

Johannes Kepler



# Conception

☞ Heinrich Kepler et sa femme Johanna le conçurent le lendemain de leurs noces, le 16 mai 1571 à 4h37



# Naissance

☞ Johannes Kepler naquit  
224 jours et dix heures  
après,  
le 27 décembre 1571  
à 2h et 30 minutes précises  
à Weil der Stadt,  
petite ville allemande près  
de la Forêt-Noire





☞ La maison natale de Kepler fut détruite lors du siège de la ville par les troupes françaises qui l'incendièrent en 1648, à la fin de la guerre de Trente Ans.





# Découverte de l'astronomie

À deux reprises il fut invité par ses parents à lever les yeux vers les étoiles :

- ➡ À six ans, sa mère lui fait découvrir une comète
- ➡ À huit ans son père l'invite à contempler une éclipse de Lune.



# Les études primaires

Acquis au protestantisme, les ducs de Wurtemberg voulaient élever niveau de l'instruction dans toute la région et en faciliter l'accès aux élèves peu fortunés par l'attribution de bourses



# Les études primaires et secondaires

- ☞ Le petit Johannes fréquenta l'école de Leonberg, puis celle d' Ellmendingen.
- ☞ À 13 ans il fut adressé par ses maîtres au petit séminaire d'Adelberg avant d'entrer en septembre 1586 au Grand séminaire de Maulbronn.

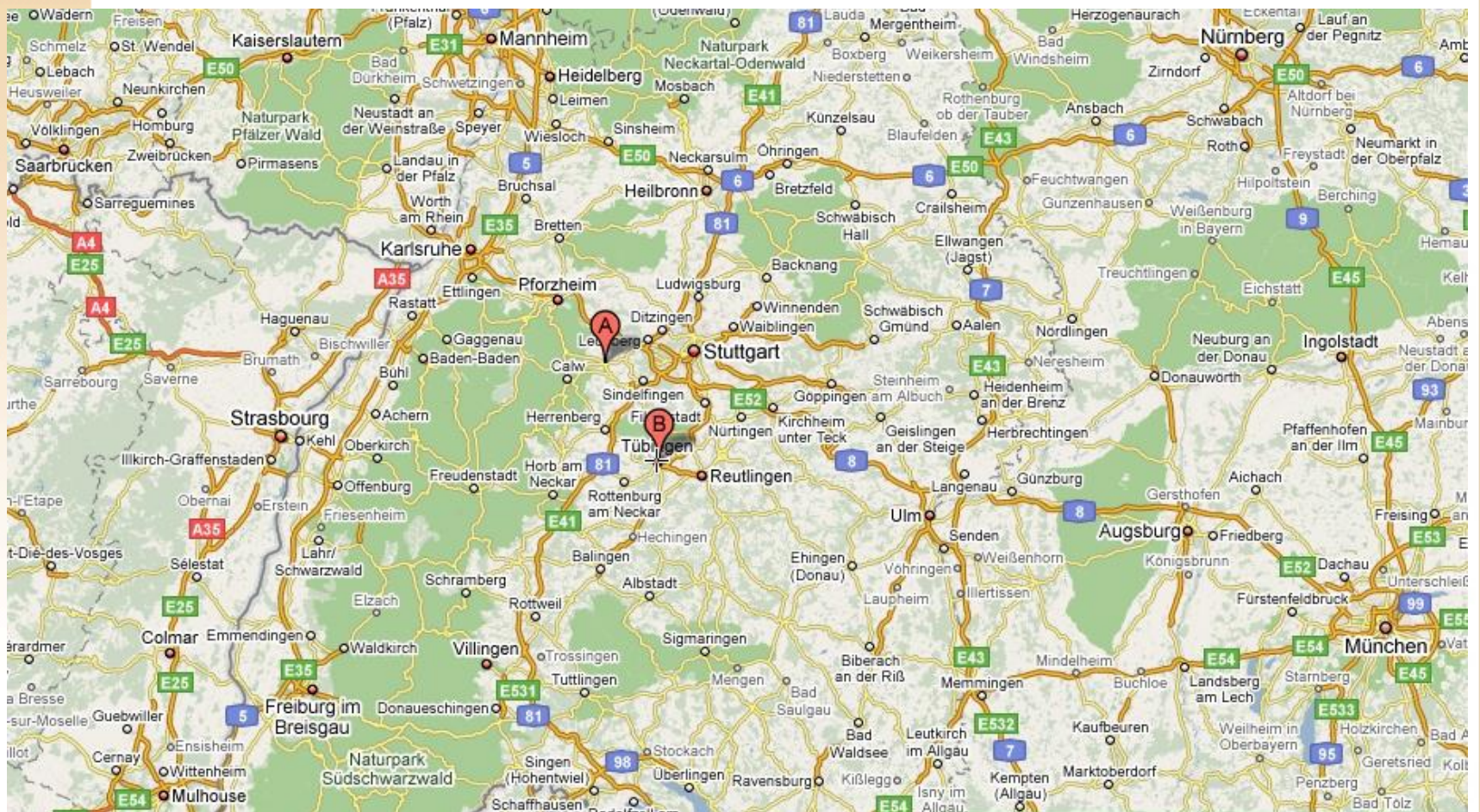




# Les études universitaires

Il fut orienté,  
en partie aux frais du duché,  
vers la prestigieuse université  
luthérienne de Tübingen, le Stift,  
située sur les bords du Neckar  
dans un ancien monastère. Il y  
jouissait de l'enseignement des  
plus brillants professeurs.





# Les études universitaires

Le duc Christoph avait créé des bourses pour permettre aux meilleurs élèves même d'origine modeste de constituer une troupe de pasteurs de choc, compétents et instruits, formés dans la plus stricte orthodoxie luthérienne et chargés de diffuser et de défendre une foi conforme.





# Initiation à Copernic

À Tübingen résidait un personnage qui allait énormément compter pour le jeune Kepler :

Michael Maestlin  
acquis à l'héliocentrisme

proposé par Copernic en  
1543 une quarantaine  
d'années auparavant  
juste avant de mourir.



# Offre d'emploi

- ❁ On lui offrit à 23 ans, alors qu'il n'avait pas fini ses études de théologie, un poste de professeur de mathématiques et d'astronomie à la Stiftsschule de Graz en Styrie, province d'Autriche.
- ❁ Il obtint l'autorisation du duc de quitter les bords du Neckar pour effectuer le premier des nombreux déplacements qui caractériseront sa vie professionnelle et familiale.

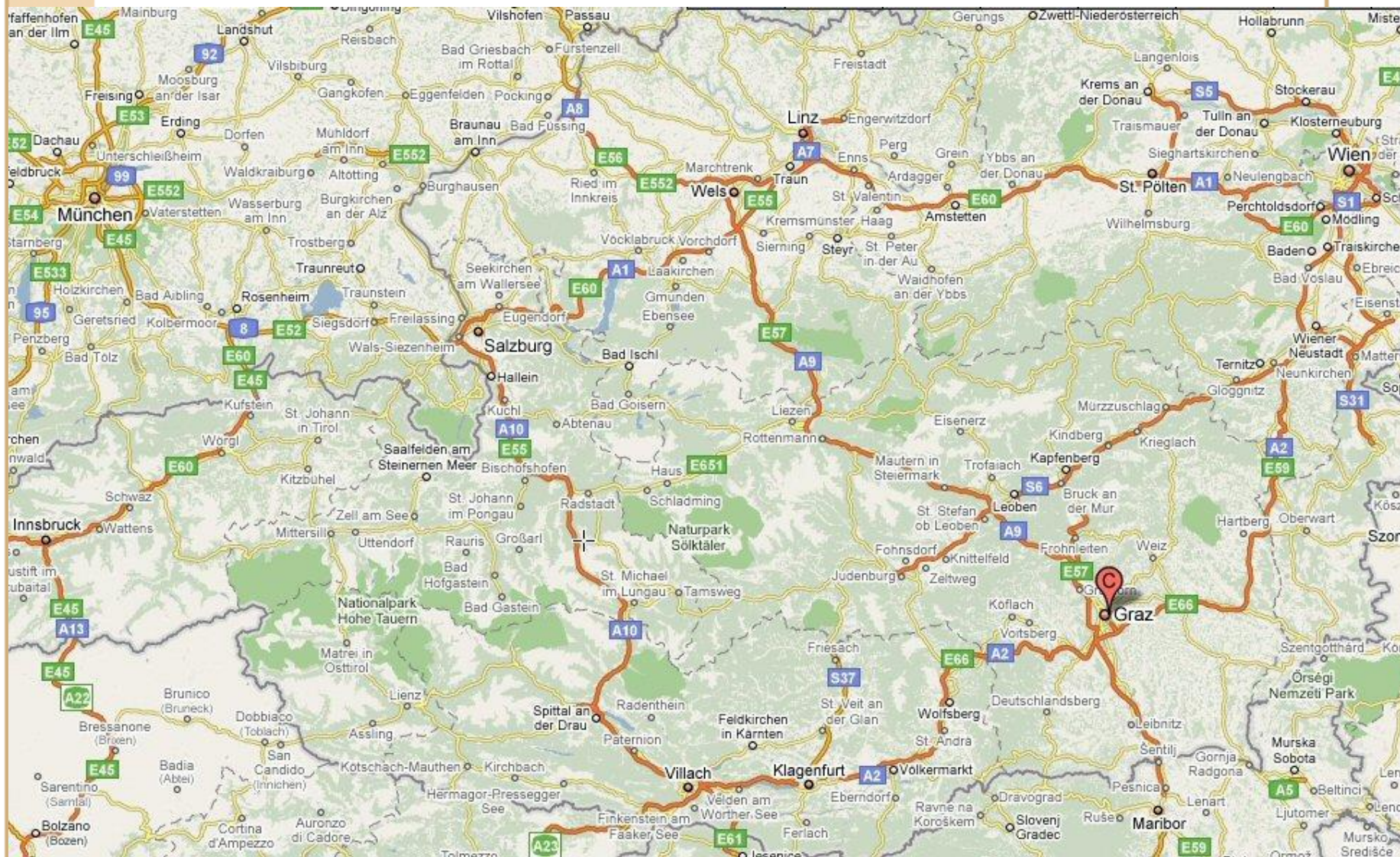




Mathématicien,  
astronome et  
astrologue à Graz en  
Styrie  
(Autriche)

1594-1600







# De mauvais cours mais de bons almanachs

- Le jeune universitaire se révéla très vite comme un très mauvais professeur.
- Ses talents de mathématicien appréciés en haut lieu lui permirent d'être nommé « mathématicien et astronome de toute la principauté ».



# De mauvais cours mais de bons almanachs

- Dès les premiers mois de son arrivée il publia l'almanach de l'année 1595.
- Il y prédit un froid rigoureux et une attaque des Turcs : ces deux prédictions se réalisèrent.



# De mauvais cours mais de bons almanachs

- Il poursuivait néanmoins ses études mathématiques et astronomiques.
- Il fit une découverte pour lui capitale : les fameux polyèdres réguliers hérités de Platon et Aristote.
- Il se mit alors à la rédaction d'un ouvrage où il comptait annoncer au public ses lumineuses trouvailles.





Mysterium Cosmographicum

ou

Le Secret du Monde



# Le Secret du Monde

- Écrit à l'âge de 25 ans
- Base de toute son œuvre
- En marge de l'ouvrage, des notes très personnelles parfois autobiographiques qui seront pour la postérité une source précieuse d'informations sur la vie publique mais aussi privée de l'auteur, sur ses relations familiales et amicales, ses idées sur l'astrologie et sur la religion.



