



CHRISTOPHE COLOMB CARTOGRAPHIE

CHRISTOPHE COLOMB CARTOGRAPHIE

André Bailly

Jack Biquand

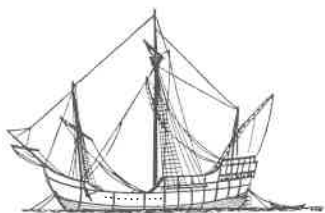
Jean Denègre

Mireille Pastoureau

Monique Pelletier

Jean Bourgoin

Raymond d'Hollander



SANTA MARIA III AT ANCHOR

POUR UN SOMMAIRE

CHRISTOPHE COLOMB, CARTOGAPHE

Ce supplément au numéro 54 de la revue XYZ de l'Association Française de Topographie (AFT) est consacré à Christophe Colomb, cartographe. Dans une introduction l'année 1492 est qualifiée de clé pour l'histoire du monde. Qu'est l'Europe à l'époque où la géographie de Ptolémée refait surface avec la sphéricité de la Terre et la mise en cause des contours théologiques des cartes médiévales ? Cette Europe mange encore avec ses doigts, mais le vieux monde craque, la Terre va s'agrandir mais aussi va bientôt, grâce à Copernic, reprendre sa modeste place dans l'univers. Avec l'aube qui se lève sur San Salvador un matin d'octobre, le monde moderne peut commencer, dit Jack Biquand (page 4).

Depuis Colomb, pas d'interruption pour la recherche et la découverte nous dit Jean Denègre sous un titre qui affirme la continuité de l'aventure humaine en ce domaine : "De Christophe Colomb à la géographie d'aujourd'hui". Une large place est faite au 27ème Congrès Géographique International, ouvert par le président Busch en août dernier et placé sous les auspices de ce cinquième centenaire. Un aperçu sur les Amériques d'aujourd'hui qui sont à découvrir (page 7).

Ainsi que l'écrit Mireille Pastoureau, la première des Grandes Découvertes fut l'exhumation de l'œuvre de Ptolémée, l'almageste d'abord, mais surtout sa "Géographie" dont allait s'emparer Colomb pour fonder et calculer son expédition. Les péripéties de notre découvreur avant et après sont aventure, ce qu'il en advint nous sont contées (page 11).

Une question d'histoire : la BN possède-t-elle la carte manipulée par Colomb lui-même, la carte qu'il présenta en 1491 à la junta de Santa Fé ? Un beau document sur velin acheté par la bibliothèque en 1848. Monique Pelletier nous dit ce qu'elle en pense dans une étude historique critique pertinente et sans faille (page 17).

Comment et pourquoi Colomb a confondu le Nouveau Monde et les Indes ? Tout se joua sur la distance maritime à parcourir cap à l'Ouest des Canaries au Japon. La controverse sur l'estimation qu'en fit Colomb n'est pas encore close. Quelle est la base des erreurs grossières qui l'ont conduit à penser aborder les Indes ? Une recherche et des calculs de l'hydrographe Jean Bourgoïn (page 21).

Si Colomb n'avait pas commis plusieurs erreurs de calcul, en particulier celle confondant le mille arabe avec le mille italien, il est probable qu'il aurait renoncé à joindre les Indes par l'Ouest, nous informe Raymond d'Hollander après nous avoir décrit la connaissance de la géographie du Globe qu'avaient les contemporains de l'aventurier. Ce savoir résultait de la combinaison de plusieurs influences qu'il dédrit successivement : celle de l'antiquité grécque ou romaine, celle de la science arabe, celle des explorations antérieures, en particulier aux 14 et 15ème siècles. Quelle appréciation il faisait de la distance à parcourir Canaries-Chine/Japon (page 33).

André Bailly

Qu'est-ce que l'Europe à la veille de 1492 ?

Une multitude de cités rivales et ennemies guerroyant sans cesse. Une Europe qui s'empêtre dans sa religion sclérosée et n'admettant qu'une foi sans raison, contraignante, dont, selon les prêtres, la peste et le choléra endémiques sont le révélateur et la preuve.

Dans cette Europe là on mange encore avec ses doigts directement dans le plat commun, et tous les convives boivent à la même cruche. On saigne et on purge pour soigner, on enferme les contagieux et on accroche des clochettes aux lépreux.

On oublie tout ce qui n'est pas dit par l'Eglise. L'Europe du nord, païenne, est oblitérée dans la pensée, et les aventures Vikings sur l'Atlantique, au-delà du Groënland, sont oubliées. On efface le savoir grec et musulman, juif aussi, et on invente une géographie, on fabrique une histoire conforme aux récits bibliques. La Terre est un disque plat entouré d'eau, parfois un fer à cheval, ou bien elle devient ovale ou prend la forme d'un T, les pays prennent une surface égale à leur puissance. On place l'Inde à l'ouest de l'Afrique, on transcrit sur les cartes les récits et les fausses nouvelles qui circulent, ainsi cette étrange histoire du prêtre Jean qui serait le chef chrétien d'une tribu nomade mongole, descendant des Rois Mages, souverain magnifique et puissant d'une enclave chrétienne dans l'océan des barbares, un paradis terrestre avec des richesses fabuleuses d'or et de pierres précieuses et une source d'éternelle jeunesse...

Malgré les murmures et le bouche à oreille on ne veut pas savoir que depuis un millénaire la Chine domine le monde avec sa science et sa technologie, sa richesse et une population écrasante, une armée, une marine, et l'on ne sait pas que depuis six siècles elle a inventé l'impression à l'aide de bois ou de métal gravés.

Les croisades sont un échec, les Turcs dominent la Méditerranée, les ottomans obstruent les routes terrestres en tenant Constantinople, les dynasties antichrétiennes de la Perse et du Turkestan ferment sporadiquement les voies commerciales occident-orient, les rendant pour l'Europe coûteuses et dangereuses.

La nécessité économique oblige l'Europe, adossée à l'océan et le regard toujours fixé vers l'est, à se retourner dos à la terre pour scruter l'ouest, cette masse d'eau immense et inconnue où, peut-être, des routes nouvelles peuvent s'ouvrir.

On n'en sait rien. Les géographes, des moines, ne produisent que de grossières et conventionnelles représentations des continents, mais déjà, des cartographes s'opposent à la spéculation et construisent les cartes avec les données de l'expérience sans songer à illustrer la Bible ou à situer le paradis terrestre et ses contours théologiques.

Depuis deux mille ans on sait que la terre est ronde, sphérique, depuis Pythagore, mais on ne le disait plus, ou si bas... On commence à le murmurer de nouveau. La municipalité de Nuremberg commande au cartographe Martin Behaim une carte que celui-ci dessinera sur parchemin et collera par fragments sur une sphère de 50 cm de diamètre : c'est le plus ancien globe terrestre qui nous soit parvenu. La légende précise que cette figure représente la terre entière, tant en longitude qu'en latitude. Sa forme concrétise le retour définitif à l'idée de sphéricité de la terre, et son contenu est entièrement débarrassé des influences théologiques et des traditions médiévales.

Tout est en place pour que ça craque. Ronsard n'est pas né, ni Montaigne, mais ça ne saurait tarder, et François Villon a déjà écrit "les Testaments", Gutenberg a inventé l'imprimerie et des livres circulent, déjà plus de cent imprimeries en Europe. On invente le bielle et la manivelle, le rouet à pédales, le ressort, les horloges...

1492. C'est parti. Colomb annote des livres et des cartes depuis des années. La carte de Ptolémée est sa bible et nul doute qu'il a en mains cette année là le globe de behaim. Ce génois originaire d'une ville où tous les chemins mènent à la mer, ce génois était un familier de Sénèque qui disait : "Une ère viendra après des années quand l'océan relâchera le lien des choses, et un immense pays apparaîtra, et le prophète Tiphys révélera des mondes nouveaux et Thulé ne sera plus le bout du monde..." (dans Mède).

Partir... La sphère est admise, la discussion porte sur sa circonférence. Les erreurs sur ce sujet encouragent à l'audace puisqu'on sous-estime la largeur de l'Atlantique et que, de surcroît, on décrit une Asie prête à être conquise juste de l'autre côté de l'océan. Colomb a lu le livre de Marco Polo qui vante les richesses de la Chine et cette lecture a enflammée son imagination, amenant à murissement un projet qui parut longtemps insensé.

C'est un temps où la bravoure abonde et aussi le rêve de l'or ramassé à pleines mains. Christophe le sait qui promet à son équipage le métal jaune de Cipango, si abondant qu'on en fait là-bas des tuiles pour le toit des maisons.

Tiëra ! Tiëra!

Il était temps !

Depuis des jours la vigie signalait à l'horizon des démons et des diables déversant par leur gueule les eaux et les feux de l'enfer, répandant la panique dans l'équipage.

Colomb devait temporiser devant ces visions apocalyptiques : "... d'accord, d'accord, disait le fier génois aux deux capitaines de la Punta et de la Nina montés à bord du navire amiral pour plaider la cause du retour, d'accord dans trois jours nous virons de bord si aucune terre n'est en vue ..."

On était le 9 octobre.

Le 10 l'équipage de la Santa Maria se mutine et Colomb est obligé de renouveler sa promesse de retour pour le lendemain.

Le 11 on croise sur la mer une branche d'arbre avec des fleurs. Le 12, sous la lune de deux heures du matin le marin Rodrigo de Triana, du haut de la vigie de la Nina, crie : Tiëra ! Tiëra ! A moins que ce ne soit le matelot Juan Rodriguez Bermejo qui aperçoive la côte depuis le gaillard d'avant, de toute façon Colomb note dans son journal que c'est lui qui a vu le premier la terre, ce qui lui permet de garder pour lui les dix mille maravédís de récompense !

Quelques heures plus tard le jour éclaire des cocotiers en équilibre sur l'horizon des eaux, l'aube se lève sur San Salvador ...

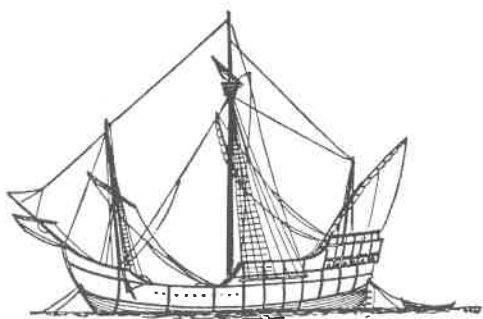
1492 a été délaissée par l'histoire. L'obscurité règne sur cette fin de siècle où tout bascule, où les énigmes se bousculent : Colomb en savait-il plus sur le voyage qu'il allait entreprendre ? Pourquoi savait-il que les alizés allaient, sur le parallèle choisi, le pousser vers l'ouest, et pourquoi revient-il par la route du nord où les vents de l'ouest, à l'inverse, le ramènent en Espagne ? Les deux meilleurs chemins. Martin Behaïm a rencontré Colomb, on ne sait rien sur ces rencontres, mais le globe de Behaïm n'a pas surgi du néant.

Cette année clé de l'histoire du monde est à peine mentionnée par ses contemporains, même Philippe de Commynes n'y consacre que quelques lignes, et Rabelais n'estime pas utile que Gargantua rencontre Colomb au pays de Satan parmi les géographes et les découvreurs.

Qu'importe ! Copernic a vingt ans et il va bientôt ramener la planète Terre et ses habitants à leurs justes proportions dans l'univers. A l'inverse les découvertes humaines vont laisser croire que tout est possible et que le monde entier s'ouvre à l'homme.

Le monde moderne peut commencer.

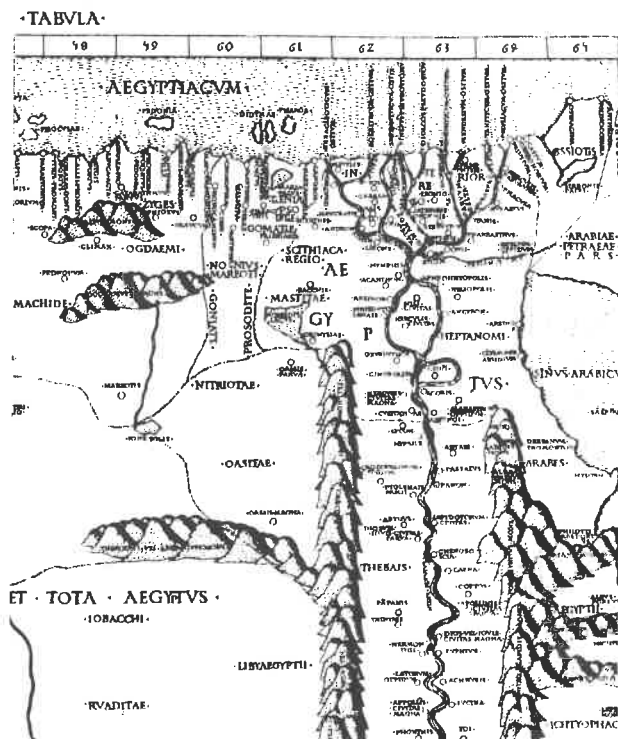
Jack Biquand



SANTA MARÍA III AT ANCHOR

DE CHRISTOPHE COLOMB A LA GÉOGRAPHIE D'AUJOURD'HUI

Par Jean Denègre, secrétaire général du Conseil National
de l'Information Géographique (CNIG)



L'automne 1992 nous a ramenés, avec un peu plus d'insistance qu'au cours du reste de cette année, au 5ème centenaire de la découverte de l'Amérique par Christophe Colomb. C'est en effet du 7 septembre au 12 octobre 1492 que le navigateur génois effectua la première traversée "historique" de l'Atlantique, partant des Canaries pour toucher terre dans une des îles nommées plus tard Bahamas (plus précisément San Salvador, alias Guanahani).

La commémoration de la découverte géographique la plus spectaculaire de tous les temps présente un caractère surtout historique, qui s'incarne, médiatiquement parlant, dans deux films (en Europe, "1492", et en Amérique "Christopher Columbus : the Discovery") et dans nombre de publications et de manifestations. Pour leur part, les géographes du monde entier, rassemblés au sein de l'Union géographique internationale (U.G.I.), ont célébré l'évènement à leur manière en tenant leur congrès quadriennal en Amérique (à Washington, du 9 au 14 août 1992), sous la devise "Geography is Discovery". Quelque 3000 géographes ont ainsi développé et échangé leurs points de vue sur l'état des connaissances actuelles sur la planète Terre, et sur le rôle, les méthodes et le devenir de l'investigation géographique contemporaine. Parmi les thèmes principaux abordés : l'environnement mondial et son évolution, les Amériques en mutation, les pays du Pacifique, la nouvelle Europe, les innovations techniques au service de la géographie, et en particulier les programmes spatiaux.

Ouvert par le président Bush, le 9 août, ce 27ème Congrès géographique international a été l'occasion pour celui-ci de souligner qu'il ne s'agissait pas seulement de célébrer un exploit vieux de cinq cents ans,

mais de "répondre aux défis mondiaux auxquels nous sommes confrontés". Réaffirmant l'importance de la géographie, il a précisé que le gouvernement américain "a fait de l'étude de celle-ci une priorité du programme "America 2000", dont la stratégie vise à atteindre les objectifs nationaux d'éducation, et à revitaliser les écoles. Sans connaissance géographique, a-t-il ajouté, "les événements de l'histoire du monde ne nous interpelleraient pas avec la même urgence, le réaligement des frontières nationales et politiques ne possèderaient pas la même signification, et la diversité de notre espace terrestre tout comme le besoin de conserver ses précieuses ressources demeureraient ignorés".

La découverte géographique : leçon du passé, porte sur l'avenir, tels sont en effet les axes de réflexion que nous suggère aujourd'hui l'évènement cinq fois centenaire du voyage de Colomb.

ENSEIGNEMENTS ET ÉNIGMES DU PASSÉ

Un rappel tout d'abord, qui touchera plus directement les coeurs français : l'origine du nom "Amérique" est localisée à Saint-Dié (Vosges). C'est là en effet qu'en 1507 ce nom fut attribué pour la première fois au nouveau continent, sur une mappemonde établie sous la direction du cartographe alsacien Martin Waldseemüller. On sait que ce choix fait directement référence au prénom du géographe et navigateur florentin Amerigo Vespucci, découvreur du Vénézuéla en 1500. A Washington, le 11 août dernier, le député-maire de Saint-Dié, Christian Pierret, est venu rappeler aux congressistes de l'UGI, non sans panache, le rôle joué par sa ville dans ce baptême illustre.

En revanche les zones d'ombre demeurent quant à la genèse du premier voyage, celui de 1492, et aux motivations réelles ou supposées de son promoteur. De nombreuses études (et polémiques) ont traité ce sujet depuis les origines, et elles témoignent de l'incertitude qui subsiste sur bien des points : sur quelles connaissances géographiques précises reposait l'assurance de Colomb de pouvoir atteindre la Chine par l'ouest au prix d'un trajet de longueur "raisonnable", c'est à dire compétitif par rapport aux autres trajets connus (par terre, comme le fit Marco Polo, ou par mer en contournant l'Afrique, via le cap de Bonne Espérance doublé dès 1488 par Bartholomé Dias) ? L'assurance de Colomb reposait en fait sur une estimation doublement fautive de la distance Europe-Chine par l'ouest : fautive par le nombre de degrés de longitude censés séparer les deux côtes, et fautive par la longueur unitaire attribué à chaque degré de longitude. Mais quelle fut l'origine de ces erreurs finalement si bénéfiques ? Autre problème : comment a-t-il pu prévoir et identifier a priori les trajets où les vents et/ou les courants seraient favorables à l'aller puis au retour, à la surface d'un océan immense et pratiquement inconnu ? Enfin, comment Colomb a-t-il pu concilier ses erreurs et ses découvertes, et persévérer dans l'illusion, après quatre voyages successifs, d'avoir abordé en Chine ?

Nous devons à l'heureuse initiative de l'American Geographical Society la réédition d'une oeuvre majeure sur ces sujets, due à l'historien-géographe George E. Nunn, datant de 1924 et intitulée "les conceptions géographiques de Christophe Colomb"(1). L'érudition et la clarté de cet auteur donnent à son ouvrage le caractère d'une enquête scientifique et historique particulièrement captivante. On est frappé en particulier par l'importance du "matériel" cartographique et géodésique dont s'est servi Colomb, et qui préfigure remarquablement le rôle contemporain de "l'information géographique".

Tentons de résumer les conclusions de Nunn, accompagnées de l'éclairage des études antérieures et postérieures à son ouvrage (analysées, dans la réédition de 1992, par Clinton R. Edwards). Concernant la valeur unitaire du degré terrestre, Colomb l'estimait, contrairement aux navigateurs portugais de son époque, à 56 2/3 milles "italiens", le mille italien mesurant 1480 m. Ceci équivaut à 84 km pour un degré, au lieu des 111 réels, soit une erreur de 24%. Il soutenait pourtant avoir vérifié lui-même cette estimation, au cours de son voyage de Lisbonne aux îles de Los au large de la Guinée. Contrairement à l'érudit français Henry Vignaud (2) qui tenait Colomb pour un affabulateur, Nunn croit en la sincérité du navigateur et explique son erreur par une détermination fautive de la latitude des îles de Los. Encore y-a-t-il ambiguïté sur la transcription de cette latitude dans les écrits de Colomb. Les nombreux experts qui se sont penchés sur la question jusqu'à nos jours semblent s'accorder sur le fait que Colomb manquait de moyens précis pour faire les mesures, et qu'il a finalement fait sien le résultat qui correspondait à ses desirs : voir la longueur du trajet océanique à parcourir réduite au minimum.

On peut noter au passage que cette mesure du degré terrestre, de si grande conséquence sur le pari (et le succès) de Colomb, s'inscrit en fait dans une préoccu-

pation constante de l'humanité, dans une problématique scientifique millénaire, jalonnée par les noms d'Eratosthène (240 av. JC), de Ptolémée (150 ap. JC), des astronomes du calife Al-Mamoun (820 ap. JC) : il faudra attendre Jean Picard (1670) pour avoir une mesure précise à mieux que 1% (même Newton, peu d'années auparavant, travaillait sur la gravitation avec un méridien encore erroné de 15% en longueur)(3). Cent trente ans plus tard, la mesure française du méridien terrestre, par Delambre et Méchain, a conduit, comme l'on sait, à la définition du mètre et du système métrique, devenu depuis lors Système International.

Le deuxième volet des conceptions géographiques de Colomb concerne l'écart en longitude qui sépare la côte atlantique de l'Europe et la côte pacifique de l'Asie. Cet écart s'évaluait indirectement, par différence entre la circonférence totale du globe (360°) et l'extension en longitude estimée pour le Vieux Continent, du Portugal à la Chine. Les documents de base ici sont les relevés (ou indications) de Ptolémée, de Marin de Tyr, et de Marco Polo, entre autres. L'estimation de Colomb a coïncidé, par un cheminement qui lui est d'ailleurs propre, avec celle de Marin de Tyr, à savoir 225° d'extension en longitude pour le Vieux Continent, soit 135° pour la distance Europe-Chine par l'ouest. L'estimation correspondante de Ptolémée était de 180°. Et la réalité, de 239°... Ainsi, dans l'esprit de Colomb, la route de la Chine par l'ouest était près de deux fois plus courte que dans la réalité. Aurait-il tenté la traversée s'il avait connu sa longueur réelle ? Il est permis d'en douter. En fait, comme le note Nunn, la coïncidence étonnante est qu'il a rencontré l'Amérique là où, approximativement, il s'attendait à rencontrer l'Asie.

C'est une tout autre problématique qui sous-tend la question des vents et des courants favorables pour voguer vers l'ouest, puis pour en revenir. Là encore, le voyage de Colomb n'est pas sans garder un certain mystère. Comment a-t-il su, du premier coup, choisir le trajet presque optimal à l'aller comme au retour ? Partant des Canaries, il suit exactement le parallèle correspondant (26-27°) grâce à des vents dominants du nord-est(alisés). Pour le retour, il commence par se diriger vers le nord-nord-ouest, puis parvenu au 37ème parallèle, il le suit directement jusqu'aux Açores, grâce aux vents d'ouest dominants. Il se trouve que ces deux routes sont demeurées, approximativement, les routes classiques pour les voiliers traversant l'Atlantique nord dans cette partie médiane, en ce qu'elles évitent la zone des vents nuls ou variables, entre Açores et Canaries. La réussite éclatante de Colomb est attribuée, selon les auteurs, soit à ses compétences de navigateur (admirées par Las Casas, pourtant peu suspect de sympathie pour l'initiateur de la "conquista"), soit aux témoignages d'autres marins quant à l'existence de vents et courants favorables, soit encore au désir de suivre le parallèle qui menait directement à Cipangu (Japon) plus proche que la Chine, soit enfin à la chance pure et simple (invoquée par Vignaud). Toujours est-il que le fait de mettre trente-trois jours pour aller des Canaries aux Bahamas représente un exploit pour l'époque : un si petit délai pour des millénaires d'efforts... Encore Colomb tentait-il, sachant l'anxiété de son équipage, de minimiser les distances parcourues, notées sur son journal de bord (4). Pour sa part, Nunn se range à l'avis de Las Casas et conclut au génie intuitif de "l'Amiral de la mer Océane".

On comprend d'autant moins pourquoi, avec tant d'intuition, Colomb ne s'est pas rendu compte (sans l'avouer), après son quatrième voyage (1503), qu'il n'avait pas atteint la côte Est de l'Asie, mais celle d'un nouveau continent. Le quatrième voyage, en effet, en direction du sud-ouest à partir de Cuba, comme pour prendre la direction de l'Inde en contournant la côte "asiatique" par le sud, aboutit à la découverte des côtes d'Amérique Centrale, où les indigènes firent d'ailleurs référence à d'autres peuples plus développés, à l'ouest. Nunn consacre une part importante de son ouvrage à cette question, et conclut en confirmant, à l'instar de la plupart des spécialistes, que Colomb a cru jusqu'à sa mort (1506) avoir abordé en Asie. La démonstration de Nunn a ceci d'intéressant qu'elle repose sur une investigation cartographique très poussée, qui tente de reconstituer la géographie "colombienne" des six premières années du XVIème siècle. Parmi les cartes étudiées : le globe de Behaim, la carte de Juan de la Cosa (un des pilotes de Colomb), et surtout les trois esquisses tracées en marge de la traduction d'une lettre de Colomb à Zorzi (1503), et attribuées à son frère Bartholomé Colomb. Bien que ces esquisses aient été récemment réattribuées à Zorzi lui-même, et datées de 1525, les experts semblent admettre qu'elles traduisent néanmoins les conceptions des frères Colomb : ils croyaient bien avoir atteint l'Asie en Amérique Centrale, Cuba était pour eux une des îles du Japon, et l'Amérique du Sud une vaste péninsule asiatique. Ces conceptions durèrent bien après Colomb, semble-t-il, et cela jusque vers le milieu du XVIème siècle...

UNE PORTE SUR LE FUTUR

L'aventure Colombienne se place, comme tous les événements scientifiques majeurs, au croisement des connaissances humaines alors disponibles sur le monde. Cette évidence bien connue des écoliers (emploi de la boussole, invention de la caravelle, progrès de la navigation,...) s'éclaire d'un jour particulier en matière d'information géographique : on a vu le rôle joué par la question de la longueur du méridien terrestre, ainsi que par celle de l'extension en longitude du Vieux Continent. Ces vieilles questions restées longtemps de pure recherche fondamentale sont devenues brusquement d'une importance pratique décisive. Il faut y ajouter le rôle déterminant joué par la diffusion des connaissances grâce à l'imprimerie : première impression de la Géographie de Ptolémée en 1475, première impression des cartes correspondantes en 1478, première impression de l'Imago Mundi de Pierre d'Ailly en 1480,... On serait presque tenté d'en déduire que l'Amérique a été découverte en partie grâce au livre... En tout cas, on sait que Christophe Colomb a possédé tous ces ouvrages, souvent annotés de sa main. Le développement de la cartographie et sa diffusion ont précédé et accompagné les grandes découvertes, comme en témoigne le bel ouvrage "Atlas de Christophe Colomb" édité par Kenneth Nebenzahl (5).

