



GPS et Comité de Course



Christophe GAUMONT



www.ffvoile.org



Partenaire officiel

Sommaire

1. Les principes du GPS
2. Les coordonnées géographiques
3. La précision des cartes
4. Les menus du GPS
5. Navigation
6. Mouiller le bateau comité
7. Mouiller le parcours
8. Avantages - inconvénients

Les principes du GPS



Principes du GPS (1)

- Déterminer sa position:
 - Mesure d'angles sur les corps célestes (sextant)
 - Positionnement Radio-goniométrique (angles)
 - **LORAN**, **DECCA** (distances) (1940)
- Premier système satellite "**Transit**" (1959)
 - **GPS** (Global Positioning System)
- Début du programme GPS (= **Navstar**)
 - **La société Rockwell** reçoit un contrat de développement (1974)
 - **24** satellites en orbite (1993) à 20200km d'altitude
 - A l'origine : application **militaire** exclusivement

Principes du GPS (2)

- Premières applications civiles

- Après la destruction par un missile du vol **KA 007** (1983)
- Introduction du DGPS (GPS différentiel) (1984)
- **Les US Coast Guard** assument la responsabilité des applications civiles (1989). Le signal est volontairement dégradé.

- Premières applications militaires en opérations

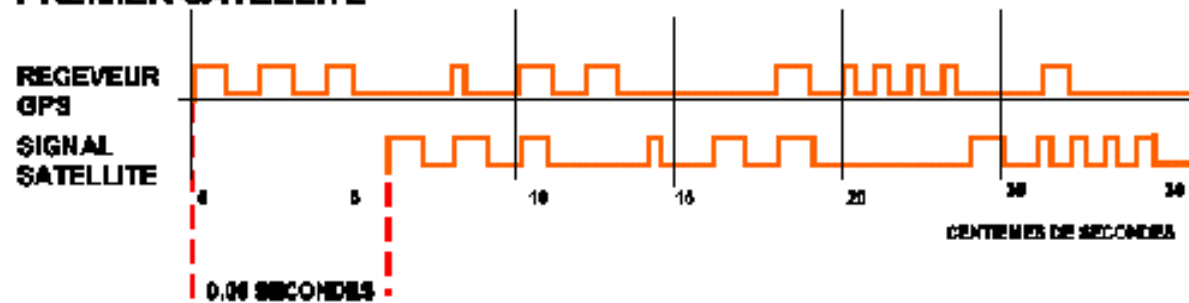
- **Guerre du Golfe** (1990-1991)
- **La précision du signal** n'a pas été dégradée. Pas assez de récepteurs militaires disponibles!
- **Depuis mai 2000** le signal n'est plus dégradé. (mais peut encore l'être, au gré du bon vouloir US).

Principes du GPS (3)

- La position (3D) du récepteur est déterminée à partir de:
 - La **position** de **trois** satellites bien positionés
 - La **distance** exacte entre le récepteur et les satellites
- En pratique :
 - Tous les satellites sont pourvus d'une **horloge électronique** extrêmement précise
 - Tous les satellites connaissent **leur position** dans l'espace (régulièrement mis à jour par des stations au sol)
 - Ils **transmettent** leur positions, à des intervalles réguliers

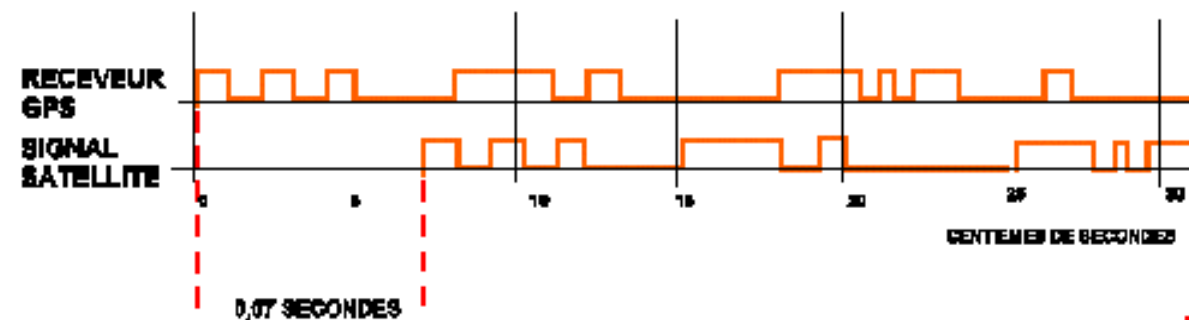
PRINCIPE DE LA MESURE DE POSITION PAR GPS

PREMIER SATELLITE



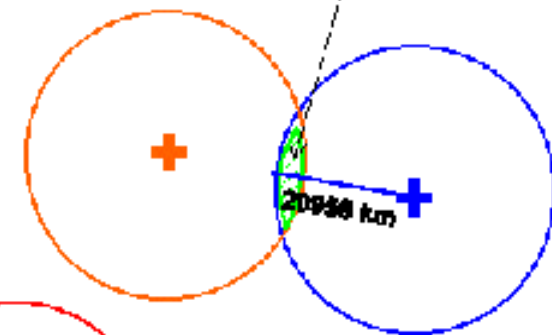
$$\text{Vitesse de la lumière} \times \text{temps} = \text{distance} \quad 299792.458 \times 0.06 = 17987.547 \text{ km}$$

DEUXIEME SATELLITE



$$299792.458 \times 0.07 = 20985.472 \text{ km}$$

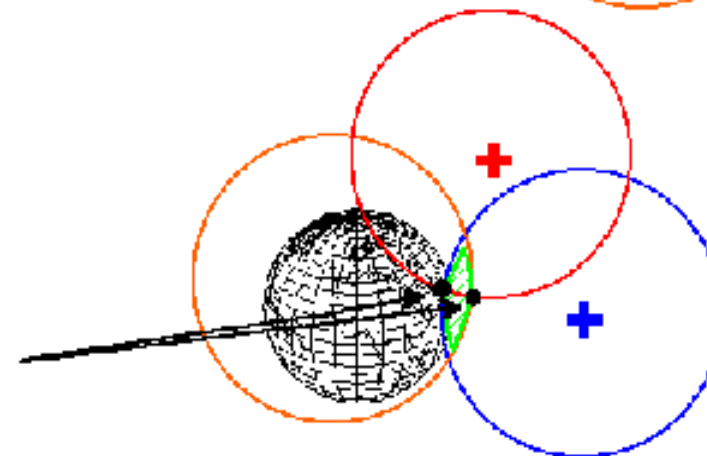
Vous êtes quelque part ici



TROISIEME SATELLITE

$$299792.458 \times 0.05 = 14989.62 \text{ km}$$

Vous êtes ici ou bien là
Le GPS sait éliminer le deuxième point

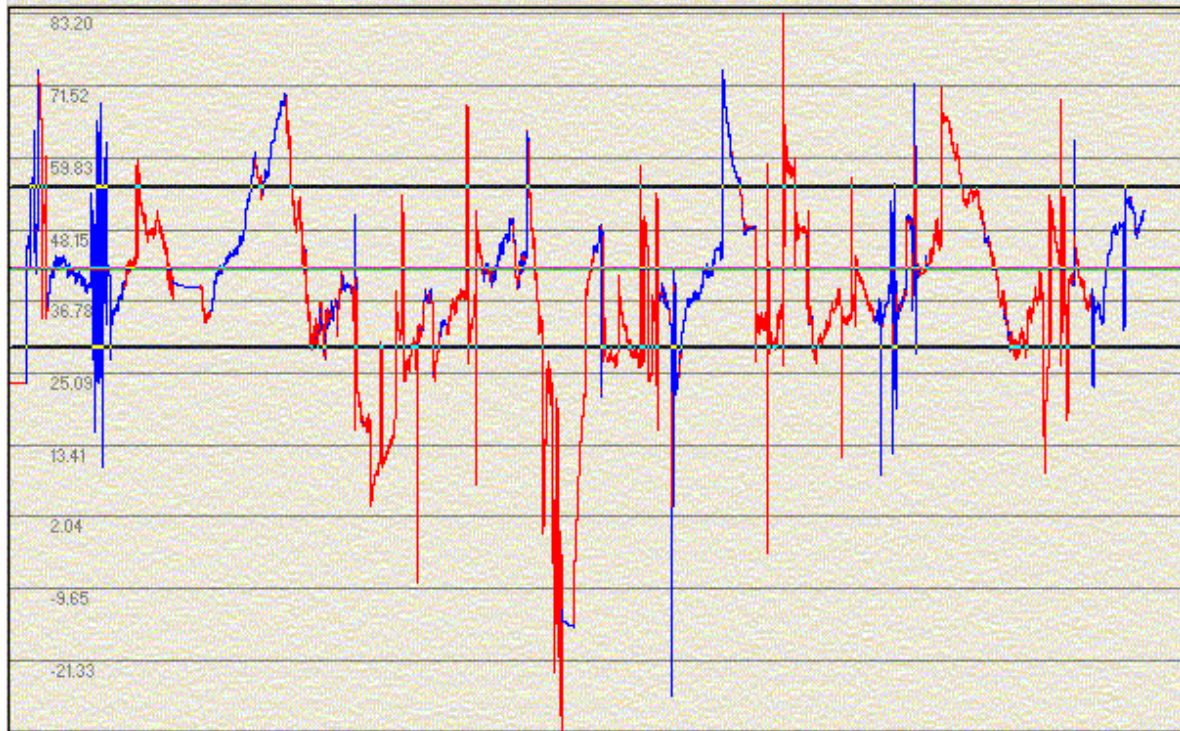
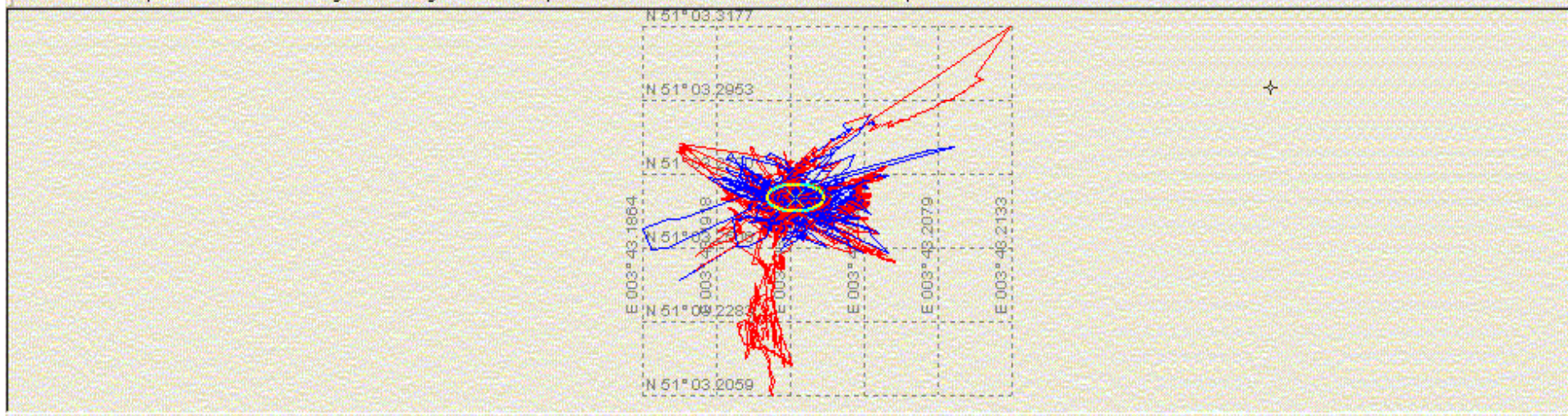