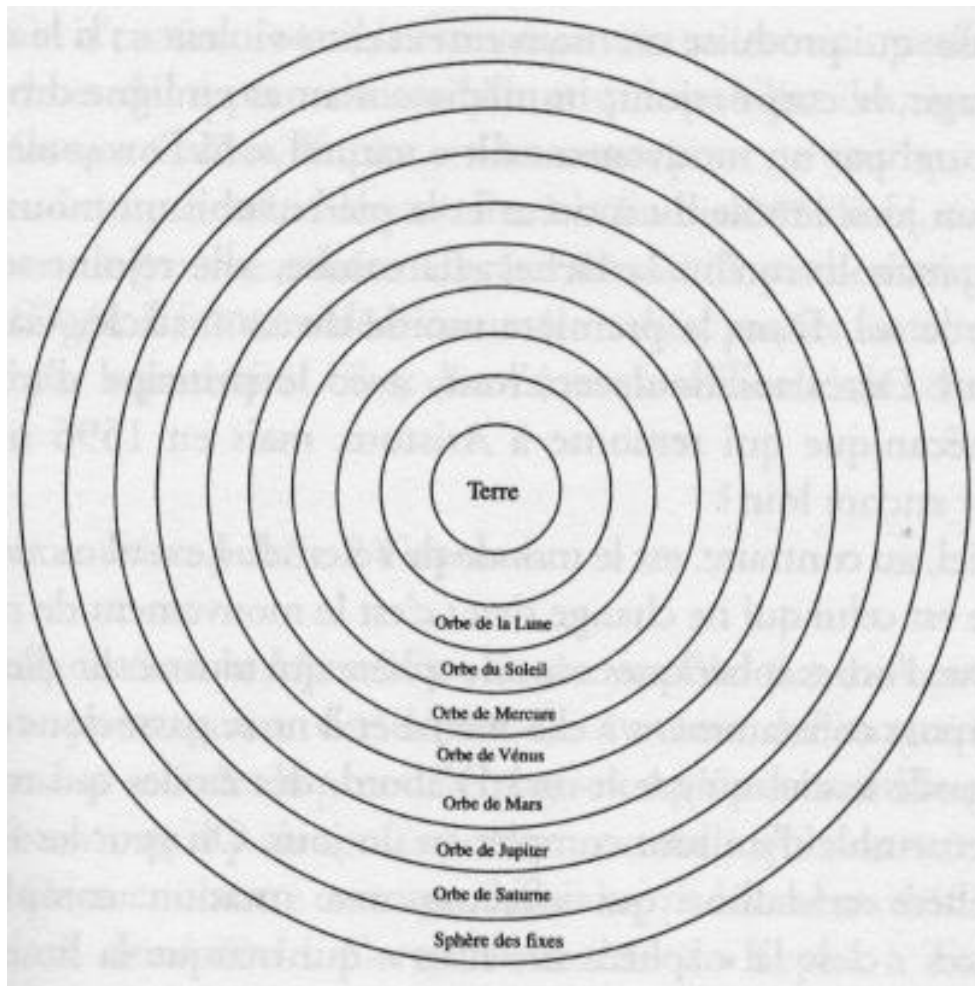
# Le Secret du Monde

C'est en lisant cet ouvrage que Tycho Brahé, le grand astronome danois, a reconnu le chercheur génial qui seul était digne de lui succéder et d'utiliser à bon escient l'énorme masse d'observations astronomiques qu'il avait accumulées et auquel il tenait jalousement au point de ne jamais les avoir publiées



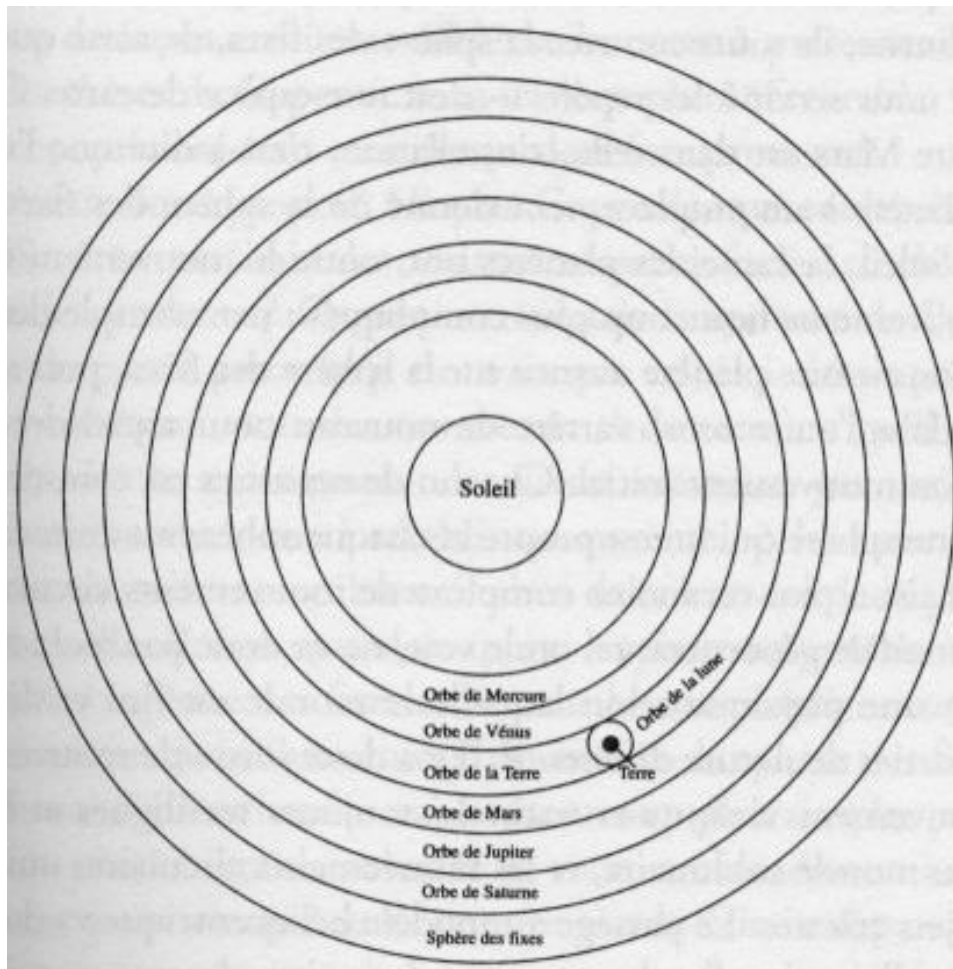
# Le Secret du Monde

Le monde selon Ptolémée



# Le Secret du Monde

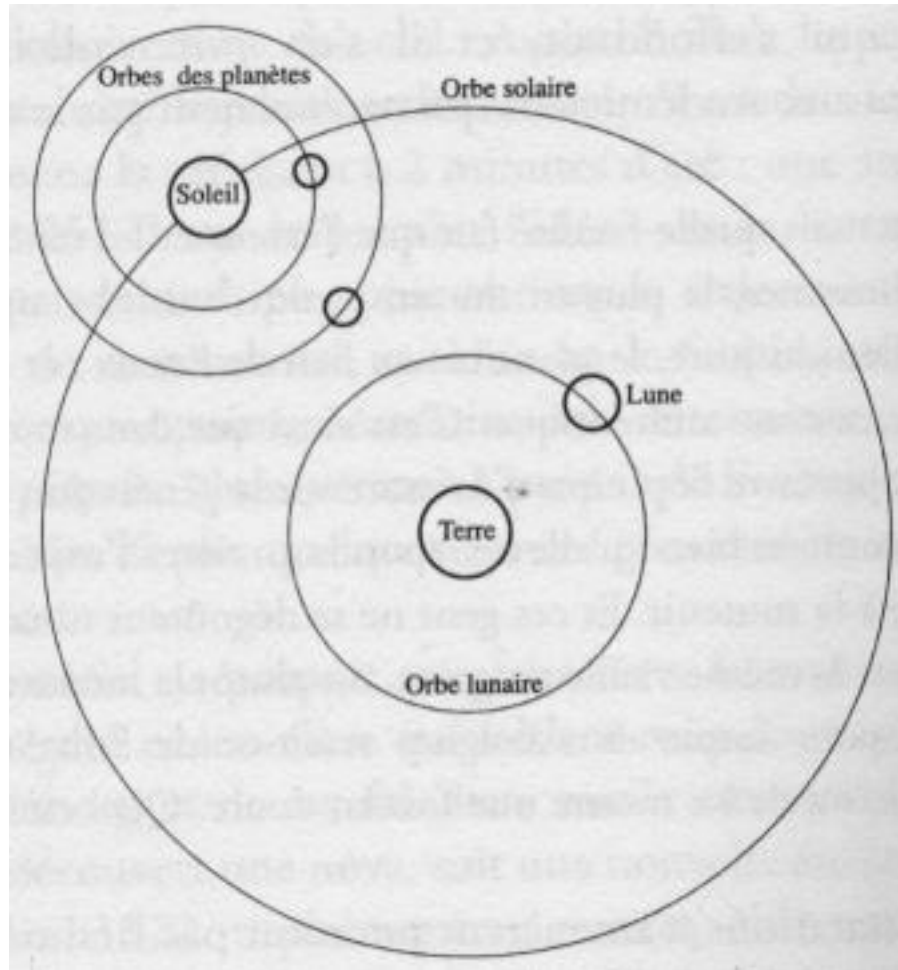
Le monde selon Copernic





# Le Secret du Monde

Le monde selon Tycho Brahé



# Le Secret du Monde

L'univers en cinq polyèdres réguliers

Saturne : le cube

Jupiter : le tétraèdre

Mars : le dodécaèdre

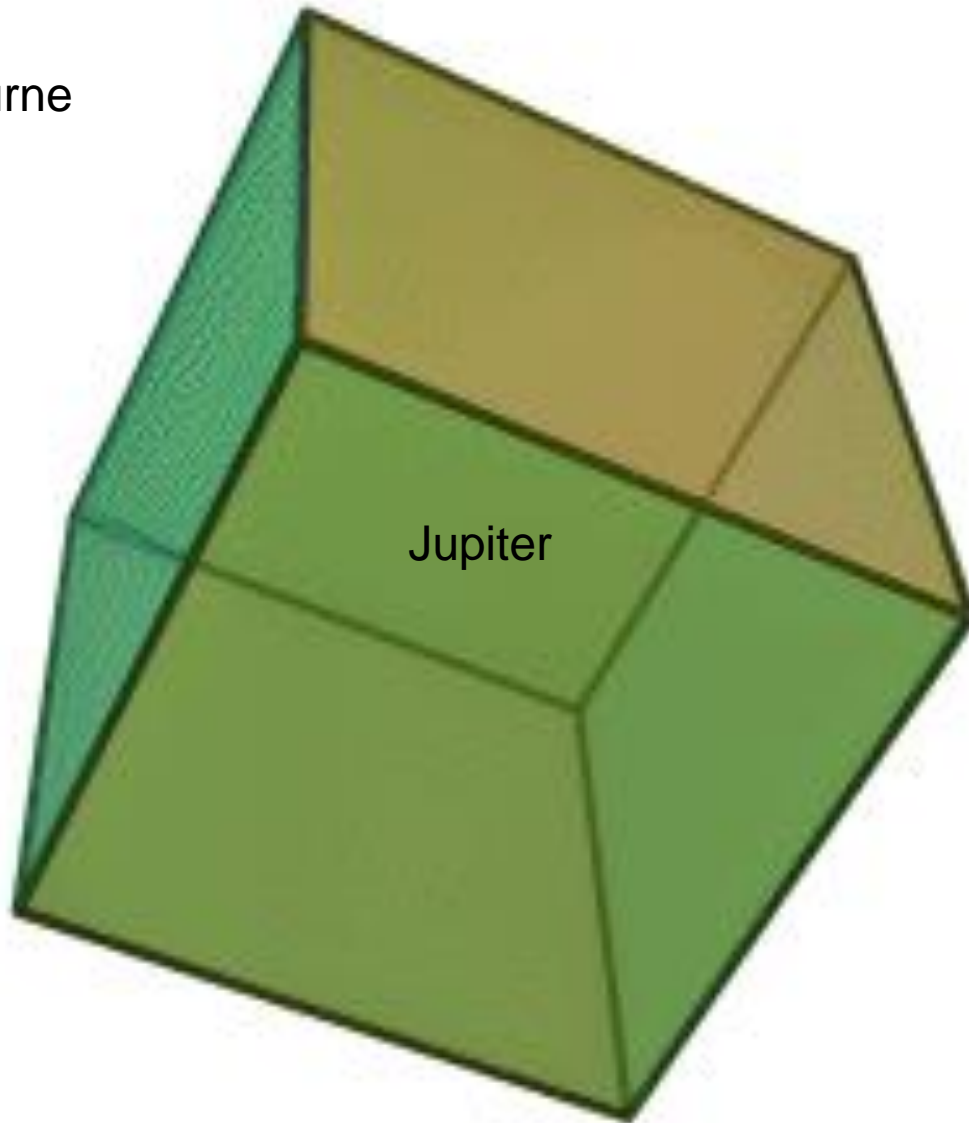
Terre : l'icosaèdre

Vénus : l'octaèdre

Et enfin Mercure.