L'aventure de Colomb résume aussi, à grands traits, des préoccupations scientifiques qui demeurent au coeur des investigations contemporaines : le positionnement en mer (géodésie dynamique), la connaissance des vents (météorologie) et des courants (océanographie). Mais la recherche géographique d'aujourd'hui va bien au-delà de ces inventaires et constats du monde

réel. On pourrait dire, à la limite, qu'elle a pour objet ce qui n'existe pas encore, c'est-à-dire la prévision du futur, et notamment celle des interactions homme-nature. Cette prévision, à court terme comme à long terme, s'élabore via des modèles de plus en plus perfectionnés, basés sur une double extrapolation : à la fois spatiale et temporelle, c'est-à-dire étendue à l'ensemble de la planète et au plus grand intervalle de temps possible. L'exemple le plus complet de cette démarche est le programme mondial d'étude des "changements du globe" en matière d'environnement ("Global change"), mis en place avec ses deux volets principaux : le Programme mondial de recherche sur le climat (WRCP) et le Programme international géosphère-biosphère (IPGB).

Quelles technologies innovantes sont aujourd'hui au service de la découverte géographique ? Telle était la question que les responsables du congrès de l'UGI avaient invité l'auteur de ces lignes à traiter, dans une communication présentée en séance plénière. La réponse tient peut-être tout entière dans le simple fait que se tenait, en même temps que le congrès géographique, et presque au même endroit, la 17ème conférence de la Société internationale de photogrammétrie et de télédétection (ISPRS). Rassemblant plus de 6000 participants, au cours de sessions et d'ateliers échelonnés sur 2 semaines, cette manifestation quadriennale s'est accompagnée d'une exposition industrielle et technique de première importance. C'est ainsi qu'ont été montrés tout à la fois les outils d'acquisition et de traitement des données, et les produits cartographiques et numériques (banques d'informations) en aval des applications.

En simplifiant un peu, on peut résumer ce vaste panorama en retenant deux développements majeurs en plein essor, et complémentaires : la télédétection satellitaire (et l'ensemble des techniques de traitement d'image), et les systèmes d'informations géographiques (SIG), intégrant la cartographie assistée par ordinateur, et la gestion des bases de données (l'ensemble formant ce qu'on appelle la géomatique).

La croissance des systèmes d'informations géographiques est spectaculaire, en raison du rôle de ceux-ci dans la gestion des territoires et dans de nombreux secteurs d'activités : agriculture, industrie, tourisme, environnement, transports, notamment la circulation automobile assistée par ordinateur. Le marché mondial des SIG s'établit aujourd'hui autour de 12 milliards de francs, avec une croissance annuelle de 30% selon les estimations présentées au forum organisé récemment à Strasbourg par le Conseil National de l'Information Géographique (CNIG).

En matière spatiale, on est également frappé par l'ampleur sans précédent des programmes spatiaux annoncés en matière d'observation de la Terre : l'Earth Observing System (EOS) de la NASA américaine et ses six satellites programmés pour la période 1998-2002, la Polar Orbiting European Mission (POEM) de l'Agence Spatiale Européenne, le programme Advanced Earth Observing Satellite (ADEOS) du Japon,... Cet ensemble ne se substitue pas mais s'ajoute aux programmes déjà en cours comme SPOT (dont la version 5 a été annoncée comme pouvant atteindre une résolution au sol de 5 m), les satellites européens ERS de télédétection (ERS-1 lancé en juillet 91) et Topex-Poséidon, satellite franco-

américain d'altimétrie océanique, lancé avec succès par Ariane en août 1992.

Le rôle croissant joué par les techniques spatiales dans l'acquisition et l'élaboration des informations géographiques a été attesté par la quasi omni-présence, pourrait-on dire, des images SPOT dans les travaux, expériences et résultats présentés durant la conférence. Symbole de cette brillante réussite : la remise de la médaille d'or du Prix Brock (décerné par la Société Américaine de Photogrammétrie et de Télédétection) à M. Gérard Brachet, PDG de la société SPOT-IMAGE, pour ses nombreuses contributions aux programmes spatiaux d'observation de la Terre.

En parallèle à la conférence, deux publications françaises viennent d'illustrer magistralement, nous semble-t-il, l'impact du spatial sur l'investigation géographique : "l'Europe vue de l'espace", ouvrage établi sous la direction de Bernard Kayser (6), et "l'Atlas de géographie de l'espace", établi sous la direction du Professeur Verger (7). Le premier de ces deux ouvrages, sous-titré "Cent images du satellite SPOT", nous montre en effet cent sites européens prestigieux, parmi lesquels la plupart des grandes métropoles européennes et des unités géographiques de grand intérêt, comme le Massif du Mont-Blanc, les Highlands d'Ecosse, ou les Cyclades... Accompagnés de fort belles illustrations et d'un commentaire souvent captivant (mais hélas sans index toponymique), ces images prises à 800 km d'altitude nous donnent une vision extraordinaire et quasi-initiatique de notre cadre de vie : elles sont un nouvel apprentissage de la géographie. D'où le grand intérêt qu'aurait également un ouvrage de ce type, plus détaillé, et à but pédagogique, consacré au territoire français, d'où SPOT est issu...

Le second de ces deux ouvrages a un tout autre objet, qui est de décrire l'espace circumterrestre occupé par les satellites artificiels lancés depuis le premier Spoutnik (1957). Cet "Atlas de géographie de l'espace" démontre ainsi l'ampleur de l'effort spatial réalisé, et la diversité proprement incroyable des lanceurs, vecteurs et capteurs mis en oeuvre : des tableaux statistiques établis en fonction des différentes missions, nationalités, bases de lancement, altitudes d'orbites, typologies de capteurs et durées de vie, décrivent de façon très parlante les programmes spatiaux, tant civils que militaires. On apprend ainsi, par exemple, que près de 20 satellites géostationnaires sont lancés chaque année, à diverses fins telles que télédétection, météorologie, télécommunications, navigation, climatologie, etc. En même temps sont donnés les éléments historiques et économiques qui permettent de dresser une géopoli-

tique de la conquête de l'espace. En termes d'information géographique, on mesure concrètement la puissance des outils spatiaux, désormais capables de collecter des volumes de données très au-delà des capacités de traitement et d'interprétation aujourd'hui disponibles. Ce n'est pas le moindre mérite de cet ouvrage exceptionnel que de faire prendre conscience d'un tel décalage.

UN FIL DE LUMIERE

Le devenir de l'information géographique, et son rôle dans la société future apparaissent ainsi au premier plan des développements scientifiques et techniques contemporains. La découverte géographique d'aujourd'hui, c'est peut-être justement cette quête généralisée des informations sur la Terre, pour comprendre et maîtriser les phénomènes et changements globaux, notamment en matière de climat et d'environnement. L'expansion des systèmes d'informations géographiques devrait venir à bout des défis que représentent les flux énormes de données en provenance de l'espace. Les systèmes-experts de demain, outils d'aide à l'investigation et à la décision, devront nous aider à résoudre les antagonismes engendrés par l'évolution des interactions homme-nature.

Nous voici bien loin de la traversée de Christophe Colomb et de ses énigmes. Pour rester dans une optique visionnaire plus conforme à l'esprit de cette épopée, on peut préférer, aux explications laborieuses des historiens, la vision du poète, qui les embrasse toutes et à la fois les résume. Laissons parler Claudel, et par sa bouche l'apôtre Saint-Jacques qu'il imagine, dans "Le Soulier de satin", en marche devant la caravelle de Colomb : "C'est moi qui le tirais avec un fil de lumière, tandis qu'un vent mystérieux soufflait jour et nuit dans ses voiles"...

(1) édité par l'American Geographical Society, 1992

(2) Editions La Découverte

(4) Le Monde (13.08.92)

(3) LEVALLOIS J.J., 1990, "Mesurer la Terre", AFT et Presses de l'ENPC

(5) Editions Bordas, 1991

(6) Editions Solar Daniel Briand, 1992

(7) Editions SIDES RECLUS, 1992

IL Y A 500 ANS CHRISTOPHE COLOMB

Par Mireille Pastoureau, Conservateur en Chef. Cartes et plans de la Bibliothèque Nationale

LA REDÉCOUVERTE DE PTOLÉMÉE

La première des grandes découvertes fut sans aucun doute l'exhumation de l'œuvre du géographe grec Claude Ptolémée (90-168). Ce savant de l'école d'Alexandrie avait en effet laissé derrière lui une sorte de bombe à retardement intellectuelle qui révolutionna l'image du monde à la Renaissance.

Il était l'auteur de deux ouvrages d'une importance monumentale : d'une part, une *Somme mathématique*, encore appelée *Almageste*, du nom de son titre arabe, et traduite en Occident à partir du XII^e siècle, d'autre part, d'une *Géographie*, traduite en arabe dès le IX^e siècle mais ignorée en Occident jusqu'à l'aube du XV^e siècle. C'est elle qui nous intéresse aujourd'hui.

Rares étaient en effet, au Moyen Age, les lettrés capables de lire le grec. En 1400, cependant, un manuscrit de la *Géographie* fut apporté à Florence depuis Constantinople par un Byzantin, puis traduit en latin offert en hommage au pape Alexandre V en 1409. Cette traduction fut reçue comme une révélation. Elle se répandit dans toute l'Europe et on en connaît aujourd'hui une quarantaine de manuscrits différents. Certains d'entre eux contiennent des cartes, au nombre de vingt-sept, qui sont à l'origine de la renaissance de la cartographie européenne.

La *Géographie* de Ptolémée se compose en réalité de deux parties, un ensemble de principes généraux concernant la géographie et la confection des cartes, et un catalogue de positions de lieux parfois illustré de planches de cartes. Les cartes qui ont été conservées sont des copies des XIII^e et XIV^e siècles.

Les contemporains ne s'embarrassèrent pas de critique érudite. Ils adoptèrent Ptolémée comme une bible géographique. Pour la première fois, il est vrai, on leur présentait une carte réaliste du monde. Pour la première fois aussi, on leur proposait des méthodes permettant de combler les blancs de cette image forcément lacunaire. Sans devoir longer des côtes interminables, tels les patients auteurs de cartes marines, les humanistes de la Renaissance disposaient désormais dans leur bibliothèque d'un corpus des grandes parties du monde qui ne demandait qu'à recevoir des compléments.

En raison de son succès, la *Géographie* de Ptolémée, illustrée de cartes, comptait parmi les premiers ouvrages imprimés. L'imprimerie était apparue en Allemagne vers 1450, puis s'était rapidement répandue en Europe grâce à des imprimeurs itinérants aussi mobiles que leurs caractères. On trouve une édition de la *Géographie* à Bologne dès 1477, une autre à Rome en 1478. La mappemonde de l'édition d'Ulm (1482) est reproduite en couverture, bien reconnaissable à son lavis bleu et jaune. Elle précède les cartes régionales dont elle constitue en quelque sorte le tableau d'assem-

blage. Cette image du monde, que Christophe Colomb étudia attentivement, s'étend des îles Fortunées (les Canaries) à l'ouest jusqu'à la Sinarum regio (la Chine) à l'est. Elle est excessivement étirée en largeur, étirement qui encouragera Colomb lors de l'élaboration de son projet. Mais elle est déjà démodée en ce qui concerne l'Afrique que les Portugais pensaient pouvoir contourner. Pour Ptolémée, au contraire, le continent africain était solidaire de la terre australe qui emprisonnait totalement l'océan Indien devenu une sorte de mer fermée, une Méditerranée aux proportions agrandies.

Le grand géographe grec propose en effet un système de projection conique amélioré, en forme de manteau, ainsi qu'une grille de méridiens et de parallèles qui est toujours universellement utilisée. Il nous légua également l'orientation des cartes vers le nord géographique, le tracé d'un équateur, le "cercle équinoxial", et de deux tropiques qui sont mis en évidence sur sa mappemonde par de larges bandes écarlates. Les degrés de latitude sont même numérotés dans la marge de droite tandis qu'à gauche nous voyons notée la durée des jours les plus longs de l'année, lors du solstice d'été.

L'AMIRAL DE LA MER OCÉANE

L'arrivée d'un Génois de 26 ans à Lisbonne en 1477 n'avait rien de surprenant. Elle s'inscrivait dans la logique de l'expansion commerciale de Gènes qui avait noué très tôt des liens avec les mondes atlantiques et ibériques. Depuis l'avance triomphante et dévastatrice des Turcs, qui avaient pris Constantinople en 1453, l'Orient n'était plus une terre de colonisation pour les Italiens. Les Vénitiens exerçant un monopole de fait sur le commerce du Levant, les Génois se tournaient plutôt vers l'horizon atlantique chargé d'autres promesses, avec les marchés des Flandres de Scandinavie et d'Angleterre au nord, avec l'attrait des îles et des découvertes entrevues au sud. Une importante colonie génoise s'était ainsi formée à Lisbonne, composée de gens de toutes conditions, banquiers et changeurs, petits marchands, mais aussi "condottieri", pirates, "amiraux" c'est-à-dire capitaines d'aventures sur mer souvent au service d'un prince étranger. Les jeunes gens, fils de marchands ou autres, encore peu rompus aux pratiques des affaires, allaient sur les nefes ou dans les comptoirs lointains apprendre à reconnaître les produits exotiques, à apprécier les laines et les soies grèges.

Cristoforo Colombo, lui, venait rejoindre son frère Bartolomeo, établi dans cette ville depuis un temps indéterminé. Celui-ci dirigeait une officine de cartographie, à laquelle collabora Cristoforo, élément déterminant pour tout ce qui va suivre. De son père tisserand, originaire d'un village perché dans la montagne ligure, mais en pleine ascension sociale, il tenait courage et détermination. On ne sait rien de ses expériences avant l'exil, mais on constate qu'il s'inséra parfaitement et très vite

dans son pays d'adoption, à commencer par son mariage avec une jeune fille fortunée de l'aristocratie lusitanienne. Il ne cessa pas de voyager pour autant. Il s'installa un temps à Madère où naquit son fils, retourna à Lisbonne, trafiqua en Afrique et fit escale à Gènes pour affaires.

Deux passions l'animèrent très tôt. La première était héritée de la tradition médiévale, c'était une fascination pour l'or et pour les îles lointaines où abondaient le métal, les pierres précieuses et les perles. L'autre montre que Colomb était aussi pleinement homme de la Renaissance. Il s'agit de la passion de la connaissance car, s'il n'avait pas reçu d'instruction académique, il se montrait néanmoins curieux de toutes sortes de livres, lisant assidûment et annotant sans relâche les ouvrages de sa bibliothèque avec une touchante application. Il analysa aussi avec fièvre tous les témoignages livresques qu'il put trouver, sans parler des renseignements oraux qu'il ne manqua pas de collecter. Il écrivit lui-même : "j'ai consulté et je me suis efforcé de voir toutes sortes de livres de cosmographie, d'histoire, des chroniques, de la philosophie et des autres arts. C'est ainsi que le Seigneur ouvrit mon entendement, comme avec une main palpable, pour tout ce qui était nécessaire à la navigation d'ici jusqu'aux Indes, en même temps qu'il préparait ma volonté pour l'exécution de ce projet et c'est avec cette passion que je suis venu me présenter à vos altesses." Pénétré de culture biblique, il connaissait les richesses de la reine de Saba et des souverains de la Bible. Il avait lu tout ce qui avait trait au monde habité, récits de voyage et traités savants : *l'Histoire naturelle* de Pline, les *Vies des hommes illustres* de Plutarque, la *Géographie* de Ptolémée, *l'Imago Mundi* de Pierre d'Ailly, encyclopédie cosmographique et géographique célèbre de la fin du XIV^e siècle et le récit de Marco Polo.

Cet homme fiévreux était aussi un homme seul. Bien que guidé par des préoccupations mercantiles, il n'était le commis de personne. Jacques Heers a montré comment la navigation marchande gênoise laissait aux armateurs et aux patrons toute l'initiative, alors qu'à Venise le dirigisme étatique était poussé à l'extrême. Formé dans ce cadre très souple, Colomb savait compter sur ses propres forces et assumer toutes les décisions. Il était de la trempe des marins capables d'affronter seuls l'aventure et l'inconnu. Il avait aussi la force d'âme suffisante pour persévérer dans ses projets et pour s'imposer dans les conflits de personnes.

Malgré leur activité connue de cartographes, les frères Colomb ne nous ont transmis de façon incontestable aucune de leurs œuvres. La raison de ces disparitions est peut-être à chercher dans la fragilité du matériau utilisé, le papier, si l'on en croit une allusion de Colomb, ou dans les nombreux voyages et déménagements des deux frères ou encore dans l'exigence de secret qui entourait vite leur activité, ou enfin dans l'incendie de Lisbonne en 1755. Une seule carte leur est toutefois attribuée qui comprend une curieuse petite mappemonde circulaire. * Cette mappemonde qui montre l'Afrique contournée jusqu'au cap de Bonne-Espérance, est par ailleurs fondée sur les tracés de Ptolémée. En outre, elle représente une île importante,

au large de la Chine, le paradis terrestre. Lors de son troisième voyage, Colomb croira avoir retrouvé cette terre enchantée alors qu'il explorait le golfe de Paria, au nord-est du Vénézuéla actuel. Sa conviction naîtra des flots de l'Orénoque dans lesquels il reconnaîtra la source des fontaines du Paradis, d'où coulent selon la tradition des Anciens, les quatre fleuves sacrés : l'Euphrate, le Tigre, le Gange et le Nil. Il décrira avec complaisance cette nature particulièrement riche et aimable et ses habitants doux et accueillants, parce que proches de la vie originelle.

Le projet de Colomb s'inscrivait dans une fièvre de découverte qui avait gagné dans les années 1470-1480, l'Europe entière. L'idée d'une liaison par la mer entre le Portugal et l'Asie agita les cercles humanistes d'Italie, d'Allemagne et du Portugal. En 1474, un grand savant florentin, Paolo del Pozzo plus connu sous le nom de Toscanelli, en liaison épistolaire avec un chanoine de Lisbonne faisait part de sa confiance en une route maritime vers les terres des épices. Dans une lettre célèbre, en fait un petit traité scientifique, il évoquait, pour gagner l'Asie par la mer, l'existence d'une route directe et d'une autre passant par les îles d'Antilia et de Cipangu (le Japon). Il ajoutait que "sur ces routes inconnues, il n'y a pas de grand parcours de mer complètement dépourvu de terre", autant d'affirmations que nous retrouverons chez Colomb.

Nous connaissons un autre personnage qui partageait les mêmes théories. Il s'agit de Martin Behaim, le fils d'un marchand de Nuremberg, qui séjourna à Lisbonne entre 1484 et 1490 et navigua pour le compte du roi de Portugal. De retour en Allemagne, avant de repartir pour Lisbonne où il mourra en 1507, ce savant navigateur écrivit une relation des voyages portugais au large de l'Afrique et composa pour les édiles de Nuremberg un globe terrestre, qui est la plus ancienne sphère occidentale conservée.

De son côté, le roi du Portugal avait déjà accueilli favorablement des projets d'expéditions vers des îles de l'Atlantique auxquelles il semblait désormais possible d'accéder. Il avait ainsi plusieurs fois concédé les droits sur l'île des Sept-Cités, une île mythique qui, selon la légende, avait été colonisée au Moyen Âge par sept évêques portugais.

Dans la préparation de son expédition, Colomb avait bénéficié d'un double atout géographique et psychologique. D'une part, il minimisa les dangers et la longueur de sa course et, de l'autre, il créa sur sa route des îles qui devaient l'empêcher de ressentir l'angoisse des espaces vides. Pour évaluer la distance qui le séparait de la Chine, Colomb devait s'efforcer de connaître d'abord la longueur de la circonférence terrestre. Les estimations des géographes étaient sur ce point fort variables, allant de 28 000 à 40 000 de nos kilomètres. En vertu d'une erreur commune à son époque il choisit 30 000 kilomètres, soit 26 700 kilomètres à la hauteur des Canaries. "Je dis donc que la terre n'est pas aussi grande que le vulgaire se l'imagine" écrit-il. Il lui fallut ensuite évaluer l'importance de l'Eurasie (arc terrestre Canaries-Japon). En accord avec les autorités scientifiques de son époque, il trouva sur sa sphère, réduite, une ouverture en longitude de 300°. La voie maritime n'était plus que 60°, correspondant à 4 440 kilomètres. La distance est en réalité de 19 900 kilomètres.

* Voir l'article de Monique Pelletier



Martin Behaim partageait les théories de Colomb. Originaire de Nuremberg il navigua pour le compte du roi du Portugal et composa un globe terrestre qui est la plus ancienne sphère occidentale conservée (doc. BN).

Les îles occupent une place importante dans la géographie imaginaire de Colomb. A plusieurs reprises, il s'efforça de les dénombrer et de montrer que les villes et les contrées difficiles à identifier, dont il avait relevé les noms dans les livres étaient en réalité des îles ou des archipels. Il s'appliqua à rechercher toutes les terres étranges et fabuleuses de Marco Polo, à commencer par l'île des Hommes et l'île des Femmes où les deux sexes ne se rencontraient que trois mois par an.

Les péripéties du départ de Christophe Colomb sont maintenant entrées dans la légende. C'est par accident en effet que le Génois entra au service de l'Espagne, après avoir essuyé un refus du côté du Portugal, pourtant au sommet de l'expérience maritime, mais accaparé par ses priorités africaines. Au printemps ou à l'été 1485, devenu veuf depuis peu, il alla donc tenter fortune dans la Castille rivale où déjà des marchands et des marins andalous se livraient à des trafics clandestins sur la côte africaine, en dépit du monopole portugais. Installé à Cordoue, il lutta pendant plusieurs années pour imposer son projet que tous jugeaient utopique et fondé sur des

données erronées. Pendant ce temps, Bartolomé Colomb tentait sa chance du côté de l'Angleterre, où il séjourna de 1488 à 1490 sans pouvoir convaincre Henri VII puis de la France où il plaida aussi en vain.

En janvier 1492 enfin, malgré les avis défavorables des experts, il conquist la confiance de la reine de Castille, Isabelle, avec des arguments tout aussi politiques (concurrencer le Portugal) et économiques (trouver l'or et les richesses de l'Asie) que religieux (évangéliser les païens). Trois mois suffirent pour conclure un accord juridique, resté célèbre sous le nom de Capitulations de Santa Fé. Colomb reçut le titre d'amiral de la mer océane et la promesse exorbitante du dixième de tous les produits des terres nouvelles, promesse qui entraînera par la suite des conflits de toutes sortes.

Colomb accomplit quatre voyages entre 1492 et 1504, sans jamais douter qu'il ait rejoint l'Asie. Il toucha la terre américaine pour la première fois dans un îlot des Bahamas le 12 octobre 1492 après avoir légèrement infléchi sa route vers le sud, attiré par des vols d'oiseaux qui étaient le signe de la proximité d'une

terre. Il toucha le continent sud-américain, au Vénézuëla, près de l'île de la Trinidad, lors de son deuxième ou de son troisième voyage, mais entretint un certain mystère sur sa topographie car il avait, semble-t-il, repéré des gisements d'huîtres perlières qui l'intéressaient. Du journal de Colomb lui-même, seules ont été gardées les notes relevées par Las Casas pour écrire son *Histoire des Indes* vingt ou trente ans plus tard.



Après bien des péripéties, Colomb réussit à obtenir l'aide de la reine de Castille, Isabelle. Il reçut le titre d'amiral de la mer océane et la promesse du dixième de tous les produits des terres nouvelles (doc. Musée de la Marine).

Le résultat de ses découvertes est considérable. Il reconnut la plupart des Antilles, les Bahamas, Hispaniola (actuellement Haïti), la côte sud de Cuba, une partie de la côte du Vénézuëla et de celle de Panama. Soit un espace large de 3 000 kilomètres sur 500, dans des conditions d'une dureté inouïe que la navigation au large des côtes africaines, même dans les pires moments n'avait jamais atteintes. Seul le premier voyage bénéficia de conditions acceptables, jusqu'au moment du retour. Alors, la Santa Maria s'étant enlisée dans les sables, il fallut abandonner sur place 39 hommes dont l'on ne retrouva que les cadavres moins d'un an plus tard. Puis, la Nina et la Pinta, mal calfatées et prenant l'eau, faillirent ne pas échapper d'une tempête. Son navire, sans aucune voilure, prenant l'eau de toutes parts et incapable de se gouverner arriva poussé par les vents sur la côte portugaise. Lors du quatrième voyage, que Colomb entreprit avec son jeune fils de douze ans se produira un épisode bien plus dramatique encore. A la suite d'une tempête effroyable, il resta naufragé pendant sept mois à la Jamaïque avec une centaine d'hommes affamés, malades et mutinés, en butte aux attaques des Indiens, pendant qu'un compagnon tentait de rejoindre Hispaniola en canot.

Il devait faire preuve, là encore, d'une force de caractère héroïque dont nous ne donnerons qu'un exemple devenu classique. Pour impressionner les Indiens, il organisa une mise en scène que les amateurs de Tintin connaissent bien, puisqu'il "prédit" que Dieu allait montrer son courroux par un signe terrible, l'éclipse de lune du 29 février 1504.