Principes du GPS (4)

- Le récepteur reçoit ces messages avec un certain délai
 - A partir de ce délai, le récepteur calcule la distance
 - Les fréquences Radio sont très rapides: 300.000 km/s
 - L'horloge est précise à 10^{-9} seconde et peut se décaler légèrement (= k)
 - Erreur d' 1 milliseconde = 300 km!
- Pour plus de précision, au lieu de **trois** distances précises, le récepteur sélectionne **quatre** distances pour un positionnement en 3D

Principes du GPS (5)

- Les imprécisions du système
 - La propagation des ondes est affectée par la météo, la réfraction dans l'atmosphère, etc
 - Les erreurs dans la mesure du temps et dans la position des satellites
 - La précision annoncée est de 20-30 m (10 m le + souvent)
- Solutions pour augmenter la précision
 - Mesures répétitives pour obtenir une position moyenne (difficile en navigation...)
 - DGPS (GPS différentiel)



Mean Average:

Latitude:	<i>N 51° 03.2655</i>	StdDev:	<i>7.333 m</i>
Longitude:	<i>E 003° 43.1980</i>	StdDev:	<i>2.291 m</i>
GPS Hgt:	<i>42.03 m</i>	Elevation:	<i>12.877 m</i>

Least Squares Average

Latitude:	<i>N 51° 03.2656</i>	StdDev:	<i>7.330 m</i>
Longitude:	<i>E 003° 43.1975</i>	StdDev:	<i>2.271 m</i>
Elevation:	<i>42.33 m</i>	StdDev:	<i>12.873 m</i>

Samples

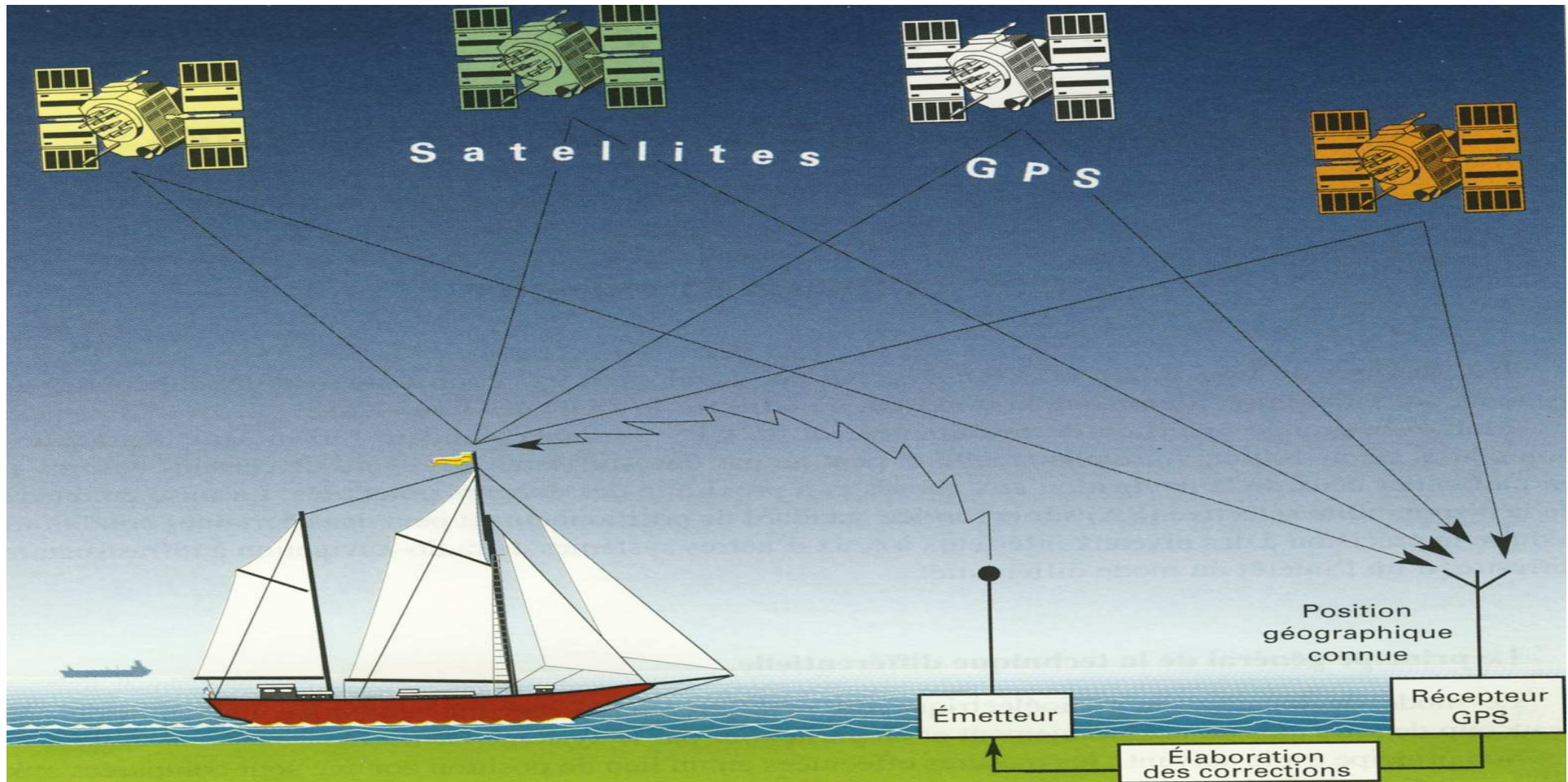
Lat/Lon Samples:	<i>15257</i>
Elevation Samples:	<i>13822</i>

Dilution of precision

PDOP:	<i>3.30</i>
HDOP:	<i>2.40</i>
VDOP:	<i>2.40</i>
HDOP <= 1.0:	<i>(%0.0)</i>
1.0 < HDOP <= 2.0:	<i>(%10.2)</i>
HDOP > 2.0:	<i>(%89.8)</i>

Principes du GPS (6)

- Station différentielle terrestre locale **DGPS**



Augmentation de la précision

- **Différentiel par satellite**
 - Même principe que le différentiel terrestre
 - Un satellite envoie la correction
 - EGNOS en Europe (*European geostationary navigation overlay service*)
 - WAAS aux USA (*Wide Area Augmentation System*)
 - D'autres systèmes dans d'autres contrées

Principes du GPS (7)

- Mesure de la précision

- CEP (circular error probability)

- 1 CEP de (par exemple) 2m, signifie que 50% du temps, l'erreur est **inférieure** à 2m
- Mais 50% du temps, elle est **supérieure** à 2m!

- R95

- R95 de 3m, signifie que 95% du temps, l'erreur est **inférieure** à 3m
- 5% du temps, elle est **supérieure** à 3m
- C'est en général cette mesure qui est affichée