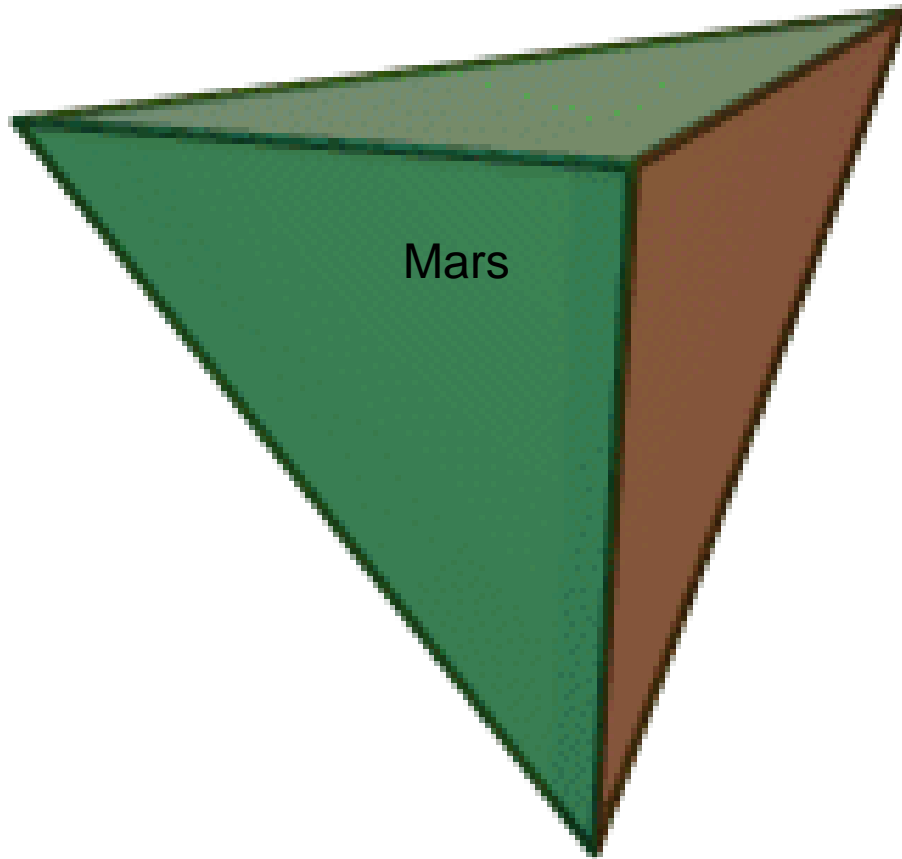
Saturne



Hexaèdre (cube)



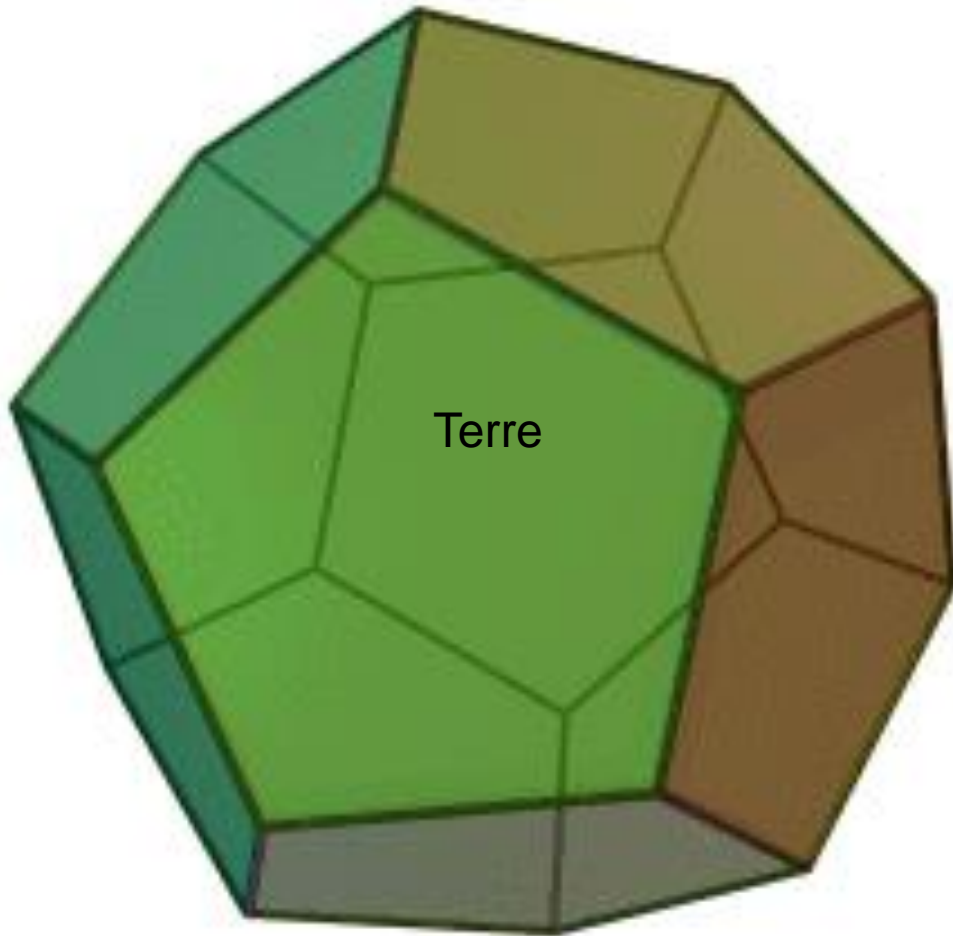
Jupiter



Tétraèdre



Mars

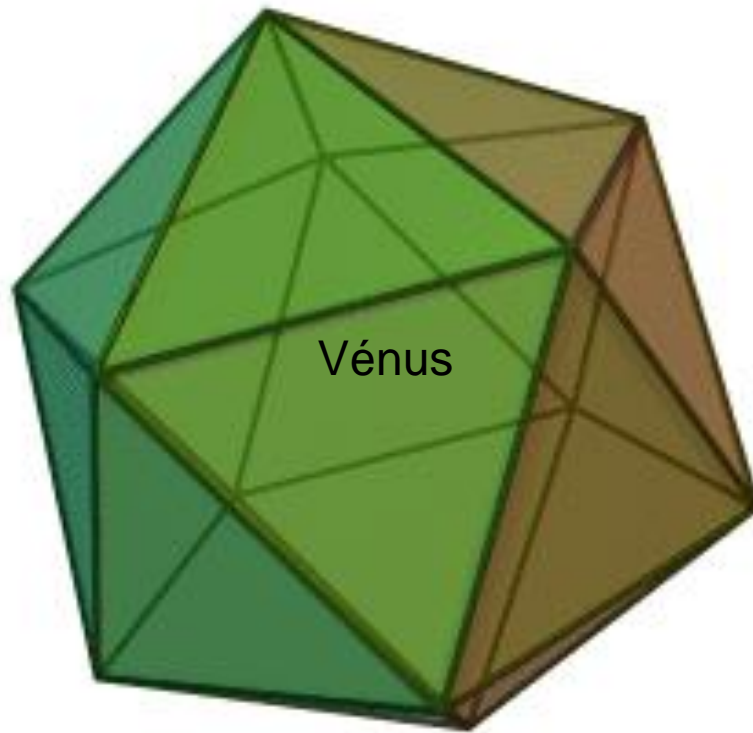


Dodécaèdre





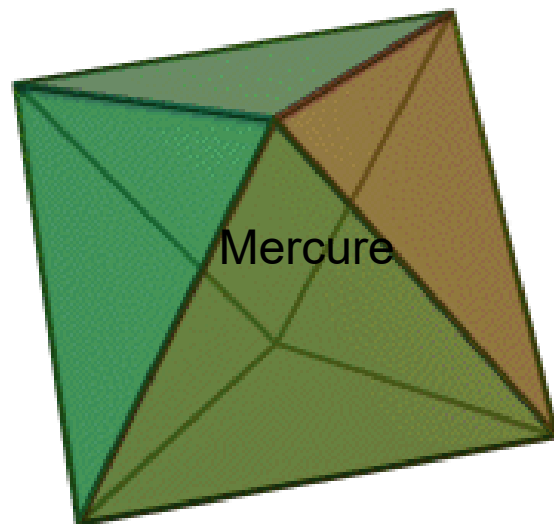
Terre



Icosaèdre



Vénus



Octaèdre



# Le Secret du Monde ... mais

- La route est longue et les obstacles pour accéder à la vérité sont variés
- Les excentricités des planètes sont suspectes
- Il se montre faible pour admettre que les valeurs viennent en quelque façon au devant de ses vœux et vont dans le sens de son projet



# Le Secret du Monde

« Il nous faut poser ou bien que plus les âmes motrices sont éloignées du soleil, plus elles sont faibles ; ou bien qu'il n'y a qu'une seule âme motrice placée au centre de toutes les orbes qui meut d'autant plus vigoureusement un corps quelconque qu'il est plus proche d'elle. »





# Le Secret du Monde

- ☀ Audience très limitée (une dizaine de personnes)
- ☀ Un exemplaire adressé à Tycho Brahé qui se livra à une critique très serrée
- ☀ Un exemplaire reçu un peu par hasard par Galilée qui lui écrit le 4 août 1597 pour lui promettre un commentaire détaillé une fois qu'il aurait eu le temps de lire **Le secret** plus à fond.



# Le Secret du Monde

- ☀ Cette promesse ne fut jamais tenue !
- ☀ Ces deux mathématiciens de génie, contemporains presque parfaits, travaillaient dans des univers conceptuels parfaitement étrangers.
- ☀ Les prises de position coperniciennes de Kepler ne compensaient pas, et de loin, tout ce qui devait apparaître à Galilée comme un fatras de réminiscences d'un âge révolu.



# Les dernières années à Graz

- Il épouse le 27 avril 1597 une veuve de 23 ans, Barbara Müller, maman d'une petite Regina.
- Mais le nouveau jeune prince Ferdinand de Habsbourg, 18 ans, petit-neveu de Charles Quint, mène campagne contre les églises réformées ...



# Les dernières années à Graz

- Pasteurs et professeurs furent interdits d'enseignement et chassés de Graz. Kepler fut cependant autorisé à y revenir.
- Tycho Brahé, mathématicien impérial de Rodolphe II, l'invite à venir lui rendre visite à Prague.
- En juillet 1600 fut licencié de son poste avec pour toute indemnité six mois de salaire et la nécessité de renoncer à une bonne partie de son patrimoine.
- Le 30 septembre 1600 les Kepler partirent définitivement pour rejoindre la capitale de l'empire de Bohême.