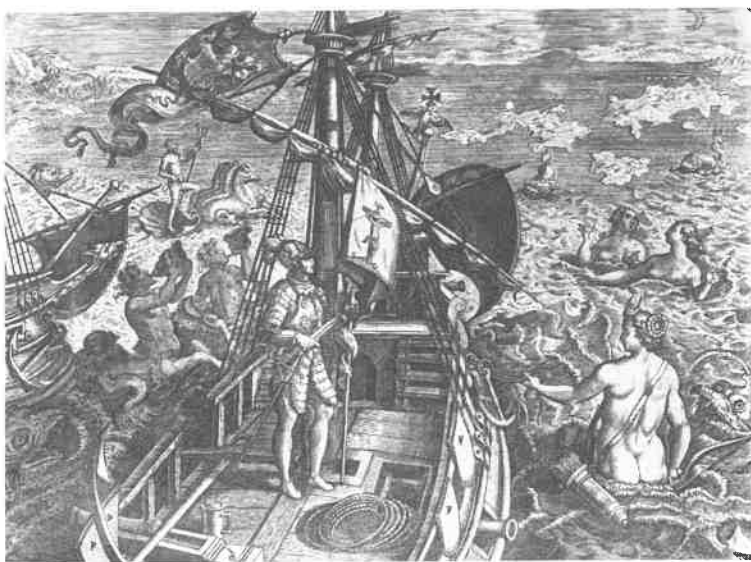
Colomb est entré à juste titre dans la légende. Mais il n'avait pas rencontré les terres idéales de ses rêves. Ses équipages exténués n'avaient retiré de ses expéditions que frustration et amertume. Ses compagnons l'avaient jaloué et s'étaient dressés contre lui. Il avait transformé les Indiens en esclaves brutalement pourchassés, ce qui lui fut beaucoup reproché. Ce nouveau monde qui n'avait encore ni nom ni carte, n'avait connu de la civilisation européenne que la cupidité et la violence.

LE BAPTÊME DE L'AMÉRIQUE

Même si elle fut éclipsée, surtout dans les milieux lusitaniens, par l'ouverture de la route des Indes par Vasco de Gama, la nouvelle de la découverte par Christophe Colomb de terres inconnues se répandit comme une traînée de poudre. Les premiers informés, nous l'avons vu, avaient été, le 6 mars, les Portugais chez lesquels Colomb avait débarqué de la Nina démantelée par la tempête. Dès que l'Espagne fut au courant, des marchands italiens transmirent la nouvelle à leurs compatriotes restés au pays, tandis que circulaient des copies de la lettre que l'amiral avait rédigée pendant la tempête.

Le pape en reçut une dès le 18 avril comme les principales autorités italiennes, humanistes, universitaires, etc.

Les terres découvertes étaient naturellement encore considérées comme asiatiques. Aux prix d'acrobaties intellectuelles, Colomb s'était efforcé de faire coïncider la topographie des Antilles avec la description de Marco Polo de la Chine et du Japon. Comme pour renforcer sa certitude mal établie, il avait fait jurer par ses marins, devant le notaire du bord que la côte de Cuba -encore incomplètement reconnue- était bien celle du continent recherché. D'ailleurs, les nouvelles terres garderont



Christophe Colomb sur le pont de sa nef dans une estampe de 1590. A son époque les immensités de l'océan étaient peuplées de créatures étranges et fabuleuses (doc. BN d'après une estampe de de Buy).

encore longtemps le nom d'Indes occidentales et les Indiens, ainsi nommés par Colomb ne seront jamais débaptisés.

Très vite, cependant, cette conception se trouva battue en brèche. Dans une carte de 1500, conservée au Musée naval de Madrid, le pilote Juan de la Cosa, qui avait accompagné Colomb lors de ses deux premiers voyages, puis était retourné sur les lieux dans d'autres circonstances, décrit Cuba comme une île et abandonne toute référence à Marco Polo.

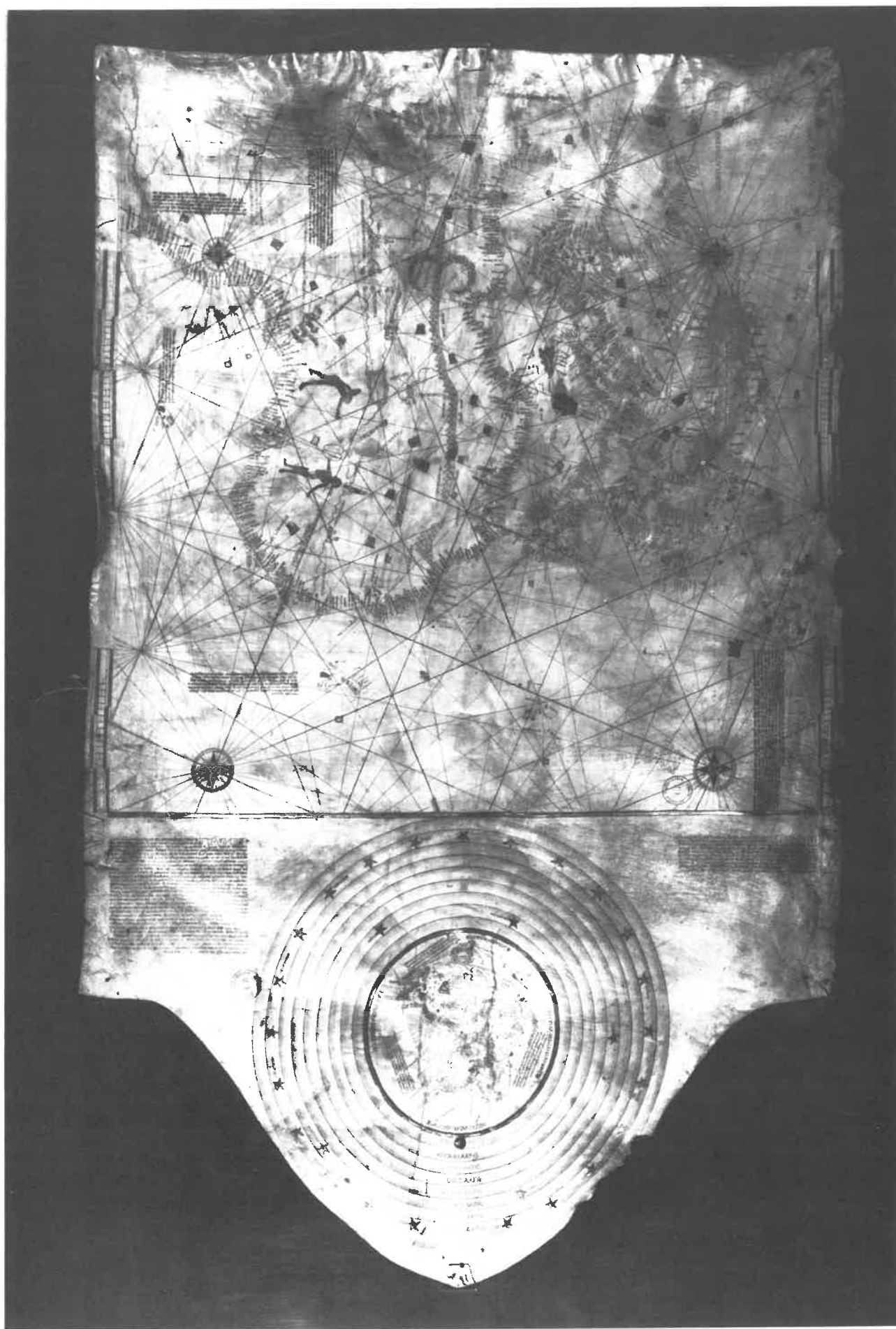
Le premier à parler d'un Nouveau Monde en latin *Mundus Novus*, fut en effet Amerigo Vespucci, dans une lettre relation de voyage adressée à Laurent de Médicis et publiée en 1503. Né à Florence en 1451, il était arrivé à Séville en 1492 pour faire son apprentissage d'homme d'affaires. Il participa à quatre voyages outre Atlantique dont l'un au moins était entrepris pour le compte du roi de Portugal. Au cours du troisième voyage, il explora la côte est de l'Amérique du Sud à la recherche d'un passage pour les Indes et prit alors conscience de la masse infranchissable du nouveau continent.

Une deuxième relation qui retraçait les "Quatre navigations" de Vespucci eut une audience plus grande encore. Le duc René II de Lorraine la communiqua au cercle d'érudits qu'il entretenait dans la ville de Saint-Dié, alors haut lieu des sciences et des arts. Ce groupe, appelé Gymnase vosgien comprenait Martin Waldseemüller, imprimeur et cartographe originaire de Fribourg en Brisgau. C'est là que le petit groupe enthousiaste imprima, en 1507, une carte du monde et son commentaire intitulé *Cosmographiae introductio*, dans lesquels on suggérait de donner au nouveau monde le nom d'"Amerige" puisque Amerigo l'avait "découvert". A moins que l'on ne préférât celui d'"America" à la consonnance à la fois latine et féminine, assortie aux autres continents, Europa, Asia, Africa.

La magnifique carte tracée par Waldseemüller pour la circonstance baptise ainsi pour la première fois du nom d'"America" le continent sud-américain. Le nom lui resta, mais ne fut pas attribué tout de suite à l'ensemble du continent. Pendant plusieurs années encore, en effet, l'Amérique du Nord fut représentée sur les cartes comme un prolongement de l'Asie, l'Amérique du Sud restant seule une terre nouvelle.



1507. Carte de Waldseemüller portant pour la première fois le nom "America".



Carte attribuée à Christophe Colomb. B.N., Cartes et Plans, Rés. Ge AA 562.

PEUT-ON ENCORE AFFIRMER QUE LA BIBLIOTHEQUE NATIONALE POSSEDE LA CARTE DE CHRISTOPHE COLOMB ?

Monique Pelletier, Conservateur en Chef. Cartes et plans de la Bibliothèque Nationale

Il y a bientôt soixante-dix ans, Charles de La Roncière, conservateur du département des Imprimés de la Bibliothèque Nationale, sortait de l'anonymat une carte nautique achetée en 1848, en lui attribuant un auteur illustre, Christophe Colomb. Il présenta cette trouvaille au grand public dans *L'illustration* du 12 avril 1924 sous un titre prometteur, *Les prémices de la découverte de l'Amérique*, avant de s'expliquer devant des spécialistes au Congrès international de géographie réuni au Caire en avril 1925. Rapidement des voix s'élevèrent pour contester cette attribution, et, parmi elles, celle du chef de la section des Cartes et Plans de la B.N., Albert Isnard.(1)

Maintenant que les passions se sont éteintes, on pourrait avancer que Charles de La Roncière possédait de bons arguments, mais qu'il a demandé à la carte de la Bibliothèque Nationale plus qu'elle ne pouvait donner, en voulant montrer notamment qu'elle était précisément la carte présentée par Colomb à la *Junta de Santa Fe* en 1491. J'ai lu avec intérêt les principaux textes écrits sur ce sujet par Ch. de La Roncière : le petit ouvrage édité en français et en anglais dès 1924 (2), la réponse à l'attaque d'Isnard rédigée en 1925 (3), le chapitre du tome III de *L'Histoire de La découverte de l'Afrique* publié en 1927 (4), enfin un dernier article paru dans la *Revue des deux mondes* en septembre 1931 (5).

Je rappellerai ici les points principaux de la démonstration de Ch. de La Roncière et j'évoquerai quelques propositions avancées par ses contradicteurs "à chaud" ou avec le recul nécessaire. Ainsi Alberto Almagia s'exprima-t-il très rapidement, dès la fin de 1925, dans une note qui est à la fois pertinente, grâce à une bonne analyse du document, et discutable lorsque son auteur essaie de démontrer qu'il ne s'agit pas d'une carte rédigée par Christophe Colomb, mais d'une carte possédée par le découvreur, - d'une carte qui était à l'évidence italienne (6) -. Armando Cortesão, quant à lui, fit le point sur l'état de la question en 1935 dans le tome I de *Cartografia e cartógrafos portugueses dos séculos XV e XVI* (7) : la carte devait rester portugaise - elle était considérée comme telle avant les travaux de Ch. de La Roncière - et il fallait la dater des environs de 1500 ou même du début du XVI^e siècle. Mais Cortesão remit en question l'attribution portugaise en 1971 et suggéra un auteur espagnol ou plus vraisemblablement italien, peut-être même génois (8)...

C'est en travaillant sur l'histoire de la découverte de l'Afrique que Charles de La Roncière fut amené à étudier ce beau document sur vélin constitué par une carte nautique ou portulan qui s'étend de l'Islande au Congo et des Açores à la mer Rouge, et par une petite mappe-monde qui lui est extérieure. Ch. de La Roncière souligna fort justement que l'auteur avait "une profonde connaissance des explorations portugaises" (9), ce que pourrait expliquer le séjour de Colomb à Lisbonne, ter-

miné vers 1484-1485. Le littoral africain du portulan est remarquablement dessiné et "abondamment pourvu d'une nomenclature lusitanienne" jusqu'au rio Ponderoso (Congo) baptisé ainsi par Diogo Cão en 1484. Dans une inscription, le cartographe a noté la puissance du fleuve et la douceur relative du climat ("l'air paraît même aussi tempéré qu'en Portugal"). L'intérieur de l'Afrique n'est plus conforme à la tradition catalane : le réseau d'itinéraires qui confluaient vers Tombouctou a disparu, en même temps qu'apparaissent les toponymes de la *Géographie* de Ptolémée : *Mauritania*, *Tingitania*, *Getulia*, *Athalans* (sic) *mons*. Le rôle économique de la carte conduit à un inventaire des ressources, donné par les inscriptions : "plumes d'autruche du Sahara, ivoire et civette de Sénégambie, malaguettes ou poivre de Guinée, perroquets du Bénin, coton et canne à sucre des îles du cap Vert". Ce sont précisément ces îles du cap Vert qui poussèrent Ch. de La Roncière à trouver un auteur génois pour ce document sur lequel voisinent toponymes italiens et espagnols, noms d'origine portugaise pour les rivages de l'Afrique notamment, et inscriptions latines. L'une d'entre elles précise en effet : "Ces îles sont appelées en italien Cavo Verde ; elles ont été découvertes par un Génois nommé Antoine de Noli, dont elles ont pris le nom : elles le gardent encore." L'indice était faible, mais La Roncière releva également sur la côte de Guinée un *rio del Jenoves* qui, pensait-il, ne figurait sur aucune autre carte et qu'Isnard ne tarda pas à retrouver sur le planisphère de Cantino de 1502 (10). La belle vignette de la ville de Gênes acheva de convaincre Ch. de La Roncière. Ainsi partait-il sur la piste de Christophe Colomb. Rapidement, les premières hésitations du chercheur français furent levées. Dans *L'illustration* du 12 avril 1924, Ch. de La Roncière avançait que la carte avait "été très probablement exécutée sous sa direction (celle de Christophe Colomb) par son frère cadet Barthélemy, qui n'était pas moins habile que lui dans la cosmographie et dans les arts qui en relèvent". Dans le t. II de *La découverte de l'Afrique au Moyen Âge* (1925), notre auteur élaborait une légende encore prudente : "Carte exécutée entre 1488 et 1492 sous l'inspiration de Christophe Colomb" (11). Bientôt, sans l'ombre d'une hésitation, il attribuait définitivement la carte à l'illustre découvreur.

Quittant l'Afrique, Charles de La Roncière concentra son attention sur les îles du Nord-Ouest du portulan. Dans l'ouvrage qu'il lui consacra en 1924, il utilisa le document pour résoudre un problème biographique : on se demandait si Colomb était allé en Islande. Notre historien trouva la réponse sur la carte : Colomb n'était pas allé si loin, "il connaissait l'Islande par ouï-dire, c'est à Bristol qu'il avait recueilli des renseignements", une inscription précise en effet à propos des informations données sur cette île : "ut referunt Anglici"(12). Sept ans plus tard, Ch. de La Roncière changeait d'avis, mais ne remettait pas en question l'attribution du docu-

ment qui devenait alors le témoin des voyages du découvreur. Colomb avait été au-delà de l'Islande (Thulé) : "c'est dans un mémoire pour démontrer que les cinq zones étaient habitables, que Christophe Colomb, cité par son fils, parlait de son voyage au-delà de Thulé en février 1477" (13)... Il ne paraissait plus possible de remettre en question l'intuition première révélée en 1924.

Portant son regard plus au sud (14), Ch. de La Roncière déchiffra une inscription presque effacée : "Voici l'île dite des Sept cités, colonie encore peuplée de Portugais, au dire des mousses espagnols : on y trouve, assure-t-on, de l'argent dans les sables." L'île est située par le cartographe au large et à grande distance de l'Irlande, au-delà d'une *illa de Brazil*. Notre historien exulta : il venait, pensait-il, de trouver la preuve que c'était là "le but secret de l'expédition de Christophe Colomb"... C'étaient ces îles mythiques et mouvantes - les Sept cités appelées aussi *Antilia* -, qu'aurait voulu atteindre le découvreur. Bien plus, l'île des Sept cités, dans la position donnée par la carte de la Bibliothèque Nationale, serait la préfiguration de Terre-Neuve que le pape, "s'inspirant, semble-t-il de la carte de Colomb", avait laissée dans la zone d'influence portugaise lorsqu'en 1493 il traça une ligne de démarcation à 100 lieues à l'ouest des Açores...

Toutes ces suppositions n'expliquaient pas pourquoi Colomb avait choisi de naviguer en latitude constante à partir des Canaries, et Isnard ne manqua de souligner l'incohérence du discours de Ch. de La Roncière. Certes, le découvreur avait pu changer d'opinion sur la situation d'*Antilia*, mais que penser de l'absence de Cipangu (Japon) à la fois sur la carte portulan et sur la petite mappemonde ? Une réponse fut donnée par Ch. de La Roncière, qui s'appuyait sur le témoignage du fils de Colomb. Ce dernier n'aurait pas voulu révéler l'intégralité de son projet à la *Junta* espagnole "de peur d'éprouver la même mésaventure qu'au Portugal et de se faire voler son idée" (15)...

Heureusement, notre historien avait trouvé d'autres arguments plus solides. Il avait rapproché les inscriptions portées sur la carte de la Bibliothèque Nationale, de l'*Ymago mundi* de Pierre d'Ailly et des gloses de l'exemplaire imprimé de la bibliothèque des Colomb. L'article de la *Revue des deux mondes* de 1931 mit en vedette ce rapprochement. Il s'intitule en effet : *Le livre de chevet et la carte de Christophe Colomb*.

Quelles sont ces inscriptions ? D'abord un long exposé cosmographique qui s'étale à droite et à gauche de la mappemonde. L'auteur, reprenant l'*Epilogus mappae mundi* de Pierre d'Ailly, y affirme notamment que la Terre est sphérique bien que ses représentations puissent être planes. A l'est du portulan, une autre inscription concerne la mer Rouge. Elle rappelle que les rois d'Egypte l'avaient reliée à la Méditerranée par un canal. Or il fallait, précise-t-on, six mois pour traverser cette mer et un an ensuite pour atteindre l'Inde (la Chine), ce qui expliquait les trois années nécessaires aux flottes de Salomon pour le voyage aller-retour. Ch. de La Roncière repéra dans ce texte un solécisme (*de ibi au lieu de de ubi*) semblable à celui de la glose correspondante rédigée par le découvreur (16), et il en vint à conclure : "le solécisme est le paraphe de Colomb". (17)

Le conservateur des Imprimés n'a pas seulement tenté de démontrer que la carte de la Bibliothèque Nationale était de Colomb, il a voulu également lui donner une date précise, et, en la datant précisément, prouver qu'il s'agissait de la carte présentée aux rois catholiques pendant le siège de Grenade. (18) Pour étayer cette hypothèse, Ch. de La Roncière identifia deux vignettes espagnoles dessinées sur le portulan. Pour lui, la place ceinte de murailles, située au nord de la péninsule, ne pouvait être que Grenade tandis qu'au sud l'auteur aurait figuré Santa Fe. Le monde de représentation de Grenade entraîna l'historien vers de séduisantes et hâtives conclusions :



Albert Isnard, schéma de l'Espagne pour son article "La carte prétendue de Christophe Colomb" dans la *Revue des questions historiques*. 1925, 3e série, t. VI, p. 329.

"D'où l'on peut conclure que notre cartographe n'avait pu entrer dans Grenade et qu'il la voyait de l'extérieur pendant le siège de 1491, encore qu'il ait eu la joie, après coup, d'y figurer le drapeau de Castille et Léon, planté sur l'une de ses portes le 2 janvier 1492. C'était l'instant où Christophe Colomb présentait ses projets aux rois catholiques."

Isnard s'empessa de faire remarquer (19) qu'il ne pouvait s'agir de Santa Fe qui est entourée comme Grenade par une vaste plaine, alors que des montagnes enserrant la vignette de la carte. Pourquoi ne pas choisir plutôt Almeria dont le nom est inscrit non loin de la vignette ? Quant à la figuration présumée de Grenade, pour quelle raison la trouve-t-on au nord de l'Espagne, tournée vers l'Atlantique ?

Que retenir de tous ces débats, quelles lectures proposer pour ce document assez exceptionnel.

Je crois qu'il est indispensable de le considérer comme un tout, même si les sources de la mappemonde et du portulan ne sont pas homogènes. La petite mappemonde - qui pourrait être l'une des caractéristiques des cartes de Colomb, comme l'a rappelé Ch. de La Roncière (20) - complétait le portulan pour les régions du monde qui ne participaient pas encore aux circuits économiques occidentaux. Elle témoigne des

préoccupations géographiques de l'auteur, qui transparaissent aussi dans les inscriptions du portulan. On le voit, par exemple, s'interroger sur les limites de l'œkoumène. Au nord, il indique que l'Islande (en latin *Thile*) est habitée et accessible six mois par an. Au sud, il remarque que la région proche de l'embouchure du Congo (au sud de l'Equateur) est tout à fait habitable. En outre, ce qui ressort clairement des travaux de Ch. de La Roncière, c'est la complémentarité des deux inscriptions tirées de l'œuvre de Pierre d'Ailly : la Terre est sphérique et le voyage vers la Chine par les mers orientales est très long. Le dessin complet de l'Afrique tel qu'il est donné sur la petite mappemonde - avec une toponymie assez riche de long de la côte ouest allonge encore le trajet. Pourquoi, dans ces conditions, ne pas tenter l'aventure en utilisant la voie occidentale ? On peut constater sur la même mappemonde que les parties orientale et occidentale de l'Océan représentent environ 50 % du diamètre de l'œkoumène. Cette estimation correspond à celle de Colomb et des géographes qui avaient adopté une vision minimaliste de l'Océan à la suite d'Aristote et du cardinal d'Ailly. On remarque également que l'océan Indien est ouvert - ce qui n'est pas conforme à la tradition ptoléméenne - et que des îles suivent le pourtour de l'œkoumène. À l'est, sont figurées la grande île du Paradis terrestre et les îles de saint Brandan.

Les îles de la marge occidentale sont reprises sur le portulan, elles expriment le rêve et la réalité. Elles reconnues par les navigateurs : Islande, îles Féroé (Frixlandia), Açores, Madère, Canaries, îles du cap Vert. Mais aussi îles mythiques : île de Brazil, îles des Sept cités, îles des Sirènes. Des îles considérées comme étapes ou des limites ? Voulait-on soutenir un projet de voyage vers la Chine par l'ouest ou simplement évoquer des escales possibles, notamment dans l'Atlantique Nord (21) ? La mappemonde ouvre les vastes horizons des géographes, le portulan traduit les expériences des navigateurs et donne aux îles mythiques le poids du réel ; entre les îles reconnues et les îles imaginaires s'insère une catégorie nouvelle, celle des îles "possibles". Mais, ce que la carte de la Bibliothèque Nationale ne donne pas, c'est l'itinéraire qu'allait suivre Colomb pour atteindre les rivages asiatiques. À partir des Canaries, enclave espagnole dans une région dominée par les Portugais, il choisira de naviguer en latitude constante là où les vents sont favorables. "Le Génois avait pu observer, lors de ses voyages au large de l'Afrique, que les Canaries se trouvaient dans une zone de vents nord-est, et comprendre les avantages qu'offrait cet archipel sur celui des Açores, situé plus au nord et dans une zone de vents d'ouest, d'où les échecs des tentatives portugaises (22)."

Si, comme l'affirme Ch. de La Roncière, la carte a été élaborée alors que s'achevait la reconquête de l'Espagne, elle devrait refléter les projets que Colomb formait en 1491. Or dans un article récent sur Le projet asiatique de Christophe Colomb (23), W.G.L. Randles explique ainsi le revirement des rois catholiques en 1492 :

Rien, dans la science de l'époque, ne pouvait autoriser Colomb à justifier auprès des Espagnols sa réduction considérable de la distance estimée par Toscanelli entre l'Europe et l'Asie : rien que l'expérience pût corroborer ne justifiait son choix de 56 2/3 milles pour un degré au lieu des 66 2/3 du Florentin.

Rien non plus ne justifiait sa conviction qu'il allait trouver la terre ferme entre 700 et 750 lieues à l'ouest des Canaries.

Restent donc, comme facteurs susceptibles d'avoir retourné en sa faveur l'opinion des Espagnols, les deux enseignements du voyage de Bartolomeu Dias : premièrement que l'œkoumène couvrait une grande surface et, partant, que la distance entre l'Asie et l'Europe s'en trouvait relativement réduite, et, deuxièmement, que la route vers l'Inde par la circumnavigation de l'Afrique semblait trop s'allonger pour que les Portugais puissent l'emprunter."

Si la carte est bien de Colomb et si elle est de la période qui précède son voyage, il serait donc vain d'y chercher des éléments nouveaux, mis à part la figuration du cap de Bonne-Espérance. Cortesão, lorsqu'il n'admettait pas l'attribution à Colomb, pensait que la mappemonde devait être postérieure à 1492 car la forme du sud de l'Afrique ne lui paraissait pas correspondre aux conceptions de l'époque, favorables à une orientation vers l'est de l'extrémité du continent. De la notice de Cortesão, je retiendrai l'attention portée à la qualité formelle de la carte. Il s'agit, à l'évidence, d'un document de prestige destiné à un personnage important. Son analyse globale laisse apparaître qu'il a dû être élaboré avec la volonté de convaincre son destinataire de la nécessité de trouver une voie occidentale vers la Chine. Et pour ce faire, l'auteur a mis en évidence les propositions que Christophe Colomb avait relevées dans les écrits du cardinal d'Ailly.

