

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**.

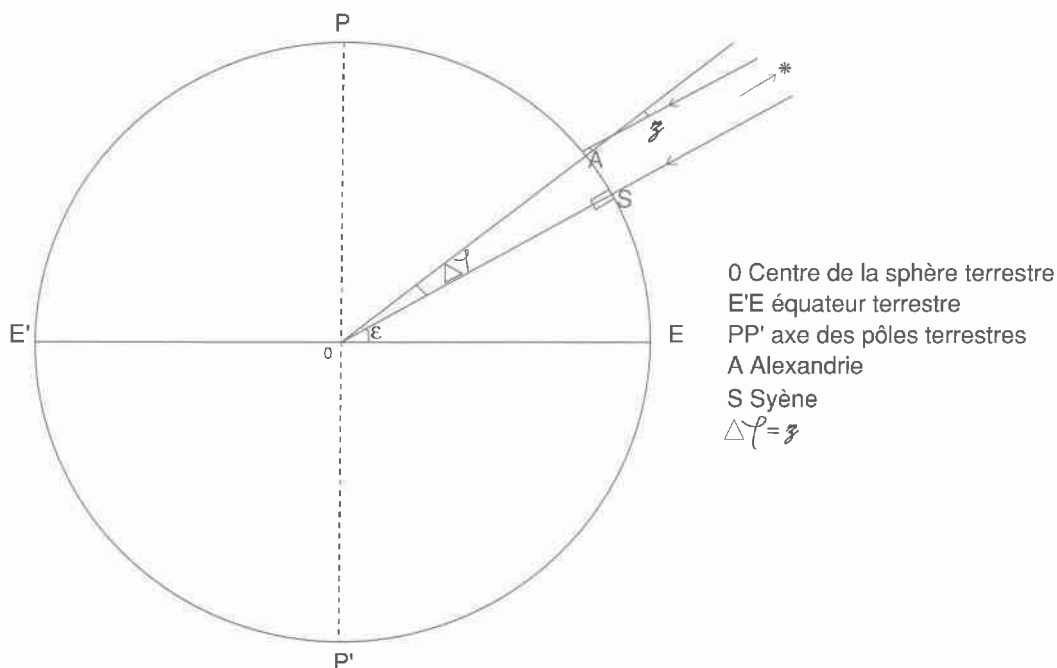


figure 1

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 :

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

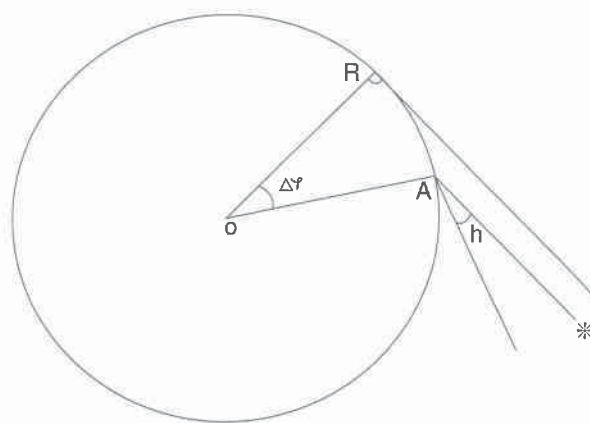
0,1575 km est la longueur du **stade d'Eratosthène** ; 0,210 km la longueur du **stade dit philétarien**. Dans ces conditions :

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

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'**Ile 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