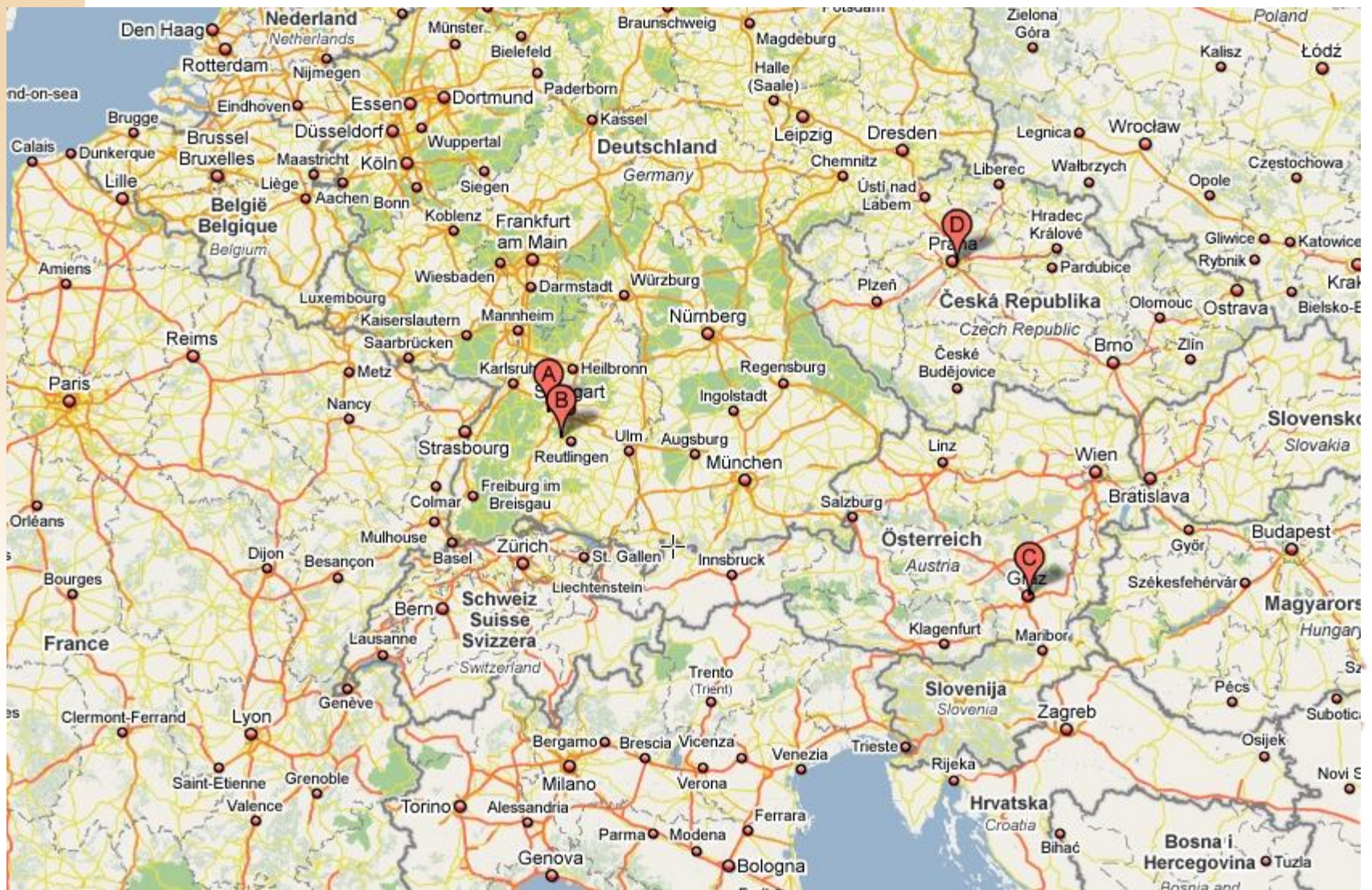


# **PRAGUE**

(1600-1611)







# Les débuts difficiles

- Arrivée à Prague le 19 octobre 1600
- L'empereur Rodolphe II avait donné son accord pour le salaire de Kepler mais l'incurie de l'administration impériale laissait néanmoins le jeune mathématicien sans ressources.
- Situation inconfortable, livré au bon vouloir de l'aristocrate astronome, truculent et capricieux, festif, à la remuante famille et à son nain bouffon.
- Grossesses successives de Barbara et difficultés financières. Le salaire quatre fois inférieur à celui de Tycho Brahé ne lui assurait pas la vie confortable qu'il avait menée à Graz.





# Mort de Tycho Brahé

- À la suite d'un souper en ville, prolongé et très arrosé comme toujours, Tycho fut victime d'un blocage de la vessie.
- Il en mourut quelques jours plus tard, le 24 octobre 1601.
- Deux jours après l'enterrement, un conseiller de Rodolphe II vint annoncer à Kepler qu'il était chargé de prendre la succession et le titre du mathématicien impérial.
- Le salaire prévu était toutefois quatre fois moins élevé que celui de son prédécesseur : Kepler n'appartenait évidemment pas une grande famille aristocratique d'Europe.



# Kepler

précurseur de l'optique  
géométrique



# Les fondements de l'optique

- Descartes considérait Kepler comme son premier maître en optique.
- C'est Kepler qui a expliqué bien avant tout le monde le fonctionnement de la lunette de Galilée, ce que ce dernier était bien incapable de faire.
- Kepler est l'un des grands fondateurs de l'optique or ceci ne figure guère dans son histoire : voilà un mystère digne de notre personnage.





# Les fondements de l'optique

- Son ouvrage, **les Paralipomènes**, remet à proprement parler l'optique géométrique sur ses pieds.
- Il mit en place une approche qui est celle de l'optique géométrique moderne.
- Il définit la nature de la lumière en 38 propositions.



# Les fondements de l'optique

- Le propre de la lumière est de s'écouler ou de se projeter de sa source vers un lieu éloigné. Le rayon visuel émis par l'oeil n'existe pas.
- La lumière est apte à se propager par elle-même à l'infini.
- La quantité de lumière varie comme l'inverse du carré du rayon.
- La lumière est affectée par les surfaces des corps qu'elle rencontre.
- Les rayons de lumière ne se colorent, ne s'éclairent, ni ne se gênent mutuellement de quelque manière que ce soit.



# Les fondements de l'optique

- À l'endroit de leur rencontre, les deux lumières s'additionnent simplement.
- La chaleur est le propre de la lumière.
- La chaleur de la lumière est immatérielle.
- Le soleil à la faculté de se communiquer soi-même à toutes les choses, faculté que nous nommons lumière.



# Les fondements de l'optique

- ↪ Le mystère de la chambre noire
- ↪ Les miroirs et le concept d'images
- ↪ La réfraction
- ↪ L'oeil



# Les fondements de l'optique

- ↪ Kepler a globalement compris, au moins qualitativement, l'essentiel de l'optique.
- ↪ Il a mis à jour des choses si fondamentales (et notamment le concept de l'Image) qu'elles sont devenues évidentes à partir du moment où elles ont été comprises.





# A la cour de Rodolphe II

24 octobre 1601 – mai 1612



# Rodolphe II

- Il succède à son père Maximilien II à Vienne en 1576 à la tête des royaumes d'Autriche, de Hongrie et de Bohême; il choisit de quitter la capitale autrichienne pour Prague où il régna entre 1583 et 1610.
- Homme fort intelligent mais ombrageux et fantasque
- Enclin à une mélancolie malade qui ne cesse de s'accroître à la fin de sa vie.
- L'ouverture d'esprit de ce souverain permit à la capitale de la Bohême de connaître un bouillonnement intellectuel et artistique tel qu'on peut parler d'ère rodolphine comme on parle d'ère élisabéthaine en Angleterre. La cour constituera un havre de tolérance en ces temps de haines religieuses.



# La bataille de Mars et la découverte des deux premières lois de Kepler

- « Je fais paraître enfin, sous les ordres de votre majesté impériale, le très noble prisonnier acquis par moi en un combat difficile et laborieux. »  
1609
- C'est l'aventure intellectuelle qui occupa Kepler pendant la plus grande partie de son séjour pragois.



# La bataille de Mars et la découverte des deux premières lois de Kepler

- L'orbe de Mars, celui dont l'excentricité est la plus grande, la plus éclipique, devait poser des problèmes particulièrement insurmontables à des astronomes qui partaient tous, Kepler y compris, de l'hypothèse circulariste.
- Tycho Brahé avait d'abord confié ce problème à son assistant Christian Sørensen Longberg (Longomontanus) qui ne s'en sortait pas.
- Tycho n'était pas d'accord sur le fond avec Kepler à qui il ne confiait que ce qu'il voulait bien lui dévoiler. Il voulait que ses observations, auxquelles il avait consacré sa vie et sa fortune, servent à valider son propre système.



# La bataille de Mars et la découverte des deux premières lois de Kepler

- La mort brutale du grand seigneur, le 24 octobre 1601, mit fin à cette relation compliquée. Deux jours plus tard Kepler obtint un accès direct aux observations si précieuses de son prédécesseur.
- Il fallut pourtant encore 8 ans pour que l'œuvre issue de ce travail sur Mars vit le jour.
- Le livre de Kepler porte cependant les traces du combat qu'il a mené : il est d'une lecture particulièrement éprouvante. Kepler lui-même a du mal à se relire.
- Saisir le caractère véritablement révolutionnaire de ce qui est devenu un des piliers de l'astronomie des siècles suivants est une occasion rare de toucher du doigt comment des résultats qui aujourd'hui paraissent aller de soi, ne furent acquis qu'à l'aide d'un effort intellectuel surhumain.





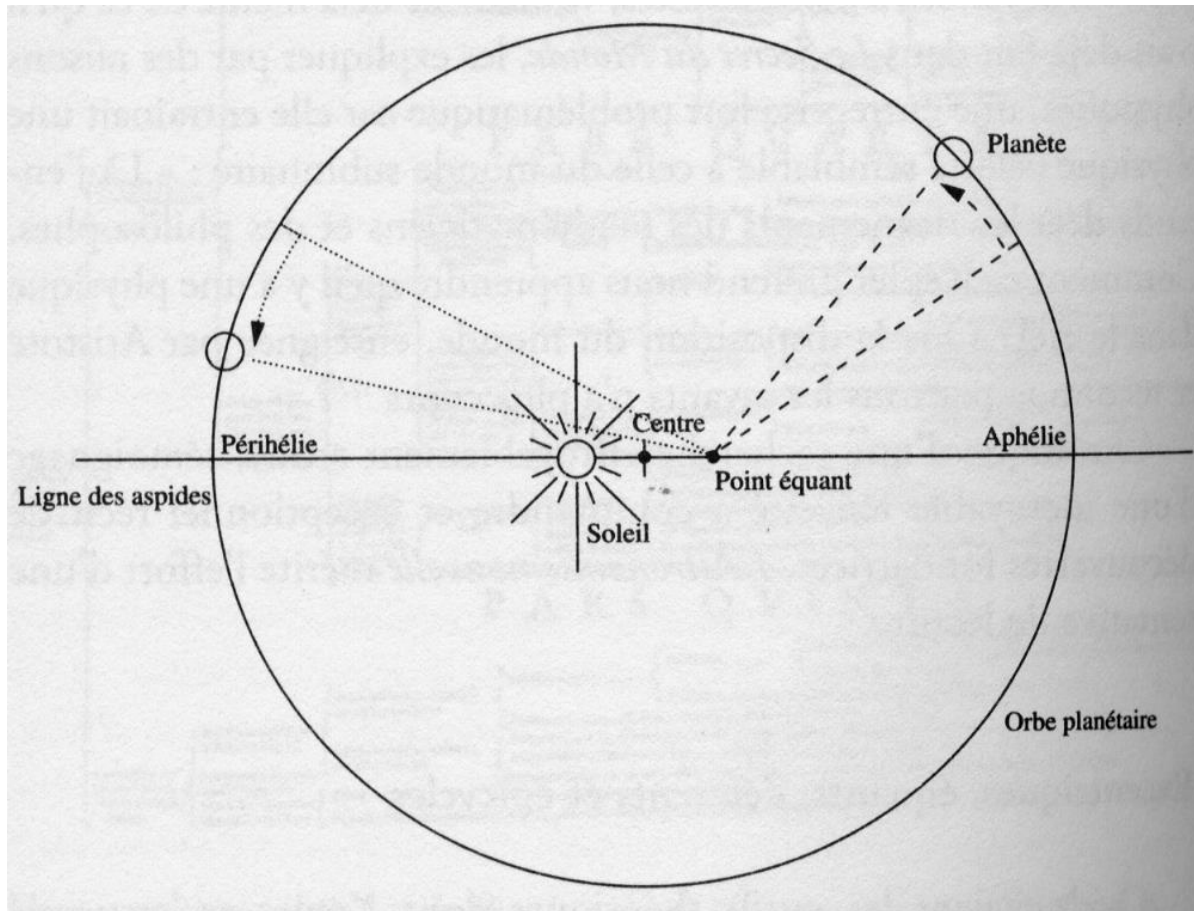
"L'astronomie nouvelle"



- Kepler fait tous ses calculs, et ils sont nombreux, dans les trois systèmes : Ptolémée, Copernic et Brahe.
- Du point équant, la planète est vue avec une vitesse angulaire constante.
- La ligne des apsides coupe l'orbe à l'aphélie et au périhélie. Ce mouvement est conforme aux observations, la vitesse étant plus grande au périhélie.