Un peu degéographie



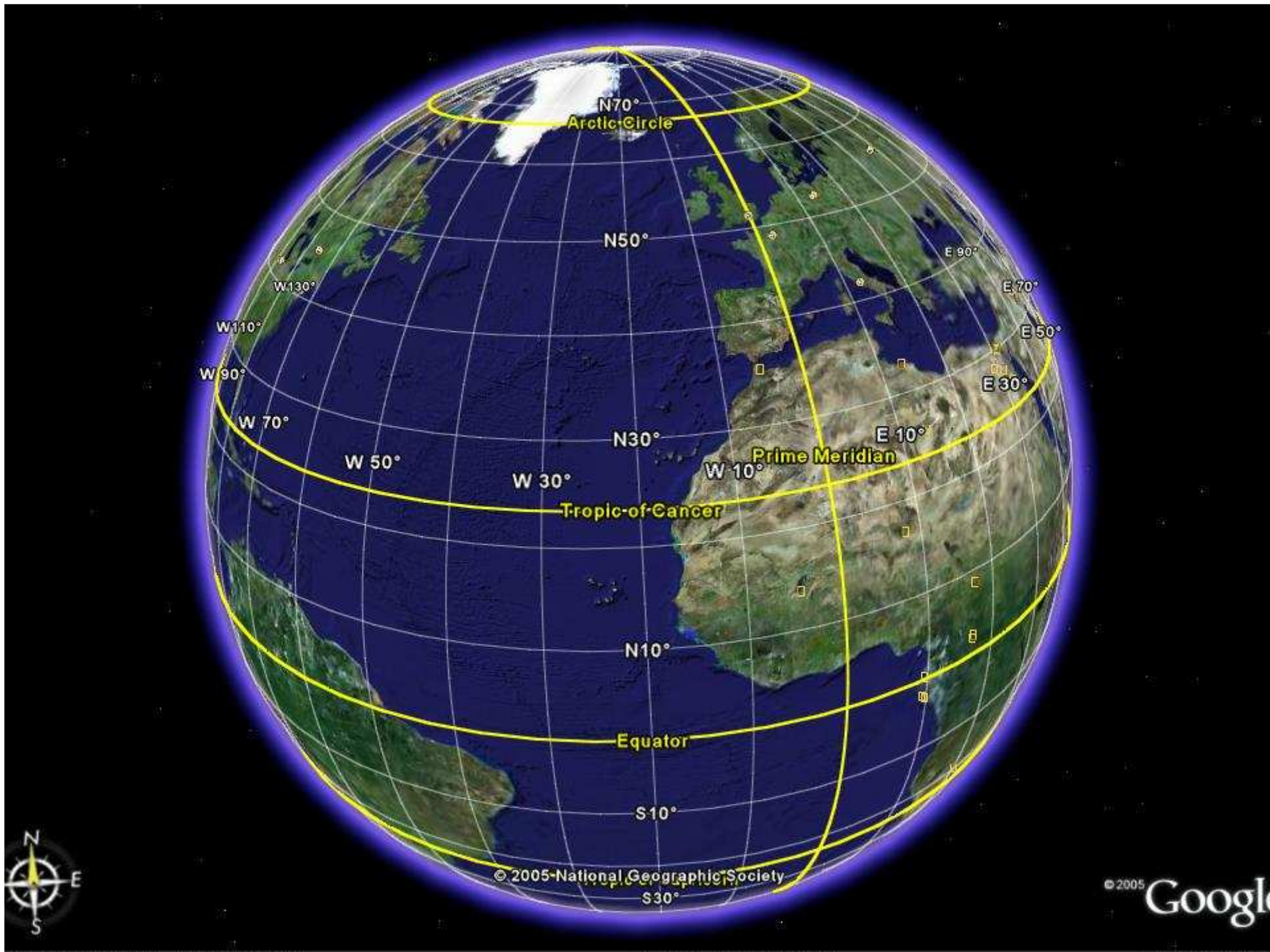
LES COORDONNEES

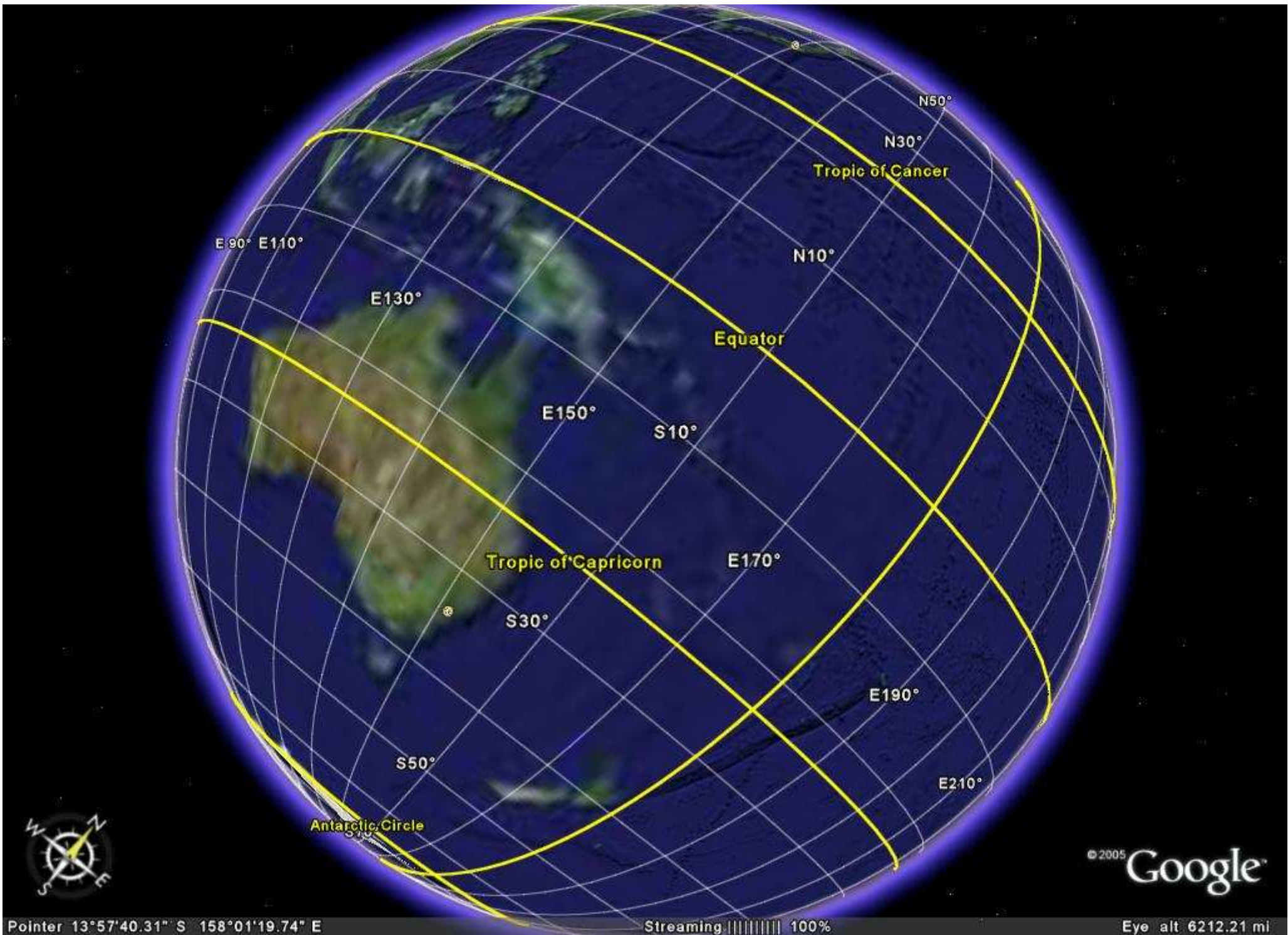
LATITUDE : « L »

- de 0°(équateur) à 90°(pôle)
- Nord ou Sud
- Format : 47°30,45 N

LONGITUDE : « G »