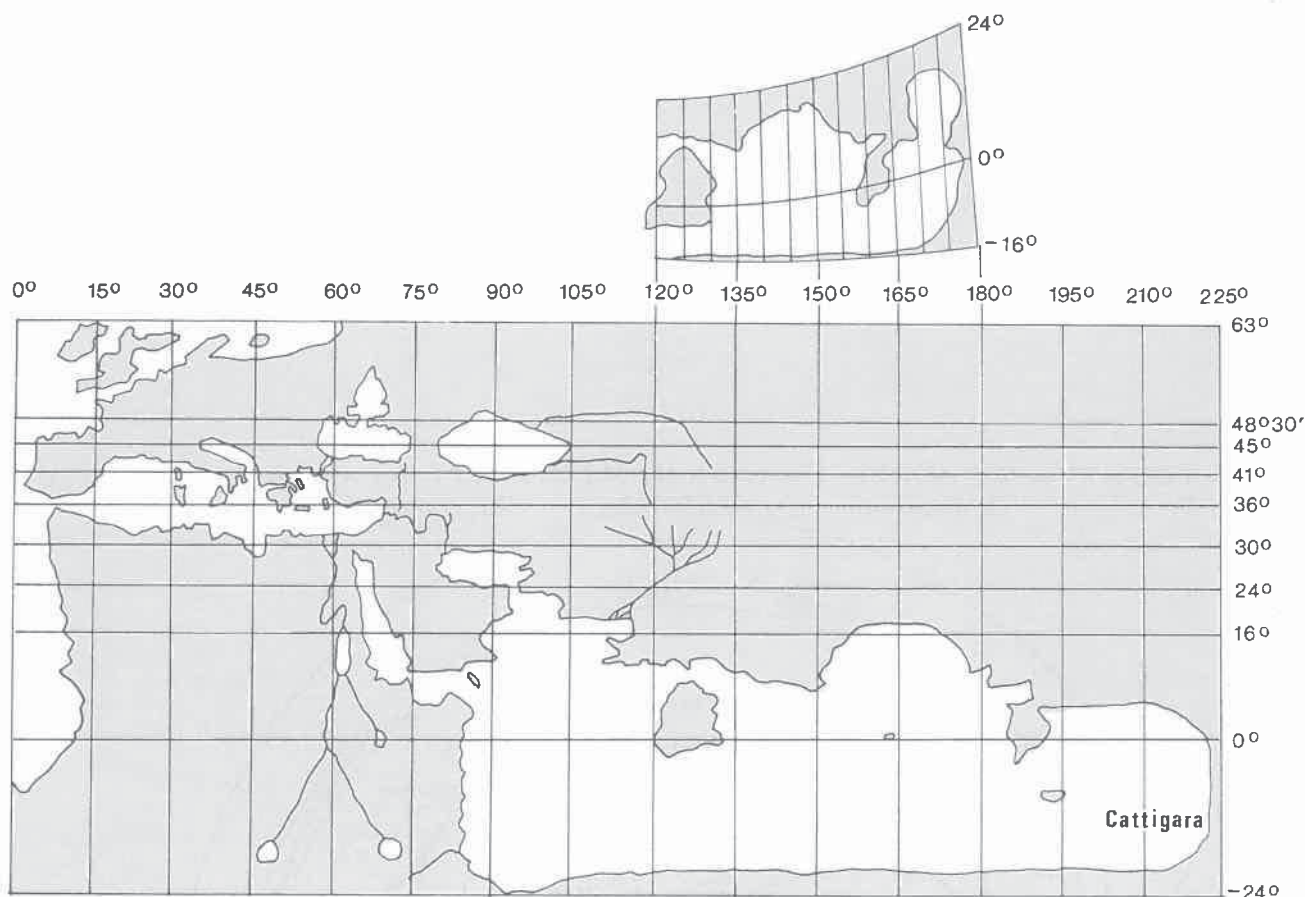


Figure 5 Carte de Marin de Tyr

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 :

$\cos \frac{M}{2} = \tan \mathcal{P} \cdot \tan \varepsilon$, où ε est l'obliquité de l'écliptique, égale à $23^\circ,51'$ pour **Ptolémée**, 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.

PTOLEMÆUS ROMÆ 1490.

