Estime Graphique – TD n°8

Transport de lieux et incertitude de l'estime

Jeudi 19 novembre 2009 vous arrivez du large vers Nantes. Une violente tempête a endommagé votre antenne GPS et vous naviguez à l'estime en attendant d'effectuer les premières observations au radar ou à vue avec le compas gyroscopique.
Vous apercevez la bouée géante du Dispositif de Séparation de Trafic de Ouessant et vous mesurez les distances et relèvements suivants:

22h53	$m_1 = 7{,}7$ M	$Z_{g1} = 166°$
23h26	$m_2 = 6{,}2$ M	$Z_{g2} = 244°$

A 23h30 le radar tombe en panne. Les paramètres de l'estime sont les suivants :
$V_S = 15$ nds mesuré avec une précision de 10 % de V_S
le pilote automatique suit un cap gyroscopique $120° \leqslant C_g \leqslant 124°$
$W_g = 1{,}5°$
le vent de Sud cause une dérive $0° \leqslant dér \leqslant 5°$
les documents nautiques indiquent pour la nuit un courant SSE ± 20° à 1,5 nds ± 0,5 nd

1 Construire le point « observé » de 23h00 et mesurer le rayon d'incertitude

Le commandant recale l'estime sur le point de 23h00 et adopte un rayon d'incertitude initiale de 0,3M. Il souhaite changer de cap et réduire la vitesse-surface à 10 nds lorsqu'il aperçoit la lumière du phare de Nividic pour passer à l'Ouest de la zone circulaire « Explosifs immergés ». On considère que la lumière de Nividic est visible lorsque le navire est à une distance du phare égale à sa portée théorique.

2 Calculer l'heure au plus tôt et la position du changement de route, mesurer le nouveau cap gyroscopique

Le ciel est très chargé et les nombreux grains sur Ouessant empêchent de voir les lumières des phares. A près ce changement de route effectué à l'heure trouvée à la question 2, le chef de quart du 00h00 – 04h00 parvient à distinguer le phare d'Ar Men :

01h00	$Z_{g1} = 120{,}5°$
01h45	$Z_{g2} = 100{,}5°$
02h30	$Z_{g3} = 080°$

3 Donner les coordonnées du point « observé » de 02h30 et son rayon d'incertitude

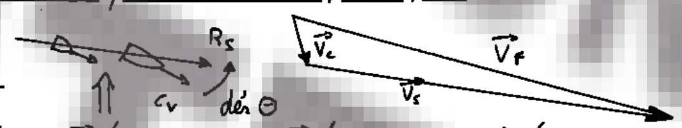
Correction du TD n° 8 de navigation : transport et incertitude

(1) les observations ont été effectuées à deux instants différents sur la même bouée : il faut donc transporter cet amer à un instant commun pour "observer" un point issu de ces deux relèvements et deux distances.
le transport utilise la route-fond R_f et la vitesse-fond V_F qu'il faut commencer par chercher à l'aide d'une construction vectorielle.
les paramètres de la construction vectorielle étant connus dans une marge d'erreur, on en tiendra compte dans le transport à l'aide du coefficient d'accroissement horaire de l'incertitude k.

valeurs moyennes	marges d'erreur
$V_s = 15$ nds	$\Delta V_s = \pm 10\% \cdot V_s = \pm 0,1 \cdot 15 = \pm 1,5$ nds
$C_g = 122°$	$\Delta C_g = \pm 2°$
$W_g = +1,5°$	$\Delta W_g = \pm 0°$
dér $= \pm 2,5°$	Δ dér $= \pm 2,5°$
$R_c = 157,5°$	$\Delta R_c = \pm 20°$
$V_c = 1,5$ nds	$\Delta V_c = \pm 0,5$ nds

construction vectorielle pour mesurer R_F et V_F

$$\begin{array}{rl} C_g = & 122° \\ + W_g = & +(+1,5°) \\ \hline C_V = & 123,5° \\ + \text{dér} = & +(-2,5°) \\ \hline R_s = & 121° \end{array}$$