- de 0°(Greenwich) à 180°(antéméridien)
- Est ou Ouest
- Format : 003°06,45 W

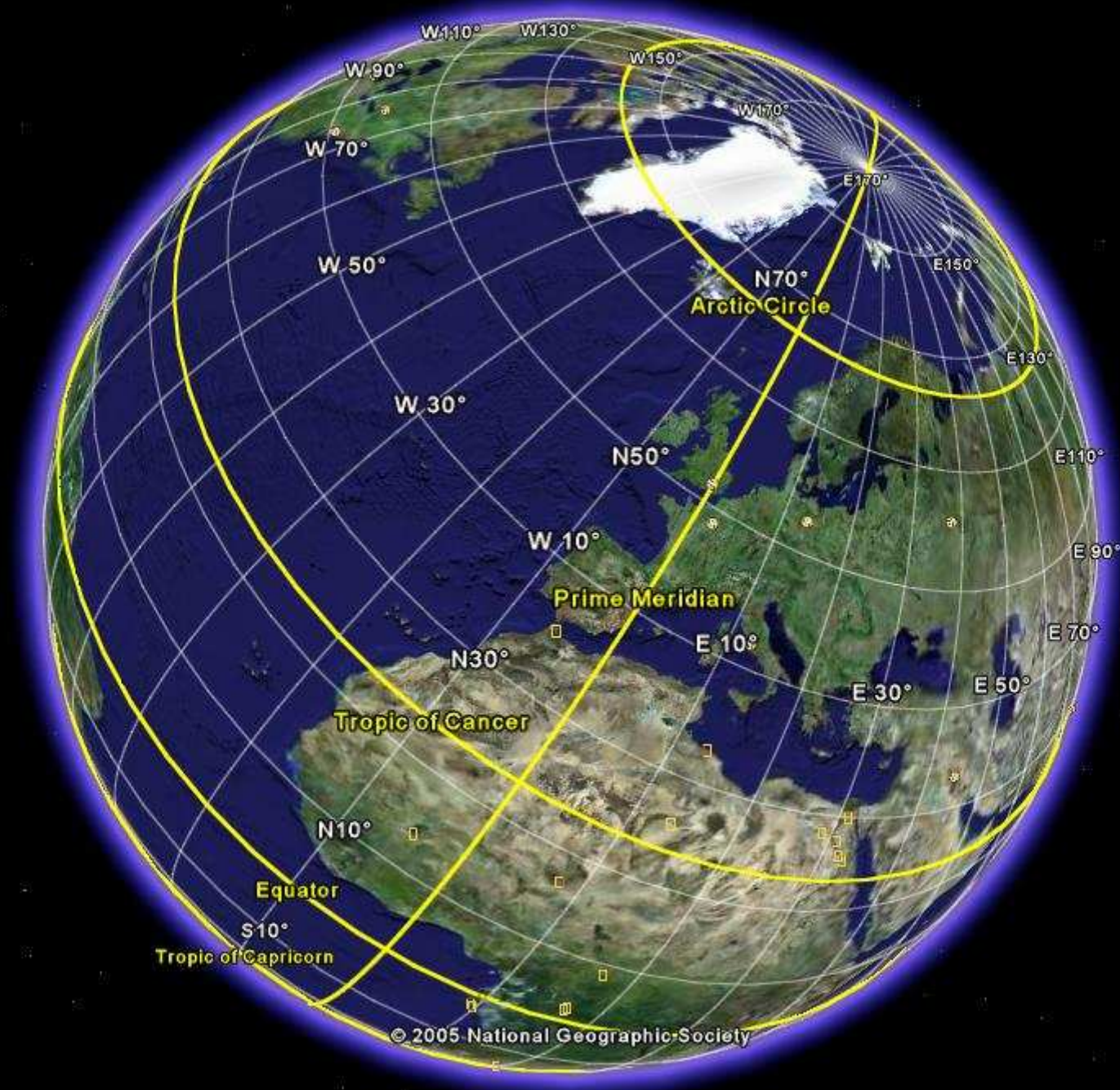




Pointer $13^{\circ}57'40.31''$ S $158^{\circ}01'19.74''$ E

Streaming 100%

Eye alt 6212.21 mi



© 2005 National Geographic Society

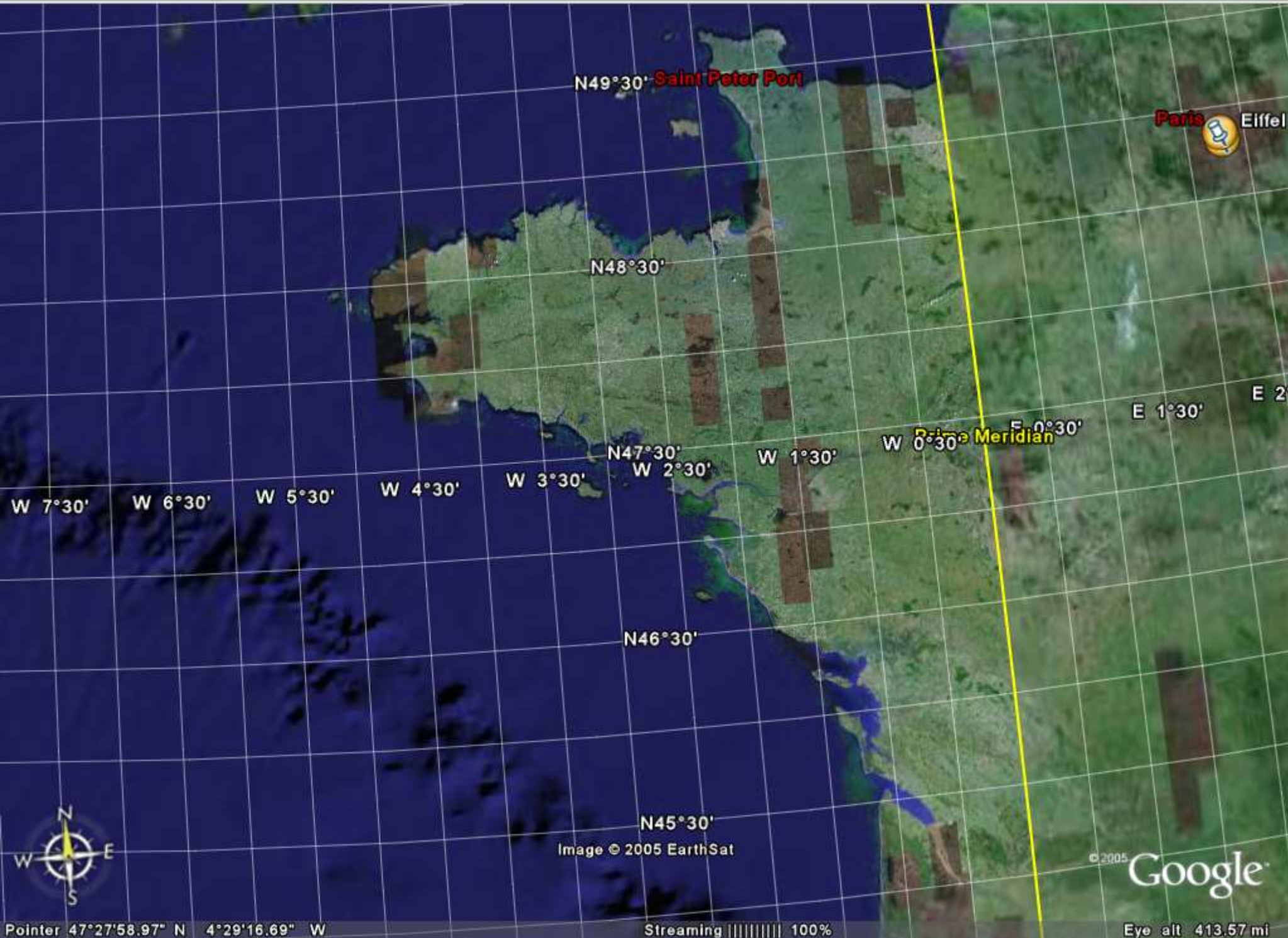
© 2005 Google

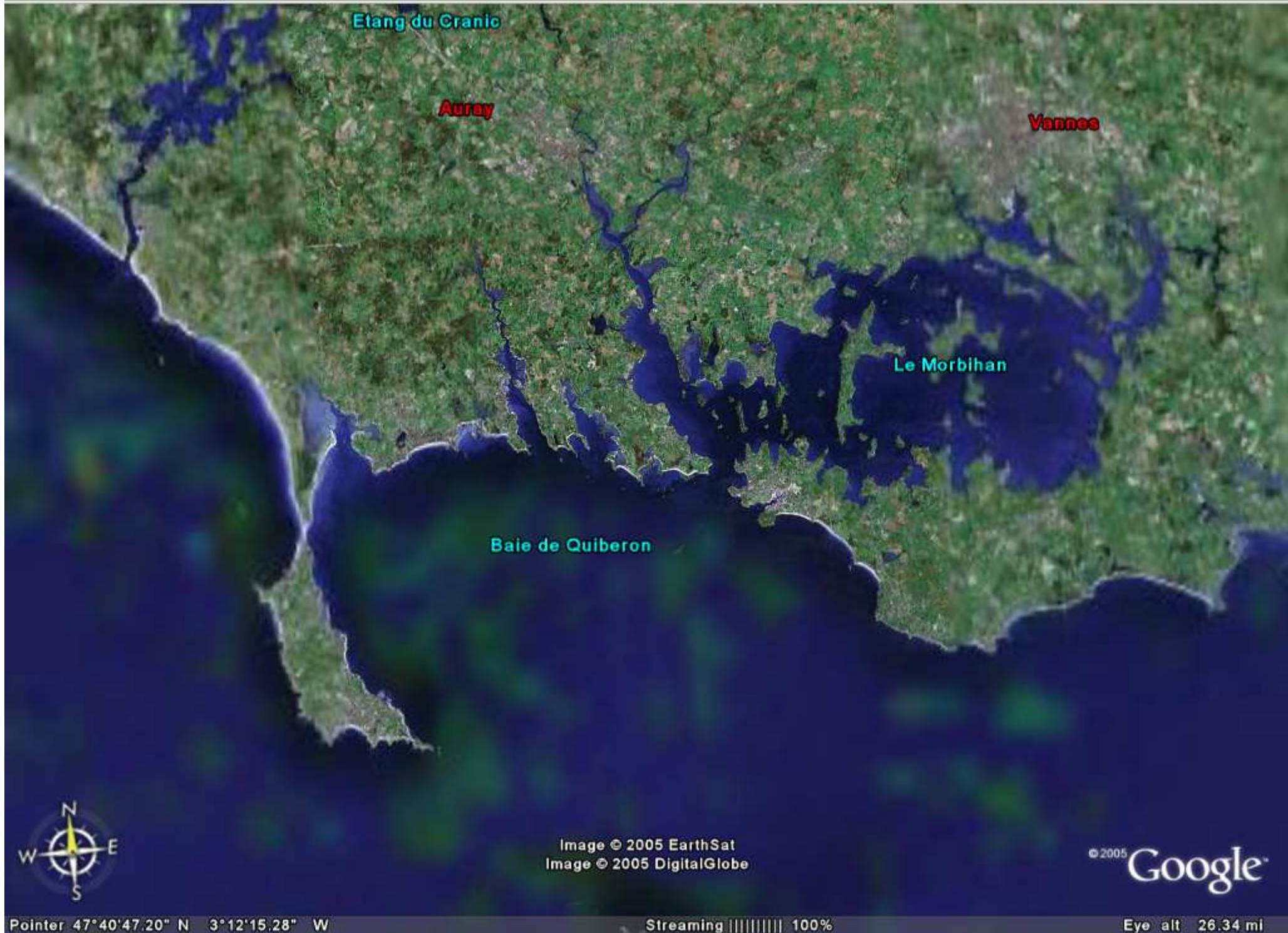
Pointer 41°13'25.75" N 9°14'41.45" W

Streaming ||||| 100%

Eye alt 7640.16 mi







Etang du Cranic

Auray

Vannes

Le Morbihan

Baie de Quiberon



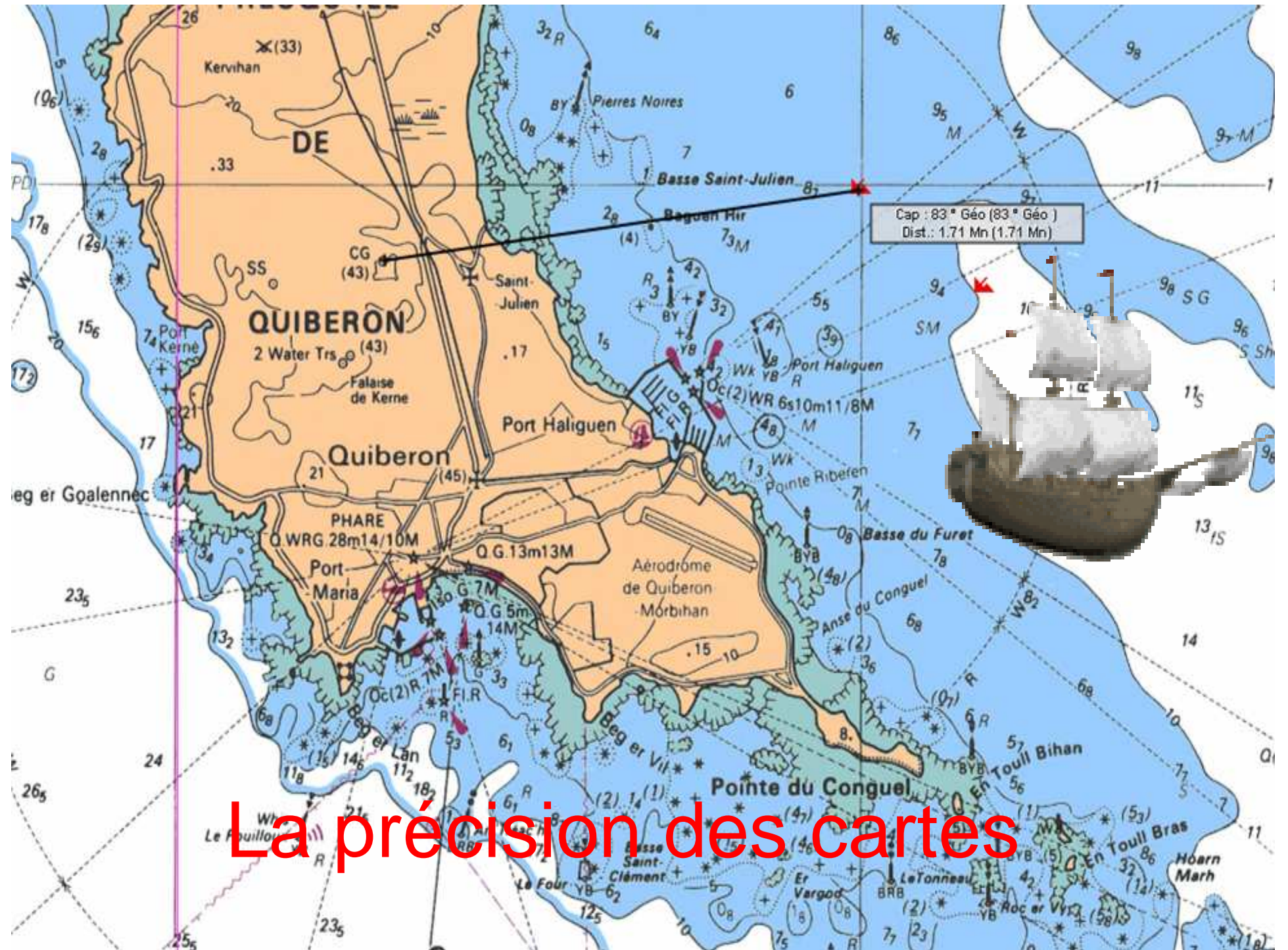
Image © 2005 EarthSat
Image © 2005 DigitalGlobe

© 2005 Google



Image © 2006 TerraMetrics
© 2006 Europa Technologies

© 2005 Google™



La précision des cartes

Ce que dit le SHOM :

ouvrage « GPS et navigation maritime »

- Le navigateur « n'oubliera pas que la position des dangers immergés portés sur les cartes est connue avec une précision généralement inférieure à celle de son propre système de navigation »
- Pour les zones hydrographiées avant 1950 : erreur possible de 100m près des côtes, 300m au large

La règle du pouce

- Verticalement : pour la hauteur d'eau : le pied de pilote
- Horizontalement : règle du pouce
 - Recommandation de tracer sa route pour passer à plus d'un pouce des dangers immergés, à l'échelle de la carte dont il se sert.
- Le GPS n'est donc pas la méthode universelle de positionnement, surtout dans les zones mal pavées...(les alignements restent très pertinents)

« Il vaut mieux ne pas savoir où
l'on se trouve, et en être
conscient,
que de se croire en confiance là
où l'on ne se trouve pas »

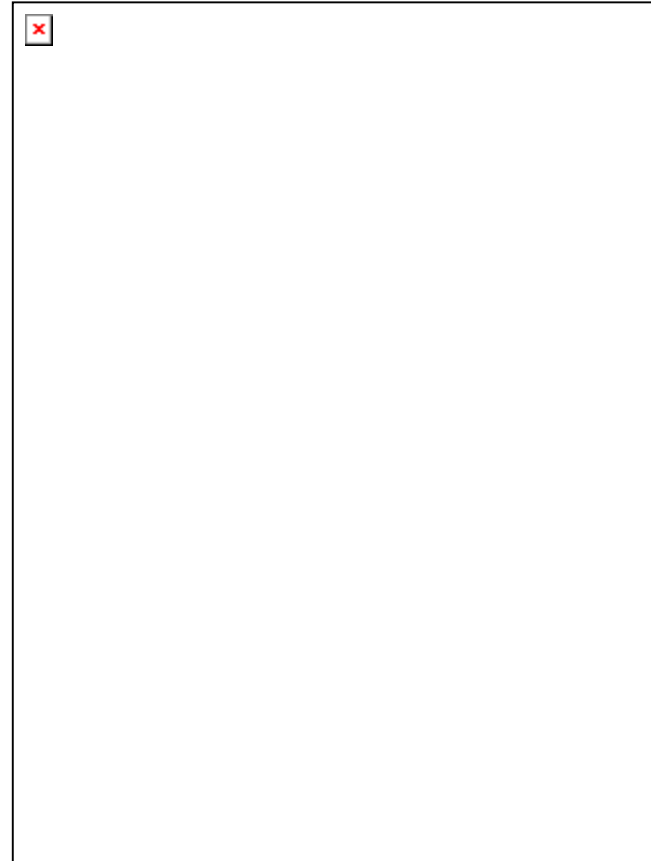
Cassini (18ème siècle)

Le menu de navigation

Paramétrages

L'acquisition des satellites

- Le GPS a besoin de temps pour recevoir les données et verrouiller les satellites
- Certains anciens modèles gardent en affichage la dernière position reçue **!!!Danger!!!**



Le GPS a besoin d'une position à 500NM près et d'une heure approximative pour se caler, ou se cale seul.