Entre les doutes formulés par certains cosmographes et l'aspiration vers un monde meilleur qui enflammait l'imagination des découvreurs potentiels, les rois catholiques ont choisi l'espoir de conquérir l'eldorado et ils ont ainsi accordé leur protection au navigateur génois.

"Pour Colomb et ses contemporains, c'est une véritable obsession, née des besoins du temps, nourrie par l'espoir de fortunes incalculables, exacerbée par les concurrences et constamment guidée par les lectures d'ouvrages historiques, géographiques, de récits de voyages. Le programme se dessine clairement : qui peut tenir, à bon compte, une source de l'or, en contrôler tout le marché sans aucun intermédiaire, ne voit de bornes ni à sa fortune ni à son pouvoir." (J. Heers).

Sur la petite mappemonde, une île du Sud-Est asiatique est uniquement désignée par sa production, l'or, tandis que, sur la partie formée par le portulan, l'auteur indique que, dans les sables de l'île des Sept cités, on ne trouve que de l'argent. La qualité des ressources semblerait donc dépendre des conditions climatiques : l'argent serait à chercher au nord, l'or au sud.

Le document attribué par Ch. de La Roncière au découvreur se présente comme une accumulation d'idées cosmographiques, de faits économiques, d'informations réelles ou légendaires colportées par les marins. Il n'y manque même pas la dimension mystique donnée par la figuration du Paradis et les îles de saint Brandan ; un Paradis que Colomb pensera avoir trouvé lors de son troisième voyage, mais qui n'aura pas, comme sur la mappemonde, la forme d'une île. Et c'est cet amalgame qui a pu conduire de hardis navigateurs sur le chemin des grandes découvertes.

milles romains, et $4\,568 \times 1,589/1,852 = 3\,920$ mm (I) si elles sont comptées en milles italiens. L'estimation a certainement été faite sur le parallèle des Canaries (28° N, $\cos 28^\circ = 0,883$) dont on ne s'est guère éloigné pendant la traversée. La distance réelle "Canaries-Cuba" est d'environ 3020 mm (ce qui représente, par ailleurs, une traversée de 36 jours à 3,5 nœuds). En retenant l'hypothèse du mille italien de préférence au mille romain (voir plus loin) la traversée de 3 920 mm (36 jours à 4,5 nœuds), majorerait la distance réelle de 30% ($3\,920/3020 = 1,30$).

Il est tentant de comparer les distances "Canaries-Cipangu" de Toscanelli, Behaïm et Colomb en les retenant au parallèle des Canaries (28° N° $\cos 28^\circ = 0,883$). Pour Toscanelli, elle vaut $90^\circ \times 53,3 \times \cos 28^\circ = 4\,236$ mm. Pour Colomb, nous l'avons estimée à 3 920 mm, en faisant l'hypothèse qu'il avait confondu Cipangu (Japon) avec Cuba. Pourtant, il ne faut pas écarter l'hypothèse dans laquelle Colomb, se fiant à l'emprise continentale eurasiatique en distance de Behaïm, l'aurait appliqué dans la présentation de son projet à une sphère dont le rayon ne correspondrait pas à 51,5 mm/° comme Behaïm mais à 56 2/3 milles italiens, soit 48,6 mm/°. On aurait dans ce cas, selon la formule (1) :

$(360^\circ - 77^\circ) \times 51,5 = x^\circ \times 48,6$, x étant l'ouverture en longitude de son emprise terrestre. On trouve $x^\circ = 300^\circ$ et une ouverture en longitude pour la traversée de $360^\circ - 300^\circ = 60^\circ$, c'est-à-dire celle proposée par des voies détournées par Morison (voir annexe 2).

On peut dresser le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : Traversée maritime "Canaries-Cipangu".

	Rayon en mm/°	Ouverture en longitude	Distance traversée
Toscanelli	53,3	90°	4 236 mm
Behaïm	51,5	77°	3 501 mm
(1) Colomb I	51,5	86°	3 920 mm
(2) Colomb II	48,6	60°	2 575 mm (3)

(1) Hypothèse de 1 142 lieues reportées sur la sphère de Behaïm.

(2) Hypothèse d'une même emprise eurasiatique en distance que Behaïm, mais portée sur une sphère dont le rayon correspond à 48,6 mm/°.

(3) $2575 = 48,6 \times \cos 28^\circ \times 60$.

On découvre peut-être ainsi la solution de la contradiction entre les deux valeurs de Colomb, haute et basse, pour la traversée "Canaries-Cipangu". Behaïm est l'autorité scientifique en cartographie dont l'information est la plus à jour à la veille du départ de Colomb. La valeur haute, de 3 920 mm, résultant des 1 142 lieues de la distance estimée, à posteriori, pour la traversée est proche de celle de Behaïm (3 501 mm) sur son planisphère, et supérieure seulement de 11%. Elle explique que Colomb ait confondu Cipangu et Cuba. La valeur basse, de 2 575 mm, correspond à la même longueur du continent euroasiatique que celle de Behaïm, mais au lieu d'être sur une sphère d'un rayon correspondant à 51,5 mm/° (60 milles italiens/degré) comme Behaïm, elle est portée sur une sphère dont le rayon correspond à

48,6 mm/° (56 2/3 milles italiens/degré). La valeur basse est assez vraisemblablement celle qui a servi à faire la promotion du projet.

Les "16 000 milles" des géographes

Le continent euroasiatique, du cap St Vincent, au Portugal, à la côte orientale du Japon, occupe selon les géographes du temps de Colomb 16 000 milles. On ne sait pas s'il s'agit de milles romains (R) ou italiens (I), ni s'ils sont comptés à la latitude de Lisbonne (41° N), des Canaries (28° N) ou à l'équateur. Le **tableau 5** donne la valeur des "16 000 milles", comptés en milles marins à l'équateur selon qu'ils ont été estimés par les géographes en milles romains ou milles italiens à 41° , à 28° ou 0° de latitude.

Tableau 5 : Valeur des "16 000 milles" en milles marins (mm) et rapportés à l'équateur.

Les "16 000 milles "	romains	italiens
si comptés à 41°	17 065	18 304
si comptés à 28°	14 495	15 547
si comptés à 0°	12 799	13 728

Sur la carte de Toscanelli, l'emprise du continent euroasiatique entre le Portugal et la côte orientale du Japon est égale à $360 - 100 = 260^\circ$ en longitude auxquels correspondent, à l'équateur, 13 858 mm (R) et 14 872 mm (I). La comparaison avec le **tableau 5** suggère que les 16 000 milles des géographes sont comptés sur le parallèle des Canaries en milles romains ou italiens ; ils surestiment l'évaluation de Toscanelli de 4,5%.

L'EMPRISE DU CONTINENT EURASIATIQUE DE MARIN DE TYR À COLOMB

Les formules données au début de l'exposé permettent facilement de calculer chez les Anciens la surestimation des arcs continentaux asiatiques $(360 - \theta_R) / (360 - \theta_V)$ ainsi que celle qui est due à un rayon terrestre erroné $(360 - \theta_r) / (360 - \theta_R)$. Le **tableau 6** récapitule les résultats pour Marin de Tyr, Ptolémée, Toscanelli, Behaïm, Colomb et pour les arcs continentaux de parallèle "Lisbonne - côte est de Chine" et "Canaries - Japon". Il suggère les remarques* suivantes :

- (1) θ_V et $(360 - \theta_V)$ sont les ouvertures réelles en longitude, maritime et terrestre, sur la sphère terrestre de rayon R.
- (2) Avec l'hypothèse que le degré de Marin est le même que celui de Ptolémée, soit 50,0 mm/°.
- (3) Avec l'hypothèse d'un degré de Ptolémée de 50,0 mm/°.
- (4) Avec l'hypothèse que le degré de Toscanelli vaut 66 2/3 milles romains (53,3 mm/°).
- (5) Avec l'hypothèse que le degré de Behaïm vaut 60 milles italiens (51,5 mm/°).
- (6) Avec l'hypothèse du report des 1 142 lieues sur la sphère de Behaïm (51,5 mm/°).
- (7) Avec l'hypothèse que Colomb aurait choisi la même emprise en distance du continent eurasiatique que Behaïm, mais l'aurait appliquée sur une sphère de rayon correspondant à 48,6 mm/°.

*Remarques se rapportant au tableau numéro 6

Tableau 6

	Lisbonne-Chine θ_v (mer) = 230° (360 - θ_v) (terre) = 130°						Canarie-Japon θ_v (mer) = 203° (360 - θ_v) (terre) = 157°					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	θ_r	$360 - \theta_r$	θ_R et θ_R / θ_v	$(360 - \theta_R)$ et $\frac{360 - \theta_R}{360 - \theta_v}$	$\frac{360 - \theta_r}{360 - \theta_R}$	$\frac{360 - \theta_r}{360 - \theta_v}$	θ_r	$360 - \theta_r$	θ_R et θ_R / θ_v	$(360 - \theta_R)$ et $\frac{360 - \theta_R}{360 - \theta_v}$	$\frac{360 - \theta_r}{360 - \theta_R}$	$\frac{360 - \theta_r}{360 - \theta_v}$
Marin de Tyr (2) 50,0 mm/°	140°	220°	177° 0,77	183° 1,41	1,20	1,69						
Ptolémée (3) 50,0 mm/°	188°	172°	217° 0,94	143° 1,10	1,20	1,32						
Toscanelli (4) 53,3 mm/°	130°	230°	156° 0,68	204° 1,57	1,13	1,77	90°	270°	120° 0,59	240° 1,53	1,13	1,72
Behaïm (5) 51,5 mm/°	125°	235°	157°,5 0,68	202°,5 1,56	1,16	1,81	77°	283°	116° 0,57	244° 1,55	1,16	1,80
Colomb I (6) (1 142 lieues) 51,5 mm/°							86°	274°	125° 0,62	235° 1,50	1,16	1,74
Colomb II (7) 48,6 mm/°							60°	300°	117° 0,58	243° 1,55	1,23	1,91

Amplification de l'arc continental eurasiatique

Chez Ptolémée, l'amplification de l'arc continental "Lisbonne-Chine", égale à 1,10 est très voisine de la valeur moyenne de 1,12 relevée précédemment. S'agit-il d'une coïncidence ou bien, au contraire, d'une cohérence globale de la mappemonde de Ptolémée ? il est difficile de répondre mais, en tout état de cause, l'hypothèse d'un Cattigara sur les côtes du Pérou mériterait d'être approfondie. En tout cas, avec un développement en longitude, corrigé de l'erreur de rayon terrestre, de 143° pour le bloc eurasiatique, Ptolémée est celui qui se rapproche le plus de la réalité, qui donne 130°.

La dilatation de l'arc continental "Lisbonne-Chine" est de 1,41 pour Marin de Tyr et a une valeur voisine de 1,55 chez Toscanelli et Behaïm (du même ordre de grandeur d'ailleurs que pour l'arc "Canaries-Cipangu").

Pour Colomb, dans la version proposée pour les 1 142 lieues, elle est de 1,50 et dans la version de son projet de 48,6mm/° (56 2/3 milles italiens) elle est de 1,55.

Effet "rayon de la Terre"

Le rayon erroné r de la Terre introduit une dilatation de l'ouverture en longitude des arcs continentaux égale à $(360 - \theta_r) / (360 - \theta_R) = R/r$. On a donc les coefficients de dilation suivants :

Marin de Tyr et Ptolémée : $60/50 = 1,2$

Behaïm : $60/51,5 = 1,16$

Toscanelli : $60/53,3 = 1,13$

Colomb I : $60/51,5 = 1,16$

Colomb II : $60/48,6 = 1,23$

LA TRAVERSÉE "CANARIES-CIPANGU"

Différentes évaluations

L'arc maritime "Canaries-Cipangu", mesuré sur le parallèle des Canaries, donne lieu aux évaluations suivantes :

- Les 1 142 lieues de Colomb, de 4 milles italiens, soit 3 920 mm, ou romains, soit 3 654 ;

- L'évaluation de Toscanelli, sur une sphère de 66 2/3 milles romains de 1 480 m au degré (53,3 mm/°), avec une ouverture en longitude de 90°, soit $90 \times 53,3 \times \cos 28^\circ = 4 236$ milles marins ;

- Les 77° d'étendue en longitude du planisphère de Behaïm, avec probablement un degré de 60 milles italiens de 1 589 m (51,5 mm/°), soit $77^\circ \times 51,5 \times \cos 28^\circ = 3 500$ mm ;

- L'évaluation suivant les hypothèses de Morison d'un degré de 56 2/3 milles romains (45,3 mm/°) et d'une ouverture en longitude de 60°, donnant une distance de $60 \times 45,3 \cos 28^\circ = 2 400$ milles marins ;

- L'évaluation selon l'hypothèse d'une même emprise eurasiatique en distance que Behaïm, mais portée sur une sphère dont le rayon correspond à 56 2/3 milles italiens au degré, soit 2 575 mm ;

- Rappelons enfin que l'arc de parallèle entre les Canaries et le Japon, à la latitude des Canaries mesure environ $203^\circ \times 60 \times \cos 28^\circ = 10,755$ milles marins, soit environ 3,6 fois la distance "Canaries-Cuba" ($57 \times 60 \times \cos 28^\circ = 3 020$ mm) et 4,5 fois les 2 400 mm prévus pour la traversée dans l'hypothèse Morison.

Partage des erreurs

La formule (5) permet une comparaison entre les distances réelles (à partir des paramètres R et θ_v) et les distances estimées par les Anciens (à partir des paramètres r , θ_r et θ_R), en découplant les effets dus aux erreurs sur le rayon terrestre et ceux dus aux erreurs sur l'estimation des arcs continentaux. Elle s'écrit de la façon suivante :

$$(5) \Delta (r \theta_r) = (R \theta_v - r \theta_r) = 360 (R-r) + 60 (\theta_v - \theta_R).$$

r et R sont comptés en milles marins au degré et les résultats doivent être multipliés par $\cos 28^\circ$ pour l'estimation des arcs sur ce parallèle.

En reportant le continent eurasiatique de Ptolémée de sa sphère (dont le rayon correspond à 50,00 mm/°), sans en changer l'échelle, sur la sphère terrestre réelle

Tableau 7	r mm/°	θ_r	θ_R	$R \theta_v - r \theta_r$	$\frac{360 \Delta_r}{\Delta (r\theta_r)}$	$\frac{60 (\theta_v - \theta_R)}{\Delta (r\theta_r)}$
Sphère terrestre réelle	60		$\theta_v = 203^\circ$			
Toscanelli	53,3	90°	120°	6 520 mm	33 %	67 %
Behaim	51,5	77°	116°	7 300 mm	37 %	63 %
Colomb I (1 142 lieues)	51,5	86°	125°	8 844 mm	39 %	60 %
Colomb II	48,6	60°	117°	8 180 mm	44 %	56 %

Le tableau 7 récapitule pour l'arc maritime "Canaries-Cipangu" sur le parallèle 28° les différences entre la réalité et les estimations des auteurs anciens :

Exemple :

L'estimation de Toscanelli minore de 6 520 mm la distance réelle (d'ailleurs, son estimation de 4 236 mm, majorée de 6 520 mm donne 10 756 mm). 33 % de ces 6 520 mm sont dûs à une erreur sur le rayon terrestre (53,3 mm au lieu de 60,0 mm) et 67 % sont dûs à une erreur sur l'emprise du continent eurasiatique.

CONCLUSION

La comparaison des cartographies globales anciennes repose sur la connaissance des rayons terrestres qui ont servi à les établir. Cette approche, semble t'il assez rarement utilisée, est à la base de nos réflexions sur le projet de Colomb.

Les principaux résultats de cette étude, avec les réserves d'usage pour des sources d'informations anciennes, sont les suivantes :

- La valeur assez fréquemment utilisée au temps de Colomb d'un degré d'arc de grand cercle de 62,5 milles romains ($62,5 \times 148 \text{ } 148 = 92 \text{ } 592,5 = 50,0 \text{ mm}$) et la bonne cohérence des surestimations des distances avec les valeurs couramment admises lorsqu'on adopte un degré de 500 stades de 185 m, $185 (185, 185 \text{ } 185 = 92 \text{ } 592,5)$ sont en faveur d'un degré de 500 stades grecs correspondant à 50,0 mm/° chez Ptolémée.

- La mappemonde de Ptolémée est un document remarquablement cohérent, même jusqu'à Cattigara si on admet qu'il s'agit d'une citée sur la côte de Chine.

son emprise n'est que de 10% en moyenne. En procédant de façon analogue pour Marin de Tyr (50,0 mm/°), Toscanelli (53,3 mm/°), Behaim (51,5 mm/°) on trouve des valeurs de l'ordre de 50%.

- En faisant l'hypothèse que les arcs continentaux "Canaries-Cipangu" et "Lisbonne-Quinsay" ont les mêmes valeurs chez Toscanelli et Behaim, mais qu'ils sont portés sur des sphères de rayons différents, on trouve un degré de $66 \frac{2}{3}$ milles romains = 53,3 mm/° pour Toscanelli et 60 milles italiens = 51,5 mm/° pour Behaim.

- Les 1 142 lieues de quatre milles (romains ou italiens) de la première traversée vers les Indes, de Colomb, soit 3 650 mm (R) ou 3 920 mm (I), expliquent facilement que Colomb ait confondu Cuba et Cipangu (Japon), car les valeurs correspondantes chez Toscanelli et Behaim sont respectivement de 4 236 mm et 3 501 mm.

- L'emprise "terrestre" "Canaries-Cipangu" chez Behaim, reportée sur une sphère d'un rayon correspondant à $56 \frac{2}{3}$ milles italiens (48,6 mm/°), représente une ouverture maritime en longitude de 60° et une traversée à 28° N de 2 570 mm. Ce scénario pourrait être celui qu'a présenté Colomb aux autorités royales pour faire accepter son projet.

- Les parts revenant au rayon de la Terre et à l'emprise supposée de l'arc continental asiatique dans l'erreur globale sur la distance à pourcourir par mer pour relier les Canaries et le Japon sont du même ordre de grandeur et somme toute assez semblables chez Toscanelli, Behaim et Colomb.

Annexe 1 : La sphère de Behaim

Calcul du degré d'arc de circonférence terrestre de Behaim.

En faisant l'hypothèse, assez raisonnable, que les arcs continentaux "Canaries-Cipangu" et "Lisbonne-Quinsay" ont des valeurs respectivement égales chez Toscanelli et Behaim, mais que les rayons respectifs de leur sphère sont différents, on peut appliquer la formule (1) :

$(360 - \theta_r) r_T = (360 - \theta_R) r_B$ dans laquelle r_T et r_B sont les rayons des sphères de Toscanelli et Behaim, et θ_T et θ_B les arcs maritimes de parallèle exprimés en degrés de longitude chez Toscanelli et Behaim.

Pour l'arc "Canaries-Cipangu" on a donc :

$$r_B/r_T = \frac{360 - 90}{360 - 77} = 0,954$$

et pour l'arc "Lisbonne-Quinsay"

$$r_B/r_T = \frac{360 - 130}{360 - 125} = 0,979$$

La moyenne de ces deux rapports est égale à 0,966. Le **tableau** joint, sur lequel sont reportées les principales valeurs du degré du temps de Colomb, avec une double

entrée (verticale pour Behaïm, horizontale pour Toscanelli), donne les valeurs du rapport r_B/r_T . En retenant la fourchette 0,95 - 0,98 pour r_B/r_T et la valeur de 66 milles 2/3 au degré pour

Toscanelli, on voit que le couple le plus favorable fait ressortir, avec un rapport $r_B/r_T = 0,97$, 66 milles 2/3 romains pour le degré de Toscanelli et 60 milles italiens pour Behaïm.

Behaïm

	66 2/3 (R)	66 2/3 (I)	62,5 (R)	62,5 (I)	60 (R)	60 (I)	56 2/3 (R)	56 2/3 (I)
66 2/3 (R) 53,3 mm/°		>1	0,94	>1	0,90	0,97	0,85	0,91
66 2/3 (I) 57,2 mm/°	0,93		0,87	0,87	0,84	0,90	0,79	0,85
62,5 (R) 50,0 mm/°	>1	>1		>1	0,96	>1	0,91	0,97
62,5 (I) 53,6 mm/°	0,99	>1	0,93		0,89	0,96	0,845	0,90
60,0 (R) 48,0 mm/°	>1	>1	>1	>1		>1	0,94	>1
60,0 (I) 51,5 mm/°	>1	>1	0,97	>1	0,93		0,88	0,94
56 2/3 (R) 45,3 mm/°	>1	>1	>1	>1	>1	>1		>1
56 2/3 (I) 48,6 mm/°	>1	>1	>1	>1	0,99	>1	0,93	

(R) indique que l'évaluation en mm a été faite à partir de milles romains.

(I) indique que l'évaluation en mm a été faite à partir de milles italiens.

Exemple : 60 (I) pour Behaïm et 66 2/3 (R) pour Toscanelli donne $r_B/r_T = \frac{51,5}{53,3} = 0,966 (\approx 0,97)$.

Annexe 2 : la thèse de Morison

La thèse classique concernant le projet de Colomb, présentée par l'Amiral Morison, peut être résumée de la façon suivante :

La circonférence du Globe est égale au produit de la valeur du degré par 360. Mais quelle est la valeur du degré ? Colomb s'appuie sur la formule remarquablement précise du géographe arabe du 9ème siècle Al Fragan de 56 2/3 milles arabes au degré (soit 60,06 milles marins[°]) mais il choisit pour unité le mille romain (1 480 m) au lieu du mille arabe (1 973 m), ce qui donne au degré la valeur de 45,3 milles marins, près de 25 % inférieure à sa valeur réelle. La mappemonde de Ptolémée, pour laquelle le degré vaut 50 mm, sert de base à son évaluation. Elle attribue au monde connu, du cap St Vincent (Portugal) à "Cattigara", aux confins asiatiques, un développement en longitude de 180°, alors qu'il n'est en réalité que de

130° environ. Cependant Colomb donne la préférence à Marin de Tyr, pour lequel le monde connu embrasse 225°. Aux 225°, Colomb ajoute 28° pour tenir compte des découvertes de Marco Polo, et puis encore 30° pour tenir compte de la distance présumée côte est de Chine - côte est du Japon. Le total couvre 283° de longitude, mais comme le point de départ de Colomb est situé aux Canaries, qui est à 9° environ à l'ouest du Portugal, il reste 360° - (225 + 28 + 30 + 9) = 68° de longitude à parcourir pour la traversée "Canaries-Cipangu". Il faut encore effectuer deux corrections, pense Colomb :

a) une réduction de 68° à 60° pour tenir compte d'un degré de Marin trop grand.

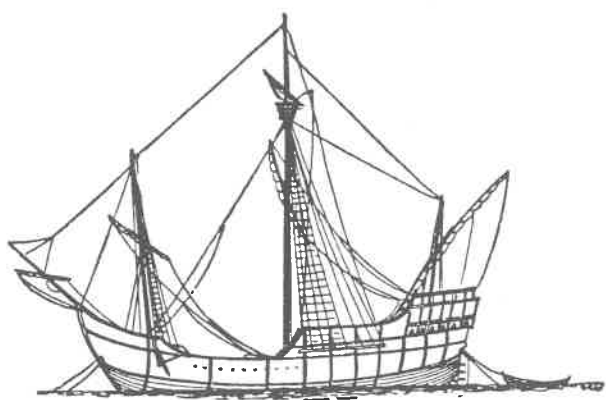
En réalité, les 225° + 28° + 30° + 9° = 292° d'ouverture en longitude de l'arc terrestre Portugal-Cipangu sur la sphère de Ptolémée (50,0 mm/°) correspondent à une ouverture x° en longitude sur la sphère de Colomb (48,6 mm/°) donnée par l'équation 292° x 50 = x° x 48,6, soit x = 300°, c'est-à-dire 360° - 300° = 60° pour l'ouverture de la traversée maritime, sans faire appel à un degré de Marin trop grand.

b) une diminution du degré de 45 mm à l'équateur, qui ne mesure plus en longitude que 40 mm sur le parallèle des Canaries, à 28° N de latitude. La traversée projetée ne mesure donc que 60 x 40 = 2 400 milles marins.

BIBLIOGRAPHIE

- Contre Amiral François Bellec. "Tentation de la haute mer - le siècle des découvreurs". Ed. Seghers.
- J. L. E. Dreyer. "A history of astronomy from Thales to Kepler". Ed. Dover.
- Jacques Heers. "Christophe Colomb". Ed. Hachette.
- Raymond d'Hollander. "La connaissance du globe terrestre à l'époque de Christophe Colomb". (article dans ce numéro).

- Samuel Eliot Morison. "Admiral of the ocean sea - A life of Christopher Columbus". Ed. Little, Brown and Company.
- Mireille Pastoureau. "Voies océanes". Bibliothèque Nationale - 1992.
- W. G. L. Randles. "La cartographie de l'Atlantique à la veille du voyage de Christophe Colomb"
- Paul Tannery. "Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne". Georg Olms Verlag. 1976.
- "The Christopher Columbus Encyclopedia". Silvio A. Bedini, Editor.



SANTA MARIA III AT ANCHOR

LA CONNAISSANCE DE LA GÉOGRAPHIE DU GLOBE À L'ÉPOQUE DE CHRISTOPHE COLOMB

Par Raymond d'Hollander, ingénieur général géographe

INTRODUCTION

A l'occasion du cinquième centenaire de la découverte du nouveau monde, nous nous proposons de faire le point de la connaissance, qu'avaient les contemporains de Christophe Colomb, de la géographie du globe et d'examiner en particulier les deux courants de pensée qui s'étaient fait jour au sujet du trajet le plus court pour aller de l'Espagne ou du Portugal au pays des épices.