$\vec{V_F} \left/ \begin{array}{l} R_F = 124° \\ V_F = 16,2 \text{ nds} \end{array}\right. = \vec{V_s} \left/ \begin{array}{l} R_s = 121° \\ V_s = 15 \text{ nds} \end{array}\right. + \vec{V_c} \left/ \begin{array}{l} R_c = 157,5° \\ V_c = 1,5 \text{ nds} \end{array}\right.$

calcul du coefficient d'accroissement horaire de l'incertitude k

$$k_s = \sqrt{(\Delta V_s)^2 + (V_s \cdot \tan(\Delta C_g + \Delta W_g + \Delta \text{dér}))^2} = \sqrt{1,5^2 + (15 \cdot \tan(2° + 0° + 2,5°))^2}$$

$$k_c = \sqrt{(\Delta V_c)^2 + (V_c \cdot \tan(\Delta R_c))^2} = \sqrt{(0,5)^2 + (1,5 \cdot \tan(20°))^2}$$

$$k = k_s + k_c = 1,909 \text{ M/h} + 0,740 \text{ M/h} = 2,649 \text{ M/h}$$

<u>observation n° 1</u> : transport de 22h53 à 23h00 vers l'AVANT

$\Delta t_1 = 0^h07$

$Z_{v_1} = Z_{g_1} + W_g = 166° + (+1,5°) = 167,5°$

$m_1 = V_F \cdot \Delta t_1 = 16,2 \text{ nds} \times 0^h07 = 1,9 \text{ M}$ distance du transport

$R_1 = k \cdot \Delta t_1 = 2,65 \text{ M/h} \times 0^h07 = 0,3 \text{ M}$ erreur sur le transport

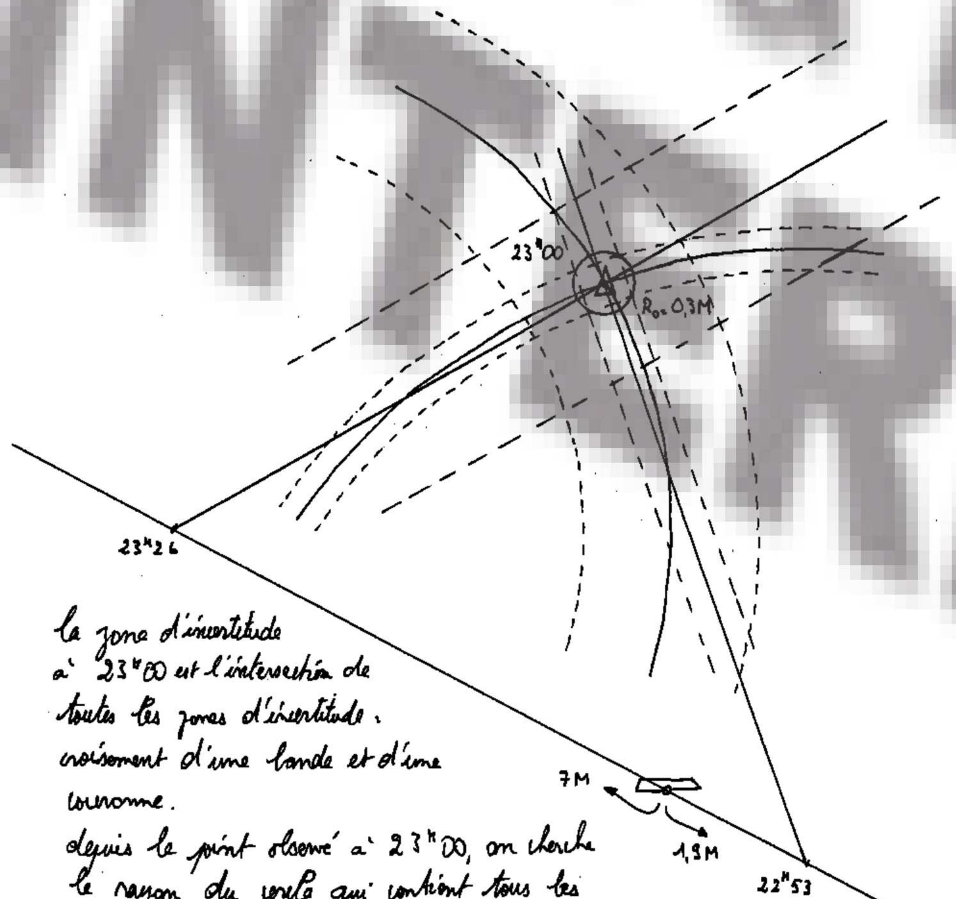
<u>observation n°2</u> : transport de 23h26 à 23h00 vers l'ARRIERE

