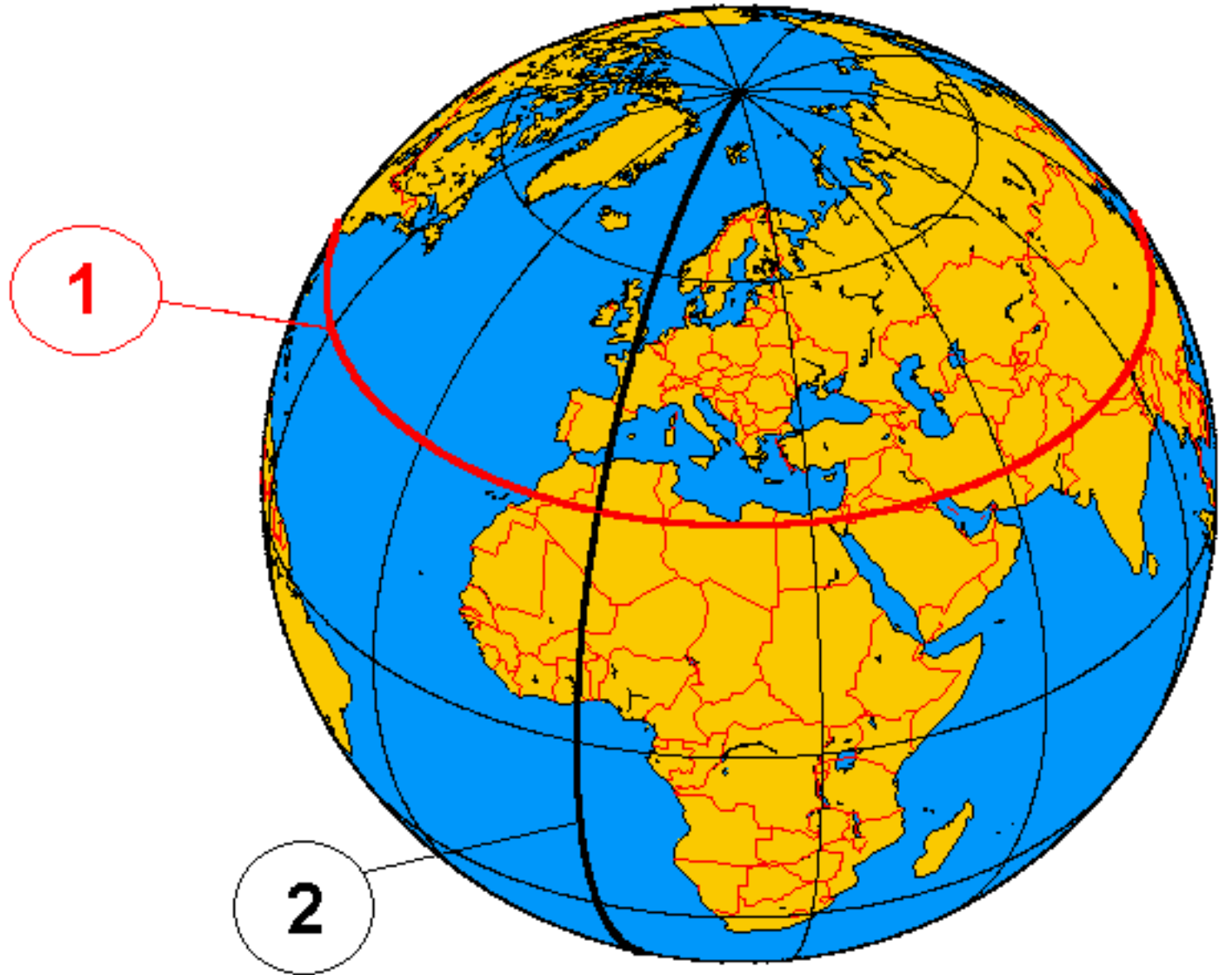


# Sistema de coordenades

- El sistema de coordenades es requereix per a localitzar punts al globus.
- El equador és la línia horitzontal que divideix la terra de manera equidistant entre un hemisferi nord i una sud.
- El tròpics de Cancer i Capriconi indiquen les línies de la posició màxima del sol en estiu i en hivern.
- Hiparcus (S II a.C) va proposar ficar línies de est a oest de manera equidistant i els va cridar paral·lels.
- Després es van afegir els meridians, línies nord-sud que són equidistants també entre elles al equador i que convergent als pols.



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meridian-International.PNG>

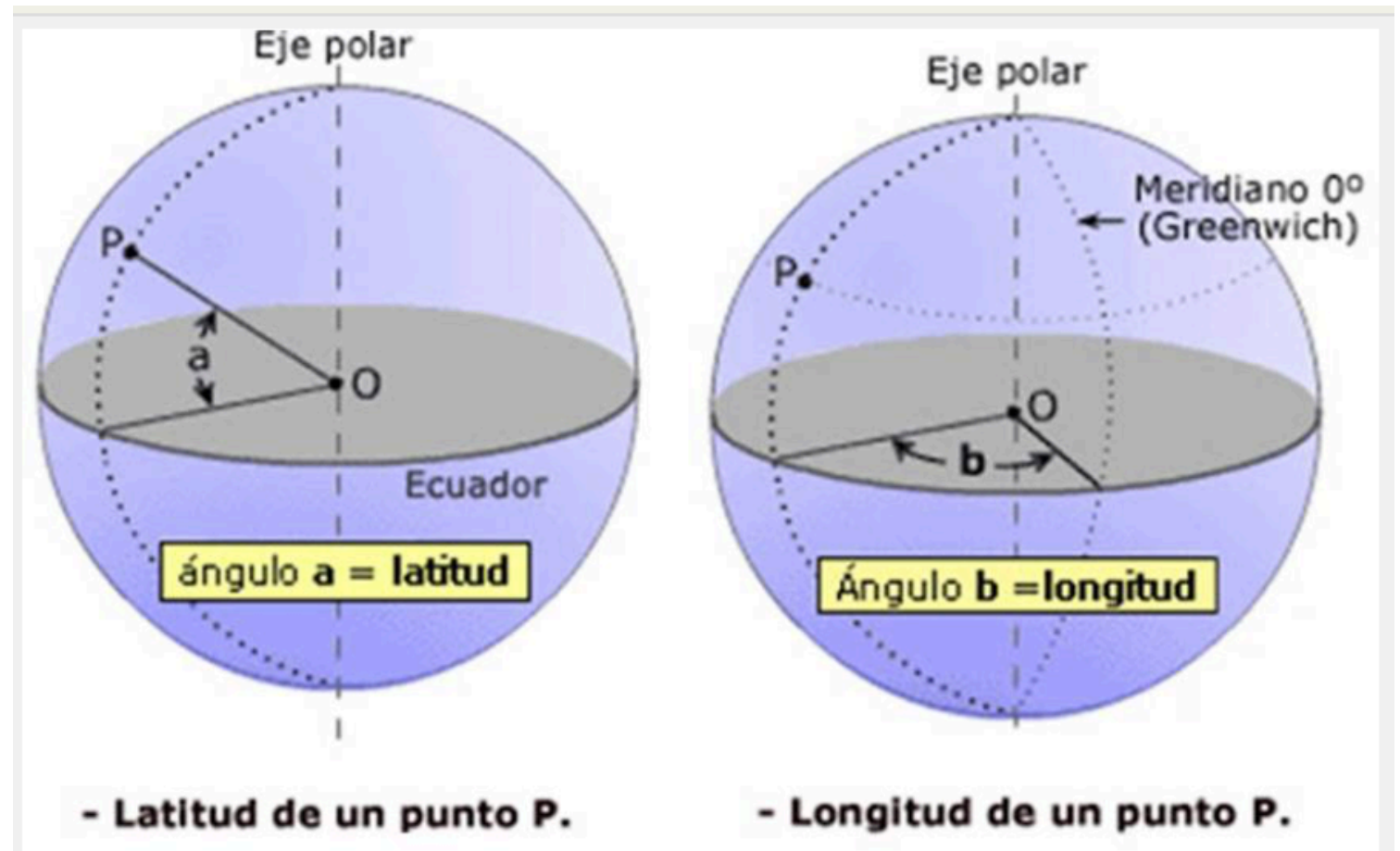
Latitud + longitud =  
coordenada geogràfica