Les connaissances géographiques, à l'époque de Christophe Colomb, résultaient de la combinaison de plusieurs influences que nous allons successivement étudier :

1) celle de l'Antiquité grecque ou romaine,

2) celle de la Science arabe,

3) celle des explorations antérieures, en particulier les explorations du 14^{ème} et 15^{ème} siècle, mais aussi celle de certains mythes : îles imaginaires, royaume du "Prêtre Jean". Dans le chapitre 4 nous étudierons comment, en l'absence de données précises concernant l'extension du monde connu vers l'Est, les cosmographes du 14^{ème} et du 15^{ème} siècle interprétaient les données géographiques de l'Antiquité grecque, apportées par **Aristote**, **Marin de Tyr** et **Ptolémée**.

Dans le chapitre 5 nous verrons l'interprétation que faisait **C. Colomb** de la mesure du degré terrestre par les Arabes et l'appréciation qu'il avait de la distance qu'il lui fallait parcourir pour atteindre le Japon et la Chine.

I LA GÉOGRAPHIE DANS L'ANTIQUITÉ GRECQUE ET ROMAINE

1.1 Aristote (ca -382 à -322)

Le Moyen-Age et la Renaissance sont encore tout imbus de la pensée d'Aristote ; celui-ci, dans son "**De Caelo**", imaginait le globe terrestre formé de quatre éléments ; la Terre, l'Eau, l'Air et le Feu, ordonnés en sphères concentriques autour du centre de la Terre qui était aussi le centre de l'Univers. Mais ni Aristote, ni ses disciples, ni ses commentateurs de l'Antiquité n'avaient abordé le problème de savoir, comment la partie connue du monde à l'époque grecque : l'**œcumène** avait pu émerger de la sphère de l'eau. Nous verrons en 4.1 comment la philosophie du moyen-âge a résolu ce problème en invoquant la providence divine.

Toujours dans le "**De Caelo**", **Aristote** indique que la circonférence terrestre mesure 400 000 stades, détermination très imprécise due à **Eudoxe de Cnide**. Si on admet une longueur de stade de 177,50 m, stade de **Delphes**, cela donne une longueur de circonférence exprimée en km de :

$$L = 0,1775 \times 400\,000 = 71\,000 \text{ km,}$$

au lieu de 40 000 km.

1.2 Eratosthène (ca -280 à -190)

Eratosthène est le premier à évaluer de façon à peu près correcte la longueur de la circonférence terrestre. Il sait qu'au solstice d'été il n'y a aucune ombre portée au fond du puits de l'**île Eléphantine** près de **Syène** (actuelle Assouan), lors de la culmination du soleil au solstice d'été. Les rayons du soleil étant alors

verticaux, c'est que **Syène** se trouve sur le tropique du Cancer. A **Alexandrie**, il détermine au même instant la distance zénithale z du Soleil, grâce à l'ombre méridienne du gnomon ; il trouve z égal à $1/50$ de circonférence.

Il est clair que l'on retrouve l'angle z en \widehat{AOS} (fig1). Ayant mesuré la distance \widehat{AS} entre Alexandrie et Syène, il trouve $\widehat{AS} = 5\,000$ stades, de sorte que la longueur L de la circonférence terrestre est donnée par :

$L = 50 \times 5\,000 = 250\,000$ stades, chiffre qu'il porte à 252 000 stades pour avoir un nombre divisible par 360, ce qui donne **700 stades au degré**. On admet généralement, d'après **Tannery**, que le stade utilisé par **Eratosthène** vaut :

1 stade = 0,1575 km, d'où la longueur L de la circonférence terrestre, exprimée en km :

$$L = 252\,000 \times 0,1575 = 39\,690 \text{ km, résultat proche de } 40\,000 \text{ km.}$$

Mais dans l'hypothèse d'**Eratosthène**, Syène et Alexandrie sont supposés être sur le même méridien, alors qu'il y a entre les deux localités 3° de différence de longitude ; d'autres hypothèses ont été avancées pour la valeur du stade qu'il a utilisée ; enfin on ne sait pas comment il a procédé pour la mesure de la distance entre Syène et Alexandrie.

On peut estimer qu'**Eratosthène** a bénéficié d'heureuses compensations d'erreurs. Il a écrit un **Traité de Géographie**, complété par une carte, qui ont tous les deux été perdus, mais on a pu reconstituer sa carte par l'étude et la critique qu'en a fait **Strabon**.

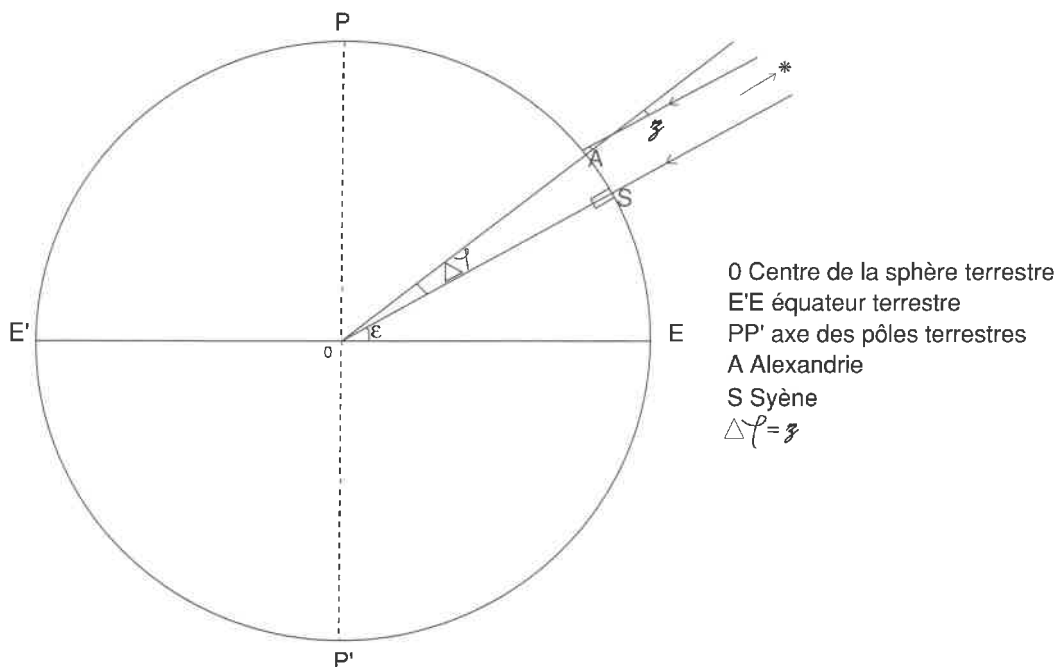


figure 1

Eratosthène donne à l'œcumène une extension en longitude de 78 000 stades, comptés le long du parallèle de **Rhodes** $\varphi = 36^\circ$; comme il admet $\cos \varphi = \cos 36^\circ \approx 0,8$, 1° de différence de longitude sur ce parallèle intercepte une longueur : $700 \times 0,8 = 560$ stades, de sorte que l'extension de l'œcumène en longitude exprimée en degrés est :

$$\frac{78\,000}{560} = 139^\circ,29$$

Cette extension tient compte des mesures des bématises faites lors de l'expédition d'**Alexandre le Grand** en Inde.

Pour **Eratosthène** l'œcumène s'étend en latitude du **pays de la cannelle**, 8 400 stades au Nord de l'équateur, jusqu'au parallèle de **Thulé**, qu'après l'expédition de **Pythéas** il place à la latitude : 46 400 stades (env. 66°)

L'extension en latitude de l'œcumène est donc : $46\,400 - 8\,400 = 38\,000$ stades, soit :

$$\frac{38\,000}{700} = 54^\circ,29$$

La carte d'**Eratosthène** fut critiquée par **Hipparque**, le plus grand astronome de l'Antiquité, qui utilisa pour cela un certain nombre de triangles, de côtés connus, appelés "triangles d'Hipparque".

1.3 Crates de Mallos (ca - 150)

Crates de Mallos construisit un globe terrestre d'environ 3 m de diamètre sur lequel il porta l'œcumène dont la forme et les dimensions étaient empruntées à **Eratosthène**. Dans une position symétrique de l'œcumène par rapport à la zone torride, il plaçait un autre monde habité : les "**Antœci**" ; il se fiait pour cela

au passage d'**Homère**, selon lequel les **Ethiopiens**, qui constituaient le peuple le plus lointain de l'œcumène, vivaient de chaque côté de la zone torride, occupée par l'océan.

Crates continua la construction de son globe en imaginant deux mondes nouveaux habitables, symétriques des premiers par rapport à un grand courant océanique Nord-Sud : les "**Perioeci**" dans l'hémisphère Nord, les "**Antipodes**" dans l'hémisphère Sud, diamétralement opposés à l'œcumène.

Les représentations schématiques de ce globe sous forme de cartes (fig 2) jouèrent un grand rôle du 8^e au 15^e siècle et il est curieux de constater que les **Perioeci** et les **Antipodes** constituent une préfiguration audacieuse du continent américain, qui sera découvert 16 siècles plus tard.



Figure 2

1.4 Posidonius (ca -135 à -50)

Posidonius, à la fois philosophe, géographe et astronome fit une nouvelle mesure de la circonférence terrestre en utilisant les hauteurs méridiennes d'une même étoile **Canope** (α d'Argo) à **Alexandrie** et à **Rhodes**. A Rhodes, d'après **Cléomède**, cette étoile rasait l'horizon et à Alexandrie elle culminait à un quart de signe du zodiaque, d'où :

$$h = \frac{1}{4 \times 12} \text{ circ} = \frac{1}{48} \text{ circ, ou : } h = 7^\circ,5$$

Cet angle est évidemment égal à l'angle au centre AOR, différence de latitude entre Alexandrie et Rhodes (angles à côtés perpendiculaires) (Fig 3).

L'estime maximale des marins attribuait à la distance Alexandrie-Rhodes la longueur 5 000 stades, d'où la longueur de la circonférence terrestre mesurée par **Posidonius** et rapportée par **Cléomède** :

$L = 5\,000 \times 48 = 240\,000$ stades, vraisemblablement d'**Eratosthène**, valeur assez proche de celle d'Eratosthène de 250 000 stades.

Mais il y avait compensation d'erreurs importantes : en fait la différence de latitude entre Alexandrie et Rhodes n'est que de $5^{\circ}1/4$ et la distance Alexandrie-Rhodes 3 750 stades.

Marin de Tyr prit en considération la mesure de Posidonius de $h = \frac{1}{48}$ circ,

mais en lui associant 3 750 stades au lieu de 5 000, d'où :

$L = 3\,750 \times 48 = 180\,000$ stades, soit 500 stades du degré.

Mais ces stades sont-ils les mêmes que ceux d'Eratosthène ? C'est très peu vraisemblable.

Tannery a fait remarquer les égalités de rapports suivantes :

$$K = \frac{3\,750}{5\,000} = \frac{180\,000}{240\,000} = \frac{0,1575}{0,210} = \frac{3}{4}$$

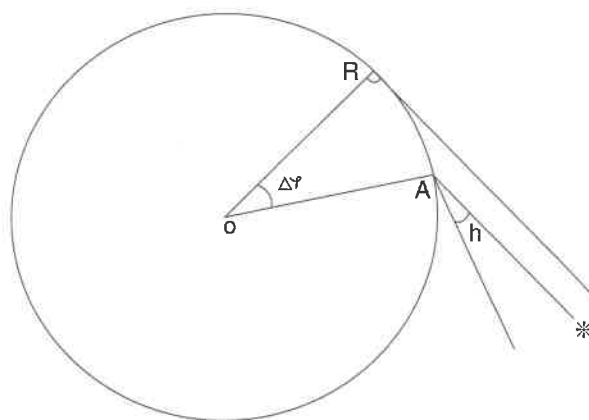
0,1575 km est la longueur du **stade d'Eratosthène** ; 0,210 km la longueur du **stade dit philétarien**. Dans ces conditions :

$$L' = 240\,000 \times 0,1575 = 180\,000 \times 0,210 \text{ km} \\ L' = 37\,800 \text{ km}$$

et les chiffres de 240 000 et 180 000 stades correspondent à la même longueur de circonférence, mais avec une valeur du stade différente.

Ainsi la circonférence terrestre **Posidonius - Marin de Tyr** est un peu plus petite que celle d'**Eratosthène** (39 690 km), mais certains auteurs attribuent au stade de **Posidonius** la valeur du stade grec de 185,185 m ; on a alors : $L'' = 180\,000 \times 0,185185 = 33\,333$ km, ce qui donne alors un rapetissement très net par rapport à **Eratosthène** ; d'autres enfin n'hésitent pas à assimiler le stade de **Posidonius** à celui d'**Eratosthène** ; on a alors :

$$L''' = 180\,000 \times 0,1575 = 28\,350 \text{ km.}$$



A Alexandrie, R Rhodes
O Centre de la sphère terrestre

Figure 3

1.5 Strabon (ca -50 à +25)

Strabon a écrit une histoire en 47 volumes qui a été perdue, mais il reste de lui sa Géographie en 17 volumes, qui peut être considérée comme la première encyclopédie géographique. Celle-ci comporte une introduction en deux livres : les **Prolégomènes**. Il y admet la longueur de la circonférence terrestre déterminée par Eratosthène : $L = 252\,000$ stades, d'où il déduit la longueur du parallèle de **Rhodes** de latitude $\varphi = 36^\circ$:

$L' = 252\,000 \times \cos 36^\circ \approx 252\,000 \times 0,8 = 201\,600$ stades, qu'il arrondit à 200 000 stades.

Comme **Eratosthène** il indique que la longueur de l'œcumène, comptée le long de ce parallèle moyen, est de 78 000 stades, donc un peu plus du tiers du parallèle entier. Ayant admis cette longueur de 78 000 stades, il en déduit que pour naviguer le long du parallèle de Rhodes, de l'Ibérie à l'Inde, par l'Ouest il faut parcourir :

$200\,000 - 78\,000$ stades = 122 000 stades. Il y a 700 stades par degré d'arc de grand cercle, de sorte qu'il y a : $700 \times 0,8 = 560$ stades par degré, compté sur le parallèle de Rhodes. Les 122 000 stades en question représentent donc :

$\frac{122\,000}{560} = 217^\circ$ environ de différence de longitude entre l'Espagne et l'Inde par l'Ouest, chiffre assez proche de la réalité.

Mais il indique qu'Eratosthène a tort de dire que le monde habité a une longueur supérieure au tiers de longueur totale, comptée le long du parallèle de Rhodes : il s'agit là du monde habité que nous connaissons et il y a peut être d'autres mondes habités à la hauteur du parallèle d'Athènes ⁽¹⁾, dans sa partie atlantique. Voilà une curieuse prémonition, qui fait allusion à la théorie de **Crates de Malos**, évoquée en 1.3.

Strabon fixe, d'après un autre géographe **Polybe**, à 54° de latitude la limite Nord de la zone tempérée, celle où toute vie humaine est possible ; au Sud il la limite au parallèle $12^\circ 30'$ estimant qu'en deçà de cette latitude la vie est impossible à cause de la chaleur intense qui y

(1) En fait Athènes a une latitude supérieure à celle de Rhodes.

règne. **Strabon** a dressé une carte de l'œcumène qui a été reconstituée. L'Irlande y est représentée au Nord de la Bretagne ⁽²⁾, le littoral de la Manche et de la Mer du Nord a une direction Ouest-Est, la Mer Caspienne donne sur la "Mer extérieure".

1.6 Pomponius Mella (apogée vers 45 avant J.C.)

Pomponius Mella a écrit un Traité de géographie connu sous deux titres : "**De situ orbis**" ou "**De chorographia**".

L'auteur décrit les contrées de l'œcumène en suivant le pourtour des mers, ce que faisaient les périple grecs. Sa carte a été reconstituée (Fig 4). Au pourtour figurent les zones tempérées et frigides et une zone médiane comportant la zone torride. L'auteur n'utilise aucun critère astronomique pour définir les limites de ces zones. Dans la zone tempérée boréale est situé l'**œcumène** ; dans la zone tempérée australe **Pomponius Mella** place les "**Antichtones**", où la vie humaine est possible, mais il ne décrit pas ce continent, parce qu'il nous est inaccessible, à cause de l'extrême chaleur qui règne dans la zone médiane. Ce mythe d'une zone torride **infranchissable** subsistera durant tout le moyen-âge et constituera un frein à l'exploration de la côte africaine au 15^e siècle.

Comme **Strabon**, **Pomponius Mella** fait de la mer Caspienne une mer presque fermée s'ouvrant sur le "Sinus Caspius", lui-même tributaire de "l'Oceanus Scythicus".

L'Irlande est correctement située à l'Ouest de la "Bretagne".

Vers 1485, quelques années avant le voyage de Colomb, on diffusait en Occident une carte analogue par zones due au Romain **Macrobie** (400 ans après J.C.) extraite de son commentaire mathématique et astrologique sur le "Songe de Scipion" de **Cicéron**.

1.7 Marin de Tyr (1^{er} siècle après J.C.)

On ne sait pas exactement de quelle nationalité était **Marin de Tyr** : grec ou romain, ni à quelle époque il vécut : la plupart des auteurs situent l'apogée de son œuvre entre 54 et 68 après J.C. Etabli à Tyr il serait resté dans l'oubli si **Ptolémée** n'avait pas fait un examen critique de son œuvre, en préface à sa "**Géographie**". On le considère en général comme le père de la carte marine.

Le géographe arabe **Massaoudi**, mort en 957 après J.C., cite **Marin de Tyr** à plusieurs reprises dans son œuvre, sa carte sous les yeux. Celle-ci a donc été utilisée par les Arabes. L'œuvre principale de **Marin de Tyr** est la "**Géographica Enarratio**", malheureusement perdue, que l'on traduit généralement par "Instruction géographique". On y trouve :

- la forme et les dimensions de la Terre ; il critique les mesures de la circonférence terrestre dont celle d'**Eratosthène**, qui avait trouvé 700 stades au degré. **Marin de Tyr** adopte la mesure de Posidonius : 500 stades au degré, voir ci-dessus en 1.4,

(2) Dans l'Antiquité la Bretagne désigne notre Grande Bretagne actuelle

- le recours aux déterminations astronomiques pour la détermination des distances terrestres et maritimes,

- l'extension de l'œcumène. En longitude celui-ci s'étend des Iles Fortunées (Canaries) à Sera (capitale de la Chine des Hans) et à Cattigara sur 225°, qu'il divise en 15 espaces horaires de 15° ; en stades l'extension Ouest-Est de l'œcumène est de 225 x 500 = 112 500 stades. En latitude l'œcumène s'étend de la région d'**Agisymba** et du **Cap Prasum**, sur le tropique du Capricorne ($\varphi = -24^\circ$) à l'**Île de Thulé** de latitude 63° ⁽¹⁾, soit une extension de 24 + 63 = 87°, correspondant à 43 500 stades,

- l'exposé de son système de projection cylindrique et sa carte.

Les critiques principales de **Ptolémée** concernant **Marin de Tyr** concernent :

a) l'extension trop forte de son œcumène en latitude dans l'hémisphère Sud. **Eratosthène** et **Hipparque** avaient arrêté leur cartographie de l'œcumène à l'équateur ; **Ptolémée** indique que **Marin de Tyr** pousse celui-ci trop loin dans l'hémisphère Sud parce qu'il n'a utilisé aucune observation du ciel par des navigateurs ou militaires romains. Estimant l'erreur de Marin de Tyr à au moins 8°, Ptolémée ramène à -16° les latitudes de Marin de la région d'**Agisymba** et du **Cap Prasum**.

Ptolémée indique que dans ses premières estimations **Marin** avait obtenu :

- pour **Agisymba** 24 680 stades au Sud de l'équateur, soit plus de 49° de latitude Sud,

- pour le **Cap Prasum** 27 800 stades au Sud de l'équateur, soit plus de 55° de latitude Sud.

Marin de Tyr réduisit ces chiffres de plus de moitié pour adopter 12 000 stades au Sud de l'équateur, correspondant à 24° de latitude Sud.

b) l'extension de l'œcumène de **Marin de Tyr** en longitude trop poussée vers l'Est.

En longitude la carte de **Marin** présente d'après **Ptolémée** des exagérations importantes au delà du méridien 120° à partir des Iles Fortunées.

Ce méridien conserve la même position sur la carte de **Marin** et sur celle de **Ptolémée**, mais celui-ci retrécit de 45° la partie d'œcumène située au delà du Méridien 120°, le ramenant de 225° à 180°, comme le montre la figure 5. Aucune détermination de longitude n'avait permis à **Marin** de contrôler vers l'Est l'étendue de son œcumène ; il avait utilisé l'itinéraire décrit par le Macédonien **Maes Titianus** de Bactres à Sera, qui devait vraisemblablement comporter davantage de sinuosités que ne l'avait imaginé **Marin**. Il est possible aussi que le commerçant ait utilisé un stade plus petit que celui de **Marin**. La Figure 5 met aussi en évidence la rectification apportée par Ptolémée en latitude, l'œcumène de ce dernier s'arrêtant au parallèle -16°, à la place des -24° de **Marin de Tyr**.

Celui-ci avait adopté pour sa carte marine une projection cylindrique en conservant les longueurs sur le parallèle de **Rhodes** : sur celui-ci sa projection était

(1) Pythéas avait situé Thulé à la latitude 66° près du cercle arctique

CARTE DE POMPONIUS MELA (1er siècle)

ORBIS TERRARVM EX MENTE POMPONII MELAE DELINEATVS A P. BERTIO.
Christianissimi SEPTENTRIO Regis Geographo

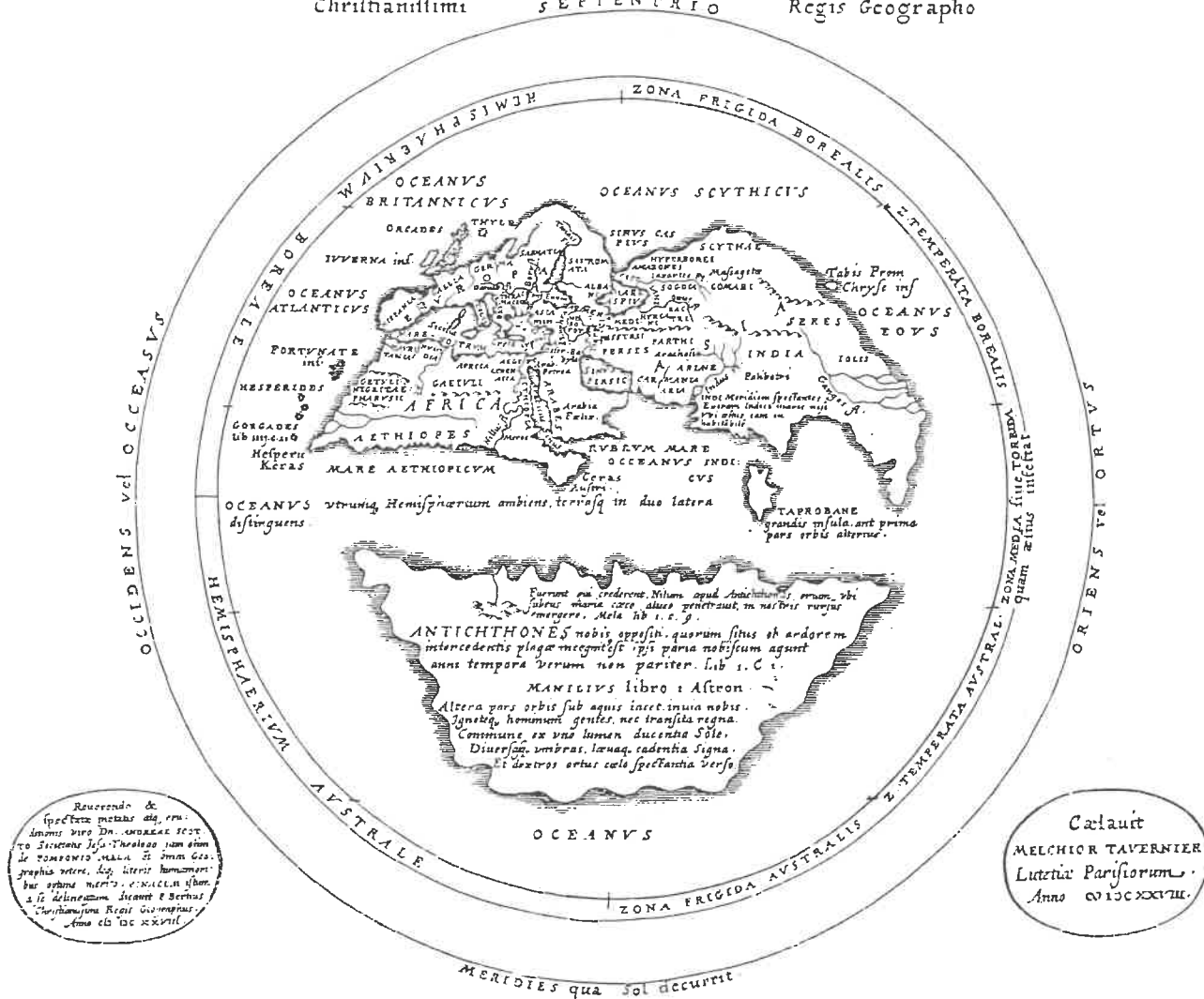


Figure 4

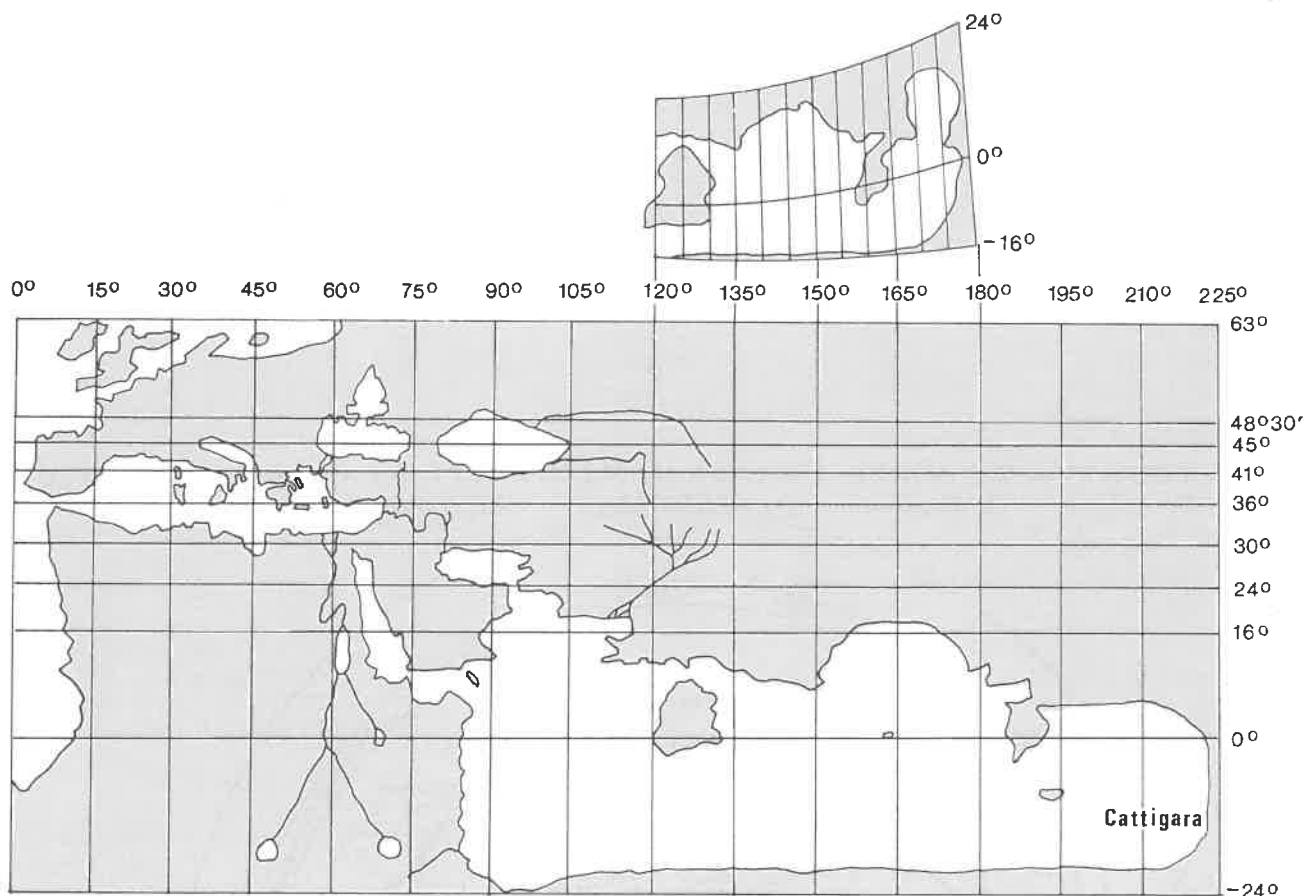


Figure 5 Carte de Marin de Tyr

donc **conforme** et l'on peut montrer qu'en raison de la position médiane du parallèle 36° en Méditerranée la projection de Marin était **quasi-conforme** dans l'étendue du bassin méditerranéen ; elle préfigurait en quelque sorte la projection de **Mercator**.