$\Delta t_2 = 0^h26$

$Z_{v_2} = Z_{g_2} + W_g = 244° + (+1,5°) = 245,5°$

$m_2 = V_F \cdot \Delta t_2 = 16,2 \text{ nds} \times 0^h26 = 7 \text{ M}$

$R_2 = k \cdot \Delta t_2 = 2,65 \text{ M/h} \cdot 0^h26 = 1,1 \text{ M}$



la zone d'incertitude à 23h00 est l'intersection de toutes les zones d'incertitude : croisement d'une bande et d'une couronne.

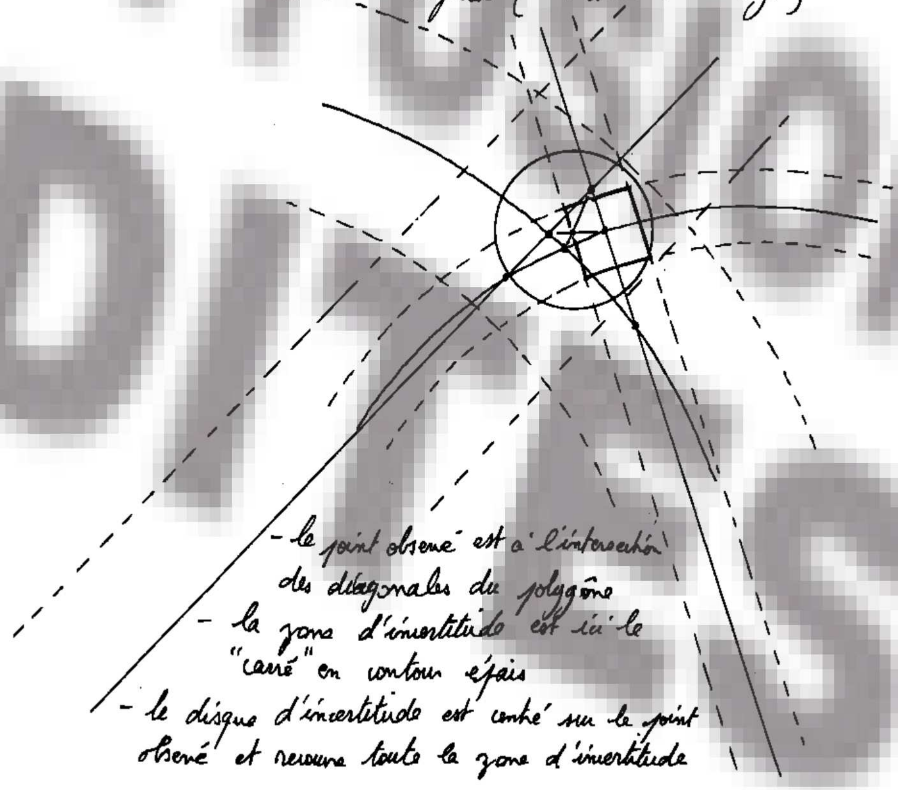
depuis le point observé à 23h00, on cherche le rayon du cercle qui contient tous les points de la zone d'incertitude :

$R_0 = 0,3$ M à 23h00 :	$\varphi = 48°36,4'$N $G = 005°45,2'$W

<u>remarque</u> : comment choisir R_0 si le point observé n'est pas au centre de la zone d'incertitude ? la situation la plus courante est que les lignes de position ne se coupent pas en un point unique mais en plusieurs, formant un polygone.