Sistema sexagesimal:  
1 grau ( $^{\circ}$ ) = 60 minuts  
( $'$ ) = 3600 segons ( $''$ )

És possible expressar latitud i  
longitud en graus decimals:

$$GD = g + m/60 + s/3600$$

Ex.  $44^{\circ}56'18''$

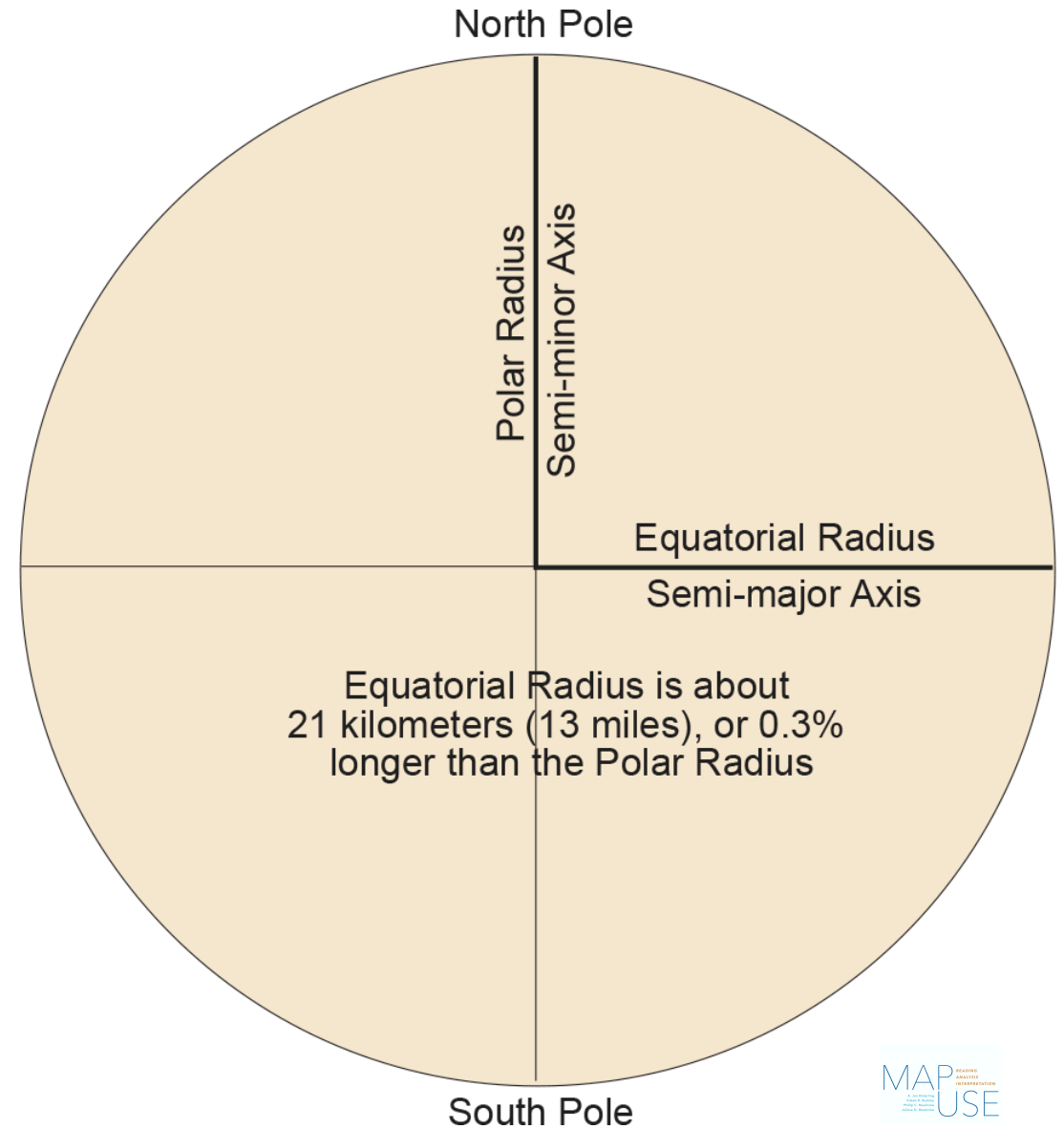


# La Terra com un el·lipsoide aplatat

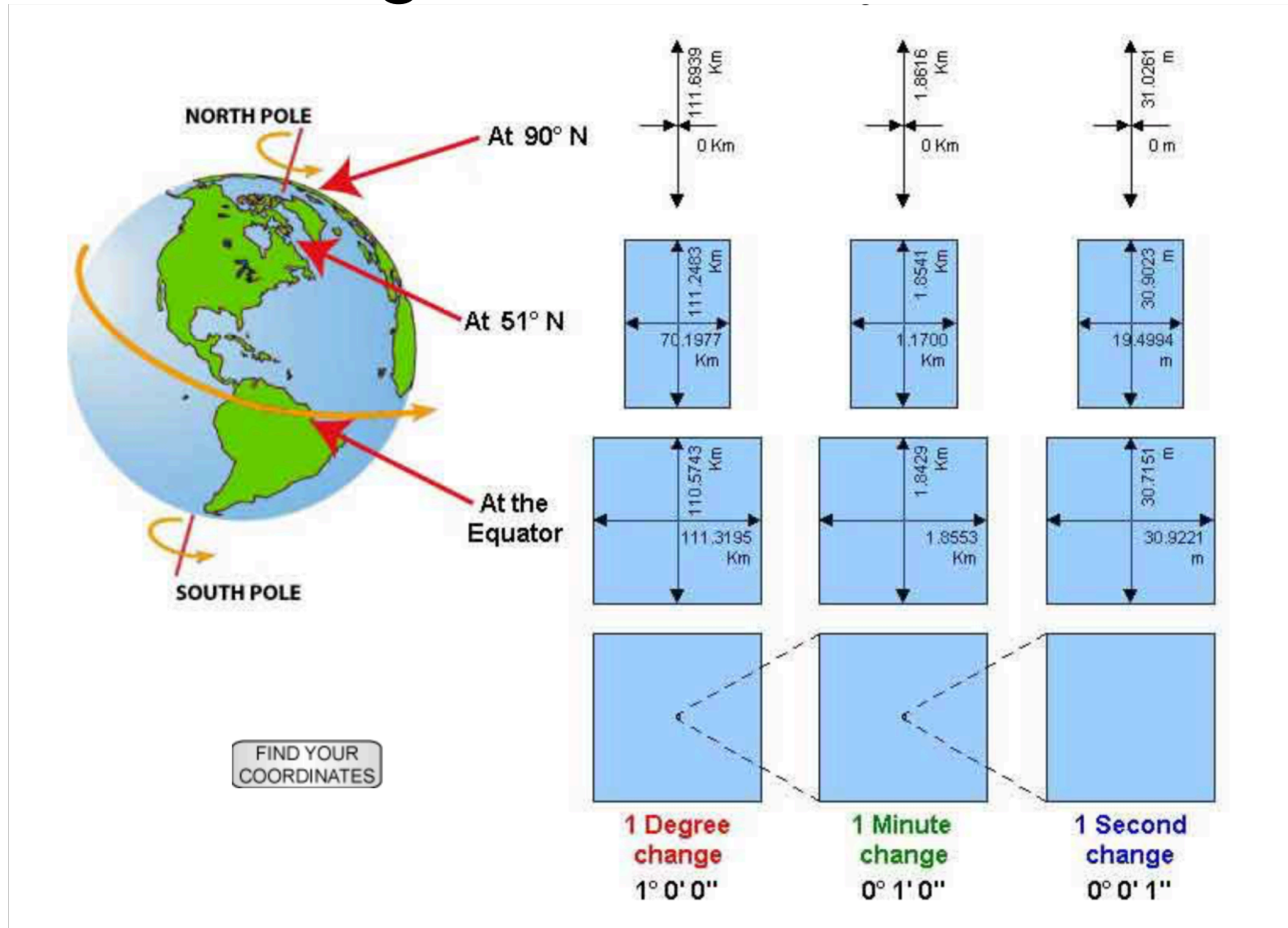