Mais l'utilité d'une projection cylindrique quasi-conforme en Méditerranée avait complètement échappé à **Ptolémée**, qui ne ménage pas ses critiques à **Marin de Tyr**, lui reprochant notamment des altérations linéaires trop importantes, dès qu'on s'écarte en latitude du parallèle de Rhodes.

Marin de Tyr divise l'œcumène en trois continents : Europe, Asie, Libye (Afrique), mais ce qui constitue le trait le plus remarquable de sa carte est l'abandon de la représentation insulaire de l'œcumène : l'Océan Indien est fermé, borné à l'Est par un continent inconnu, rejoignant l'Afrique par le Sud. Cette conception sera maintenue dans la Géographie de **Ptolémée**.

La longueur totale de la Méditerranée depuis Calpé (une des Colonnes d'Hercule - détroit de Gibraltar) jusqu'à Issus est de 24 800 stades. Sur un arc de grand cercle il y a 500 stades au degré pour Marin et sur le parallèle de Rhodes il y a pour chaque degré :

$500 \text{ stades} \times \cos 36^\circ = 500 \text{ stades} \times 0,8$, soit 400 stades.

L'extension de 24 800 stades correspond donc à :

$$\frac{24\,800}{400} = 62^\circ,$$

au lieu de 41°, valeur moderne. L'erreur est de l'ordre de 21°.

Par rapport à la carte de **Strabon** et à celle de **Pomponius Mella** on note des améliorations. La Mer Caspienne est représentée fermée ; la côte Est africaine est représentée avec de nombreux caps, mais l'Ecosse est mal placée, l'île de **Taprobane** ⁽¹⁾ a une surface exagérée, qui sera maintenue dans la carte de **Ptolémée**.

Si **Marin de Tyr** n'a pas utilisé suffisamment de données astronomiques pour sa cartographie au Sud de l'équateur, il semble avoir exploité un assez grand nombre de mesures de latitude au gnomon sur le pourtour méditerranéen, qui l'étirement excessif en longitude étant mis à part, est représenté relativement correctement.

1.8 Ptolémée (90 à 168 après J.C)

Ptolémée est avant tout un astronome, auteur de la "**Composition mathématique**", qui sera traduite par les Arabes sous le nom "**d'Almageste**". Mais **Ptolémée** a aussi écrit une "**Géographie**", dont le livre I contient un certain nombre de généralités ; c'est au chapitre 6 de ce livre qu'il expose l'œuvre de **Marin de Tyr**, et ce sont les chapitres 7 à 20 qui concernent la critique de Marin de Tyr et de sa carte.

(1) Taprobane est l'île de Ceylan ou Sri-Lanka

Toutefois **Ptolémée** se déclare d'accord avec **Marin de Tyr** pour accepter la mesure de **Posidonius** de la circonférence terrestre, à savoir $L = 180\,000$ stades, soit 500 stades au degré (voir n°1.4). Nous avons vu qu'il place la **Cap Prasum** à 16° de latitude Sud et à 80° de longitude par rapport aux Iles Fortunées ; voir la carte Fig 6. Le parallèle limite de l'œcumène se trouve légèrement au Sud à la latitude $16^\circ,25'$ Sud, dite latitude "**d'Anti-Méroé**", car "**l'île de Meroé**" sur le Nil avait une latitude Nord de $16^\circ \frac{1}{3} \frac{1}{12} = 16^\circ25'$.

Comme **Marin de Tyr**, **Ptolémée** limite au Nord l'œcumène par le parallèle de Thulé, de latitude 63° , de sorte que l'extension en latitude de l'œcumène de **Ptolémée** est de :

$$16^\circ25' + 63^\circ = 79^\circ,25' \text{ arrondis à } 80^\circ.$$

Nous avons vu que **Ptolémée** réduit l'extension en longitude de l'œcumène de **Marin** de 225° à 180° , chiffre arrondi. En toute rigueur **Ptolémée** situe Cattigara à $177^\circ\frac{1}{4}$ de longitude par rapport aux îles Fortunées. Cette ville correspondrait à Zhang-Zhou (Tchang-Tchéou), située à $117^\circ 40'$ à l'Est du méridien de Greenwich. Or l'île de Gomera appartenant aux Canaries est à $17^\circ 18'$, à l'Ouest de Greenwich (voir figure 18), de sorte que la longitude correcte par rapport aux îles Fortunées est :

$$117^\circ 40' + 17^\circ 18' \approx 135^\circ,$$

d'où une erreur de **Ptolémée** de :

$$117^\circ \frac{1}{4} - 135^\circ = 42^\circ \text{ environ.}$$

La double erreur de **Ptolémée** :

- donnant à la circonférence terrestre une longueur trop courte de $40\,000 - 28\,350 = 11\,650$ km, ceci dans l'hypothèse discutable où il aurait utilisé le même stade qu'Eratosthène (voir 1.4),

- plaçant l'extrémité orientale de l'œcumène à 42° environ plus à l'Est que la réalité, entraînait un rétrécissement important de la partie du globe terrestre située entre l'extrémité Est de l'œcumène et les Iles Fortunées, c'est-à-dire de ce que nous savons actuellement être occupé par l'ensemble de l'Océan Atlantique et de l'Océan Pacifique.

On s'accorde en général à dire que cette double erreur a eu des conséquences historiques à l'époque de la découverte de l'Amérique.

En fait nous verrons en 4) que curieusement c'est l'œcumène de **Marin de Tyr** qui a prévalu sur celui de **Ptolémée** à l'époque de **C. Colomb**.

Or si l'œcumène de **Ptolémée** présentait en longitude une exagération de 42° par rapport à la réalité, celui de **Marin de Tyr** avait une exagération de $45^\circ + 42^\circ = 87^\circ$.

Cette exagération a pour corollaire un rétrécissement de 87° de l'ensemble : Atlantique- Pacifique. Nous reviendrons sur cette importante question en 5).

La carte de la figure 6 est établie en **projection conique équidistante** ; on y remarque les amorces des méridiens de degré en degré sur les deux parallèles limites ; à droite les amorces de degré en degré des parallèles, à gauche les amorces des "**climats**", parallèles qui correspondent à des variations de la **durée du jour solsticial d'été M** :

- de quart d'heure en quart d'heure, de l'équateur au 14^e climat du Mi-Pont-Euxin :

$$\mathcal{P} = 45^\circ, M = 15 \text{ h } \frac{1}{2},$$

- de demie heure en demie heure, du climat 14 au climat 19, passant par la partie méridionale de la "**Petite Bretagne**" :

$$\mathcal{P} = 58^\circ, M = 18 \text{ h},$$

- d'heure en heure, du climat 19 au climat 21, celui de Thulé : $\mathcal{P} = 63^\circ, M = 21 \text{ h}$.

La relation qui lie la durée du jour solsticial d'été M à la latitude \mathcal{P} est la suivante :

$$\cos \frac{M}{2} = \tan \mathcal{P} \cdot \tan \varepsilon, \text{ où } \varepsilon \text{ est l'obliquité de l'écliptique, égale à } 23^\circ,51' \text{ pour } \mathbf{Ptolémée}, \text{ relation qu'il exprimait autrement, car il ne connaissait pas la fonction tangente.}$$

Dans cette division de l'œcumène en "**climats**", on sent bien chez **Ptolémée** les préoccupations de l'astronome. Le tracé des méridiens, des parallèles et des climats fait l'objet du chapitre 23 du Livre I de la **Géographie** ; c'est au chapitre 24 qu'il expose le principe de sa **projection conique équidistante** et de sa projection **homéotère**, qui préfigure la projection de **Bonne**, adoptée pour la **carte d'Etat-major française**.

Dans les livres II à VII **Ptolémée** procède à une description plus cartographique que géographique des trois continents : Europe, Asie, Afrique : il y donne les coordonnées géographiques d'environ 8 100 "lieux", classés dans 82 régions de l'Irlande à **Taprobane** (Ceylan). Par lieu il faut entendre ville, cap, montagne, embouchure de fleuve. Les longitudes sont décomptées, comme chez **Marin** à partir du premier méridien, le plus à l'Ouest, celui des **Iles Fortunées**. Ces îles sont d'après **Ptolémée** à 60° à l'Ouest du méridien d'Alexandrie et à 11° de latitude Nord. On les identifie habituellement avec les **Iles Canaries**, où les Carthaginois eurent des comptoirs jusqu'en 693 après J.C, date de la destruction définitive de Carthage. Mais la grande Canarie se trouve à $45^\circ,6'$ à l'Ouest du Méridien d'Alexandrie et à la latitude 28° Nord. L'erreur en longitude de plus de 14° n'a rien de surprenant pour l'époque, tant les mesures de longitude étaient rares et imprécises, mais l'erreur de 17° en latitude s'explique mal.

Les quelques différences de longitude obtenues avant **Ptolémée** et à son époque étaient déterminées par l'observation simultanée d'une éclipse de lune en deux lieux, où l'on connaissait l'heure solaire locale, mais il y avait une incertitude assez grande sur l'évaluation de l'instant précis où se produisait le milieu de l'éclipse. La plupart des longitudes étaient déterminées par interpolation grâce à des mesures de distances le long d'itinéraires.

Pour les déterminations de latitude **Ptolémée** utilisait des observations rapportées par des voyageurs, des commerçants, ... concernant le **rapport du gnomon**, qui donne la hauteur méridienne du soleil h . Celle-ci est obtenue à partir de la longueur d'ombre r relative au bord supérieur du soleil.

Si g est la hauteur du gnomon, on a la hauteur h' du bord supérieur du soleil par :



PTOLEMÆUS ROMÆ 1490.

Carte du Monde de Ptolémée (édition de Rome, 1490)

Figure 6

$$\tan h' = \frac{g}{r} \quad (\text{fig 7})$$

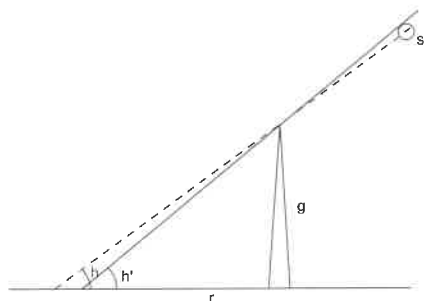


Figure 7

Ptolémée prenait en compte le résultat brut du gnomon, en ne tenant pas compte du demi-diamètre apparent du Soleil : il confondait ainsi h' et la hauteur h du centre du Soleil. Soit δ la déclinaison du soleil, le jour considéré, et φ la latitude du lieu. Il est clair sur la figure 8 que :

$$\begin{aligned} h &= 90^\circ - \varphi + \delta, \text{ d'où :} \\ \varphi &= 90^\circ + \delta - h \end{aligned} \quad (1)$$

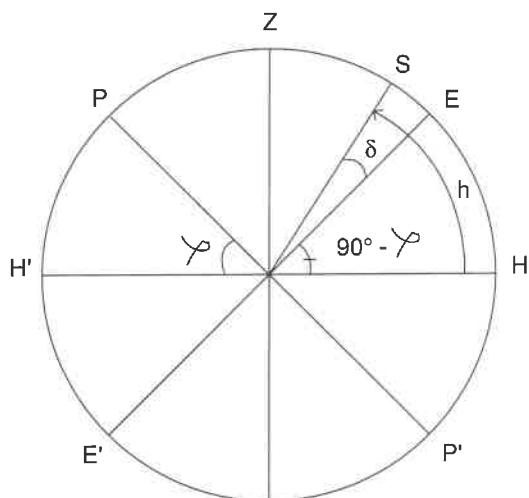


Figure 8

Mais comme les longitudes, la plupart des latitudes étaient interpolées, grâce à des mesures de distance le long de certains itinéraires.

La très faible précision des longitudes et la précision médiocre des latitudes expliquent que la carte de l'œcumène de **Ptolémée** présente des déformations souvent considérables.

Le chapitre 7, le dernier du livre II est consacré à un tableau général de l'œcumène, où **Ptolémée** expose sa théorie des océans fermés : les mers sans communications entre elles s'étendent à la surface de la Terre comme des lacs. Il met fin ainsi au concept de la représentation insulaire de l'œcumène entouré d'un vaste océan. Nous verrons aussi en 4.3 comment la théorie de **Ptolémée** s'oppose à la conception aristotélicienne des sphères de la terre, de l'eau, de l'air et du feu.

Contrairement à **Strabon** qui faisait coïncider les limites du monde habitable avec celles de l'œcumène, contrairement à **Pomponius Mella** qui croyait à l'existence de deux zones tempérées habitables, mais sépa-

rées par une zone torride inhabitable et infranchissable, **Ptolémée** pensait que l'homme pouvait vivre sous toutes les latitudes.

Dans le livre VII **Ptolémée** traite des 26 cartes régionales :

- 10 pour l'Europe avec 34 provinces et 116 villes,
- 4 pour la Libye (Afrique) avec 12 provinces et 42 villes,
- 12 pour l'Asie avec 45 provinces et 180 villes.

Pour chacune des 358 villes **Ptolémée** indique la durée du jour solsticial d'été, la longitude Est ou Ouest à partir du **méridien d'Alexandrie**.

2 LA SCIENCE ARABE

Au 9^e siècle **Al Mamoun**, calife de Bagdad de 813 à 833, donna une vive impulsion au développement des études philosophiques, scientifiques et médicales, en faisant traduire en arabe un grand nombre de manuscrits grecs, persans, indiens et syriaques. En 813 paraît la première traduction des "**Eléments d'Euclide**"; en 827 celle de la "**Syntaxe mathématique**" de **Ptolémée**, traduite d'abord du grec en syriaque, puis du syriaque en arabe sous le nom "**d'Almageste**", le très grand (livre), nom qui lui est resté dans l'usage courant. L'**Almageste** fut traduit de l'arabe en latin en 1175 par **Gérard de Crémone** ⁽¹⁾.

En outre **Al Mamoun** encouragea particulièrement le développement de l'astronomie et de ce que nous appelons maintenant la géodésie. Il prescrivit la mesure d'un arc de méridien de un degré entre le Tigre et l'Euphrate. Cette différence de un degré fut obtenue avec "**deux instruments exacts qui portent chacun les minutes visiblement marquées**". On montre que pour apprécier la minute, il faut au minimum un rayon de cercle de l'ordre de 3 mètres, mais il est probable que l'on utilisa deux quarts de cercle de 7 à 8 m de rayon, comme il y en avait alors dans l'observatoire du calife de Bagdad.

Les géodésiens arabes opérèrent entre les latitudes 34° et 36° en se déplaçant entre deux points A et B, situés sur le même méridien, tels que les hauteurs méridiennes du Soleil en ces deux points fussent différentes le même jour de 1°. Ils mesurèrent la longueur AB avec deux cordes de 50 brasses, soit de :

$50 \times 0,4933 = 24,665 \text{ m}$. Ayant à partir de A posé la première corde dans la direction du méridien, ils placèrent l'une des extrémités de la seconde corde en face du lieu de la première, la seconde corde étant placée dans le prolongement de la première. Ils prirent ensuite la 1^{ère} corde en plaçant l'une de ses extrémités en face du milieu de la seconde et la tirèrent dans le prolongement de celle-ci et ainsi de suite.

Ils obtinrent ainsi 56 milles 1/4.

Une autre équipe opérant en un endroit différent obtint 57 milles.

Al Fragan, célèbre astronome arabe du 9^e siècle diffusa la valeur moyenne de ces deux résultats, à savoir 56

(1) La "Syntaxe mathématique" de **Ptolémée** avait été traduite en latin vers 500 par **Boèce**, mais cette version a été perdue.

milles 2/3 dans un ouvrage, traduit en latin par **Jean de Séville** en 1175, sous le titre "**Différentiae scientie astrorum**".

Cette valeur donne une circonférence terrestre :

$$L = 360 \times 56 \frac{2}{3} = 20\,400 \text{ milles.}$$

Il s'agit de milles arabes en usage sous Al Mamoun et valant 4 000 brasses noires de 0,4933 m. Un mille vaut donc :

$$4\,000 \times 0,4933 = 1973,2 \text{ m}$$

et le degré terrestre correspond à :

$$56 \frac{2}{3} \times 1973,2 \text{ m} = 111\,814,667 \text{ m.}$$

Or si on calcule le rayon de courbure de l'ellipsoïde GRS 1980 pour la latitude moyenne de 35°, on trouve : $\rho = 6\,356\,426,7 \text{ m}$, de sorte que le degré de méridien terrestre à cette latitude vaut :

$$\rho \times \frac{\pi}{180} = 110\,940,575 \text{ m}$$

La différence :

$$111\,814,667 - 110\,940,575 = 874,092 \text{ m, soit une erreur relative de :}$$

$$874,092 : 110\,940,575 = 7,88 \times 10^{-3},$$

constitue une précision très honorable pour l'époque.

Lorsqu'on considère la détermination de 56 milles 1/4, la précision est excellente. Comme le fait remarquer **Koyré**, les savants arabes furent les précurseurs du monde de la précision.

Une autre relation de cette mesure du degré par **Ibn Kalikan**, mort en 1282, indique :

$1^\circ = 66 \text{ milles } \frac{2}{3}$, ce qui donne une circonférence terrestre de : $L' = 360 \times 66 \frac{2}{3} = 24\,000 \text{ milles.}$

Mais cette relation se situe plus de 400 ans après la mesure et est de ce fait sujette à caution. Les Arabes admettaient que le mille romain valait 7,5 stades utilisés au temps de **Ptolémée**. Or si on prend la valeur de la circonférence terrestre adoptée par Ptolémée soit 180 000 stades, cela fait justement :

$$\frac{180\,000}{7,5} = 24000$$

milles romains ; le mille romain valant 1481,48 m sera confondu plus tard avec le mille italien.

Le prestige des savants grecs chez les astronomes et géographes arabes du 13^e siècle était tel qu'ils étaient persuadés que les mesures du degré terrestre effectuées sous **Al Mamoun** ne pouvaient que coïncider avec celles des Anciens et en particulier avec celles de **Ptolémée**.

Toutefois les deux valeurs

$$1^\circ = 56 \text{ milles } \frac{2}{3} \text{ italiens}$$

$$1^\circ = 66 \text{ milles } \frac{2}{3} \text{ italiens}$$

circulaient dans les milieux maritimes du Moyen-âge et de la Renaissance. La première sera adoptée par **C. Colomb**, dans les conditions que nous étudierons en 5). La seconde sera adoptée par les Portugais. Ceux-ci admettaient jusqu'à la fin du 15^e siècle qu'il y avait 16 lieues 2/3 par degré, chaque lieue contenant 4 milles italiens ; cela fait bien $1^\circ = 16 \frac{2}{3} \times 4 = 66 \frac{2}{3}$. Le problème est de connaître

la valeur du mille italien. Selon **A. Fontoura da Costa** (Bibl 5) le mille italien vaut 1480 m, chiffre qui correspond à l'arrondissement de la valeur du mille romain de 1481,48 m, indiquée plus haut. Selon **Nallino** (Bibl 6) le mille italien vaut 1589 m, valeur qui nous paraît plus probable. Avec 1 mille = 1589 m, le degré vaut :

$1^\circ = 66 \frac{2}{3} \times 1589 = 105\,933 \text{ m}$. Les marins portugais, en se déplaçant Nord-Sud dans leurs navigations, en vinrent à reconnaître l'exiguité de ce degré et ils adoptèrent au 16^e siècle la règle :

$1^\circ = 17 \frac{1}{2} \text{ lieues}$, soit $1^\circ = 17,5 \times 4 = 70 \text{ milles}$, de sorte que le degré valait alors pour eux :

$$1^\circ = 70 \times 1589 = 111\,230 \text{ m au lieu de } 111\,111 \text{ m.}$$

Comme nous aurons à étudier l'influence de la théorie des éléments d'Aristote sur les conceptions des cosmographes portugais et espagnols, qui examinèrent le projet de **Christophe Colomb** de rejoindre les Indes par l'Ouest, nous estimons utile de noter que les doctrines aristotéliennes, telles qu'elles avaient été transmises à l'occident latin par les deux philosophes arabes **Avicenne** (980-1037) et **Averroës** (1126-1198) menaçaient la pureté de la foi chrétienne. Les grands philosophes chrétiens du 13^e siècle, dont **Albert le Grand** et **St Thomas d'Aquin** s'efforcèrent de concilier celle-ci avec l'Aristotélisme.

3 LES EXPLORATIONS ANTÉRIEURES À C. COLOMB

3.1 L'Atlantique Nord

Nous ne remonterons pas aux Vikings et à leur découverte du "**Vinland**", attestée dans les sagas islandaises. On peut assimiler le **Vinland** à Terre Neuve, au large de laquelle les marins bretons, basques et portugais venaient depuis fort longtemps pêcher la morue, sans que l'on puisse parler de découverte par eux de Terre Neuve.

Un récit intitulé "**Inventio fortunata**" relate le voyage en 1364 d'un religieux anglais d'Oxford en Islande, au Groënland, jusqu'à la Terre de Baffin et au Labrador, ce qui permet à un historien soviétique de dénier à **C. Colomb** d'avoir le premier découvert l'Amérique.

Au 14^e siècle un Vénitien fait un long récit à son frère resté à Venise, selon lequel, depuis les îles Féroë, il aurait été poussé par les vents et les courants sur le Labrador et y aurait découvert des hommes blancs.

En 1427 le cardinal **Fillastre** fait confectionner un atlas où, aux 27 cartes régionales de **Ptolémée**, il avait fait ajouter une carte des régions septentrionales non représentées par **Ptolémée**, carte dressée par le Danois **Claudius Clavus**. On y voit l'Ecosse, les îles Féroë, l'Islande, la côte orientale du Groënland ; c'est la **première carte non ptoléméenne** à présenter des **échelles de latitude et de longitude** ; dans une 2^e édition de cette carte parue 40 ans plus tard, la côte occidentale du Danemark est également représentée.

Le roi du Portugal s'intéressait à ces régions septentrionales ; à sa demande le roi du Danemark aurait envoyé au Labrador et peut-être dans la baie d'Hudson

un certain **Scolvus**, que des historiens ont identifié avec un Polonais **Szkolny**, originaire de Kolno.