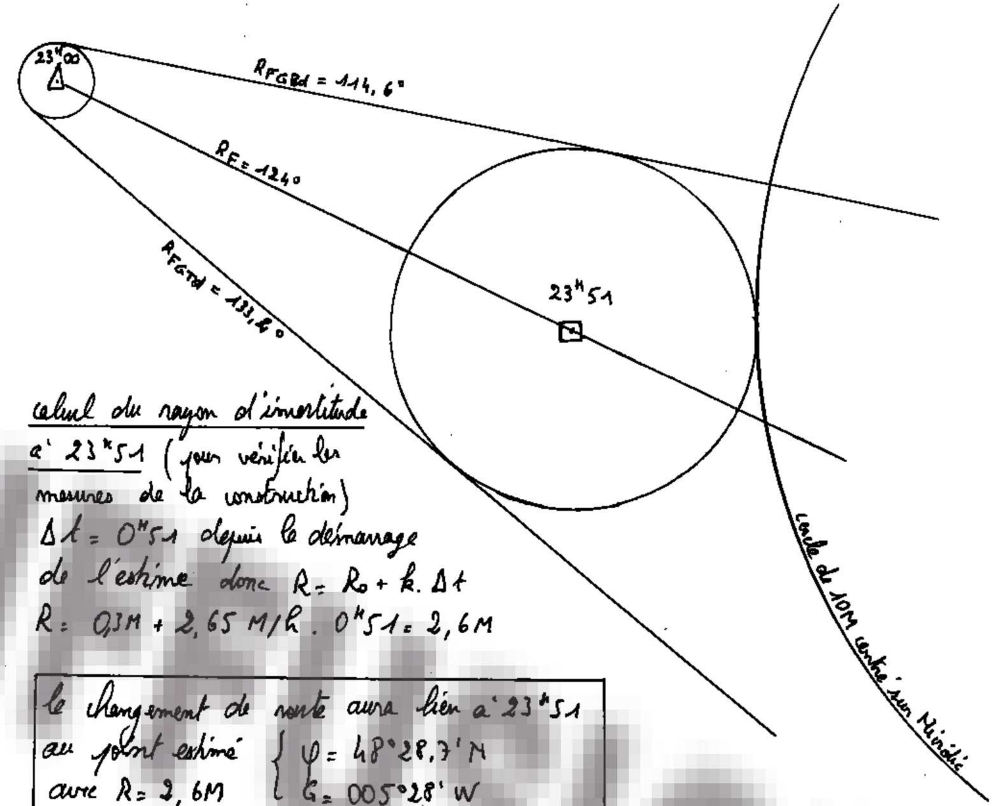
la méthode la plus simple consiste à chercher le centre du polygone comme l'intersection des diagonales (ou des médianes d'un triangle).

le point observé est rarement équidistant des sommets du polygône mais il servira de centre pour tracer le futur disque d'incertitude. On cherche donc le rayon comme la distance entre le point observé et le sommet le plus éloigné du polygône. Utiliser des zones d'incertitudes circulaires conduit à majorer largement la surface d'incertitude mais c'est la seule forme géométrique facile à dessiner (1 coup de compas) et à définir (1 centre et 1 rayon).