# Excentrique et équiant (Ptolémée)

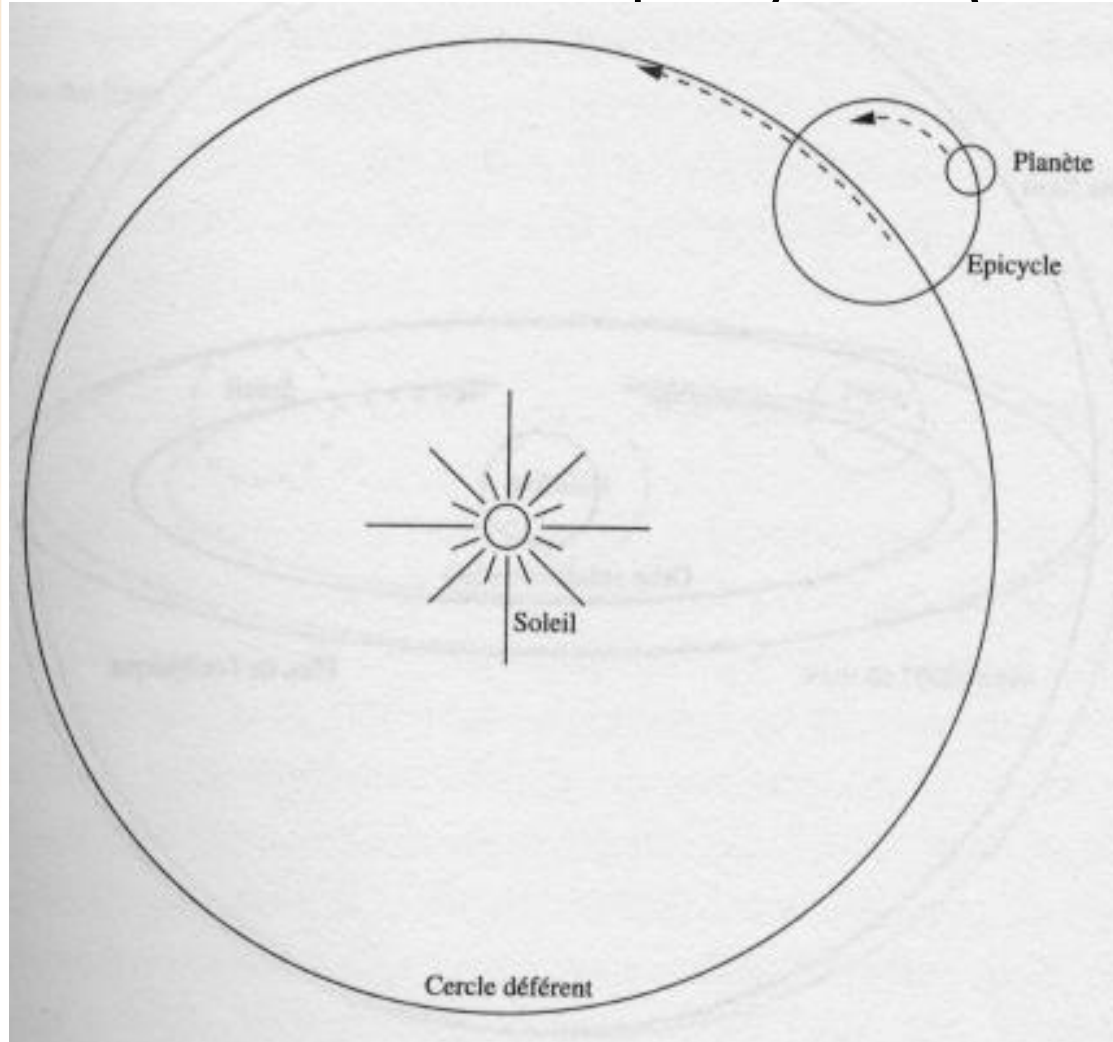


# Hypothèse copernicienne

- Pour Copernic un point se déplace à vitesse constante sur un cercle déférent.
- La planète se déplace à vitesse constante sur l'épicycle.
- De cette façon le principe multimillénaire de l'uniformité des mouvements circulaires était respecté.

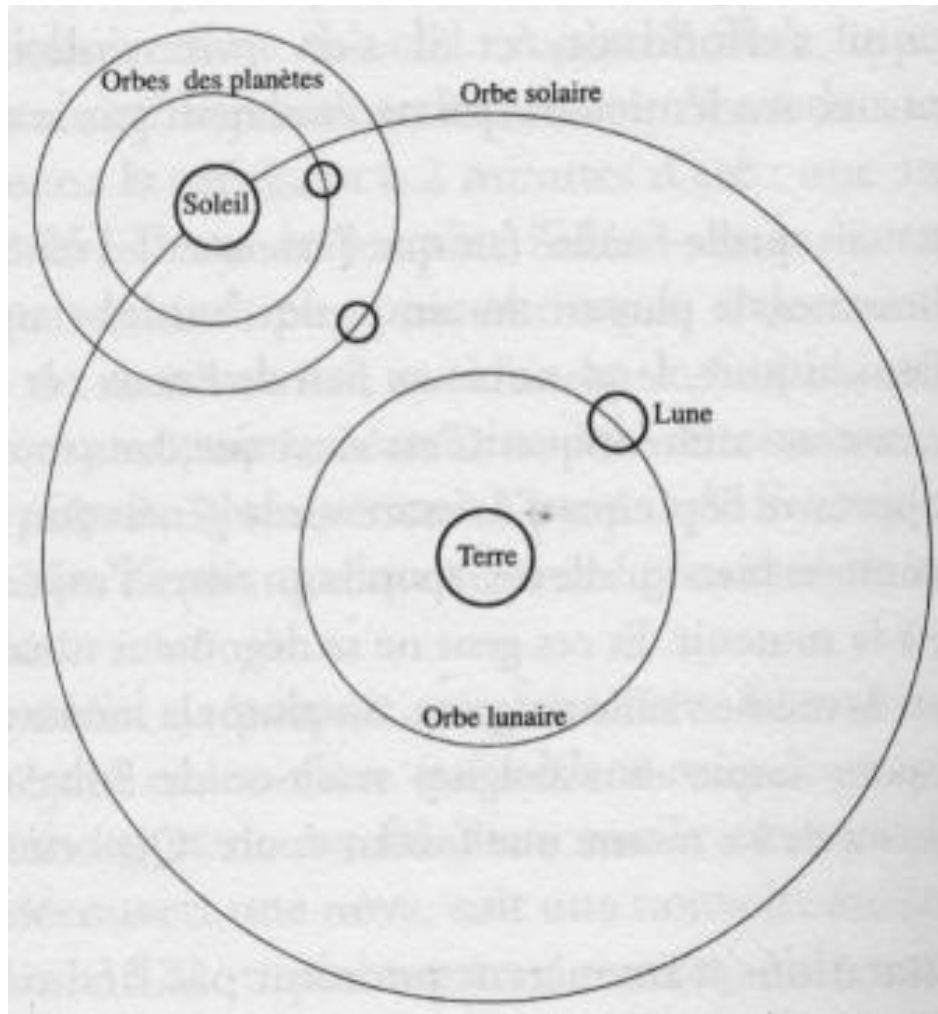


# Déférent et épicycle (Copernic)





# Les planètes selon Tycho Brahe



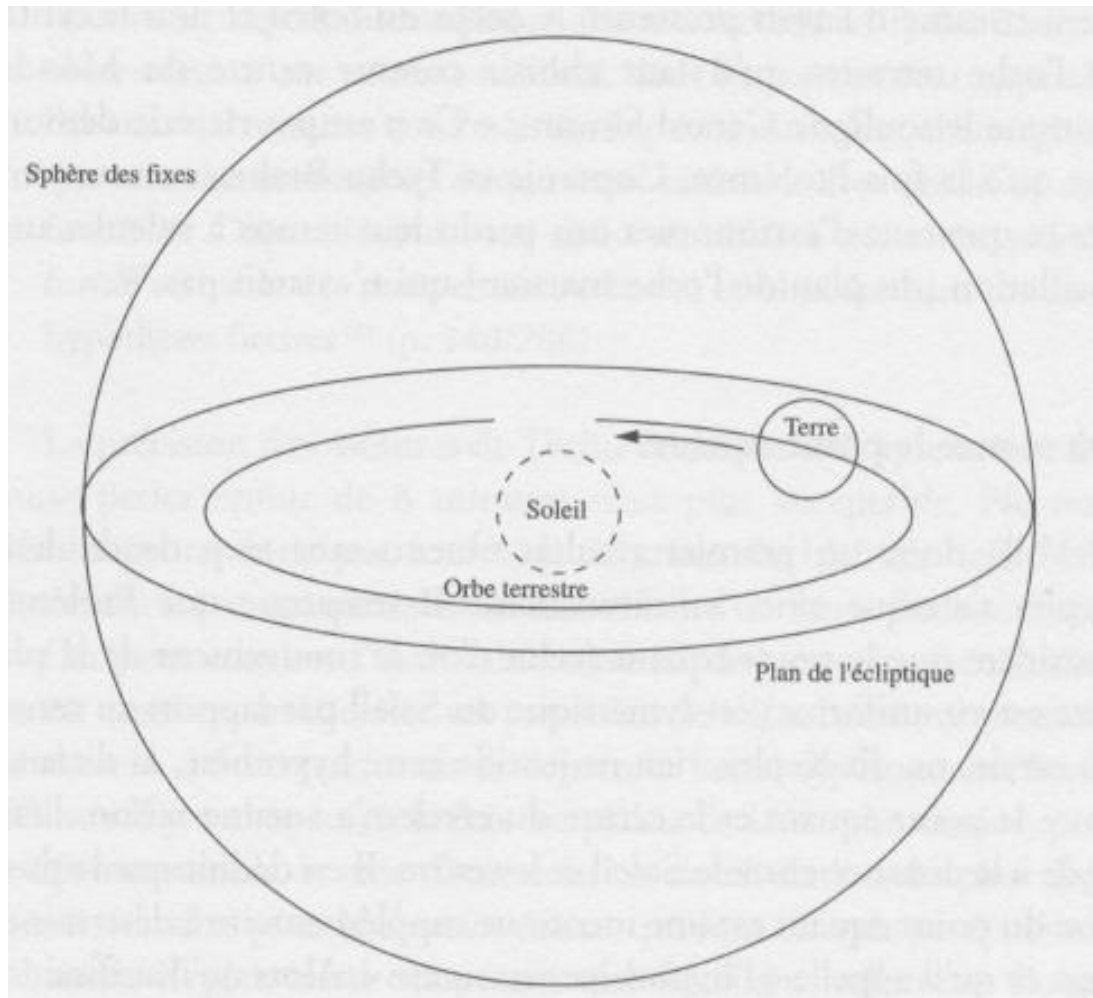
# La théorie Keplerienne

- Les positions des astres doivent être mesurées depuis le soleil. Un point mathématique abstrait est incapable de mouvoir les planètes.
- Ceci lui permet de calculer les nœuds de l'orbite de Mars et son inclinaison ( $1^{\circ}50'$ ), ainsi que ceux de Mercure et Vénus.

*Ce n'est pas rien de démontrer qu'à la fois Ptolémée, Copernic et Brahe s'étaient trompés et que l'oscillation de l'orbe martien n'existait pas !*



## Plan de l'écliptique et modèle héliocentrique



# Mais où mettre le point équiant ??

- Kepler indique qu'il n'y a aucune raison que le point équiant soit le symétrique du soleil par rapport au centre du cercle.
- Cette position est une inconnue supplémentaire à déterminer(hypothèse vicariante)
- Les calculs sont effroyablement compliqués, recalculer les positions des astres en prenant pour repère le soleil vrai et non le soleil moyen, soixante-dix calculs arides et fort lourds.
- Il trouve ainsi un désaccord de 8'' ce qui lui est inacceptable : Il lui faut donc s'attaquer à la refonte de toute l'astronomie !!!



# Mais où mettre le point équiant ??

- Kepler indique que le point équiant n'est pas le symétrique du soleil mais aussi qu'il se déplace sur la ligne des apsides.
- Il apparaît que l'orbite de l'astre est un ovale mais pas un cercle
- Le ciel est observé à partir d'un observatoire mouvant : la Terre.
- Il faut donc connaître avec précision l'orbe terrestre, les erreurs se reportant sur toutes les observations.
- Comment faire ???
- Trait de génie : Observer la Terre depuis Mars !





# Observation de la Terre

- L'année martienne de 687 jours est connue.
- Il suffit d'observer la Terre à partir de cet observatoire fixe tous les 687 jours.
- Il calcule ainsi par triangulation la trajectoire la vitesse et l'excentricité de la Terre.
- Il découvre un mouvement non uniforme, plus rapide au périhélie.
- Plus un seul mouvement dans l'espace ne peut être considéré comme uniforme !!!
- Le vieux dogme est totalement faux.