A la fin de 1476 **C. Colomb** qui se trouvait à Lisbonne part pour Bristol, de là pour Galway en Irlande, puis en Islande pour y acheter de la morue. Dans une note il signale qu'en Février 1477 il naviguait 100 lieues au delà de l'île de **Thulé**, que "la partie Sud de l'île est à 73° de latitude Nord et non à 63° comme certains le prétendent ; elle n'est pas non plus sur le méridien que lui assigne **Ptolémée**".

Thulé était en général identifiée comme étant l'Islande dont la latitude Sud est d'environ 63°, de sorte que **C. Colomb** a commis sur cette détermination une erreur de 10° ; ce ne fut pas sa seule erreur de latitude. S'il fut un remarquable navigateur, ce fut un piètre cosmographe

3.2 L'Atlantique central

L'Italien **Paolo dal Pozzo Toscanelli** (1397-1482) était considéré comme le plus célèbre cosmographe de son époque. En 1474 son avis avait été sollicité par le roi du Portugal **D. Alphonse V** pour savoir quelle était la meilleure route maritime à suivre pour atteindre le pays des épices.

Toscanelli avait adressé à **Fernao Martins**, mandaté par **Alphonse V** pour traiter la question, une lettre datée du 25 juin 1474, accompagnée d'une carte malheureusement perdue et qui est la seule carte de l'époque représentant l'intervalle océanique que l'on croyait continu entre l'Europe et l'Asie.

Plusieurs savants se sont efforcés de reconstituer cette carte à partir du texte de la lettre ; nous retenons la reconstitution faite en 1894 par l'Allemand **Hermann Wagner** (Bibl 4) (voir fig. 9). **Toscanelli** aurait choisi la projection cylindrique de **Marin de Tyr**, mais en modifiant le parallèle origine de celle-ci, qui devient pour Toscanelli celui de **Lisbonne**, de latitude 41° ⁽¹⁾, empruntée vraisemblablement à l'astronome allemand **Regiomontanus**, alors que **Marin de Tyr** avait choisi le parallèle de Rhodes de latitude 36°.

Voici un extrait de la lettre de **Toscanelli**.

"De la ville de Lisbonne, en droite ligne du côté de l'occident, il y a sur la carte dessinée 26 espaces, chacun desquels mesure 250 milles jusqu'à la très noble ville de **Quinsay** ⁽²⁾. Elle a en effet 100 milles de circuit et possède 10 ponts. Son nom signifie **Citta del Cielo**, "ville du ciel". On en raconte quantité de choses merveilleuses, de la multiplicité de ses usines et de ses revenus ; (cet espace est presque le tiers de toute la sphère).

Cette ville est située dans la province de **Mangi**, province voisine de celle de **Catay**, où se trouve la résidence du roi du pays. Mais de l'île **Antilia** ⁽³⁾ que vous connaissez à l'île très fameuse de **Cipango** ⁽⁴⁾ il y a dix espaces. Cette île est en effet très riche en or, en perles

(1) La latitude de Lisbonne est en fait légèrement inférieure à 39°.

(2) Quinsay correspond à la Cattigara de Ptolémée et à la ville de Zhang-Zhou (Tchang-Tchéou).

(3) Pour l'île d'Antilia voir le paragraphe suivant 3.3.

(4) Cipango ou Cypango ou Cippango est le Japon.

et pierres précieuses et l'on y couvre les temples et les maisons royales avec de l'or massif.

Ainsi donc l'étendue de mer à franchir à travers les parages inconnus n'est pas longue ; bien des choses peut-être devraient être exposées plus clairement : mais par ceci l'observateur attentif pourra de lui même pourvoir au reste.

Portez vous bien mon cher".

On peut montrer que l'espace de Toscanelli de 250 milles correspond à 5°. Les Portugais admettaient - nous l'avons déjà vu- qu'un degré d'arc de grand cercle correspondait à 66 milles 2/3. A la latitude de Lisbonne pour laquelle $\cos 41^\circ = 0,75$, une différence de longitude de 1° correspond donc à 66 milles $2/3 \times 0,75 = 50$ milles, de sorte que, toujours à cette latitude, 250 milles correspondent bien à 5°. On vérifie aussi la teneur de la phrase entre parenthèses : 26 espaces de 5° représentent 130°, presque égal à 120°, "tiers de toute la sphère".

Si **Toscanelli** admettait un intervalle d'océan entre Lisbonne et Catay de 130°, c'est que son œcumène avait une extension de $360^\circ - 130^\circ = 230^\circ$, proche de celui de **Marin de Tyr** (225°). Comme l'a bien souligné **H. Wagner** la carte de **Toscanelli** avait l'avantage d'exprimer la distance entre le Portugal et l'Asie en unités de distances terrestres familières, à savoir des espaces de 250 milles, comptées sur le parallèle de Lisbonne.

Une autre carte de 1490 environ d'**Henricus Martellus Germanus**, confirme à peu de choses près l'hypothèse de **Toscanelli**. Cette carte dont nous donnons fig 10 une représentation simplifiée est importante, car elle est le reflet des connaissances géographiques qu'avait l'Occident latin peu avant le voyage de **C. Colomb**.

C'est une carte peinte à la détrempe sur du papier collé sur toile de 1 m 09 sur 1 m 90, y compris une bordure décorative de 5 cm de large. Elle a été décrite par **Marcel Destombes** dans **Mappemondes AD 1200-1500** (bibl 8). Probablement exécutée à Florence, elle a été détenue jusqu'au 19^e siècle par une famille de Lucques, d'où elle est passée en Autriche, où elle a été achetée en 1961 par l'Université de **Yale** (USA).

C'est un développement de la 2^e projection homéothère de **Ptolémée** et c'est avec le globe de **Martin Behaim** la seule mappemonde ⁽¹⁾ du 15^e siècle, non ptoléméenne, qui soit graduée en longitudes et en latitudes. Les latitudes proprement dites sont indiquées à droite ; sur le bord gauche on trouve, comme chez **Ptolémée**, les durées du jour solsticial d'été pour un certain nombre de parallèles. Le méridien origine, celui des Canaries est indiqué par la graduation 360° sur l'échelle du bas et à gauche le méridien 355° limite le champ de la projection à l'Ouest, celle-ci étant limitée à l'Est par le méridien 270° ; aucun méridien intermédiaire n'est tracé.

Le centre des parallèles concentriques circulaires se situe à 210° au Nord de l'équateur. Seuls sont figurés de bas en haut : le parallèle 45° de latitude Sud, qui limite en partie la mappemonde, le tropique de Capricorne,

(1) Nous avons plus haut en 3.1 que la première carte non ptoléméenne graduée en longitudes et latitudes est celle de Clavius (1427)

En même temps qu'il lançait **Barthélémy Dias** reconnaître par mer l'extrémité Sud de l'Afrique, **Jean II** envoyait, par voie terrestre, **Pedro da Covilha** préparer l'établissement de bases portugaises en Inde.

Pedro da Covilha et quelques compagnons quittent le Portugal en mai 1487 traversent l'Espagne, gagnent par la mer Alexandrie. Déguisés en marchands, ils se rendent vers le Caire, puis Aden, d'où ils rejoignent l'Inde préparer l'établissement des comptoirs. Ils reviennent au Caire où **Pedro da Covilha** remet à deux envoyés du roi un long rapport qui servira de base à la préparation du voyage de **Vasco de Gama**.

3.5 Le royaume du Prêtre Jean

Une curieuse légende se répand en Europe à partir de 1160 : celle d'un certain "Prêtre Jean", chef chrétien d'une tribu mongole descendant des rois mages, maître d'une enclave chrétienne en pays barbare. Deux décennies plus tard circule en Europe "une lettre du **Prêtre Jean** à **Manuel**, empereur de Byzance, mort en 1180 de J.C".

Voici trois extraits de cette lettre :

"Notre magnificence domine dans les trois Indes ; notre empire s'étend depuis l'Inde ultérieure, dans laquelle repose le corps de l'apôtre **St Thomas**, à travers le désert, et il s'étend vers le soleil levant, puis il revient, en descendant vers l'Ouest jusqu'à la cité déserte de Babylone, près de la tour de Babel. Soixante douze provinces reconnaissent notre souveraineté, dont un petit nombre seulement appartiennent aux chrétiens ; chacune de ces provinces possède un roi, qui lui est particulier, et tous ces rois sont nos tributaires.

Dans notre contrée naissent et croissent des éléphants, des dromadaires, des chameaux, des hippopotames, des crocodiles, des autruches, des girafes, des thinsiretha, des panthères, des onagres, des lions blancs et rouges, des ours blancs, etc"...

"Notre terre est couverte de ruisseaux de miel, et le lait s'y trouve en abondance ; dans aucune des terres, qui sont notre propriété, ne vit un animal venimeux qui puisse être fatal aux hommes, et aucune grenouille au bavardage insupportable n'y coasse ; on n'y rencontre pas un scorpion et pas un serpent ne glisse sa marche sinueuse dans l'herbe. Les animaux qui portent du venin ne peuvent habiter dans cette région, ni causer du mal à qui que ce soit"...

"Pour chaque mois, sept rois viennent nous servir à notre table, chacun d'eux à son tour, ainsi que soixante deux ducs et rois cent soixante cinq comtes, sans compter ceux qui sont envoyés à notre cour pour y remplir différents offices"...

La lettre est longue et contient plusieurs pages du même acabit, que l'on sait avoir été rédigées par un moine de Mayence.

Mais le mythe du "**Prêtre Jean**" est accepté comme une réalité ; ce royaume lointain est localisé loin en Asie, il le sera ensuite en Afrique. Les papes eux-mêmes à la fin du 14^è siècle accordent aux rois du Portugal la propriété de la côte africaine "jusqu'au royaume du Prêtre Jean".

Au début du 14^è siècle des Abyssins chrétiens arrivent en Europe. Ces moines noirs contribuent à entretenir le mythe du "**Prêtre Jean**", que deux dominicains vont, en 1310, rechercher en Afrique orientale.

En 1441 le Vénitien **Nicolas Conti** rentre à Florence après un séjour de 25 ans en Chine, en Inde, en Ethiopie, où il avait été reçu par le **Négus**, qu'il identifie avec le "**Prêtre Jean**" et en fait part au **Pape Eugène IV** en séjour à Florence. Depuis la publication en 1356 du "**livre des merveilles**" de l'anglais **Jean de Mandeville**, qui relatait de singuliers voyages en Egypte, en Libye, à Ormuz, en Malaisie et en Chine, l'Europe situait le "**Prêtre Jean**" en Abyssinie, "la 3^è Inde".

Vers 1450 **Christophe III de Bavière**, roi de Danemark, de Norvège et de Suède organise avec le neveu du roi du Portugal **Alphonse V**, une expédition le long des côtes d'Afrique pour aller à la recherche du "**Prêtre Jean**". L'expédition est anéantie en Guinée par des pirates.

Vers 1485 **Joao Alfonso de Averro** découvre le royaume du Bénin au fond du Golfe de Guinée ; les gens du pays disaient qu'à 250 lieues de là (ou 1589 km) vers l'Est s'étendaient les terres du **prince Ogané**, que le roi **Jean II** et les cosmographes portugais, allaient assimiler au "**Prêtre Jean**", après le retour du navigateur à Lisbonne.

A son deuxième voyage à **Hispaniola** (Haïti), en 1494, **C. Colomb** apprend d'un Indien converti, faisant office d'interprète, que les naturels du pays lui parlaient d'une région proche, gouvernée par un grand roi, portant une tunique blanche, qui pourrait être aussi le "**Prêtre Jean**".

Ainsi encore en cette fin du 15^è siècle, la croyance en l'existence du "**Prêtre Jean**", et de son royaume chrétien, enclavé en terre d'Islam, est-il un élément moteur pour atteindre cet allié de la chrétienté et pour développer l'esprit de nouvelles découvertes.

Mais explorateurs et cosmographes s'interrogent sur la position de ce royaume ; est-il en Afrique orientale (Ethiopie), en Afrique centrale à 250 lieues du Bénin, en Inde, en Chine ou même en Amérique ?

3.6 Le voyage de Marco Polo

Le père et l'oncle de **Marco Polo**, négociants vénitiens, partis en 1255 pour Pékin, sont de retour en 1269 avec un message du **grand Khan** pour le Pape.

Les deux frères repartent en 1271 vers la Chine avec **Marco Polo**, âgé de 17 ans. Après un long voyage ils arrivent à la résidence du **grand Khan**, où le souverain prend **Marco Polo** sous sa protection particulière. Durant 17 ans il est l'objet de hautes distinctions, recevant le gouvernement de **Yang-Tchéou** et accomplissant plusieurs missions au Tibet et aux Indes. De retour à Venise en 1295, **Marco Polo** émerveille ses compatriotes par ses récits. Peu de temps après, au cours d'une guerre entre Venise et Gênes, il est fait prisonnier dans une bataille navale. Dans sa prison de Gênes, il dicte en 1298 la relation de ses voyages à un écrivain. Il rentre en 1299 à Venise, où il rédige de ses voyages une nouvelle relation, qu'il titre "**le livre de Marco**", auquel les

anciens copistes substituent d'autres titres, tels que celui de **"livre des merveilles du monde"**, et qui eut un grand retentissement au Moyen-Age. Outre le récit des splendeurs de la cour du grand Khān, le livre de **Marco Polo** constitue une sorte d'encyclopédie géographique de l'Asie centrale.

C'est à la suite du **"livre de Marco Polo"** que les **"Sères"** de Ptolémée deviennent **"Catay"**. **Marco Polo** avait entendu parler de la grande île de **"Cypango"** (le Japon), où les toits sont en or et qu'entourent 7 457 îlots où abondent toutes sortes d'épices. Ce sont ces îles que **H. Wagner** a représentées autour de **"Cippangu"** dans sa reconstitution de la carte de **Toscanelli** (voir fig 9). **Marco Polo** situait Cypango à 1 500 li de la Chine. Comme il y a 250 li par degré d'arc de grand cercle, une différence de longitude de un degré sur le parallèle de latitude 28° ne contient que : $250 \times \cos 28^\circ = 220,7$ li.

Ainsi 1 500 li représentent une différence de longitude de :

$$\frac{1\,500}{220,7} \approx 7^\circ \text{ environ }^{(1)}$$

ce qui est approximativement exact.

Mais **Marco Polo** aurait confondu le li chinois avec le mille italien de 1 589 m ; dans ces conditions une différence de longitude de 1°, à la latitude 28°, correspond à :

$$111,111 \times \cos 28^\circ = 98,1 \text{ km ;}$$

un li, assimilé à un mille italien représente en longitude, à la latitude 28° :

$$\frac{1,589}{98,1} = 0,0162$$

et 1 500 li représentent selon notre calcul :

$$1\,500 \times 0,0162 = 24,3$$

Certains auteurs, suivant probablement la carte d'**Henricus Martellus**, estiment qu'à l'époque de **Colomb** on situait la côte Ouest de Cypango à 30° de la Chine, d'autres à 22°,30' et dans sa reconstitution de la carte de **Toscanelli**, **H. Wagner** la place à 20°.

Au cours de son retour par bateau, de Chine en Insulinde, **Marco Polo** avait pu se rendre compte de l'ampleur de la façade maritime de la Chine que n'avait pas soupçonné **Ptolémée**. C'est probablement l'une des raisons pour lesquelles, s'inspirant de **Marco Polo**, **Toscanelli** avait suivi **Marin de Tyr** dans son extension de l'œcumène (voir n° 4.2)

Parmi les livres que possédait C. Colomb il y avait une édition du **"livre de Marco Polo"** en latin de 1484 ; figuraient en outre dans sa collection :

- **L'Historia rerum** du Pape Pie II (alias l'humaniste florentin **Aenas Silvio Piccolini**) de 1477,
- **L'Imago Mundi** du Cardinal **Pierre d'Ailly** de 1480,
- la **Géographie** de **Ptolémée**, édition de Rome de 1478.

3.7 L'apport des Italiens dans la connaissance du monde

L'apport des Italiens dans la connaissance du monde est très importante. **Christophe Colomb** et **Americo Vespucci**, les découvreurs de l'Amérique sont Italiens. Il en est de même de **Jean Cabot**, qui le premier réussit en 1497 à mettre le pied sur le continent Nord-américain, probablement à l'île du cap Breton, ainsi que de **Marco Polo**.

Les commerçants italiens voyagent couramment vers l'Extrême-Orient, soit par mer, soit par terre. Venise et Gênes se disputent la prépondérance commerciale. Au 13^e siècle Gênes a des comptoirs à Alexandrie, à Chypre, en Mer noire ; l'empire byzantin, qui tombe sous leur influence, leur concède un certain nombre de comptoirs sur la côte asiatique et dans les îles de la mer Egée ; en Europe ils sont les distributeurs des épices de l'Extrême-Orient. Mais ils perdent d'abord une guerre contre Venise (1378-1381) et vers 1475 les Turcs conquièrent la plupart des colonies génoises. Les rivages africains passent sous le contrôle des Portugais ; des Génois vont s'installer à **Lisbonne**, à **Cadix**, à **Séville**, qui servent d'escales pour leurs galères, se rendant en Angleterre et à Bruges.

Les Génois de Lisbonne s'installent dans les îles nouvellement découvertes : **Açores**, **Madère**, **Porto Santo** ; ils y procèdent à des plantations de canne à sucre et y entretiennent des agents de vente. **Christophe Colomb**, lui-même Génois, sera l'un de ces agents à **Porto Santo**, où son beau-père **Barthélémy Perestrelo** avait été le premier capitaine de l'île. Sa belle-mère lui communiqua les papiers et les cartes de son mari défunt ; on suppose que c'est à cette occasion qu'il prit connaissance de la **"lettre de Toscanelli"**.

Comme nous l'avons déjà vu ce sont deux Génois, qui en 1457 et 1460 ont découvert le Cap vert et les îles du Cap vert ; d'autres Génois ont participé à l'exploration du littoral africain. Mais les Italiens ne furent pas seulement des commerçants et des navigateurs ; il y eut parmi eux de distingués cartographes et cosmographes.

Comme cartographes citons le Génois **Petrus Vesconte**, qui vers 1321 réalise une mappemonde assez exacte en ce qui concerne le Bassin méditerranéen (fig 12), le Florentin **Leonardo Dati** (ca 1360-1425), le vénitien **Albertinus de Virga**, auteur d'une carte, parue vraisemblablement en 1414, un autre vénitien **Fra Mauro** réalisateur d'une intéressante carte du monde de 1457-1459, l'italien **Gracioso Benincasa**, auteur d'une carte, où les Açores sont disposées selon une ligne Nord-Sud, **Henricus Martellus** qui réalisa en Italie la carte étudiée en 3.2, ainsi que d'autres cartes formant **"l'Insularium"**.

Christophe Colomb lui-même et son frère **Bartolomeu** dressaient des cartes marines à Lisbonne, que **Bartolomeu** vendait dans une échoppe qu'il avait ouverte. On attribue généralement à **Bartolomeu Colomb** **"la carte dite de Christophe Colomb"**⁽¹⁾ de la Bibliothèque nationale ; cette carte comporte en effet des inscriptions rappelant les apostilles de C. Colomb sur son exemplaire de **L'Imago**

(1) Entre le large de Changhaï et Nagasaki il y a 8° de différence de longitude.

(1) Voir article de Mademoiselle Pelletier.



Figure 12 Petrus Vesconte, ca 1321

Mundi de **Pierre d'Ailly**. Lors de son deuxième voyage C. Colomb dressa une carte plate, qui tient plutôt de l'esquisse, insérée dans le **Libro Copiador**, carte qu'il a adressé aux rois catholiques. Il réalisa aussi un globe terrestre.

L'Italie et plus particulièrement Florence ont eu plusieurs cosmographes remarquables, parmi lesquels **Toscanelli**.

3.8 Cartes et portulans

Les connaissances géographiques qu'avaient les contemporains de **Christophe Colomb** sont concrétisées par les cartes et **portulans** de l'époque. A l'origine un **portulan** était une sorte de guide nautique décrivant les côtes, les accidents géographiques : caps, baies, écueils, courants ainsi que les ports et les feux. A ce guide était jointe une carte, à laquelle on donna aussi le nom de portulan, qui a occulté par la suite celui du guide nautique.

Les Arabes, les Espagnols, les Portugais, les Italiens ont établi un grand nombre de cartes portulans de la fin du 12^e siècle au 15^e siècle. Nous avons déjà passé en revue les principales cartes italiennes ; bornons nous de même à donner la liste des cartes et des cartes-portulans non italiennes les plus importantes :

- la carte du monde du cartographe arabe **Idrisi** de 1154,
- le plus vieux portulan connu : la "**carte pisane**", peut-être d'origine catalane, de 1300 environ,
- l'**Atlas catalan** du juif majorquin **Abraham Cresques**, de 1375 (fig 13) ; c'est une carte portulan,
- la **carte catalane** de Modène, datée de 1450 env. (voir fig 14 une représentation schématique de cette carte avec une curieuse représentation de l'Afrique),
- la carte de **Andréas Walsperger** de 1448,
- les cartes de **Donnus** de 1466, qui sont un remaniement des 27 cartes régionales de **Ptolémée** avec une projection trapézoïdale,
- la carte du majorquin **Jacobo Bertran** de 1482, où pour la première fois les Açores sont représentées correctement,

• sans oublier le globe de **Martin Behaïm**, dont il a déjà été question plus haut.

Après les voyages de **C. Colomb**, d'**Americo Vespucci** et de **Jean Cabot**, la première carte du monde avec le dessin de la côte américaine sera celle de **Juan de la Cosa**, parue en 1500. Certaines cartes et cartes-portulans sont décorées de belles enluminures, d'autres complétées par des tables astronomiques ; les régions inexplorées, comme l'intérieur de l'Afrique, sont couvertes d'images mythologiques ; la forme de l'Inde est toujours héritée de **Ptolémée**, mais le pourtour du bassin méditerranéen y est représenté avec une précision assez surprenante pour l'époque. La toponymie est essentiellement côtière.

Etablies en principe selon le système de projection des cartes plates, il semble d'après certaines études (**Anthiaume, Clos-Arceud** bibl 7) que le mode de construction des cartes-portulans aboutit à une **pseudo-projection de Mercator**, avec axe des y parallèle aux méridiens magnétiques.

Aucune carte-portulan établie de la fin du 12^e siècle au 15^e siècle inclus ne porte d'échelle de longitude et de latitude. La première carte-portulan avec une échelle de latitude est celle de **Pedro Reinel** de 1504 env. Comme on le voit sur la figure 13 les portulans comportent des réseaux de "**lignes de rhumb**", issues d'un certain nombre de "**roses des vents**" centrales et secondaires.

Pour une carte à 16 rhumbs, ceux-ci ont respectivement par rapport à la direction Nord-Sud les azimuts ci-après, dans le premier quadrant : 0°, 22°30', 45°, 67°30', 90° ; on prend les symétriques de ces directions, par rapport à la direction Nord-Sud, pour avoir les **rhumbs** des deuxième et quatrième quadrants ; ceux du troisième quadrant s'obtiennent en prolongeant ceux du premier.

On se perd en conjectures sur l'origine des portulans ; sont-ils l'héritage de cartes antiques, comme celle de **Marin de Tyr**, qui aurait été progressivement affinée, ou bien y a-t-il eu rupture avec l'Antiquité et s'agit-il d'une cartographie entièrement nouvelle ?