- le point observé est à l'intersection des diagonales du polygône
- la zone d'incertitude est ici le "carré" en contour épais
- le disque d'incertitude est centré sur le point observé et recouvre toute la zone d'incertitude

(2) pour connaître l'heure "au plus tôt" à laquelle le navire apercevra le feu de Mirédic, on trace un cercle de 10M centré sur ce phare : c'est le disque de sa portée théorique. Puis on cherche le disque d'incertitude centré sur la route-fond moyenne et tangent au disque de Mirédic. Ceci nécessite que les routes-fond de garde soient tracées



<u>tracé des routes-fond de garde :</u>

<u>méthode 1 :</u> calcul de la ½ ouverture du cône d'incertitude α

$$\alpha = \arcsin \frac{k}{V_F} = \arcsin \frac{2,65\ M/h}{16,2\ nds} = 9,4°$$

alors $R_{FGTd} = R_F + \alpha = 124° + 9,4° = 133,4°$

$R_{FGBd} = R_F - \alpha = 124° - 9,4° = 114,6°$

<u>méthode 2 :</u> tracé du disque d'incertitude autour du point de 24 H 00

de 23 H 00 à 24 H 00 : $\Delta t = 1^H$

distance parcourue par le navire : $m = V_F \cdot \Delta t = 16,2\ nds \cdot 1^H = 16,2M$

rayon d'incertitude $R = R_0 + k \cdot \Delta t = 0,3M + 2,65\ M/h \cdot 1^H$

$R = 2,95M$

on porte alors le point estimé de 24 H 00 à $m = 16,2M$ sur l'avant du point de 23 H 00 dans l'azimut $R_F = 124°$ puis on trace le disque d'incertitude de 24 H 00 de rayon $R = 2,95M$. Enfin on peut tracer les routes-fond de garde Bâbord et Tribord tangentes aux disques d'incertitude de 23 H 00 et de 24 H 00.

<u>recherche du point "au plus tôt" pour voir Mirédic</u>

à l'aide d'un compas on cherche en tâtonnant le centre du cercle situé sur la route-fond moyenne et tangent à la fois aux routes-fond de garde (ceci permet de mesurer le rayon) et au cercle de 10M centré sur Mirédic. On trouve ainsi un point situé à $m = 13,8M$ du point de 23 H 00 : $\Delta t = \frac{m}{V_F} = \frac{13,8M}{16,2\ nds} = 0^H51$ soit à 23 H 51

<u>calcul du rayon d'incertitude à 23 H 51</u> (pour vérifier les mesures de la construction)

$\Delta t = 0^H51$ depuis le démarrage de l'estime donc $R = R_0 + k \cdot \Delta t$

$R = 0,3M + 2,65\ M/h \cdot 0^H51 = 2,6M$

le changement de route aura lieu à 23 H 51 au point estimé avec $R = 2,6M$	$\varphi = 48°28,7'N$ $G = 005°28'W$

on cherche la nouvelle route en construisant la route-fond de garde à bâbord qui est tangente au disque d'incertitude de 23 H 51 et au disque tracé en rouge sur la carte "Explosifs immergés" : $R_{FGBd} = 181°$

la vitesse-surface et sa marge d'erreur ayant changé, il faut recalculer k_S et k :

$$k_S = \sqrt{(\Delta V_S)^2 + (V_S \cdot \tan(\Delta G + \Delta W_g + \Delta dér))^2}$$ avec $\Delta V_S = 10\%\ V_S$, $\Delta V_S = 0,1 \cdot 10\ nds$, $\Delta V_S = 1\ nd$