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

Figure 6

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

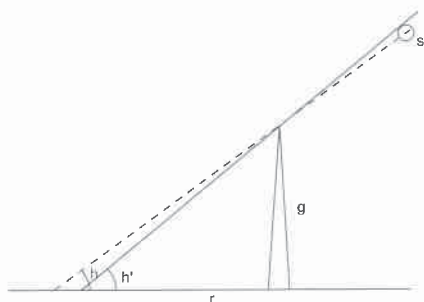


Figure 7

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 :

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

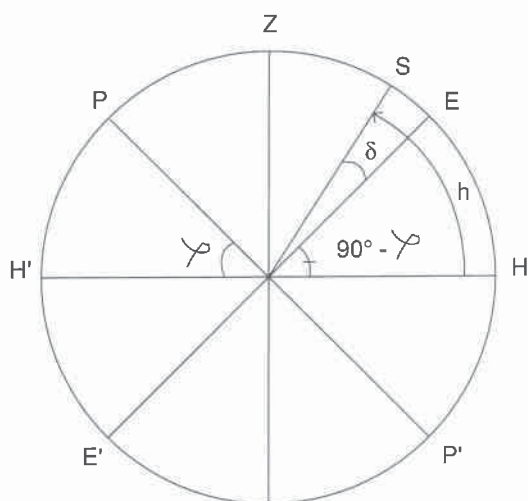


Figure 8

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 :

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

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 :

$$\frac{180\,000}{7,5} = 24\,000$$

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 Behaïm** 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 sinieuse 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^{ème} siècle accordent aux rois du Portugal la propriété de la côte africaine "jusqu'au royaume du Prêtre Jean".

Au début du 14^{ème} 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^{ème} 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^{ème} 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° :

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

et 1 500 li représentent selon notre calcul :

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

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 Silvius Piccolini**) de 1477,
- **L'Imago Mundi** du Cardinal **Pierre d'Ailly** de 1480,
- la **Géographie** de **Ptolémée**, édition de Rome de 1478.

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

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) 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°