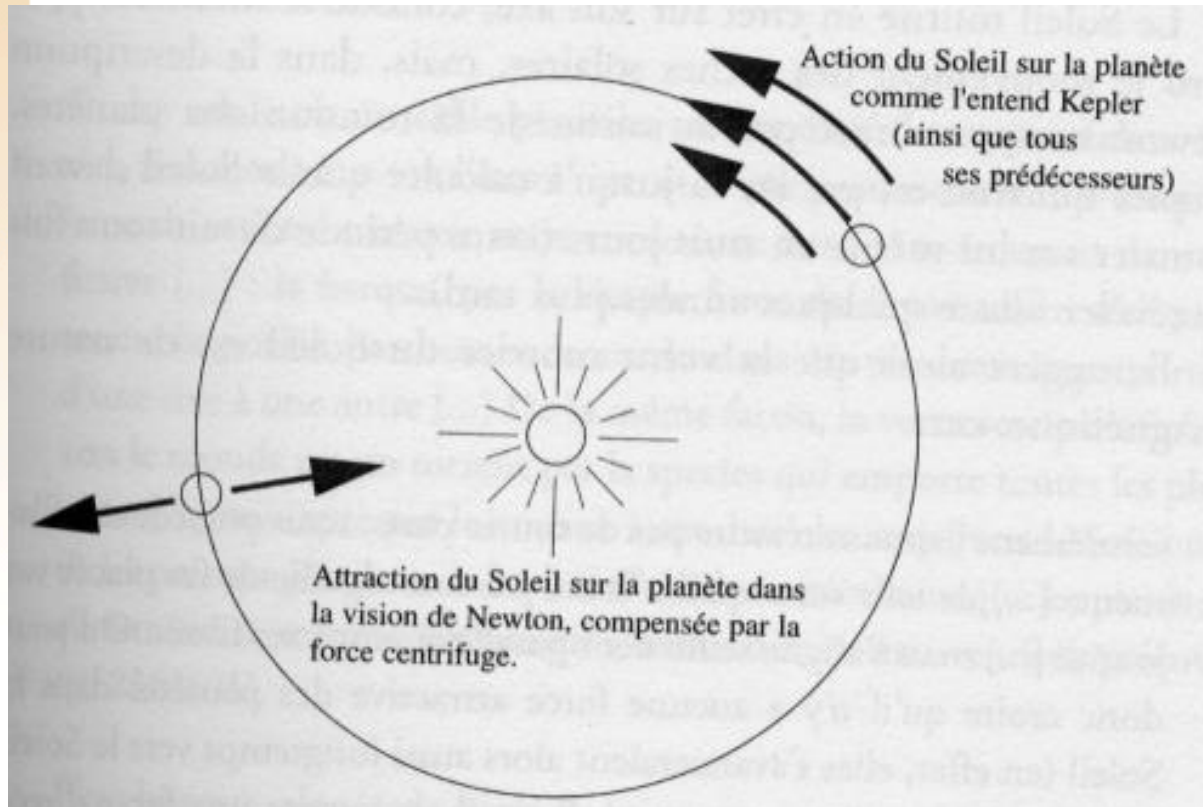


# Le va-et-vient des planètes

- Pourquoi les planètes s'approchent et s'éloignent du soleil sur leurs orbites excentriques ?
- On s'approche maintenant d'une dynamique céleste et non plus d'une simple cinématique céleste ; la porte s'entrouvre pour la recherche de principes universels voire d'une astrophysique.



# Dynamiques comparées de Kepler et Newton

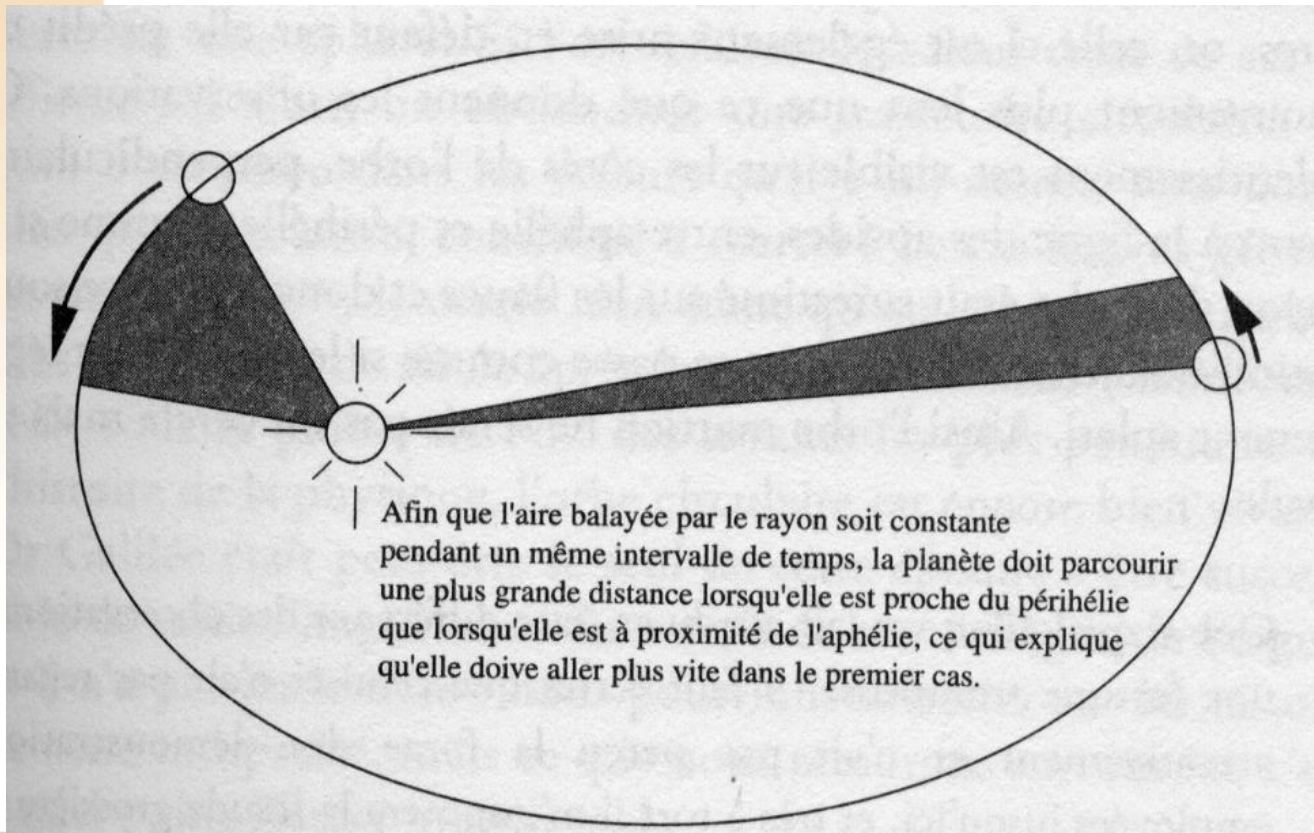


# Les calculs

- Kepler divise l'orbe en 360 petits arcs où il considère la vitesse constante (discrétisation du problème).
- La vitesse est considérée inversement proportionnelle à la distance planète-soleil moyenne de l'intervalle.
- Il additionne les contributions de tous ces intervalles « procédé mécanique et ennuyeux ».
- Kepler a ramené le calcul de deux grandeurs variables, la distance et la vitesse à un invariant, l'aire balayée pendant une durée donnée.



# La loi des aires





# Retour à l'orbe de Mars

- L'application de la loi des aires à l'orbe de Mars montre qu'elle est fausse entre l'aphélie et le périhélie pour une trajectoire circulaire.
- Le cercle doit donc être légèrement aplati !
- On nomme ovale une voie de cette espèce



# La quadrature de l'ovoïde !

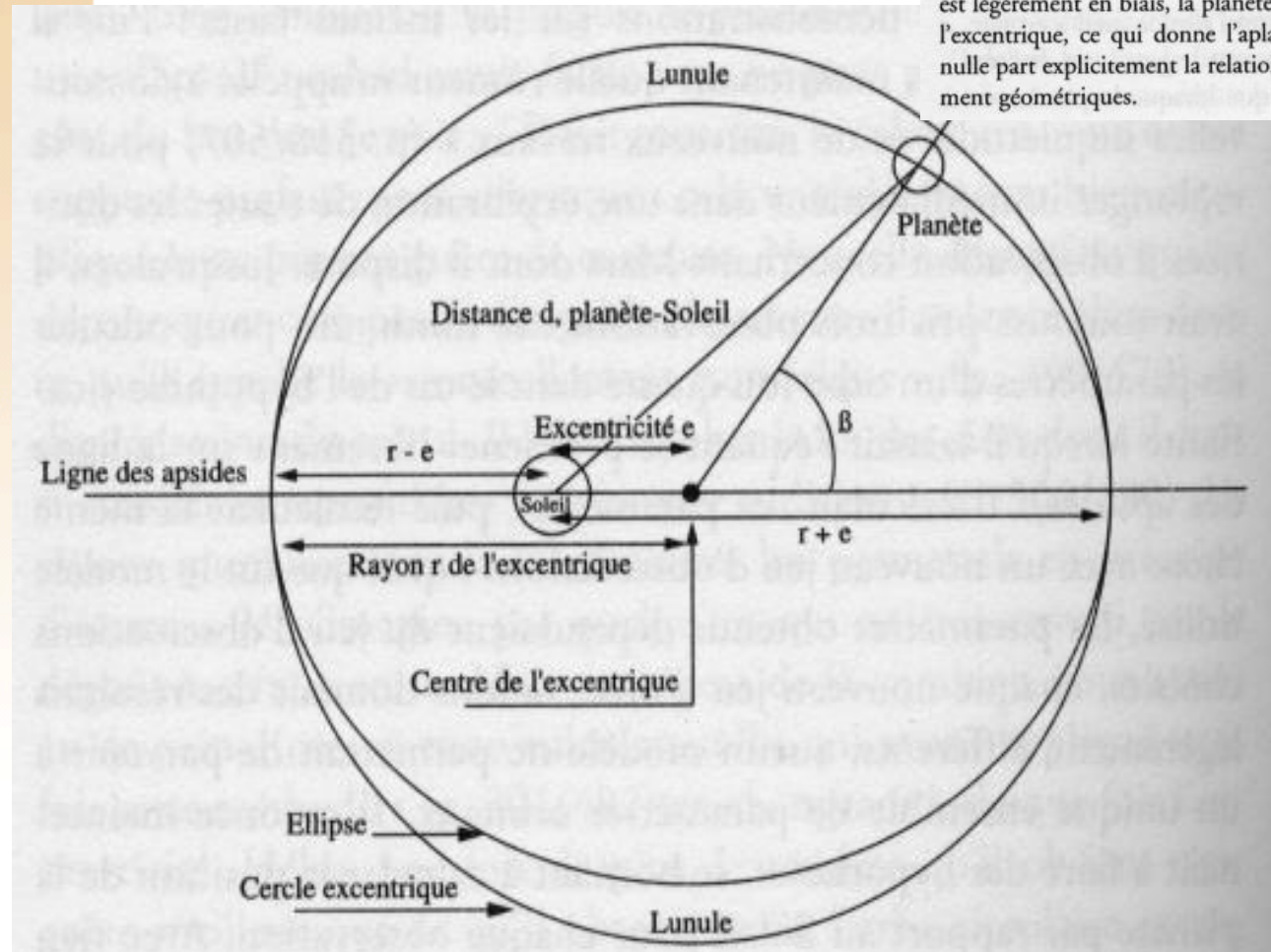
- Kepler poursuit sa route tortueuse et essaie vainement d'appliquer la loi des aires à des ovoïdes en se lançant dans des calculs et démonstrations vertigineux ! Il se plaint du fait que si la figure était une ellipse ce serait plus facile !
- Changement à trois reprises de l'excentricité
- Le résultat obtenu n'est guère meilleur ! Toujours une erreur de l'ordre de 5'' avec les épicycles. Le résultat doit se trouver entre l'ellipse et le cercle. Il n'y a rien d'autre qu'une autre ellipse.

***O me ridiculum***



# L'ellipse !!!

Figure 23. La distance entre la planète et le Soleil peut s'écrire  $d = r + e \cos \beta$ , où  $r$  est le rayon de l'excentrique,  $e$  la valeur de l'excentricité et  $\beta$  l'angle que fait le rayon de l'excentrique (et non la droite Soleil-planète) sur lequel est placée la planète avec la ligne des apsides (ou « anomalie excentrique » dans le jargon de l'époque). Autrement dit la planète oscille sur la droite planète-Soleil entre  $d = r - e$  au périhélie ( $\beta = 180^\circ$ ,  $\cos \beta = -1$ ) et  $r + e$  à l'aphélie ( $\beta = 0^\circ$ ,  $\cos \beta = +1$ ) ; à mi-chemin ( $\beta = 90^\circ$  et  $270^\circ$ ,  $\cos \beta = 0$ ),  $d = r$ , mais comme le segment planète-Soleil est légèrement en biais, la planète se trouve légèrement rapprochée du centre de l'excentrique, ce qui donne l'aplatissement voulu. Évidemment, Kepler n'écrit nulle part explicitement la relation  $d = r + e \cos \beta$ , ses raisonnements sont purement géométriques.



