent pas un intérêt direct et profond pour les problèmes de physique et même de cosmologie physique. Cf. Art.I, pp.22-23).
69. Cf. Critique de la raison pure, Préface de la 2e éd., trad. Barni-Archambault, I, pp.20-21. Le rapprochement semble plus étroit p.24, n.2, où du reste, le copernicanisme de Copernic est réduit à une "hypothèse", condition nécessaire de l'accomplissement newtonien. En penseur rompu à l'analyse régressive, Kant reconnaît le rôle inaugural de Copernic, mais ne peut s'empêcher de courir malgré tout aux grandes réussites ultérieures. -Hypothesis chez Copernic signifie principium, assumptio, sans aucune note conjecturale : De rev., Introd. du Livre I, éd. Koyré, p.53.
70. Ibid., p.20.
71. Koyré, Etudes d'histoire de la pensée scientifique, Paris, 1966, p.69.
72. Il faudrait déterminer le plus précisément possible le moment où Galilée se met à étudier Copernic et se rallie à sa théorie, pour examiner si ce moment de sa for-

mation ne coïnciderait pas avec une ligne de partage entre ses essais antérieurs, d'esprit archimédien (géométrisation selon le sensible) et des travaux d'un niveau supérieur, plus modernes (géométrisation prenant du recul devant le sensible, élaboration de structures géométriques guidant leur propre vérification dans un second temps et de façon plus ou moins indirecte). Cf. la lettre de Galilée à Kepler 4 août 1597 et la lettre de Castelli à Galilée, 6 novembre 1613 (ed. naz., X, n°57 et XI, n°941) : elles concordent et permettent de situer l'adhésion au copernicainisme vers 1590, ce qui paraît bien correspondre à un progrès important de la méthode. Datation trop tardive, à mon sens, chez St. Drake, Galileo at Work, Chicago 1978, pp.36-37.

73. Cf. Art.I, p.26 et nn.125-127.

74. Cf. ibid., p.27 sqq.

75. La marche réelle des astres semble être brouillée par des effets de perspective en Lois, VII, 822 ab. Copernic connaît le livre VII (il le cite dans l'introduction du Livre premier, éd. Koyré, p.53) ; il est tout de même difficile d'y voir une source importante pour la pensée de l'astronome. Voir ci-dessous, n.84.

76. Cf. Analytiques post., I 18 81 a 38-39 : un sens de moins, une science de moins. C'est aussi, on le sait, la position de Comte : "il ne saurait exister aucune astronomie pour des espèces aveugles, quelque intelligentes qu'on voulût d'ailleurs les imaginer" (Cours de phil. pos., éd. de 1975, I, p.301).

77. Homocentrisme et monocentrisme : le premier terme étant réservé par l'usage à la théorie d'Eudoxe, pour désigner les constructions astronomiques à un seul centre stricto sensu, on peut appeler monocentrisme le réalisme physique d'où part le conventionalisme de Ptolémée ; la Terre est au centre du monde (Almageste, I, chap.2), donc point de référence non déformée pour le repérage empirique des trajectoires planétaires (mais, sur le plan conventionaliste des résolutions en cercles, il n'y a plus monocentrisme, bien entendu).

78. Sur Géminos, cf. ci-dessus, n.48, Osiander, l'auteur de la Préface surajoutée au De rev. contre le gré de Copernic, professe un conventionalisme astronomique tout à fait semblable, à ceci près qu'il admet des conventions apparemment contraires au réalisme physique, si elles offrent un intérêt pragmatique et si elles ne pré-

tendent pas à vérité (cf. éd. Koyré, p.28). Du reste, Osiander insiste lourdement sur son refus du réalisme copernicien : "ni vrai, ni vraisemblable" (p.28), "absurde" (p.29), "stupide" (p.31). Il se contente donc d'assouplir adroitement le conventionalisme de Géminos pour lui faire, si je puis dire, digérer le réalisme de la nouvelle astronomie ; il reste ferme sur les principes et les dernières lignes de son texte (pp.30-31) rappellent la thèse majeure de Géminos : l'astronomie n'a pas accès aux principes réalistes de base par voie autonome, mais seulement par soumission à la physique.