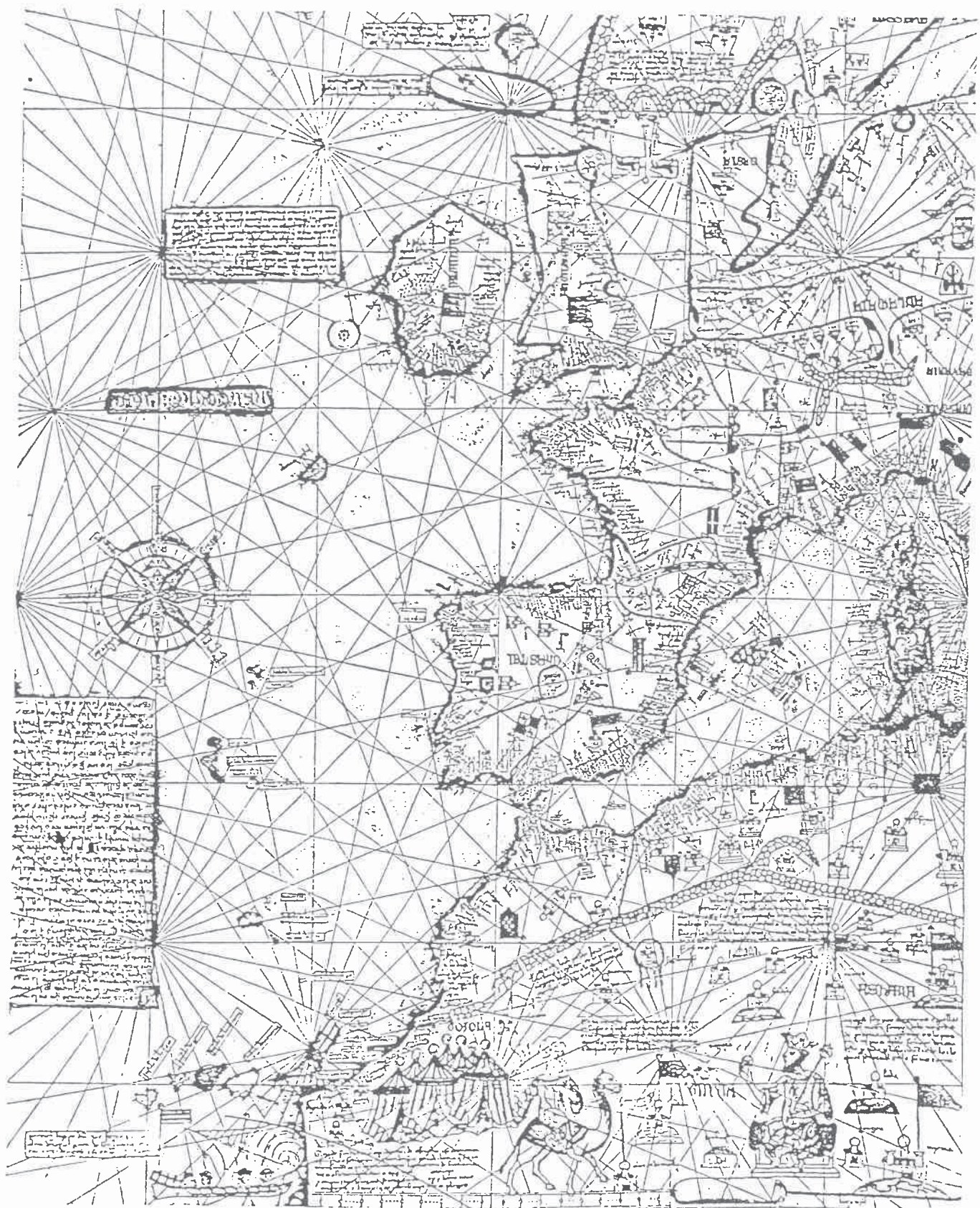


Figure 13 Atlas Catalan 1375



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 défaillante 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 siècle, **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 **Averroës**.

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).

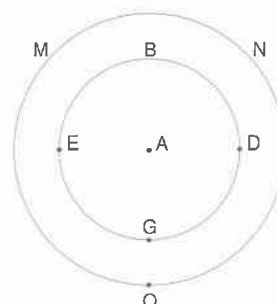


Figure 15

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.

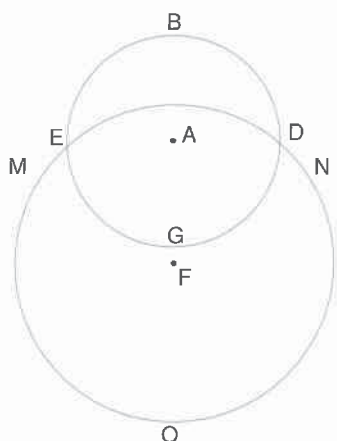


Figure 16

Roger Bacon (1219-1292) dans son **Opus majus**, invoquant aussi **Aristote**, puis les **Questions naturelles** de **Sénèque**, et enfin l'**Histoire naturelle** de **Plinie**, 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 juntes 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 **Toscanelli** 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 **Toscanelli** 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 Scoria**. 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.

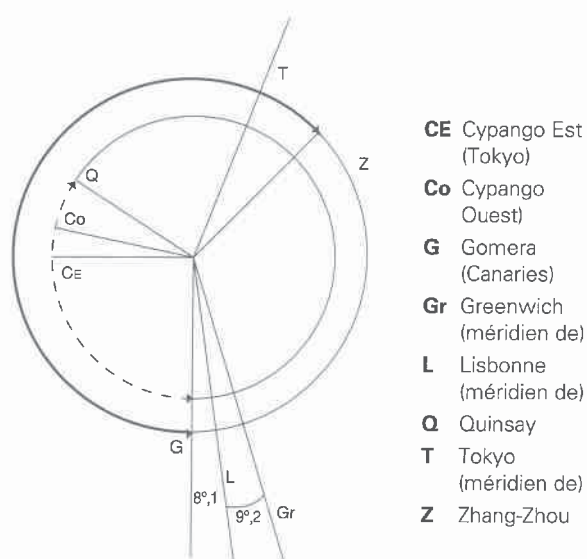


Figure 17 Cattigara, Quinsay et Zhang-Zhou sont trois appellations différentes d'une même localité.

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.