La forma de l'el·lipsoide aplatat es va determinar mesurant graus de latitud a diferents latituds a partir de 1730.

El radi equatorial era 21 km més gran que el polar.

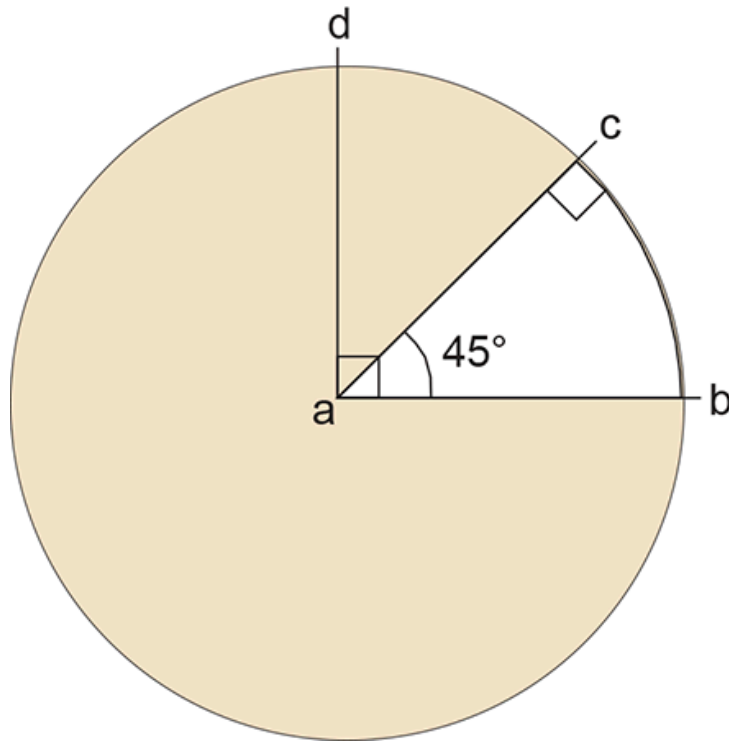
Els paral·lels no estan espaiats equitativament, l'espai decreix dels pols a l'equador.