Paramétrage du menu

1. Les unités
2. L'heure (locale)
3. Le système géodésique
4. Vérification des données
5. Format d'affichage
6. Le nord

1- Unité de mesure

- Mille nautique : 1 minute de latitude

$$= 1,852 \text{ km} = 1852 \text{ m}$$

– 1 degré = 60 minutes = 60 milles

– 1 minute = 1852m

– On passe ensuite au système décimal

- 0,1 minute 185,2m
- 0,01 minute 18,52m (soit ½ longueur de bateau)
- 0,001 minute 1,852m (soit une largeur de bateau)
- 0,0001 minute 18 cm (soit la taille du GPS)

CONCLUSION : 2 chiffres après la virgule nous positionnent à moins de 20m près

1 - Les unités

- En mer, le système Mille/Noeud est le plus utilisé, et est en accord avec la carte papier
- Sur terre, c'est le système km/kmh
- Pour des petites distances, la mesure en mètres est pratique
- Attention, il y a aussi un système avec le Mile anglais!!! (1609m)

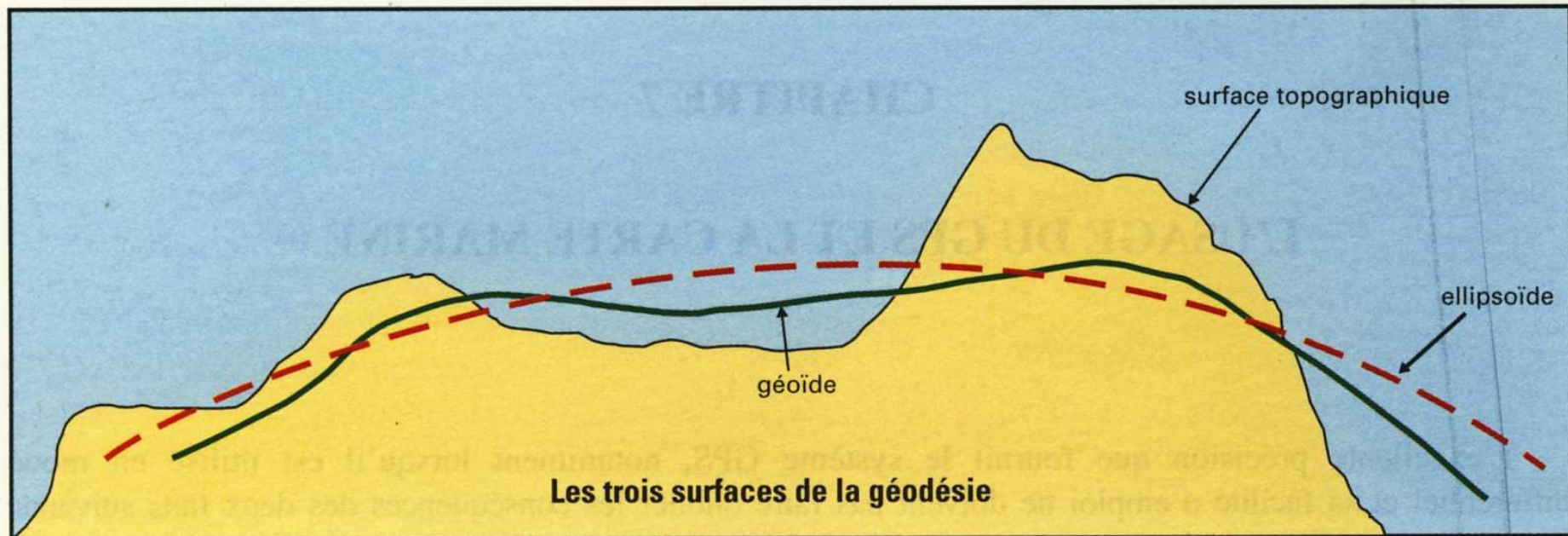
2 - L'heure

- Le GPS fonctionne en heure TU
- On peut modifier l'heure locale
- Heure d'hiver : TU + 1
- Heure d'été : TU + 2
- Possibilité de changement automatisé sur certains modèles

3 - Le système Géodésique

- Une carte représente sur un plan la surface de la terre, qui n'est pas plate
- Chacun a cherché un repère mathématique pour résoudre ce problème

Schéma : © SHOM



3 - Le système Géodésique

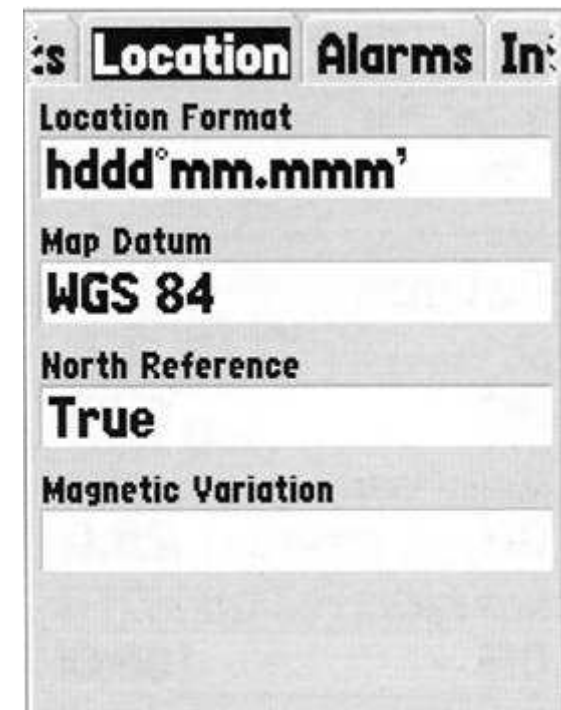
- 2 principaux systèmes cohabitent encore : ED 50, et WGS 84
- Le système doit être le même sur la carte et le récepteur
- Une position WGS 84 est décalée.(environ 150m sur une carte ED 50.dans la Baie de Quiberon, beaucoup plus à d'autres endroits).
- La correction inscrite dans le cartouche de la carte
- Toutes les nouvelles cartes sont en WGS84

4 - Vérification des données

- Chacun personnalise son GPS
- Chacun peut choisir les noms de ses Waypoints. Port haliguen :
 - Est-ce une digue?
 - Est-ce un feu?
 - Est-ce le point d'atterrissage situé à 0,3NM?
- Bref, chacun doit vérifier le menu et les données préalablement rentrées.

5 - Le format d'affichage

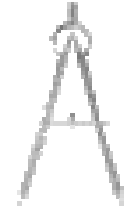
- En général, on choisit $ddd^{\circ}mm,mmm'$, c'est dire degrés, minutes et dixièmes de minute pour être en accord avec la carte papier.
- (Chaque degré est divisé en 60 minutes, elles mêmes divisées en 10 dixièmes de minute)



6 - Les nords

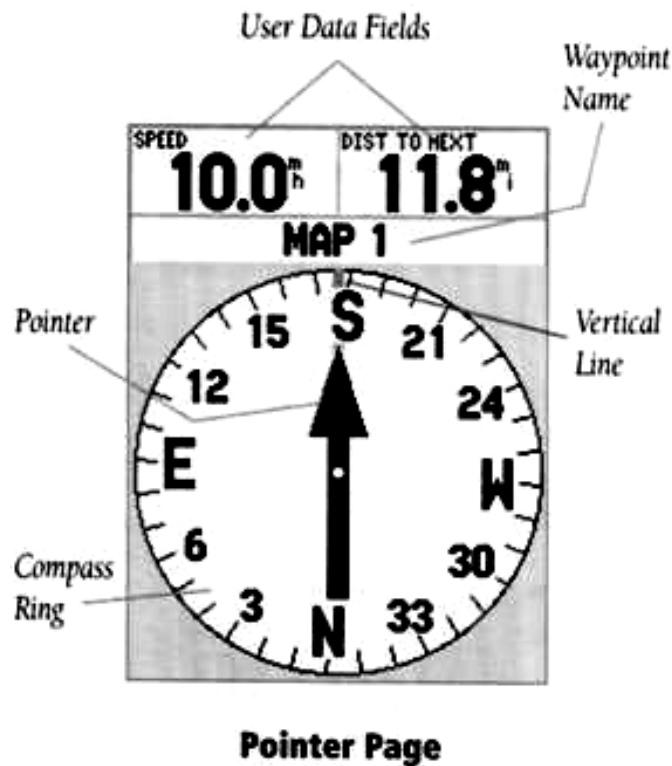
- **On peut choisir le Nord Vrai** (utile si on travaille directement sur la carte)
- **Ou le nord magnétique** (préférable pour concorder avec les relevés de vent, et travailler avec le mouilleur)
- **La déclinaison est calculée automatiquement**
- On peut entrer une courbe de déviation pour être en accord avec le compas du bord

Niveau 1 : POS (position)



- On reporte les coordonnées GPS sur la carte.
- Solution basique, efficace, peu précise, surtout près des côtes
- Le GPS indique aussi la Route Fond suivie et la Vitesse Fond
- Le GPS ne fait pas de différence entre la dérive, le courant, la voile, le moteur
- Le GPS met un certain temps à se caler et être précis à la mise en route

Niveau 1 : POS (position)

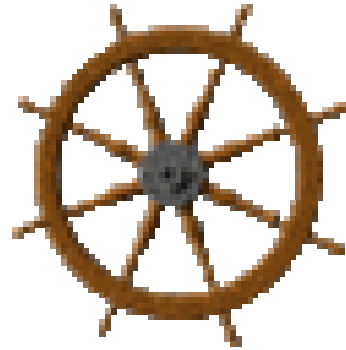


- Le GPS indique les coordonnées géographiques de la position actuelle
- Le GPS peut jouer alors le rôle de compas et de speedomètre

Vitesse moteur stoppé

- Le GPS indique une vitesse, c'est la vitesse de dérive, qui peut être due :
 - Au vent
 - Au courant
 - A la somme des 2

Niveau 2 : WPT (waypoint)



- C'est la fonction la plus intéressante, indiquant en permanence **le cap et la distance** par rapport à un point préalablement rentré dans le GPS