79. Copernic cite Virgile, Enéide, III, v.72, en De rev., I, chap.8, éd. Koyré, p.92 ("nous sortons du port et les terres et les villes reculent"). Voir aussi I, 5, pp.73 et 75-76.
80. Sur ce rationalisme, cf. éd. Koyré, De rev., Dédicace au Pape, p.36 ; I, 4, pp.69-70.
81. Il est visible au contraire chez Aristarque pour le calcul du rapport des distances Terre-Lune et Terre-Soleil (Lune à demi-éclairée par le Soleil), dans le traité mentionné plus haut, n.44 (point n°3 au début, éd. Heath, pp.352-353). La technique géométrique est la même, mais il y a un abîme -une révolution- entre la géométrie lue sur le phénomène (en l'occurrence, du reste, sans grande précision) et la géométrisation dans l'invisible, conceptualisation libérée.
82. Cf. Opera omnia, II, De rev., livre V, chap.21, p.281 (dimension de l'orbe de Vénus) ; livre V, chap.19, pp.277-279 (de Mars).
83. Réclamée avec insistance par nombre d'objecteurs jusqu'à nos jours inclusivement et parfois prétendûment offerte, même par des gens du métier. Cf. Art.III, notamment p.17, n.30. Pour Kant, la certitude surgit avec la théorie newtonienne de la gravitation (Critique de la Raison pure, 2e Préface, p.24, n.2), pour Comte, la "démonstration complètement irrécusable du mouvement annuel de la terre" est offerte par l'aberration optique de Bradley (Cours de phil. pos., éd. de 1975, I, p.359). Dans Art.II, j'ai eu le tort de méconnaître que cette conviction touchant le beau travail de Bradley appartenait au fondateur du positivisme.
84. Sur la nécessité d'intégrer le poste d'observation terrestre au système pour évi-

ter les déformations de perspective, cf. De rev., I, 4, éd. Koyré, p.71. L'enthousiasme général pour la perspective (déformation sans brouillage irrémédiable) doit avoir eu un rôle capital pour attirer l'attention de Copernic peut être sur le texte de Platon cité ci-dessus, n.75, mais surtout sur un autre texte qu'il connaissait bien, l'Optique d'Euclide (cf. propos. LI, trad. P. Ver Eecke, Paris, nouv. tirage, 1959, pp.46-47, voir aussi p.47, n.1 ; - en I, 10, le De rev. cite nommément l'ouvrage et l'auteur, p.103, cf. propos, LVI, trad. citée, p.49 ; trois autres passages se réfèrent simplement à "l'optique", I, 4, p.71, cf. propos. LIV, trad. pp.47-48, I, 6, p.81 (postulat d'incomparabilité sensible), cf.?, I, 10, pp. 117-118, cf. propos. III, p.3).

85. Cf. B. Gilles, Les ingénieurs de la Renaissance, 2e éd., Paris, 1978, p.10, p.164, etc.
86. Cette machinerie fait problème et a provoqué un débat assez tendu entre Edw. Rosen et N. Swerdlow (cf. Archives intern. d'hist. des sciences, XXV, 1975 et XXVI, 1976). Il me semble que Copernic en reste à une géométrie réelle, sorte de physique géométrique correspondant à son double souci de réalisme de la théorie et de maintien dans les limites optico-géométriques du vérifiable. (Cf. ci-dessus, n°68) .
87. Delumeau, La civilisation de la Renaissance, Paris, 1967, p.506.
88. Copernic n'est pas Christophe Colomb.
89. Jean Cocteau, Les mariés de la Tour Eiffel, 1921, (Théâtre, I, Paris, 1948, p.57).