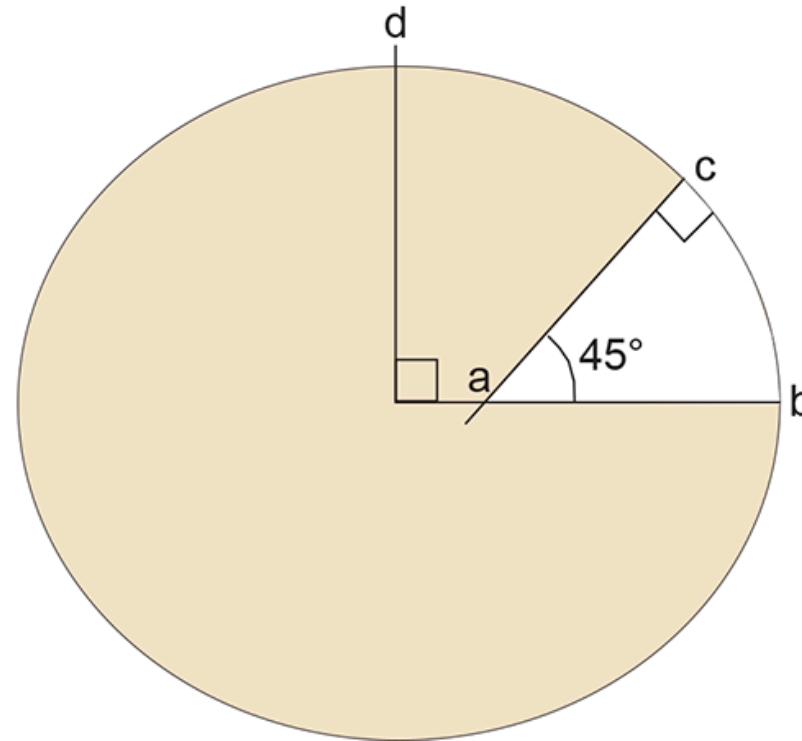
# Mesura d'un grau de latitud



### Geocentric Latitude on a Sphere



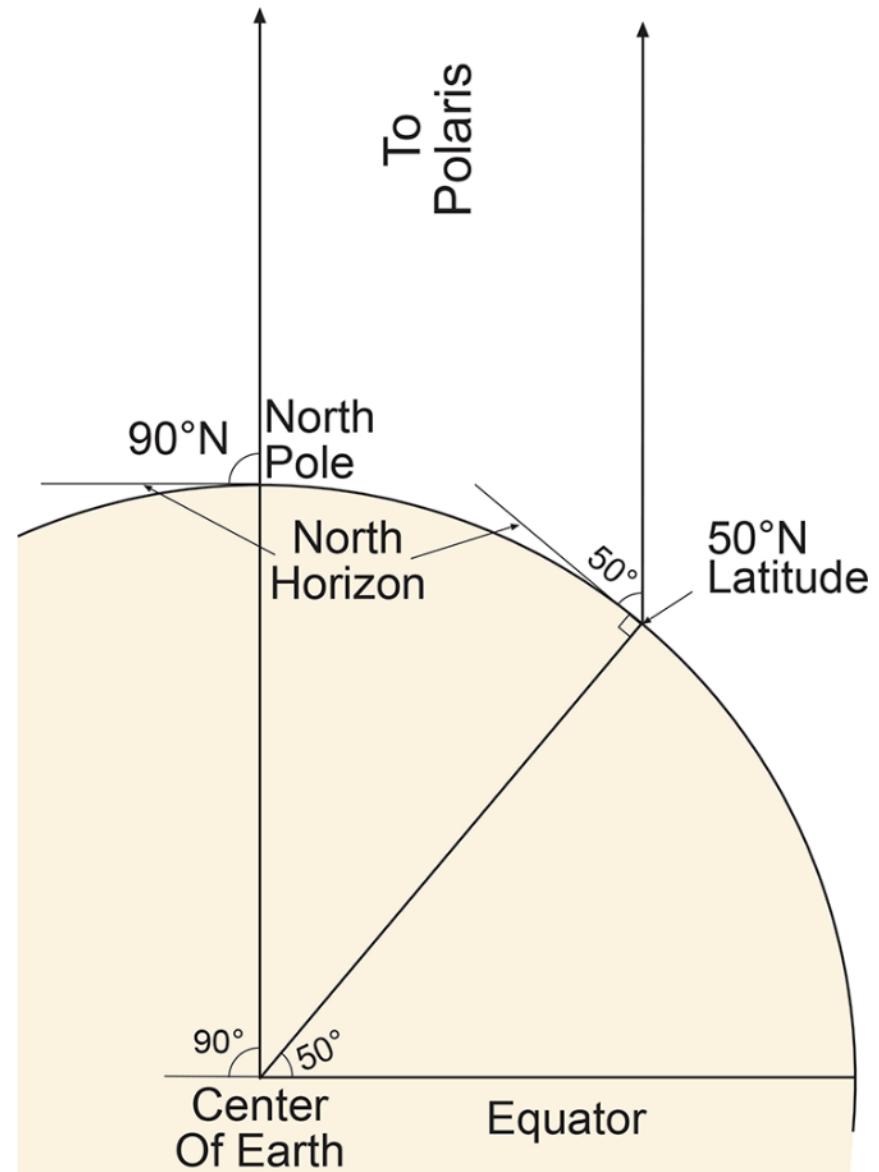
### Geodetic Latitude on an Oblate Ellipsoid



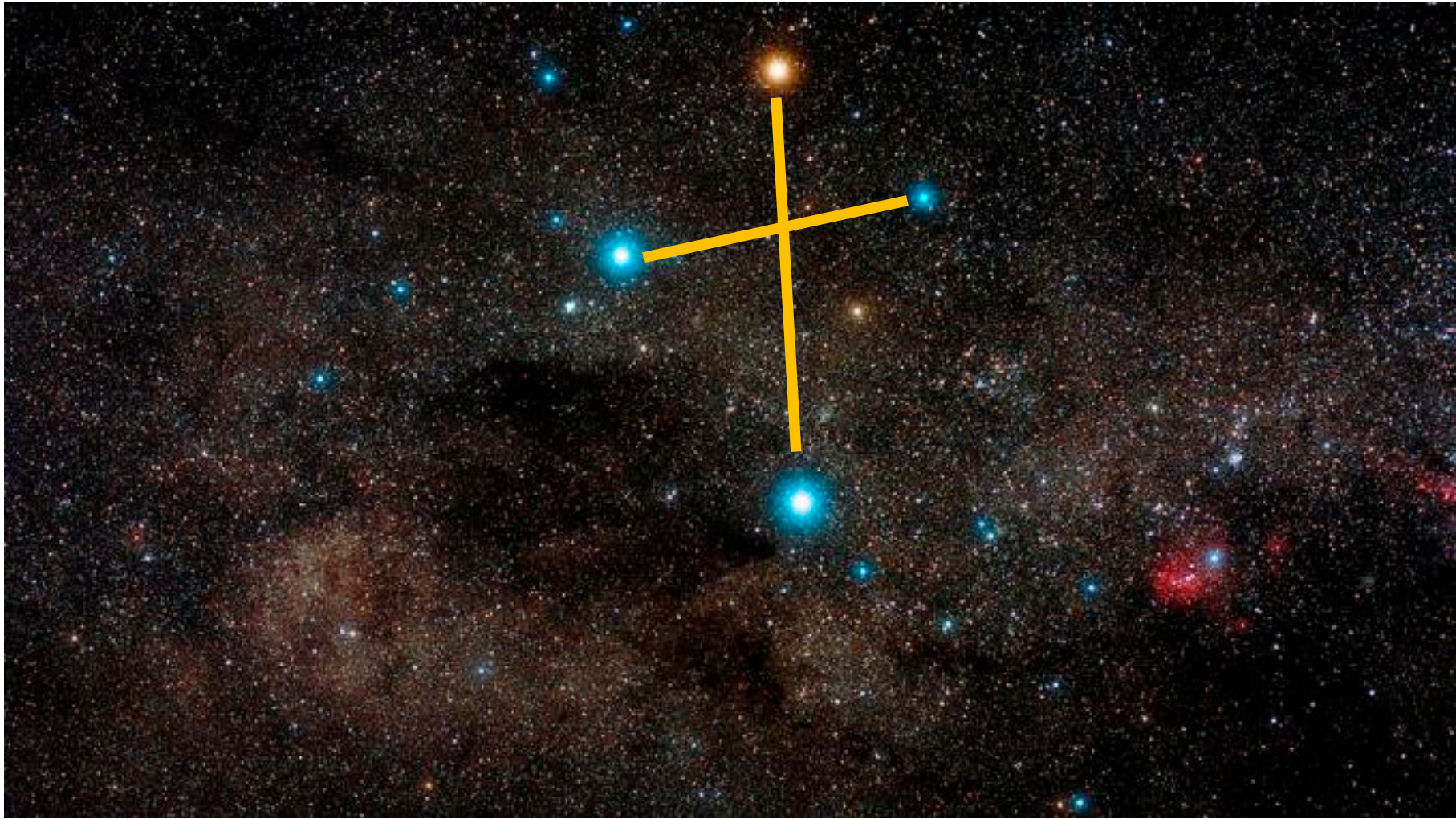
- La latitud geodèsica es defineix com l'angle format per l'horitzontal de la línia equatorial i una línia perpendicular a la superfície el·lipsoïdal en el paral·lel d'interès.
- Les línies perpendiculars a l'el·lipsoide passen pel centre de la terra només en els pols i l'equador.