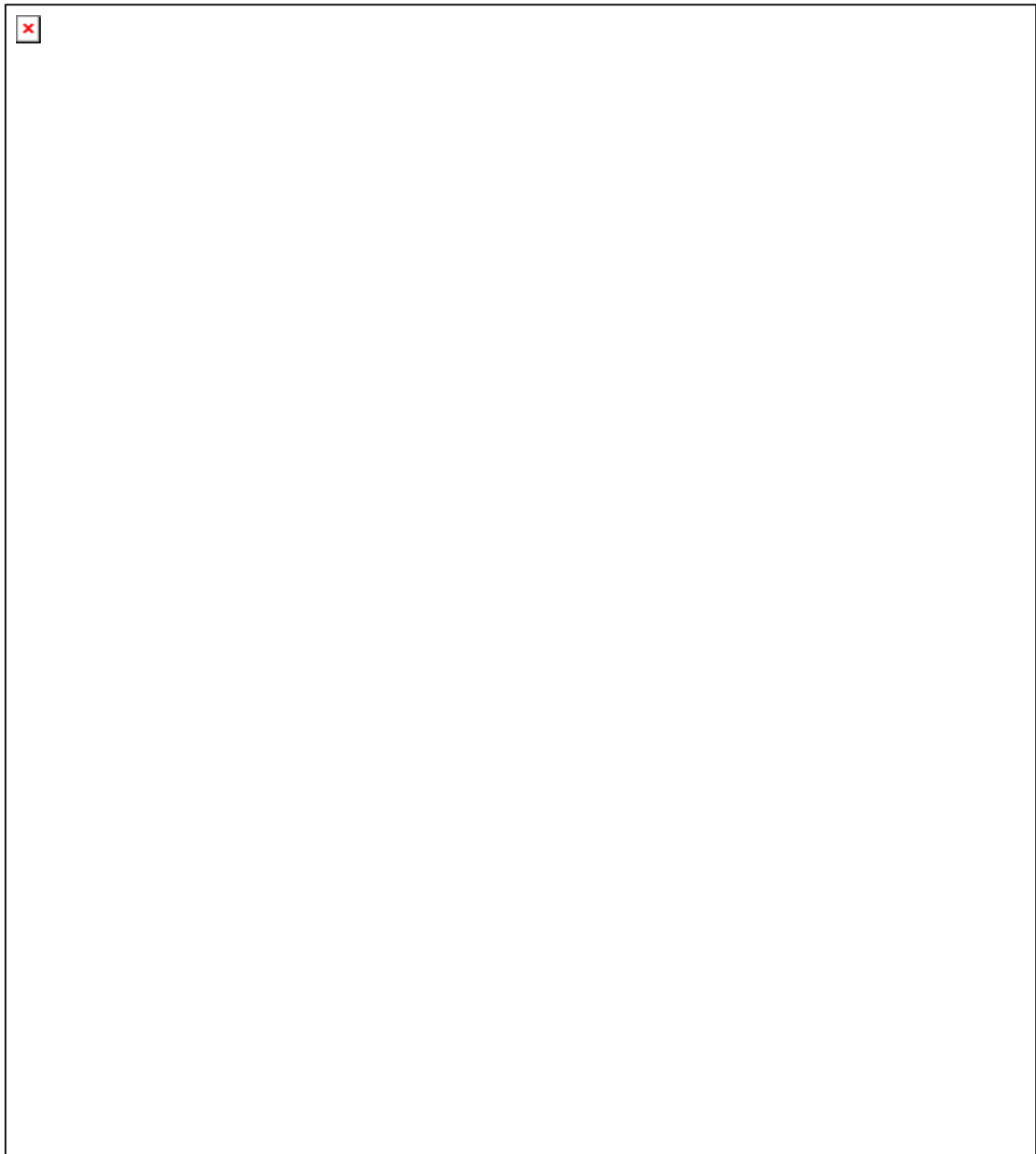
New Waypoint	
▪ 001	
24-NOV-03 11:05	
Location	
N 38°51.378'	
W094°47.959'	
Elevation	Depth
1195 ^f	----- ^f
<input checked="" type="checkbox"/> Show Name on Maps	
Delete	Map
Goto	OK

Waypoint

- Un Waypoint est un point caractérisé par ses coordonnées géographiques
- Il peut être rentré manuellement, à partir de coordonnées prises sur la carte, à partir du livre des feux, ...
- Il peut être enregistré par la fonction « Mark », « MOB »
- Il peut être activé à la demande

Waypoint

- On peut rentrer dans le GPS un point à atteindre (ou marquer un point précis en cas d'HLM, de filet ou de casiers)
- Le GPS indique la route fond (COG, ou Heading), la vitesse fond (SOG), le cap à suivre (Bearing), la distance qu'il reste à parcourir, le temps de parcours (ETA, TTG,...)
- On peut afficher l'écart de route (autoroute ou compas)



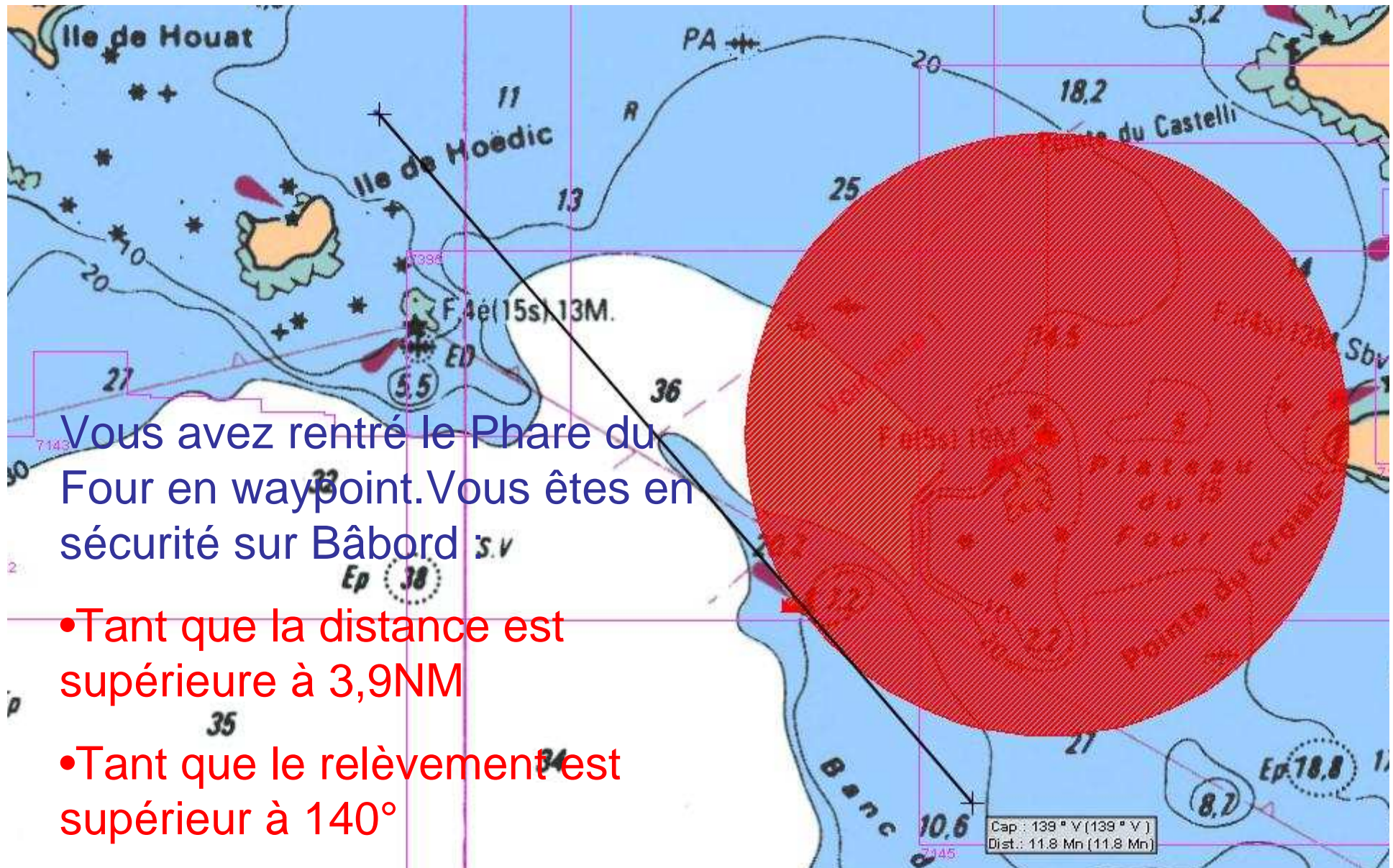
Waypoint de sécurité

- On peut aussi rentrer comme Waypoint un point représentant un danger à éviter
- On crée ainsi une zone avec une distance de minimum et un relèvement de sécurité
- Enfin, la fonction « Mark », « MOB », « HLM » vous indique en permanence le cap et la distance pour revenir au point marqué.
- **Il est fondamental de déclencher cette fonction aussitôt que possible en cas de danger**



Waypoint de sécurité :

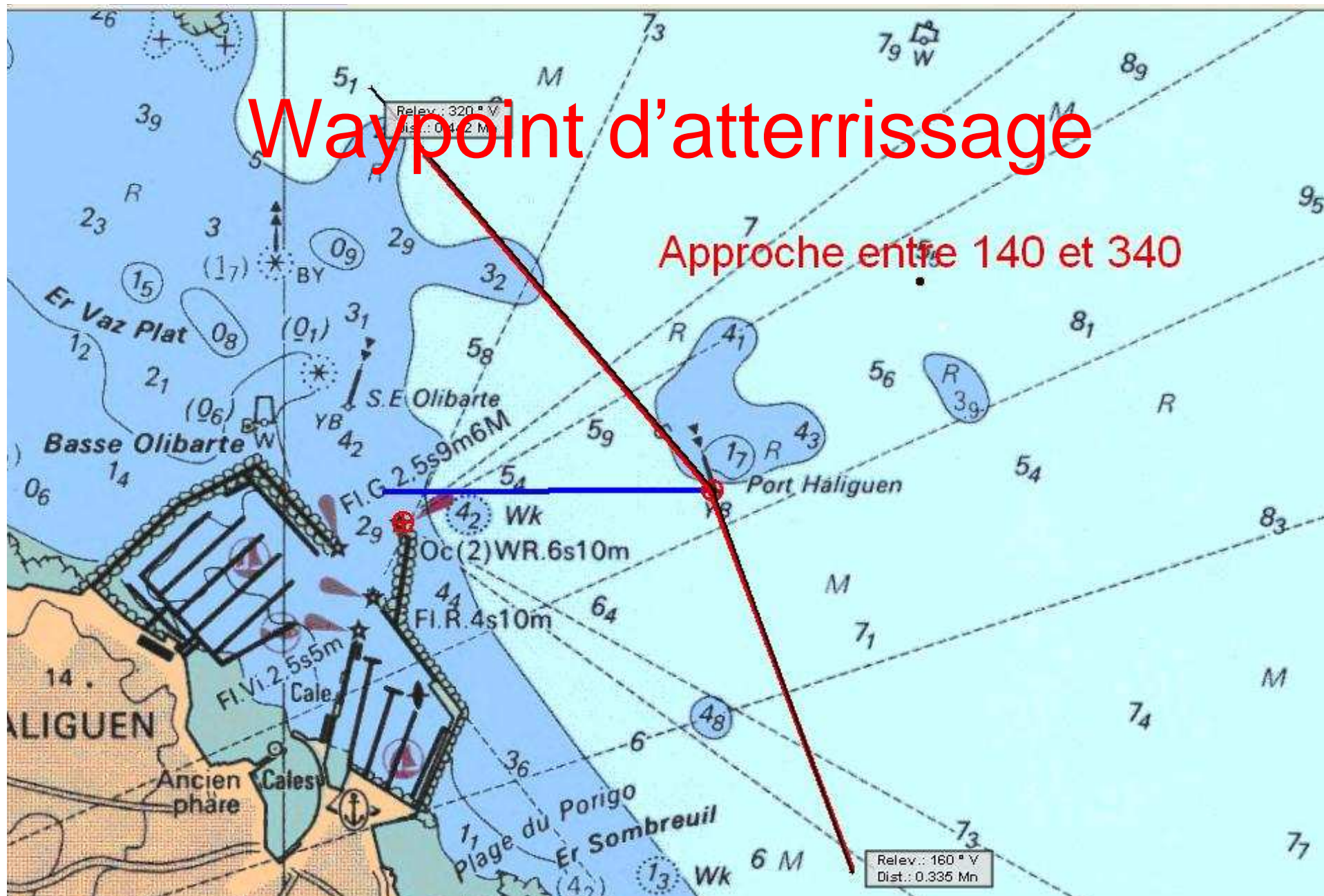
Vous naviguez devant Hoëdic, et vous vous dirigez vers Pornichet





Waypoint d'atterrissage

La digue est rentrée en WPT. Je sais que je peux approcher sans dangers si le relèvement est entre 155° et 315° par le Nord, et que la distance est de 0,5NM. On peut ainsi créer des cônes d'approche, en respectant la règle du pouce



Waypoint d'atterrissage

Approche entre 140 et 340

Ou mieux, on cherche une bouée d'atterrissage en eaux saines, et ensuite, on approche du port...