# L'ellipse !!!

**Figure 23.** La distance entre la planète et le Soleil peut s'écrire  $d = r + e \cos \beta$ , où  $r$  est le rayon de l'excentrique,  $e$  la valeur de l'excentricité et  $\beta$  l'angle que fait le rayon de l'excentrique (et non la droite Soleil-planète) sur lequel est placé la planète avec la ligne des apsides (ou « anomalie excentrique » dans le jargon de l'époque). Autrement dit la planète oscille sur la droite planète-Soleil entre  $d = r - e$  au périhélie ( $\beta = 180^\circ$ ,  $\cos \beta = -1$ ) et  $r + e$  à l'aphélie ( $\beta = 0^\circ$ ,  $\cos \beta = +1$ ) ; à mi-chemin ( $\beta = 90^\circ$  et  $270^\circ$ ,  $\cos \beta = 0$ ),  $d = r$ , mais comme le segment planète-Soleil est légèrement en biais, la planète se trouve légèrement rapprochée du centre de l'excentrique, ce qui donne l'aplatissement voulu. Évidemment, Kepler n'écrit nulle part explicitement la relation  $d = r + e \cos \beta$ , ses raisonnements sont purement géométriques.



# Que retenir ?

- Les deux lois d'une importance capitale
- Newton s'appuiera sur elles pour ses *Principia Mathematica*
- Galilée n'a jamais pris en compte l'ellipticité des orbes !
- La différence entre monde d'ici-bas et monde céleste n'a plus cours !





" Le messenger céleste"



# Coup de tonnerre

- Kepler se repose de ses calculs.
- Galileo Galilei tourne un objet de curiosité pour amateur de merveilleux vers le ciel !
- Inventée par le hollandais Jacques Metius.
- Depuis le XIII<sup>ème</sup> siècle utilisation de la loupe convergente par les presbytes.
- Depuis le XV<sup>ème</sup> siècle utilisation de la loupe divergente par les myopes.
- A la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle utilisation de deux loupes concaves et convexe pour observer des objets lointains (Della Porta).
- Apparition à Paris dans les boutiques au printemps 1609.



# La lunette astronomique

- ❖ Le salaire de Galilée étant insuffisant il avait constitué un atelier fabriquant des instruments
- ❖ En août 1609, lunette grossissant 9 fois
- ❖ Doge et sénateurs de Venise, grimpés en haut du campanile de Saint-Marc à Venise virent clairement l'église Sainte Justine de Padoue ainsi que les navires deux heures avant leur arrivée. Galilée leur en fit don, et son salaire fut doublé.
- ❖ En novembre 1609, lunette grossissant 20 fois.
- ❖ En décembre 1609, il observe la Lune.
- ❖ En janvier 1610, lunette au grossissement prodigieux de 30 fois.



# La lunette astronomique

- ❖ Observation du terminateur de la Lune
- ❖ La lune *a priori* parfaite, n'est plus une sphère parfaite. Elle comporte des reliefs
- ❖ Quatre planètes médicéennes autour de Jupiter, car il était sur le point de quitter Padoue pour Florence gouvernée par Cosme II de Médicis.
- ❖ Demande d'Henri IV d'appeler la prochaine planète découverte « Henri », du nom des deux rois de France ayant épousé une Médicis
- ❖ Distinction entre planètes et étoiles, entre disques et points



## Trois coups de boutoir à la conception de l'univers

- ❖ Les corps célestes ne sont plus parfaits
- ❖ La sphère des fixes est beaucoup plus éloignée que prévu
- ❖ Les quatre satellites joviens font voler en éclats les sphères de cristal censées porter les planètes dans leur course





# Sidereus Nuncius

- ❖ 500 exemplaires immédiatement vendus.
- ❖ Galilée en fait parvenir un à Kepler à Prague par Julien de Médicis, ambassadeur.
- ❖ Johann Matthaus Wacker von Wackenfels lui annonce la nouvelle le 15 mars 1610. Cela démolit toute la construction du « Secret »
- ❖ Le livre parvient à Kepler au début d'avril 1610



## Dissertatio : soutien public à Galilée

- ❖ Soutien enthousiaste de Kepler, même s'il n'a pu observer les nouvelles étoiles
- ❖ Replace l'invention de la lunette dans un plus juste contexte, à celui qui clamait partout la paternité de l'instrument.
- ❖ Reconnaît ses propres erreurs sur la consistance du ciel
- ❖ Conseille Galilée sur la fabrication des futures lunettes
- ❖ Ajoute que grâce à Galilée les observations de Tycho Brahe sont maintenant surpassables.



## Narratio : une lunette entre les mains de Kepler

- ❖ En août 1610 Ernest de Bavière, archevêque de Cologne lui prêta la lunette que lui avait fait parvenir Michelangelo, frère de Galilée et musicien à la cour bavaroise.
- ❖ Cette lunette déformait les étoiles en formes quadrangulaires
- ❖ Observe Jupiter et ses satellites les 30 et 31 août 1610
- ❖ En dépit de sa vue déficiente il maîtrisa le nouvel appareil et se montra meilleur observateur que nombre de ses collègues
- ❖ A la fin de l'automne 1610 il écrit « Dioptriques », traité d'optique sur les lunettes astronomiques



## Fin du séjour pragueois

- ❖ Regina, la belle-fille chérie, se marie en 1608 mais meurt à 27ans.
- ❖ Trois enfants étaient nés entre 1600 et 1607, Susanna, Frédéric et Ludwig. En janvier 1611, la variole frappe les trois enfants et tue Frédéric.
- ❖ Barbara Kepler contracte une forme de typhus, répandu dans la ville par les troupes hongroises et meurt au début de l'été 1611
- ❖ Rodolphe II décède le 20 janvier 1612
- ❖ Kepler place ses enfants en nourrice en Moravie et rejoint la Haute-Autriche en mai 1612 et la ville de Linz où un poste avait été créé pour lui

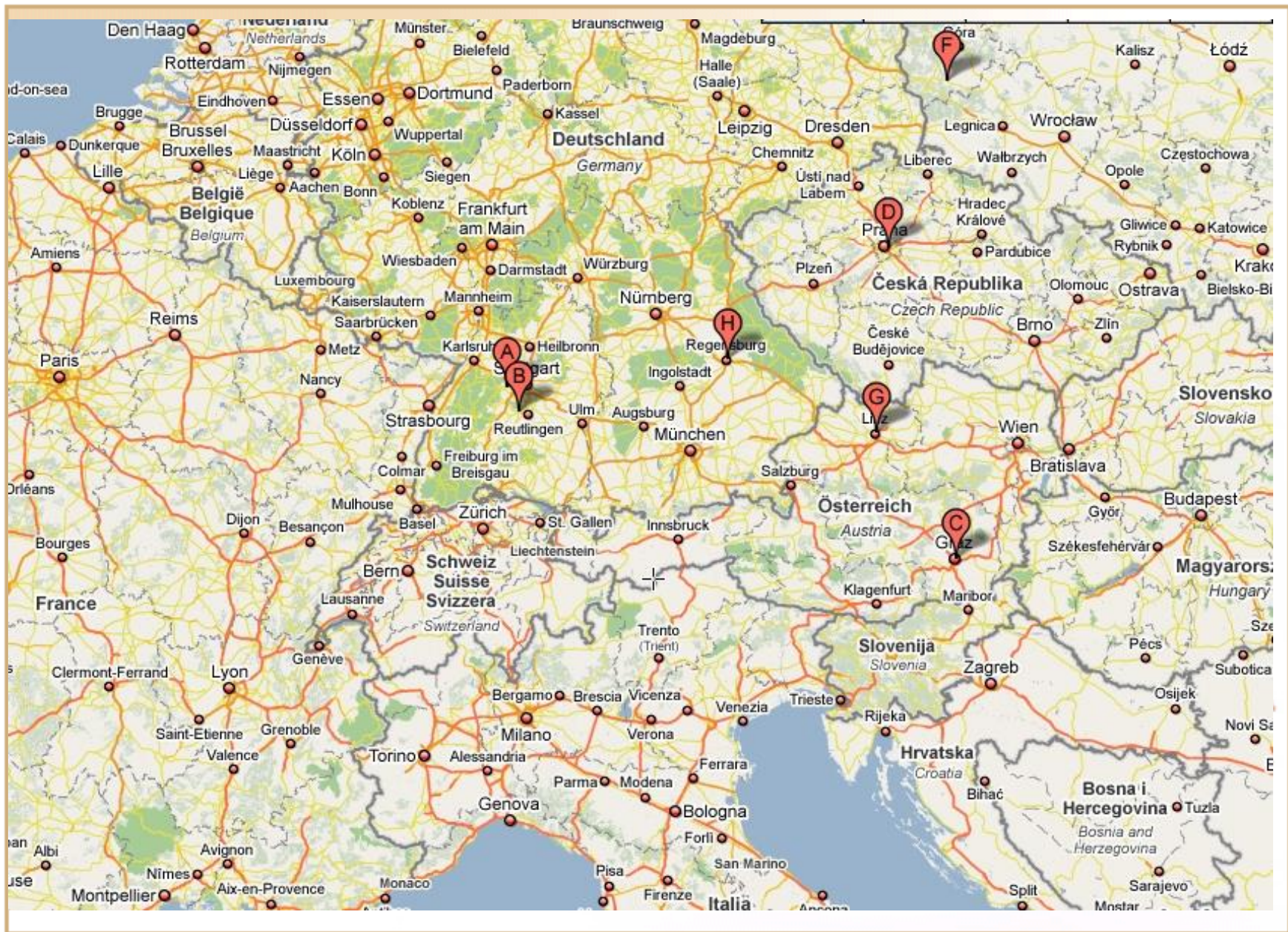


# Séjour à Linz

Mai 1612 au 20 novembre 1626







## Séjour en Haute-Autriche

- ❖ Cette ville a été choisie pour sa proximité de Prague, au cas où le successeur de Rodolphe aurait besoin de lui.
- ❖ Kepler conserve son titre de mathématicien impérial et prépare les tables rodolphines.
- ❖ Consulté par la diète de Ratisbonne, il propose d'adopter le calendrier de Grégoire XIII. Les princes protestants ne l'adopteront qu'en 1700.
- ❖ Les autorités catholiques mettent à l'index son *Epitome Astronomiae Copernicae* parue en 1617





## Les onze candidates

- ❖ Il avait hâte de trouver une mère pour sa fille de 11 ans et son fils de 6 ans. A 41 ans il lui fallait une compagne sérieuse, jouissant d'une autonomie financière avec, si possible, un titre de noblesse.
- ❖ Sa quête allait durer plus de 2 ans et, comme il le raconte dans une lettre d'invitation à ses noces, intéresser onze candidates.
- ❖ Il épouse le 26 octobre 1613 Susanna Reutinger, une orpheline de dix-huit ans plus jeune que lui.
- ❖ Le mariage fut aussi heureux que possible et naquirent de nombreux enfants.



# Procès en sorcellerie de Katharina Kepler

- ❖ Une lettre du 29 décembre 1615 lui annonce que sa mère installée à Leonberg est accusée de sorcellerie par des voisins malveillants.
- ❖ Près de cinq ans allaient ensuite passer avant l'aboutissement de la procédure.
- ❖ Dans la nuit du 7 août 1620 Katharina septuagénaire fut emportée enfermée dans une armoire et enchaînée dans la prison de la ville.
- ❖ Un document de 128 pages rédigées de la main de Kepler avec l'aide de juristes aboutit à la libération de sa mère le 4 octobre 1621.
- ❖ Kepler revient à Linz après un an d'absence. En juin 1621 son ami personnel Jessenius est exécuté sur la place publique comme chef protestant.
- ❖ Le 30/12/1761 il est maintenu dans ses fonctions de mathématicien impérial par l'empereur Ferdinand.