La determinació de la latitud a l'hemisferi nord es mesura aproximadament mesurant l'angle des de l'horitzó a l'Estrella Polar.

Els errors poden arribar fins a 80 km si no s'utilitzen les taules de equivalència com l'almanac astronòmic.



<http://astro.ukho.gov.uk/nao/publicat/asa.html>



Eckhard Slawik



# Determinació de la longitud

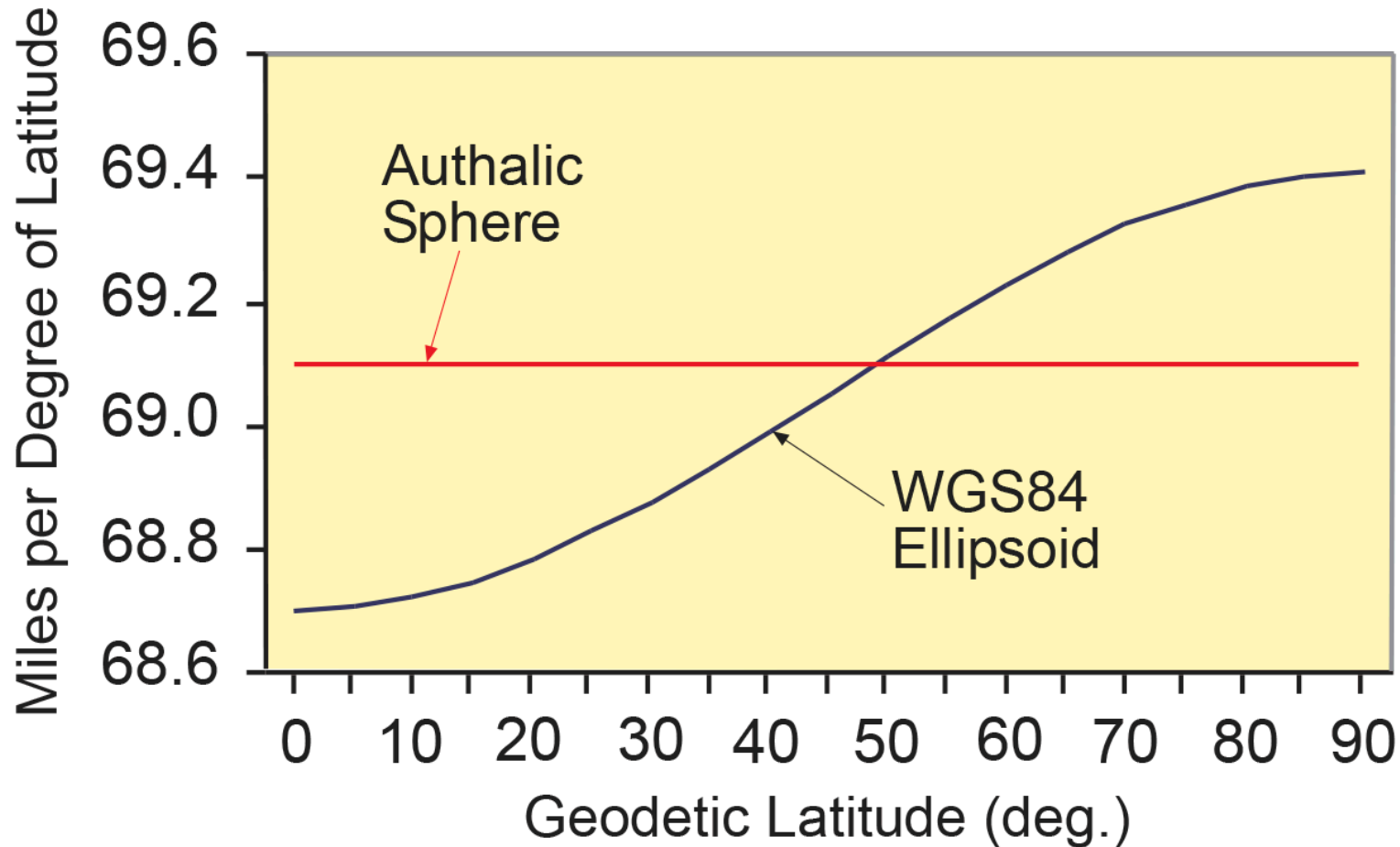
La longitud pot ser determinada en terra o mar quan es coneix l'hora exacta amb un cronòmetre que pugui calcular la diferència entre el meridià de referència al migdia (Greenwich Mean Time, GMT) i el lloc d'interès. Cada hora són 15 graus de longitud. Cal multiplicar la diferència per 15 per trobar la longitud.

## Exercici

- Si a Tennessee són les 12 del migdia, i a Greenwich les 17 h i 37 minuts, quina hora serà en la longitud de Tennessee?
  1. Calcular la diferència en hores i minuts
  2. Si saben que una hora són  $15^\circ$  i un minut  $15'$ ...

# Propietats de l'esfera autàlica

L'esfera autàlica (que preserva l'àrea) és una esfera que té la mateixa àrea que l'el·lipsoide aplatat que s'està usant (WGS84).



- 6.371,017 km radi
- 40.030,22 km circumferència
- Un grau de latitud SEMPRE 111.2 km
- Al WGS84 la mesura de un grau de latitud varia des de 111.699 km als pols, fins a 110.567 km a l'equador (poc més d'1 km).