Niveau 3 : RTE (route)

- Une route, pour un GPS, est une succession de Waypoints, choisis dans le répertoire du GPS, et assemblés
- On peut rentrer ses marques en WPT, activer la route et mouiller le bouées
- Quand on maîtrise la fonction WPT, c'est très facile, alors je n'irai pas plus loin...

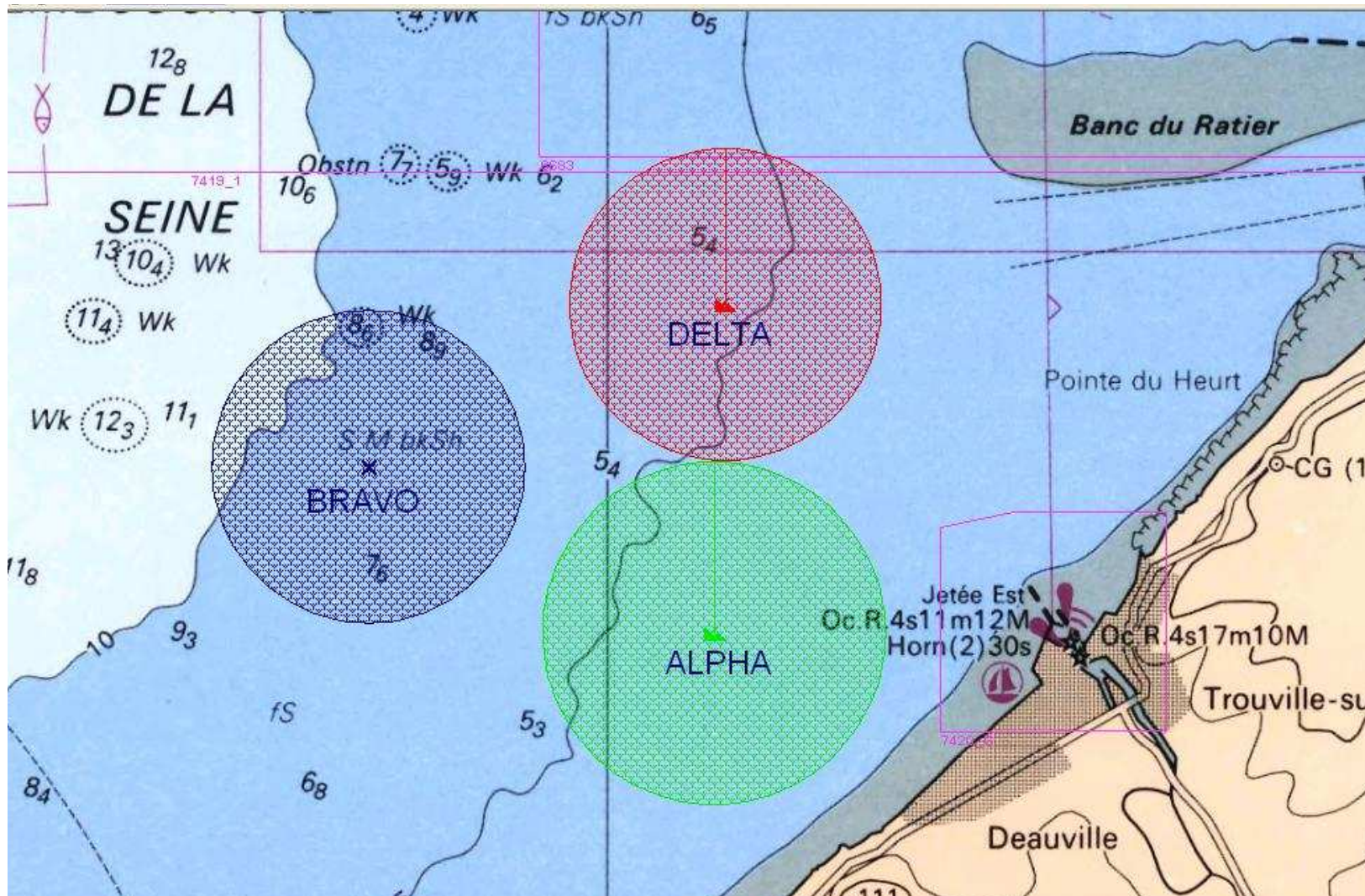


GPS et Comité de Course

1er Rôle : choisir sa zone de mouillage

- Le GPS permet de rejoindre un point de référence pour mouiller le bateau comité
 - Cette zone peut être choisie sur la carte (ou sur un logiciel de navigation) et rentrée en waypoint
 - Le centre du rond peut être rentré en waypoint, activé, et permet de se situer rapidement en azimuth/distance en fonction du vent

Positionnement rapide



Positionnement rapide

- Les coordonnées du centre du rond sont rentrées en waypoint
- Il suffit de relever ce point dans l'axe du vent (ou du vent moyen, ou de la moyenne du vent prévu...)
- La distance est celle du rayon du cercle
- Plus on rentre dans le rond, plus on peut pivoter large

2ème Rôle : mouiller les marques

- Il faut d'abord choisir un point de référence permettant de construire le parcours
- Ce point peut être :
 - Le milieu de la ligne
 - La marque sous le vent
 - Il doit être enregistré, par la touche MOB, et transmis au mouilleur et au pointeur aux marques

Mouiller la marque au vent

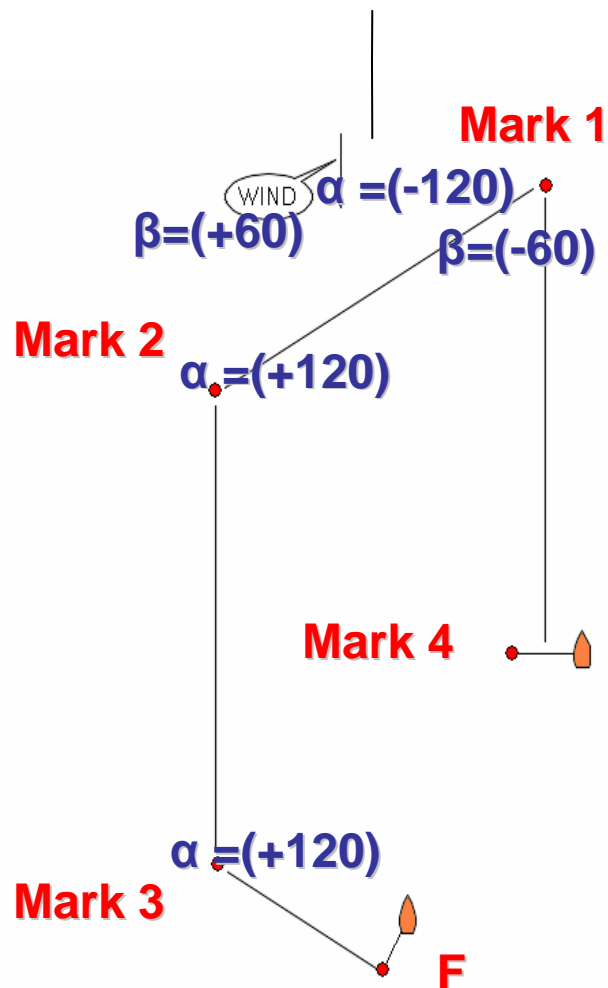
- Le Comité choisit l'axe et la longueur du bord de près
- Le mouilleur active le point de référence, et monte au vent (ou rejoint la position de la marque au vent depuis l'endroit où il se trouve)
- Mais le waypoint sera derrière lui...

Waypoint actif derrière

- Quand un waypoint est activé, on peut se diriger vers lui, ou s'en écarter...
- Si le waypoint est derrière, le cap est choisi par le barreur
- Le relèvement est donc augmenté de 180°
- ***Si le waypoint est devant***
 - ***cap = relèvement du point***
- ***Si le waypoint est derrière***
 - ***cap = relèvement du point $+180^\circ$***

Exemple pratique

- Le mouilleur doit établir un parcours trapèze.
 - Longueur du bord de près : 0,9NM
 - Axe du parcours : 000° (facile...)
 - Angle du bord de large : 120°
 - Longueur du bord de large : 2/3 du bord de près
- Il part du point de référence. Que doit-il lire sur son GPS à chaque marque?

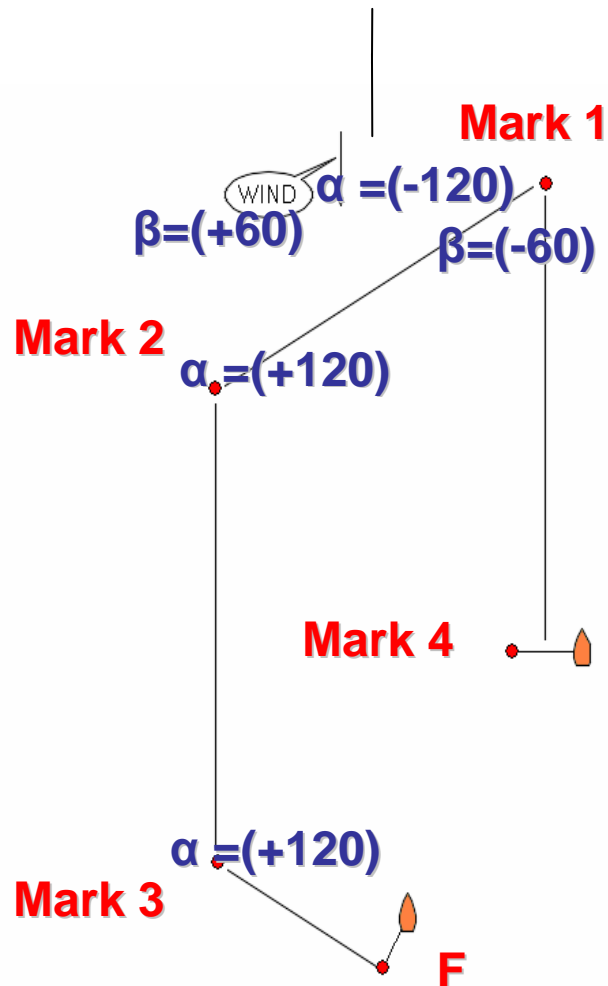


- Le mouilleur part au 000°
- GPS : 180° - dist = $0,9\text{NM}$
- Mouille/note/Marque 1
- Part au 240°
- GPS : 060° - dist = $0,6\text{NM}$
- Mouille/note/Marque 2
- Part au 180°
- GPS : 000° - dist = $0,9\text{NM}$
- Mouille/note/Marque 3
- Part au 120°
- GPS : 300° - dist $0,3\text{N}$
- Mouille/note/Marque F

Prenez un papier...

- Le mouilleur doit établir un parcours trapèze.
 - Longueur du bord de près : 0,9NM
 - Axe du parcours : 135° (moins facile...)
 - Angle du bord de largue : 120°
 - Longueur du bord de largue : $2/3$ du bord de près
- Il part du point de référence. Que doit-il lire sur son GPS à chaque marque?
- Vous avez 5 minutes.....