Au 12^e siècle **Pierre de Maricourt** écrit un traité sur l'aiguille aimantée, que l'on laissait flotter sur un liquide ; au 13^e siècle la boussole est introduite par le navigateur italien **Flavio Gioia** ; c'est un boîtier circulaire avec un pivot central sur lequel repose et oscille l'aiguille aimantée ; le boîtier comporte en général une rose des vents à 16 pointes. Aux 13^e et 14^e siècles on ne connaît pas encore la **déclinaison magnétique**, qui ne fut découverte que dans la deuxième moitié du 15^e siècle. Aussi ce que nous avons appelé la direction Nord-Sud des portulans est en fait la direction du **Nord magnétique**. Des mesures effectuées sur tout une série de portulans (voir **Clos-Arceud** Bibl 7) montrent que la direction Nord de leur rose des vents est désorientée vers l'Est du méridien géographique de 4 à 10°, quantité qui représente justement la valeur de la déclinaison magnétique à l'époque, comme l'atteste le tableau ci-dessous :

Années	1300	1400	1500
France	10°	2°	7°
Sicile	9°	8°	10°
Grèce	7°	5°	3°

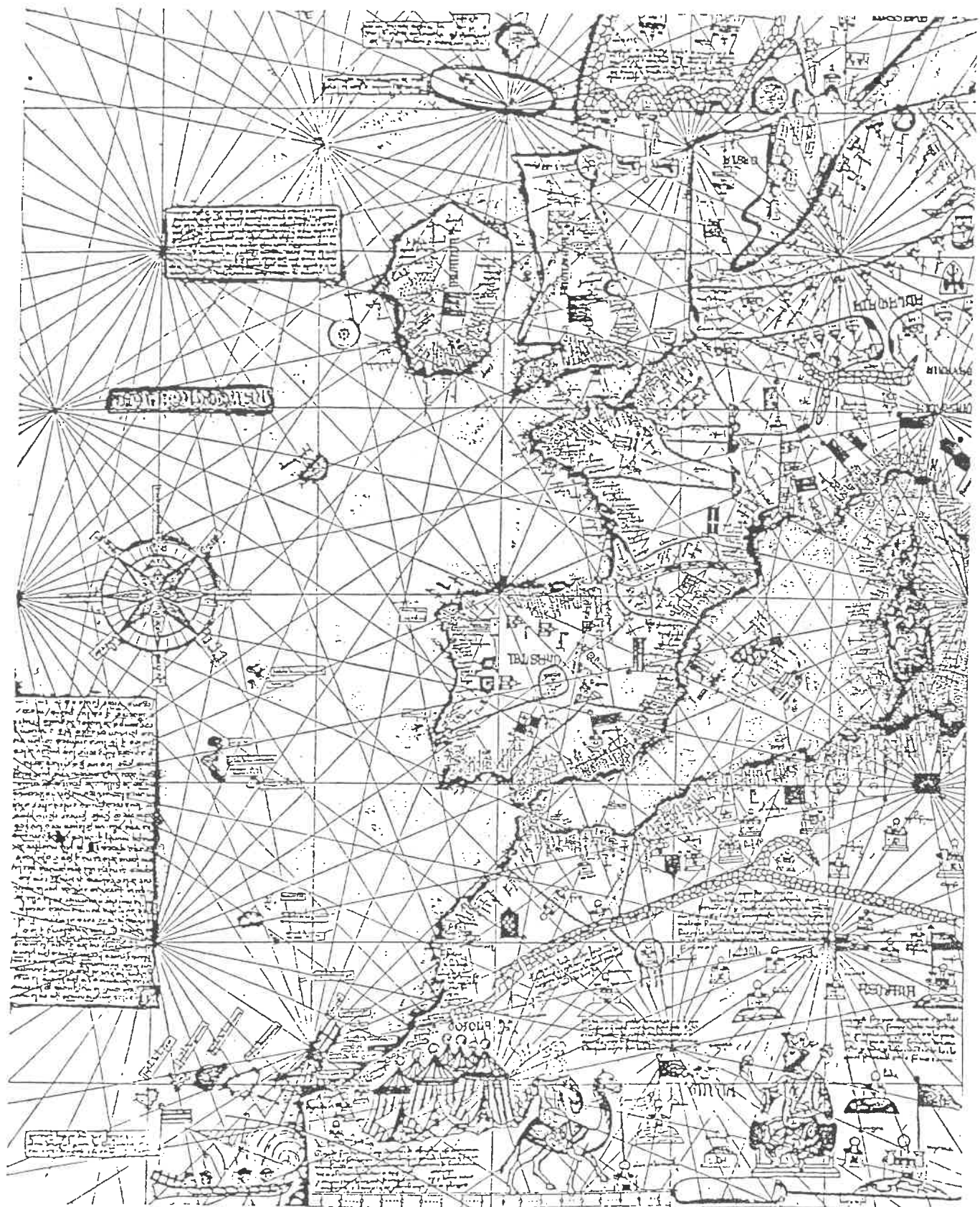


Figure 13 Atlas Catalan 1375



Fig 14 Carte catalane de Modène, ca. 1450

Pour déterminer la position de son navire, le marin avait besoin de deux paramètres : la direction et la distance. Il obtenait la direction à l'aide du portulan, en cherchant le rhumb le plus proche de la route choisie. À l'aide de la boussole il mettait le cap sur ce rhumb. Il obtenait la distance "**à l'estime**", en tenant compte de la force des vents et des courants ; le **loch** n'était pas encore inventé.

À partir d'une échelle en milles, figurée dans un coin de la carte, le marin obtenait la longueur graphique correspondant à la distance parcourue, obtenue à l'estime. Au moyen d'un compas à pointe sèche, il reportait cette longueur graphique à partir du point de départ, où était fixée l'une des pointes du compas ; l'autre pointe du compas lui donnait la position du navire sur le rhumb.

Cette méthode se pratiquait sans difficulté en Méditerranée, où l'on ne perdait jamais de vue les côtes pendant plus de deux ou trois jours et où la variation de la déclinaison magnétique était faible. Mais lorsqu'on commença à explorer les côtes d'Afrique et à se lancer dans l'Atlantique, cette méthode se révéla défectueuse par suite de l'accumulation des erreurs dans l'estimation des distances ; d'où la nécessité, le long des côtes d'Afrique, de procéder à des déterminations de latitude, comme nous l'avons vu en 3.4.

Dans l'Atlantique il y avait en outre une importante variation de la déclinaison magnétique. Le portulan n'était plus utilisable et il fallait un autre type de carte. Sans entrer dans des détails qui sortiraient du cadre de la présente étude, qui se limite à l'époque de **Christophe Colomb**, disons que le 16^e siècle verra l'élaboration des concepts de **loxodromie** et d'**orthodromie**, que l'on continuera à naviguer à cap constant, mais avec une carte adaptée à cet usage, où l'image d'une loxodromie sur le globe terrestre est une droite : c'est la **projection de Mercator**, utilisée pour la première fois en 1569 sur la carte du monde du grand cartographe flamand.

4 LE RECOURS DES COSMOGRAPHES DES 14^E ET 15^E SIÈCLES À LA GÉOGRAPHIE ANTIQUE, LEUR INTERPRÉTATION DE CELLE-CI

Nous venons de voir quel était l'état de la connaissance du monde après les explorations et découvertes des 14^e et 15^e siècles, avant le voyage de Colomb. Si l'on connaît bien les pourtours du bassin méditerranéen, assez bien l'Atlantique Nord et les côtes occidentales de l'Afrique, de grandes interrogations subsistent en ce qui concerne :

- les dimensions du globe, ou ce qui revient au même la valeur du degré terrestre,
- les dimensions de l'œcumène et surtout son extension vers l'Est.

On dispose de la relation de **Marco Polo**, mais celui-ci n'a fourni aucune détermination de latitude, à fortiori de longitude et il s'est trompé dans l'évaluation de la distance de Cypango (le Japon) à la côte chinoise.

Ainsi la plus grande incertitude règne sur l'étendue d'océan à franchir entre l'Espagne et Cypango, puis la Chine.

Dans l'Atlantique on en est réduit à imaginer des îles mythiques comme celle de **Brasil**, comme l'archipel de **St Brandan**, comme **Antilia** ; les différentes îles des Açores se présentent jusqu'en 1482 comme un chapelet d'îles disposées Nord Sud à 100 lieues de la côte portugaise, alors qu'elles sont sensiblement selon une direction Est Ouest à 200 lieues de la côte. Les esprits se passionnent pour le Royaume du "**Prêtre Jean**" et plusieurs hypothèses circulent au sujet de sa position géographique.

Dans ces conditions on conçoit que **C. Colomb**, que **Toscanelli**, que les cosmographes portugais et espagnols, qui eurent à étudier le projet de Colomb, aient fait appel aux connaissances géographiques de l'Antiquité, tant était grand le prestige dont jouissaient des auteurs comme **Aristote**, **Marin de Tyr** et **Ptolémée**.

Nous allons donc examiner comment les contemporains de **C. Colomb** interprétaient les données géographiques fournies par ces auteurs anciens.

4.1 L'interprétation d'Aristote

À l'âge d'or de la scholastique, aux 13^e et 14^e siècles, **Aristote** jouit d'une autorité absolue ; on le considère comme le précurseur du Christ dans l'ordre de la nature ; nous avons vu en 2) les efforts de **Albert le Grand** et de **St Thomas d'Aquin** pour concilier la foi chrétienne avec les doctrines aristotéliennes, telles qu'elles avaient été transmises à l'Occident latin par les philosophes arabes **Avicenne** et **Averroès**.

Plus tard **Paul de Burgos** (ca 1350-1435) fit de même pour concilier la théorie des éléments d'**Aristote**, exposée dans son "**De cœlo**", avec la Bible.

Dans ses **Annotations** (1429) aux **Apostilles sur la Bible** de **Nicolas de Lyre**, **Paul de Burgos**, juif espagnol converti au catholicisme, soutenait que le premier jour de la création les éléments étaient -comme l'avait indiqué **Aristote**- dans un ordre parfaitement concentrique : la sphère de la Terre (EBDG), de centre A ; autour d'elle la sphère de l'eau (MNO) (figure 15).

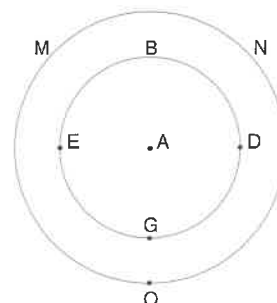


Figure 15

Le 3^e jour d'après le **livre de la Genèse**, par lequel débute la **Bible**, "Dieu a ordonné que cette sphère de l'eau se rassemble en un seul lieu, de telle sorte que la terre ferme apparaisse" (fig 16). Après le rassemblement des eaux le centre de la sphère de l'eau est F, "excentrique" du centre du monde, coïncidant avec le centre A de la sphère de la terre. L'œcumène est alors émergé selon la partie d'arc du cercle EBD égale à 180°, extension que lui a donnée **Ptolémée**, mais si on veut rejoindre les Indes par l'Ouest, il faut parcourir l'arc de cercle EMOND, supérieur à 180° sur une sphère de rayon FE > AE, nettement plus long que le trajet EGD.

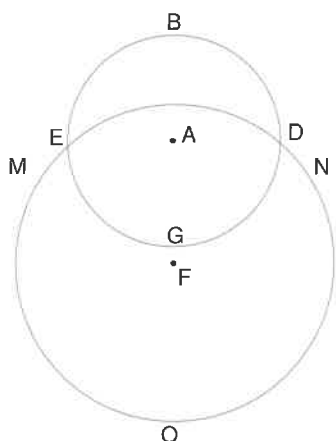


Figure 16

Roger Bacon (1219-1292) dans son **Opus majus**, invoquant aussi **Aristote**, puis les **Questions naturelles** de **Sénèque**, et enfin l'**Histoire naturelle** de **Pline**, estimait que l'Europe et l'Inde occupaient au moins les 2/3 de la circonférence terrestre, soit 240°, alors que **Marin de Tyr** étendait l'œcumène sur 225°. Pour **Roger Bacon** l'espace océanique séparant l'Espagne de l'Inde n'était donc que de 120° : il pouvait être traversé en peu de jours, avec des vents favorables. On citait aussi le chœur antique de la Médée de Sénèque : "un temps viendra au cours des siècles, où l'océan élargira la ceinture du globe pour découvrir une terre immense et inconnue ; la mer nous révélera de nouveaux mondes et Thulé ne servira plus de borne à l'Univers".

L'opinion de **Roger Bacon** fut reprise par **Pierre d'Ailly** dans son "**Imago Mundi**" (Louvain 1483), ouvrage que **Christophe Colomb** compléta par de nombreuses apostilles.

Christophe Colomb s'en tenait à cette thèse d'un intervalle océanique étroit entre l'Espagne et les Indes, alors que les cosmographes des deux joutes lui opposaient celle de **Nicolas de Lyre** - **Paul de Burgos**.

Toutefois dans son troisième voyage en Amérique, **Christophe Colomb**, constatant que la hauteur de l'étoile polaire avait varié de 5 à 15° en une nuit, conclut que "la Terre a plutôt la forme d'une poire, ronde partout, sauf à l'endroit où sa queue forme un renflement". Il semble qu'il y ait là une réminiscence du modèle d'**Aristote**, revu et corrigé par **Paul de Burgos**, avec une sphère de l'eau plus grande que celle de la Terre. En outre **Christophe Colomb** croyait qu'en se dirigeant vers l'Ouest sur la sphère de l'eau à partir des

Açores "les navires naviguent en s'élevant doucement vers le ciel" ⁽¹⁾.

D'après **Fernand Colomb** (bibl 2) fils de **Christophe Colomb**, les cosmographes des Rois catholiques estimaient que le projet de Colomb ne pourrait être pris en considération que lorsqu'on connaîtrait, par terre, la véritable étendue de l'œcumène vers l'Est.

Dès 1483-84 **C. Colomb** qui se trouvait au Portugal, avait déjà rencontré la même objection de la part des cosmographes du roi du Portugal **Jean II**. Il leur avait répondu que les découvertes portugaises des Açores et d'une grande partie du littoral africain avaient rendu caduque la doctrine de **Paul de Burgos**. "La nature ne pouvait pas dans la composition du globe se montrer si désordonnée qu'elle voulut lui accorder davantage de l'élément de l'eau que de l'élément de la terre non recouverte d'eau, afin d'assurer la vie et la reproduction des êtres animés".

Plus tard l'italien **Geraldini** (1455-1525) (bibl 3), qui avait assisté aux travaux de la seconde Junte espagnole de **Santa Fé** de 1491, faisait observer aux cosmographes espagnols que les découvertes portugaises le long du littoral africain anéantissaient la doctrine de **Paul de Burgos**.

En effet en 1488, le **cap de Bonne Espérance** avait été atteint. Cette poussée importante de l'Afrique dans l'hémisphère austral donnait raison -selon **Geraldini**- à ceux qui estimaient que les terres émergées avaient de grandes dimensions, d'où ils déduisaient qu'une faible distance d'Océan séparait l'Espagne des Indes.

4.2 La perception de la géographie de Marin de Tyr

Nous avons vu que, dans sa critique de **Marin de Tyr**, **Ptolémée** avait réduit d'environ 8° les latitudes australes d'**Agisymba** et du **Cap Prasum**. Ainsi les découvertes des marins portugais le long des côtes d'Afrique - comme l'avait souligné **Geraldini**- semblaient confirmer l'existence de grands espaces émergés et donnaient raison à **Marin de Tyr** dans l'extension de son œcumène vers l'Est, supérieure de 45° à celle de **Ptolémée**.

Nous avons vu que **Marin de Tyr** évaluait la différence de longitude entre les Iles Fortunées et Cattigara, extrémités de l'œcumène, à 225°. Logiquement **Toscaneli** aurait du prendre de Lisbonne à Cattigara 8°,1 de moins (voir fig 17), soit 216°,9, alors qu'il a pris 230° (puisque pour l'intervalle océanique il a pris 26 espaces de 5°). C'est probablement sous l'influence de **Marco Polo** que **Toscaneli** a augmenté de 13°,1 l'œcumène de **Marin de Tyr**. C'est celui-ci qui a aussi inspiré le dessin de la carte d'**Henricus Martellus** en 1490, deux ans après la découverte du cap de Bonne Espérance (voir fig 10).

4.3 L'interprétation de Ptolémée

Après les modèles d'**Aristote** et de **Marin de Tyr** il faut évoquer celui de **Ptolémée**. Contrairement à l'**Almageste** et à d'autres œuvres de savants grecs qui ont été transmises à l'Occident latin par les Arabes, c'est le mécène florentin **Palla Strozzi** qui fit venir de

(1) Christophe Colomb imagine que les navires voguent selon la direction EM de la figure 16 ; comme le ciel est concentrique à la sphère de la Terre BEGD, il y a bien montée vers le ciel dans le trajet EM.

Byzance vers 1400 le texte grec de la **Géographie** de **Ptolémée**. Dès 1406 paraît une traduction latine par le byzantin **Chrisoloras** et l'Italien **Jacopo Angiolo della Scorpia**. La connaissance de la géographie de Ptolémée constitua une véritable révolution intellectuelle en ce début du 15^e siècle. Des historiens des Sciences estiment même que la **Géographie** de **Ptolémée** eut davantage d'impact sur les esprits de la Renaissance que la découverte de l'Amérique par **Christophe Colomb**.

Après la découverte de l'imprimerie, la **Géographie** de **Ptolémée** fit l'objet de nombreuses éditions et nous avons vu que **C. Colomb** possédait l'édition de Rome de 1478.

La **Géographie** de **Ptolémée**, connue au Portugal depuis 1484 et très probablement en Espagne au moment des deux juntes de 1486-87 et de 1491, semble avoir été ignorée des cosmographes ayant siégé aux deux juntes, car elle leur aurait donné certains arguments contre la thèse de **Colomb**.

Mais **Colomb**, qui connaissait la **Géographie** de **Ptolémée**, savait que celui-ci s'opposait formellement à la théorie des quatre éléments d'**Aristote** ; pour lui la Terre présentait des parties creuses dans lesquelles se trouvaient les océans et "la surface continue de la Terre et des mers forme une sphère, dont le centre est le centre même de la sphère des corps célestes". Dès que la **Géographie** de **Ptolémée** fut introduite en Occident, la conception de **Ptolémée** prévalut sur celle d'**Aristote** et sur son interprétation par **Paul de Burgos**, qui voyait la Terre se comporter comme une balle dans un bassin rempli d'eau.

La nouvelle conception, issue de **Ptolémée** est celle de "globe terraqué" (terra-aqua), qui renforce l'hypothèse de terres émergées de grandes dimensions, d'où on déduit une surface réduite de l'océan.

En 1484 l'Espagnol **Jacob Perez de Valencia** se ralliait au concept ptoléméen : "les mers ne sont rien d'autre que des rassemblements des eaux au plus profond des vallées entre les montagnes... l'océan n'entoure pas toute la Terre comme on le pense généralement. Bien plus..., il est enfermé de toute part par des montagnes". Il ne semble pas que cette critique, pourtant formulée par un Espagnol, ait été, au même titre que la **Géographie** de **Ptolémée**, portée à la connaissance des deux juntes de 1486-87 et de 1491.

Christophe Colomb lui-même, d'après son fils **Fernand Colomb** et **Las Casas** (bibl 1 et 2) "pensait que toute l'eau et la Terre de l'Univers constituaient et formaient une sphère qui pouvait être circumnaviguée d'Est en Ouest".

Toutefois, comme nous l'avons déjà fait remarquer, on ne croyait plus à la veille du voyage de **Christophe Colomb** que l'océan Indien était un lac fermé sans communication avec l'Atlantique : voir en particulier la carte d'**Henricus Martellus** (fig 5).

5 APPRÉCIATION PAR CHRISTOPHE COLOMB DE LA DISTANCE QU'IL AVAIT À PARCOURIR

5.1 L'interprétation par C. Colomb de la valeur du degré terrestre des géodésiens arabes.

Une apostille du célèbre navigateur, en marge de l'"**Imago Mundi**" de **Pierre d'Ailly**, indique qu'il est d'accord avec la valeur du degré terrestre de 56 milles 2/3, diffusée au 9^e siècle par l'astronome arabe **Al Fragan**, et transmise en Occident, grâce à la traduction de

1175 de l'ouvrage d'**Al Fragan** par **Jean de Séville** ; nous avons vu que cette valeur du degré terrestre est exprimée en **milles arabes**, en vigueur sous **Al Mamun**, à savoir un mille = 1 973,20 m. Mais **C. Christophe** commet l'erreur de confondre ce mille arabe avec le mille italien, qui d'après ce que nous avons vu en 2) ne vaut que 1 589 m, d'où une erreur relative de :

$$\frac{1\,589 - 1\,973,2}{1\,973,2} = -19,5\%$$

Le degré terrestre valait donc pour **C. Colomb** : $1\,589 \times 56 \frac{2}{3} = 90,04$ km, au lieu d'env. 111,11 km.

5.2 Estimation par C. Colomb pour atteindre la Chine de la distance océanique qu'il avait à franchir

Nous avons vu que **C. Colomb** estimait à environ 90° la différence de longitude entre les Canaries et la côte Est de Cypango. Si on considère la carte de **Toscanelli**, il faut, pour atteindre la Chine, ajouter à cette valeur la largeur de 10° de Cypango et les 4 "espaces" de 5° entre la côte Ouest de Cypango et Quinsay. Le trajet total à parcourir correspond donc à environ $90^\circ + 10^\circ + 20^\circ = 120^\circ$. Si on part de la distance explicitée par **Toscanelli** de 26 espaces de 5° entre Lisbonne et Quinsay et si l'on tient compte de la différence de longitude correcte entre Lisbonne et l'île de Gomera (Canaries), soit 8°,1 (voir fig 17), on obtient un résultat voisin :

$$130^\circ - 8^\circ,1 = 121^\circ,9$$

que nous adoptons.

Pour **Colomb** le degré terrestre vaut 90,04 km sur un arc de grand cercle ; à la latitude des Canaries 28°, un degré intercepte, sur ce parallèle, la longueur : $90,04 \times \cos 28^\circ = 79,5$ km.

La différence de longitude correcte :

- Gomera - méridien de Tokyo est par l'océan de 202°,7,
- Gomera - Zhang-Zhou est par l'océan de 225° (360° - 135°, voir n° 1.8).

Désignons par S les distances Gomera - Cypango et par T les distances Gomera - Zhang-Zhou (ou Quinsay ou Cattigara), comptées le long du parallèle 28°. On a donc pour les distances exactes :

$$S = 202,7 \times 111,111 \times \cos 28^\circ = 19\,886 \text{ km,}$$

$$T = 225 \times 111,111 \times \cos 28^\circ = 22\,074 \text{ km.}$$

Pour **Colomb** (**Toscanelli**) elles sont respectivement :

$$S_c = 90 \times 79,5 = 7\,155 \text{ km,}$$

$$T_c = 121,9 \times 79,5 = 9\,691 \text{ km.}$$

D'où le tableau récapitulatif ci-dessous, où les distances sont exprimées en km.

	1	2
	Distance exacte	Distance selon Colomb, mille italien de 1 586 m
Gomera Cypango	S = 19 886	S _c = 7 155
Gomera Quinsay	T = 22 074	T _c = 9 691

La comparaison de la colonne 2 à la colonne 1 montre que dans notre hypothèse de 1 mille italien valant 1 589 m, on a :

$$\frac{S_c}{S} = 36\%, \frac{T_c}{T} = 44\% ;$$

ces deux pourcentages mettent bien en évidence la sous-évaluation notoire de **C. Colomb** des distances qu'il avait à parcourir.

La figure 17 comporte le tracé de deux circonférences, représentant le parallèle 28° du globe terrestre, dans les deux hypothèses ci-dessus :

a) la circonférence extérieure de rayon R correspond à un degré terrestre de :

$$111,111 \text{ km,}$$

b) la circonférence intérieure, de rayon :

$$R_c = R \times \frac{90,04}{111,111} ,$$

correspond à l'hypothèse retenue par **C. Colomb** de un degré valant 56 2/3 milles italiens de 1,589 km, soit 90,04 km.

Nous avons tracé :

- le méridien des Iles Canaries, supposé passer par l'île de Gomera (G), où **C. Colomb** a fait cap vers l'ouest,

- le méridien de Lisbonne (L), situé à 8°,1 à l'Est du précédent,

- le méridien de Greenwich (Gr), situé à 17°,3 à l'Est de celui de Gomera,

- le méridien de Tokyo (T) à 140° de longitude Est de celui de Greenwich (Gr).

Nous avons reporté sur ces deux circonférences :

- Zhang-Zhou (Z) sur la circonférence extérieure,
- Quinsay (Q) sur la circonférence intérieure.

Nous avons visualisé :

- selon l'arc en **traits épais** le trajet correct Gomera - Zhang-Zhou

- selon l'arc en **tirétés** le trajet Gomera - Quinsay selon l'hypothèse de **C. Colomb - Toscanelli**.

Le trajet supposé par **C. Colomb** est les 44% du trajet réel ; ce résultat provient des deux erreurs cumulées :

- celle de **Toscanelli**, augmentant à tort l'œcumène déjà exagéré de **Marin de Tyr** et rétrécissant outre mesure l'espace océanique entre les Canaries et la Chine,

- celle de **C. Colomb** confondant le mille arabe avec le mille italien.

Il est probable que si **C. Colomb** n'avait pas commis la double erreur ci-dessus, il aurait renoncé à joindre les "Indes" par l'Ouest.

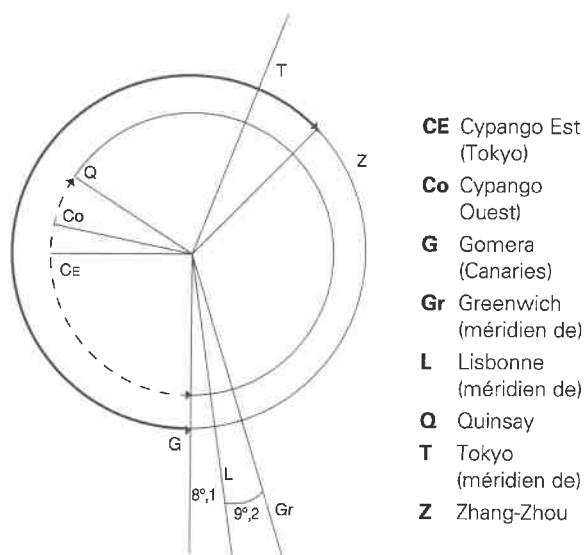


Figure 17 Cattigara, Quinsay et Zhang-Zhou sont trois appellations différentes d'une même localité.

BIBLIOGRAPHIE

1 Bartolomé de Las Casas - Historia de Las Indias. Madrid 1957.

2 Fernand Colomb - Vita di Cristoforo Colombo. Venise 1571.

3 Alexandre Geraldini - Itinerarium ad regiones sub æquinoctiali plaga constitutas. Roma 1631.

4 Hermann Wagner - Die Rekonstruktion der Toscanelli Karte von Jahre 1474 und die pseudo facsimilia des Behaim Globus v.j. 1492, in : Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaft zu Göttingen 1894.

5 A. Fontoura da Costa - La lieue marine des Portugais aux 15è et 16è siècles. Congrès international de géographie d'Amsterdam 1938.

6 C.A Nallino - Il valore metrico del grado di meridiano secondo i geografi arabi, in : Raccolta di scritti editi ed inediti, Rome 1944.

7 Clos-Arceud - L'énigme des portulans. Paris 1962.

8 Marcel Destombes - Mappemondes AD 1200-1500. Amsterdam 1964.

9 Marianne Mahn-lot - La découverte de l'Amérique. Paris 1970.

10 Michel Mollat - Les explorateurs du 13è au 16è siècle. Paris 1984.

11 W.G.L Randles - Le projet asiatique de C. Colomb devant la science cosmographique portugaise et espagnole de son temps. ISLENHA n° 5 Déc. 1989 : Funchal, Madère.

12 W.G.L Randles - La cartographie de l'Atlantique à la veille du voyage de C. Colomb, in : Actas do II Coloquio internacional de Historia da Madeira, sept 1989 : Funchal Madère.

13 Jacques Attali - "1492". Paris 1991.

14 François Bellec - Tentation de la haute mer. Paris 1992.



Un vaisseau du 15ème siècle semblable à la Santa Maria illustre une édition de 1493 de la lettre de Colomb relative à sa découverte. (Photo Bibliothèque Nationale).