# Metres

- Un quadrant de meridià == 10 000 Km == 90°

1° == 111,111 km

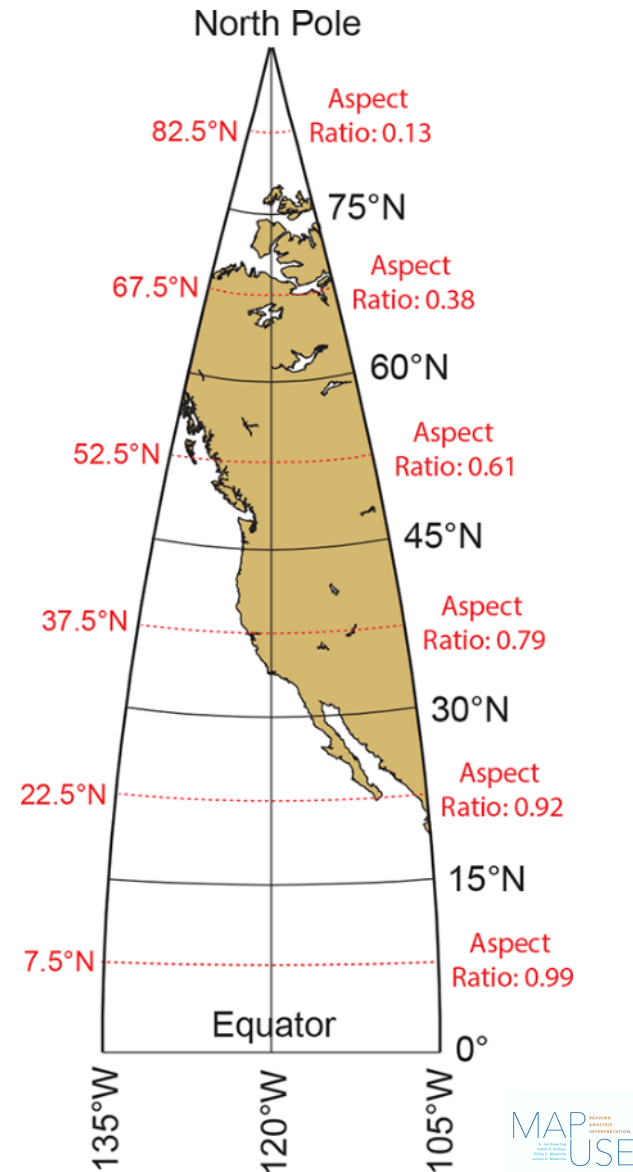
1' == 1852 m

1" == 30,8 m

La deumilionèsima part del quadrant d'un meridià és un metre.

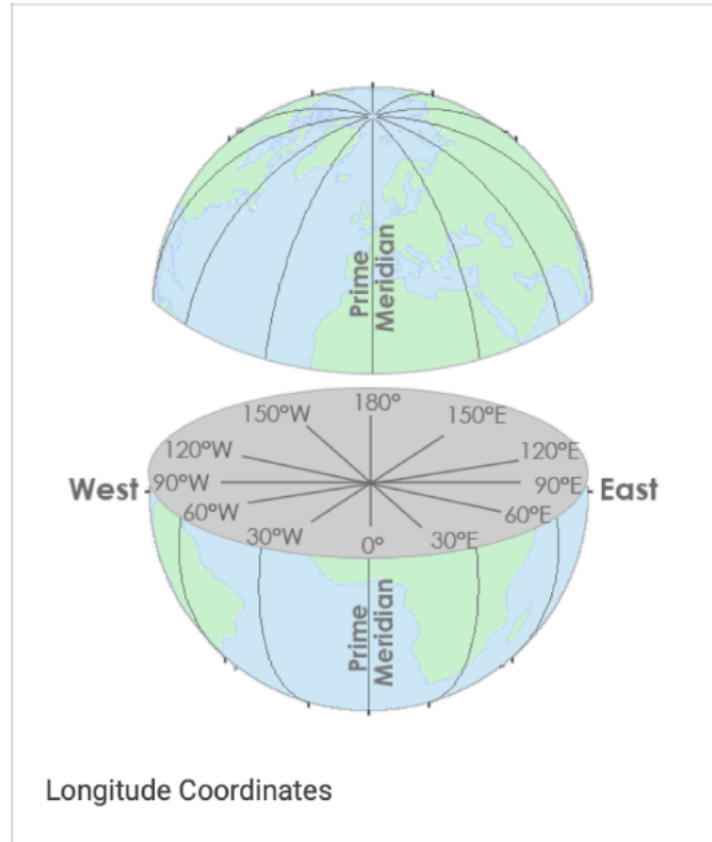
- La milla nàutica és un minut de latitud == 1852 m
- La milla de l'almirallat britànic són 1853,18 m (valor mitjà de totes les milles de un quadrant de meridià).

# Meridians convergent



Els meridians convergeixen des de l'equador als pols. La distància d'un grau de longitud, mesurada d'est a oest al llarg d'un paral·lel, decreix de l'equador al pol.

# Mesura d'un grau de longitud



La mesura de un grau de longitud depèn de la latitud:

- és màxim a l'equador  $40\,075\text{km}/360^\circ = 111,3\text{ Km}$
- Pols:  $40\,008\text{ Km}/0^\circ = 0\text{ km}$

Com més alt en latitud, la longitud d'un grau de longitud serà menor.

La longitud varia amb el cosinus de la latitud:

- En una esfera:

$$1^\circ \text{ longitud} = 1^\circ \text{ latitud} * \cos \text{Lat} (^\circ)$$

- En un el·lipsoide:

$$1^\circ \text{ longitud} = 111,4164 * \cos \text{Lat} - 0,095 * \cos 3\text{Lat} + 0,0012 * \cos 5\text{Lat}$$

Ex. Esfera autàlica

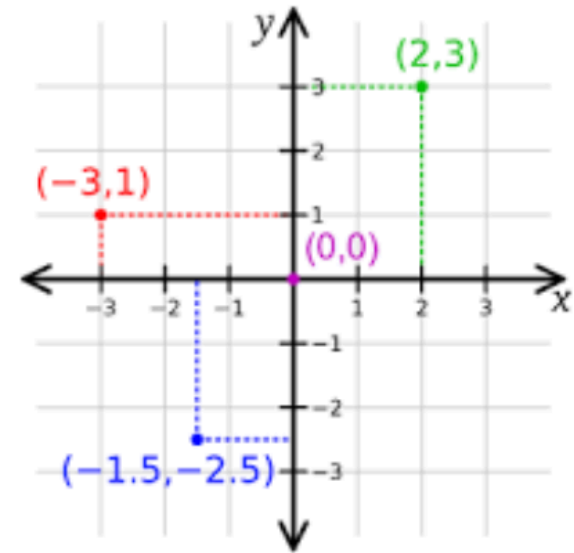
$$1^\circ \text{ lon Equador} = 111,20\text{km}$$