CORRECTION



- Le mouilleur part au 135°
- GPS : 315° - dist = $0,9\text{NM}$
- Mouille/note/Marque 1
- Part au 015°
- GPS : 195° - dist = $0,6\text{NM}$
- Mouille/note/Marque 2
- Part au 315°
- GPS : 135° - dist = $0,9\text{NM}$
- Mouille/note/Marque 3
- Part au 255°
- GPS : 075° - dist $0,3\text{N}$
- Mouille/note/Marque F

Autre méthode....

- Moins simple, il faut s'entraîner...
- On peut « PROJETER » un waypoint dans une certaine direction, à une certaine distance...
- On projette le point de référence à 0,9NM dans l'axe du vent (000°), et le waypoint actif se retrouve devant...

Avec des logiciels

- On peut tracer les parcours sur des logiciels de navigation
- Les faire apparaître pour montrer la trace des bateaux moteur
- Utiliser un logiciel de positionnement
- Voici quelques exemples :


TRAPAUTO

TrapAuto ✕

Language mathieu.leturcq@gmail.com

Paramètres

Premier Bord	Bord de large
Longueur <input type="text" value="0,8"/> MN	Longueur <input type="text" value="0,4"/> MN
Cap <input type="text" value="60"/> °	Angle de descente <input type="text" value="120"/> °



Latitude Reference

Longitude Reference

Latitude Marque 1

Longitude Marque 1

Marque 1
Relèvement °
Distance MN

Latitude Marque 2


Longitude Marque 2


Marque 2
Relèvement °
Distance MN

Latitude Marque 3

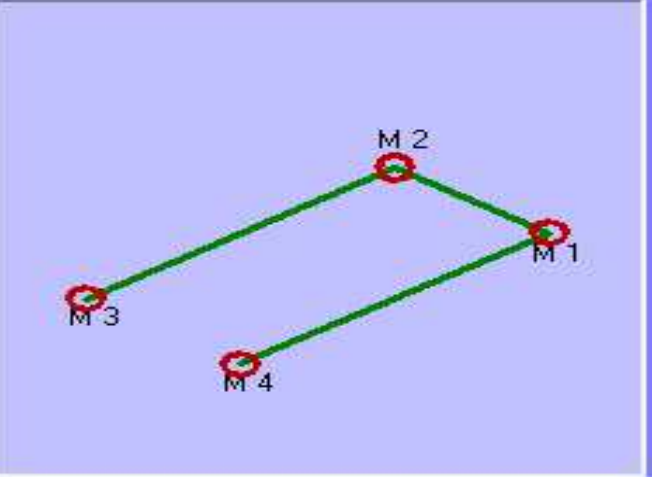
Longitude Marque 3

Marque 3
Relèvement °
Distance MN

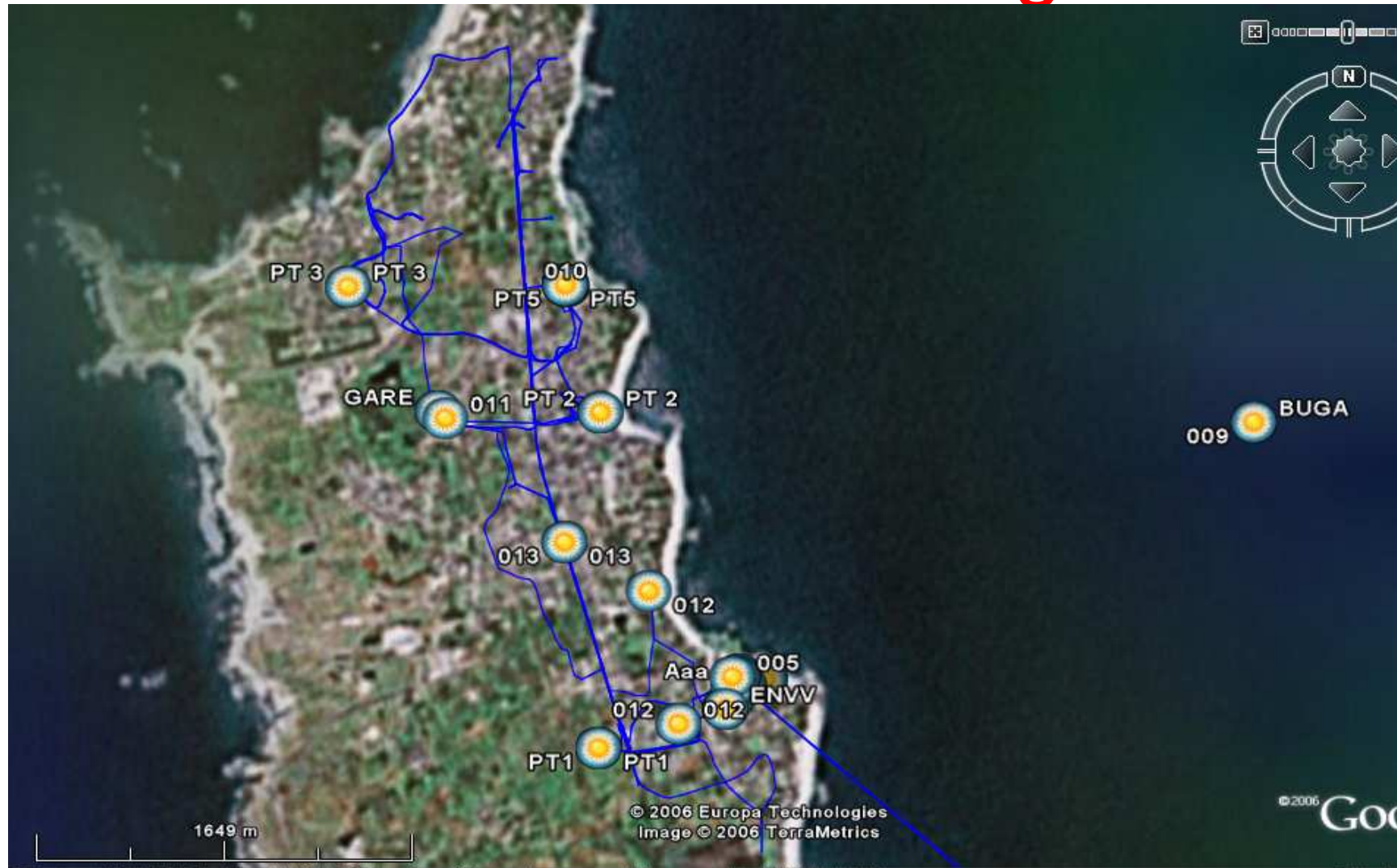




Mathieu LETURCQ - ENV - Christophe GAUMONT



Montrer une trace sur Google Earth



Parcours sur Google Earth



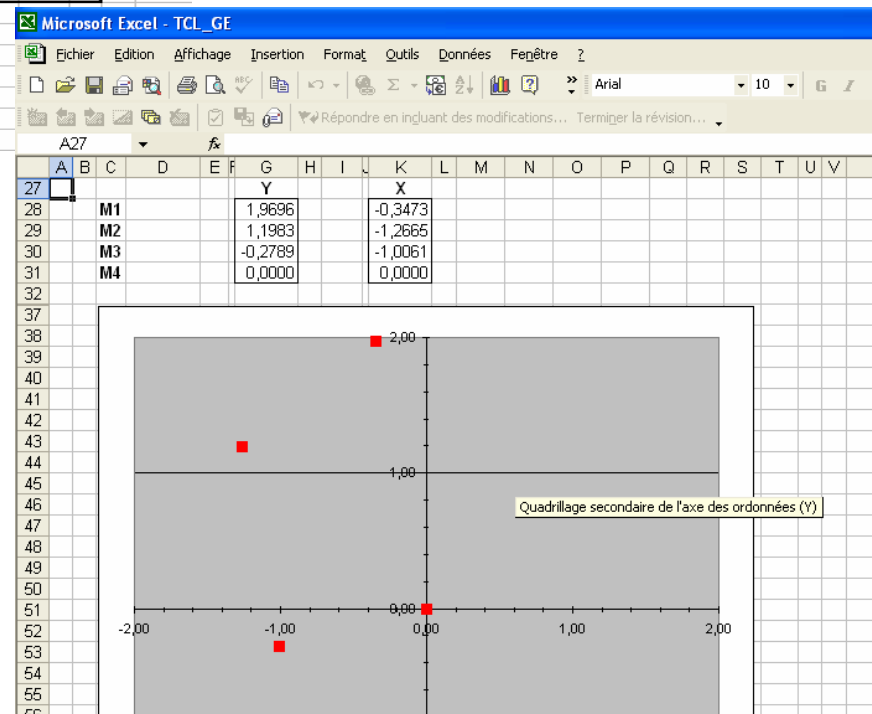
TCL(Trapèze Course Layer)

Microsoft Excel - TCL_GE

W	350	Position		Distance i --> j				Bearing i --> j			
		Latitude	Longitude	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
M1	60	60 : 03,970 N	024 : 58,305 E		01,20	02,34	02,00	230	196	170	
M2		60 : 03,198 N	024 : 56,464 E	01,20		01,50	01,74	050		170	133
M3		60 : 01,721 N	024 : 56,986 E	02,34	01,50		01,04	016	350		075
M4		60 : 02,000 N	024 : 59,000 E	02,00	01,74	01,04		350	313	255	

43
44
45
46
47
48
49

Display on Google Earth



Communication avec les concurrents

- Dans les séries «habitable », les concurrents sont autrement mieux équipés que nous...
 - Tous ont des centrales, des GPS, quand ce n'est pas des logiciels diaboliques...
 - Le GPS est utilisé par les concurrents pour tactiquer (visée des Laylines, ...)
 - La position de la première marque doit être transmise par VHF
 - En voile légère, les entraîneurs ont des GPS
 - L'erre du temps est à la standardisation, à la précision...
 - **Ne restons pas à la traîne...**

Avantages...

- Il est possible de gérer de façon précise le temps de course
- Les longueurs sont affinées (IMS, Temps sur distance)
- Le président de Comité est plus disponible pour regarder ailleurs (ciel, mer, concurrents, ...)
- Le mouilleur peut anticiper les changements de parcours, en sachant précisément où il est
- En cas de changement décision de changement de parcours, tardif, il trouve la nouvelle position rapidement

Cependant **MEFIANCE !!!!!!!**

- Le GPS a raison dans presque tous les cas, il tombe rarement en panne, ...
- Mais nous, avec nos gros doigts, notre petite tête, ...
- Très souvent, on se trompe en oubliant un 0, en décalant la virgule, en confondant cap et relèvement ...
- Dans tous les cas, il faut **DOUTER**, vérifier si ce qui est indiqué, rester critique, ...
- Il faut **VALIDER** ses positions, même avec le GPS

Représentation mentale

- Rappel :
 - Si on tourne vers la droite, les chiffres du compas augmentent
 - Si on tourne vers la gauche, ils diminuent
 - Plus on est loin du waypoint, plus il faut faire de route pour modifier le relèvement
 - Quand on arrive tout près, les chiffres varient très vite
 - Le cap indiqué est la Route Fond n'est valable que si le bateau avance (à la différence d'1 compas qui indique la ligne de foi du bateau)



Merci de votre attention
Christophe Gaumont
Colloque Comités Nov
2006

www.ffvoile.org Partenaire officiel