# L'harmonie du monde





## Arithmétique et musique

- ❖ Déjà Pythagore détermine les sons agréables à l'oreille :  $1/2$  corde octave,  $3/2$  la quinte etc
- ❖ Giuseppe Sarlino définissait par les rapports entre nombres premiers : unisson  $1/1$  octave  $2/1$  quinte  $3/2$  quarte  $4/3$  tierce majeure  $5/4$  tierce mineure  $6/5$  et sixte majeure  $5/3$ .
- ❖ Kepler développe en une longue succession de chapitres la division naturelle des chants consonants, des genres du chant, du partage de l'octave, des chants bien proportionnés, etc etc



## Les chapitres suivants ...

- ❖ Géométrie et politique (Commentaires sur l'œuvre de Jean Bodin qui lui a servi à défendre sa mère.)
- ❖ Harmonie pure et harmonie sensible
- ❖ L'âme de la Terre et le climat
- ❖ Une astrologie rationnelle

Et enfin ... !



## La troisième loi de Kepler

- ❖ De l'harmonie parfaite des mouvements célestes
- ❖ Peu importe s'il faut attendre cent ans pour que quelqu'un comprenne quelque chose, Dieu a bien attendu 6000 ans pour que je comprenne son œuvre
- ❖ Si l'on compare les mouvements de deux planètes, le rapport de leurs périodes est égal au rapport de leur rayons moyens à la puissance  $3/2$ .
- ❖ Il a découvert cela le 8 mars 1618 mais n'en a été convaincu que le 15 mai 1618.

Dans son livre de 1621,  
Epitome, il expose les quatre  
éléments qui interviennent  
dans un mouvement orbital



## La troisième loi de Kepler

- ❖ C'est la voie d'accès nécessaire à la loi de gravitation universelle
- ❖ Cependant le reste de l'ouvrage a un contenu scientifique assez ténu alors qu'au même moment Descartes algébrise la géométrie



# La fin des voyages et des publications





# Epitome astronomiae copernicae

1617 – 1620 et 1621

Bilan synthétique destiné  
aux profs de maths et  
d'astronomie :  
héliocentrisme et ellipses y  
compris pour les satellites  
de Jupiter



# Les tables rodolphines

L'œuvre de deux vies entières

Après l'Almageste de Ptolémée, les tables alphonsines( Alphonse X de Castille), et les tables pruteniques d' Erasme Rheinhold.

Coup de pouce de John Napier et ses tables logarithmiques (1614)

En juin 1624 Kepler annonce qu'après avoir porté ces tables pendant 22 longues années, il était tourmenté par les douleurs de l'enfantement.



# Les tables rodolphines

- › Retard causé par les héritiers de Tycho Brahé
- › Retard pour trouver une imprimerie
- › Retard pour le financement
- › Ferdinand II de Habsbourg impose les villes de Nuremberg, Memmigen et Kempten
- › En août 1622 à son retour à Linz tout est au point mort et Kepler décide de les autofinancer
- › Guerres et brimades, siège de Linz et incendie de l'imprimerie en août 1626: seul le manuscrit put être sauvé.
- › 20/11/1626 : départ de Linz par le Danube



# Les tables rodolphines

- › Arrêt à Passau avec femme et enfants
- › Arrêt à Ratisbonne, toujours avec femme et enfants
- › Départ pour Ulm pour l'impression sur son propre compte et au détriment des études de médecine de son fils
- › Fin de l'impression au début de septembre 1627
- › Départ pour Francfort chez le distributeur
- › Problèmes avec Georges Brahe !!



# Ultimes errances

- › Voyage en 1628 à Prague, accueil chaleureux de Ferdinand
- › Essai vain de conversion par les jésuites praguais : il ne pouvait plus rester à Prague
- › Proposition du généralissime Wallenstein, capitaine et amiral de la mer océane et Baltique.
- › Astrologue de Wallenstein, duc de Sagan, où il installe sa famille agrandie :

Cordula 1621,

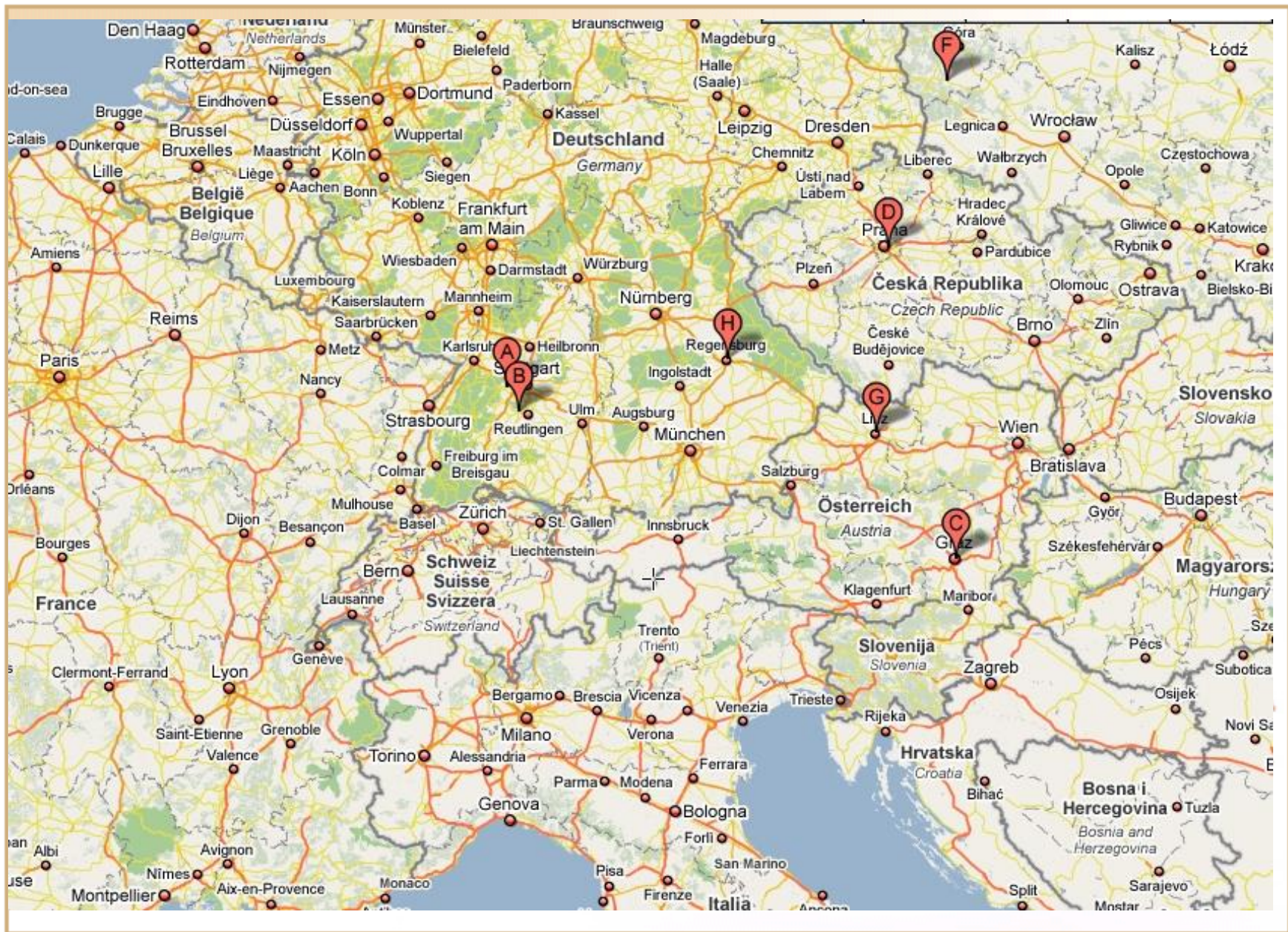
Hildeberg 1623,

Fridmar 1625

Anna Maria 1630 le 18 avril









# Ultimes errances

- » Elaboration des éphémérides 1629-1639 dédiées à Wallenstein
- » Déplacements à Leipzig, Linz, Nuremberg et Ratisbonne
- » Départ le 8 octobre 1630 pour un long voyage à cheval (500 kms environ)
- » Arrivée à Ratisbonne le 2/11/1630. Fatigué il loge chez un commerçant de ses connaissances.
- » Quelques jours plus tard, brûlant de fièvre, il se met à délirer, et finit par décéder le 15 novembre 1630 à midi.
- » Enterré 2 jours plus tard dans le cimetière protestant



# Ultimes errances

Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras  
Mens coelestis erat, corporis umbra jacet

Moi qui ai mesuré le ciel, désormais je  
mesure les ombres de la terre  
L'esprit était céleste, ci-gît l'ombre du  
corps.

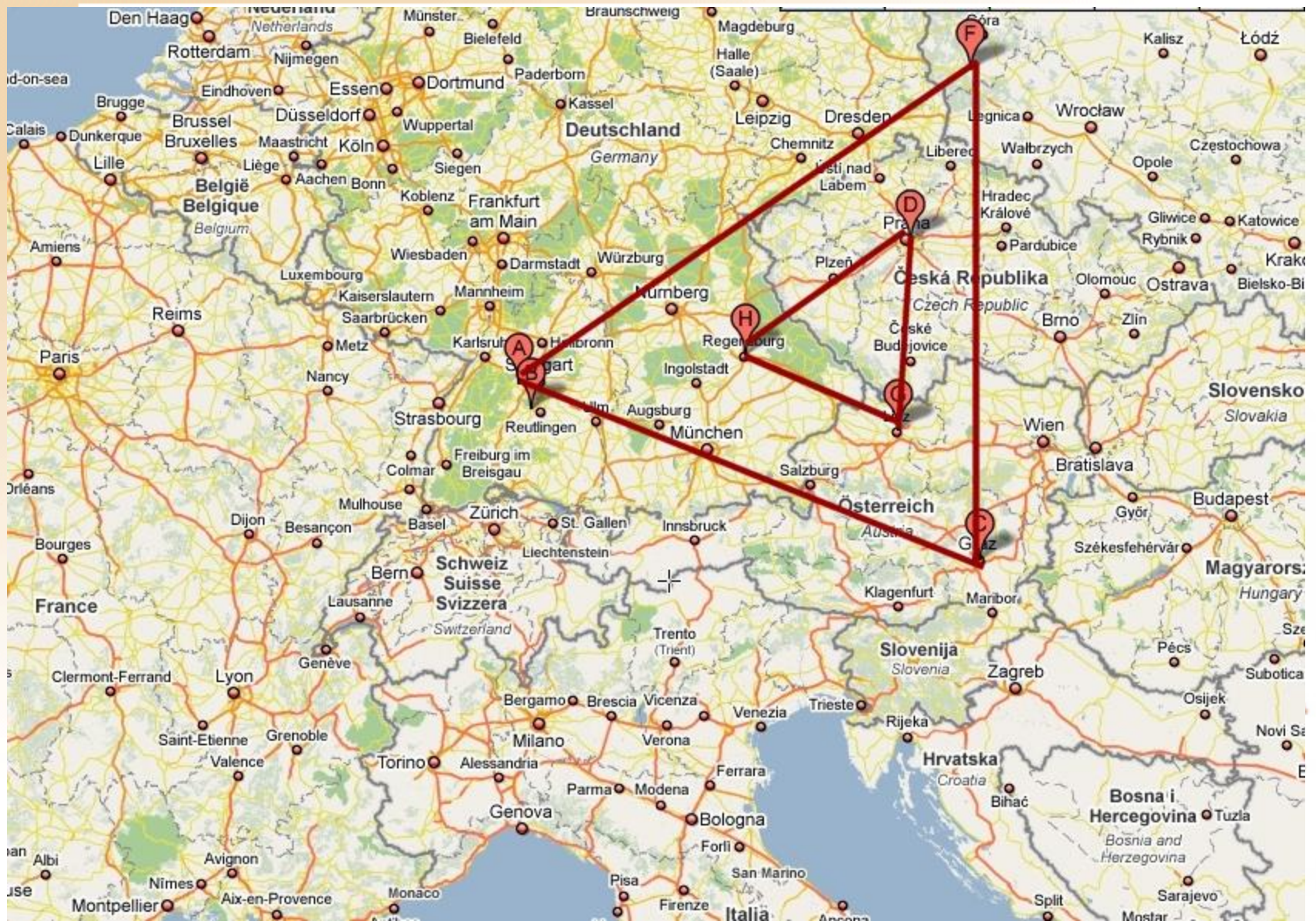


Mais pourquoi cet adepte des  
triangulations est-il venu mourir à  
Ratisbonne (Regensburg)

???







*Merci à Philippe Depondt,  
enseignant-chercheur à l'université  
Pierre-et-Marie-Curie  
et à Guillemette de Véricourt,  
journaliste,  
pour leur biographie de Kepler aux  
éditions du Rouergue (octobre 2005)*