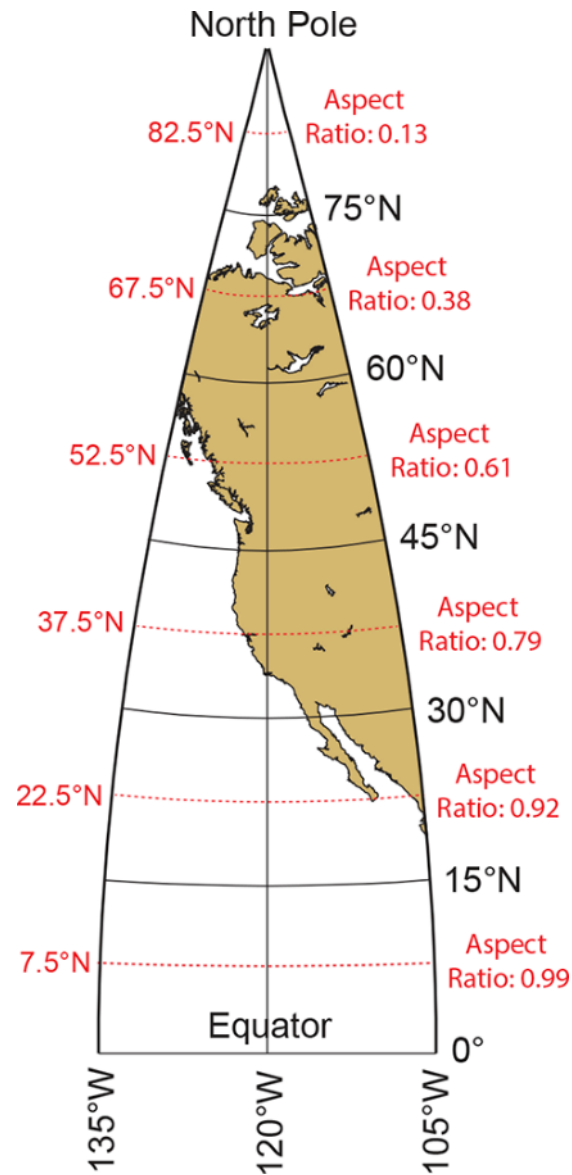
Latitud  $60^\circ$

$$1^\circ \text{ lon} (60^\circ) = 111,20\text{km} * \cos(60^\circ) = 111,20\text{km} * 0,5 = 55,6\text{ km}$$

# Coordenades ortogonals

- Coordenades ortogonals o planes: sistema dels mapes. Conegudes com a coordenades cartesianes.
  - Són una construcció matemàtica definida per un origen (punt inicial) i una unitat de distància.
  - En un pla s'estableixen dos eixos que s'ixen des de l'origen i estan espaiats de manera que són perpendiculars l'un a l'altre.
  - Geometria Euclidian
  - En un mapa el sistema de coordenades depèn de la projecció en mapes de gran escala
  - Sempre es dona primer l'abscissa (x) i després l'ordenada (y).
  - Solament es treballa en el quadrant superior de la dreta (números positius).
  - Fals est, fals nord.





Els quadrilàters dels mapes varien de forma, des d'un quadrat a l'equador, fins a un estret triangle esfèric al pol. La taxa d'aspecte es calcula amb el cosinus de la latitud central, per exemple en un quadrilàter de 15° x 15°,  $\cos(7.5^\circ) = 0.9914$



# Cercles màxims i menors

- Cercle màxim: és el cercle resultant d'una secció realitzada en una esfera mitjançant un pla que passe pel seu centre i la divideixca en dos hemisferis idèntics.
- La secció circular obtinguda té el mateix diàmetre que l'esfera.
- La distància més curta entre dos punts de la superfície d'una esfera sempre és l'arc de cercle màxim que els uneix (línia ortodròmica).
- El meridians són tots cercles màxims, mentre que dels paral·lels sols hi ha un cercle màxim: equador.



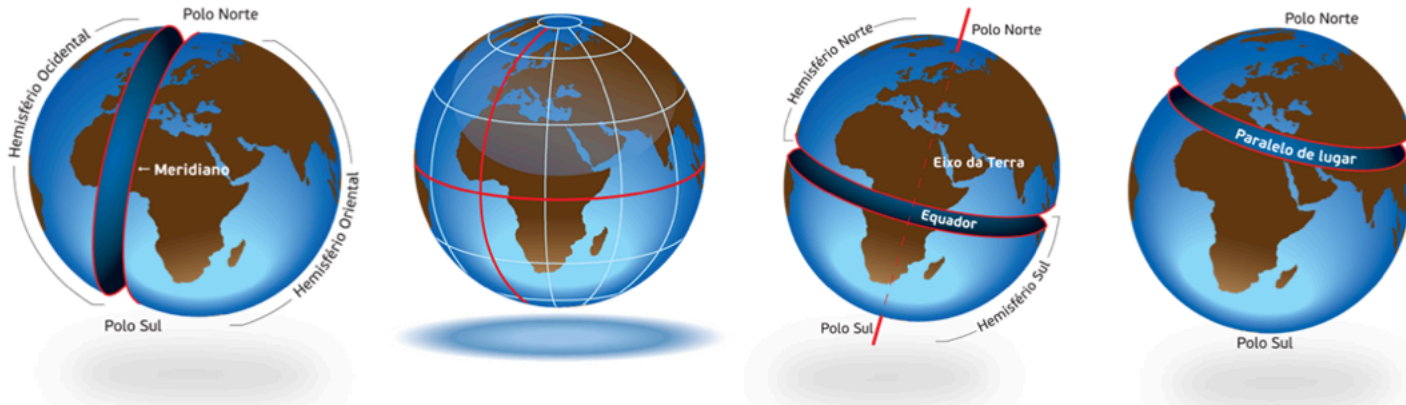


# Cercles menors

Càlcul de la circumferència d'un cercle menor en una esfera autàlica:

$$40030 \text{ km} \times \cos(\text{lat})$$

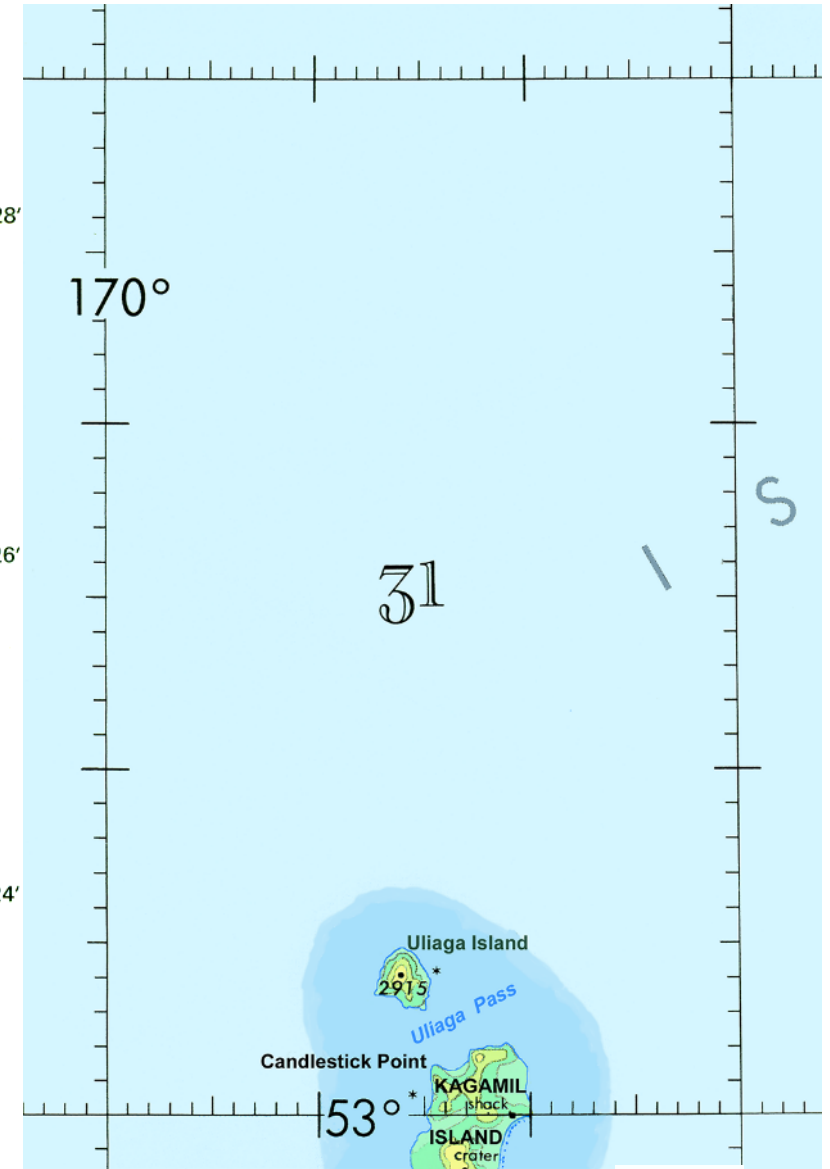
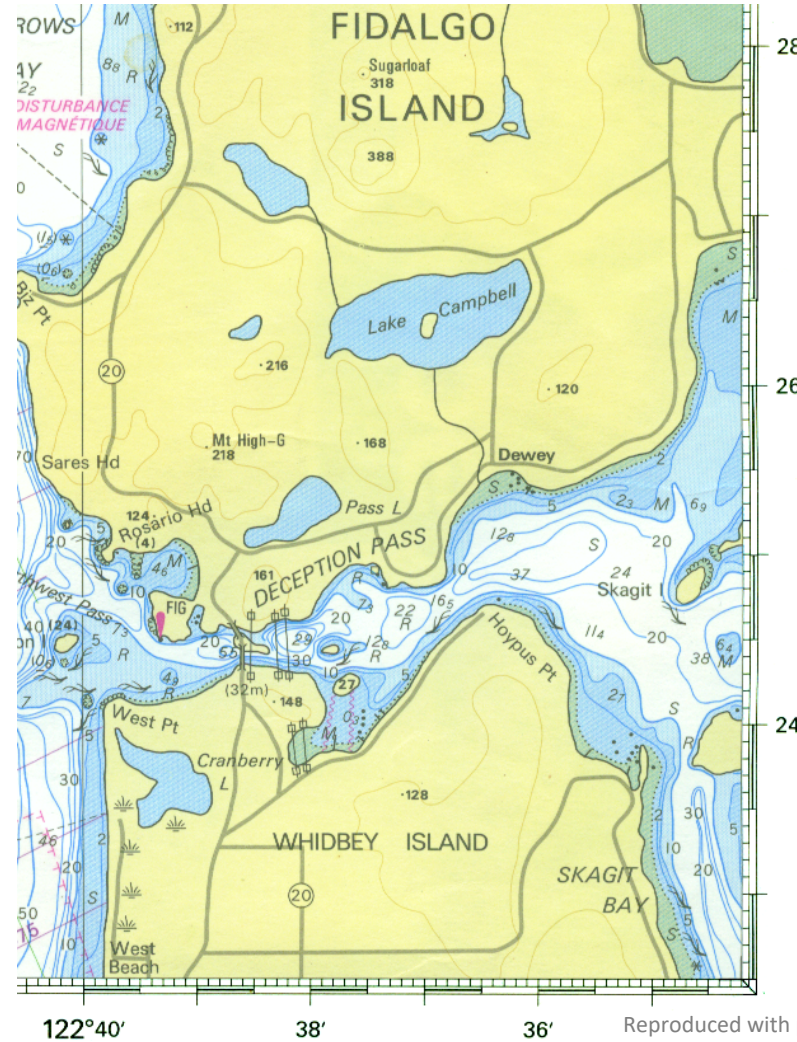
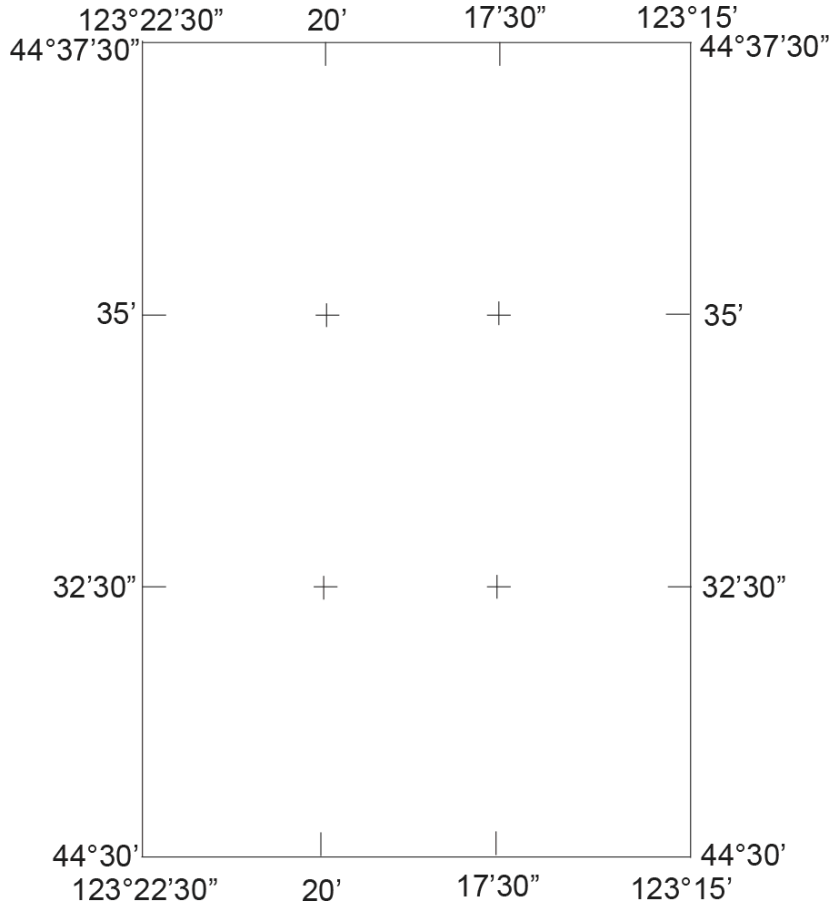
$$\text{Ex: } 40030 \times \cos(45) = 40030 \times 0.7071 = 28305 \text{ km}$$



# Mapes a petita escala

- Globus o mapes continentals, com fulls d'atles, normalment utilitzen coordenades geocèntriques basades en l'esfera autàlica.
- Si calculem la diferència entre la latitud geocèntrica i la geodèsica al paral·lel 45, és de 0.128 graus. Si tenim en un mapa global que 2.5 cm són 10 graus, 0.128 són 0.32 cm.

# Mapes a gran escala



# Mapes a gran escala: sistema geodèsic

1 grau de latitud a l'equador: 111.567 km

1 grau de latitud als pols: 111.699

Ex. Escala del quadrilàter a l'equador: 254 cm; als pols 256.5 cm → a l'esfera autàlica ambdós serien de 255.5 cm.

1cm més o menys és una gran diferència per a fer mesures de precisió.