$$k_S = \sqrt{1^2 + (10 \cdot \tan(2° + 0° + 2,5°))^2}$$

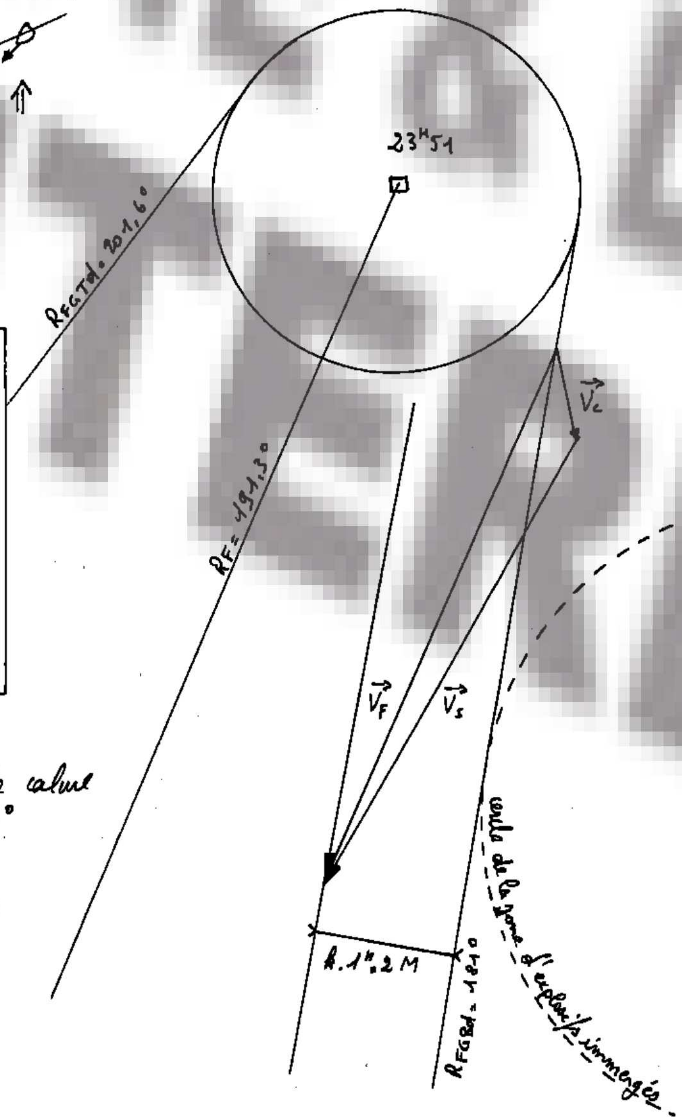
$k_S = 1,273\ M/h$; $k_C = 0,740\ M/h$ reste inchangé

$k = k_S + k_C = 2,013\ M/h$ à partir de 23 H 51

On commence la construction vectorielle sur la route-fond de garde Bd puis on cherche l'extrémité du vecteur-fond $\vec{V_F}$ sur la parallèle à la route-fond de garde Bd distante de $k \cdot 1^h = 2,013\,M$ (1^h car la construction des vecteurs est effectuée avec une échelle de 1^h).

$$\vec{V_F}\left(\begin{matrix} R_F = 191,5° \\ V_F = 11,2 \text{ nds}\end{matrix}\right. = \vec{V_s}\left/\begin{matrix} R_s = 196° \\ V_s = 10 \text{ nds}\end{matrix}\right. + \vec{V_c}\left/\begin{matrix} R_c = 157,5° \\ V_c = 1,5 \text{ nds}\end{matrix}\right.$$

$R_s = 196°$
$-\text{déc.} - (+2,5°)$
$C_v = 193,5°$
$-W_g - (+1,5°)$
$C_g = 192°$



à partir de 23h51 il faut adopter :
$C_g = 192°$; $V_s = 10$ nds
alors $k = 2,013\,M/h$
$R_{FGBd} = 181°$
$R_F = 191,3°$
$V_F = 11,2$ nds
$R_{FGTd} = 201,6°$

remarque

on peut vérifier par le calcul $\alpha = \arcsin \frac{k}{V_F} = 10,3°$

d'où $R_F = R_{FGBd} + \alpha$
et $R_{FGTd} = R_F + \alpha$

③ observation 1 : transport de 01^h00 à 02^h30 vers l'AVANT

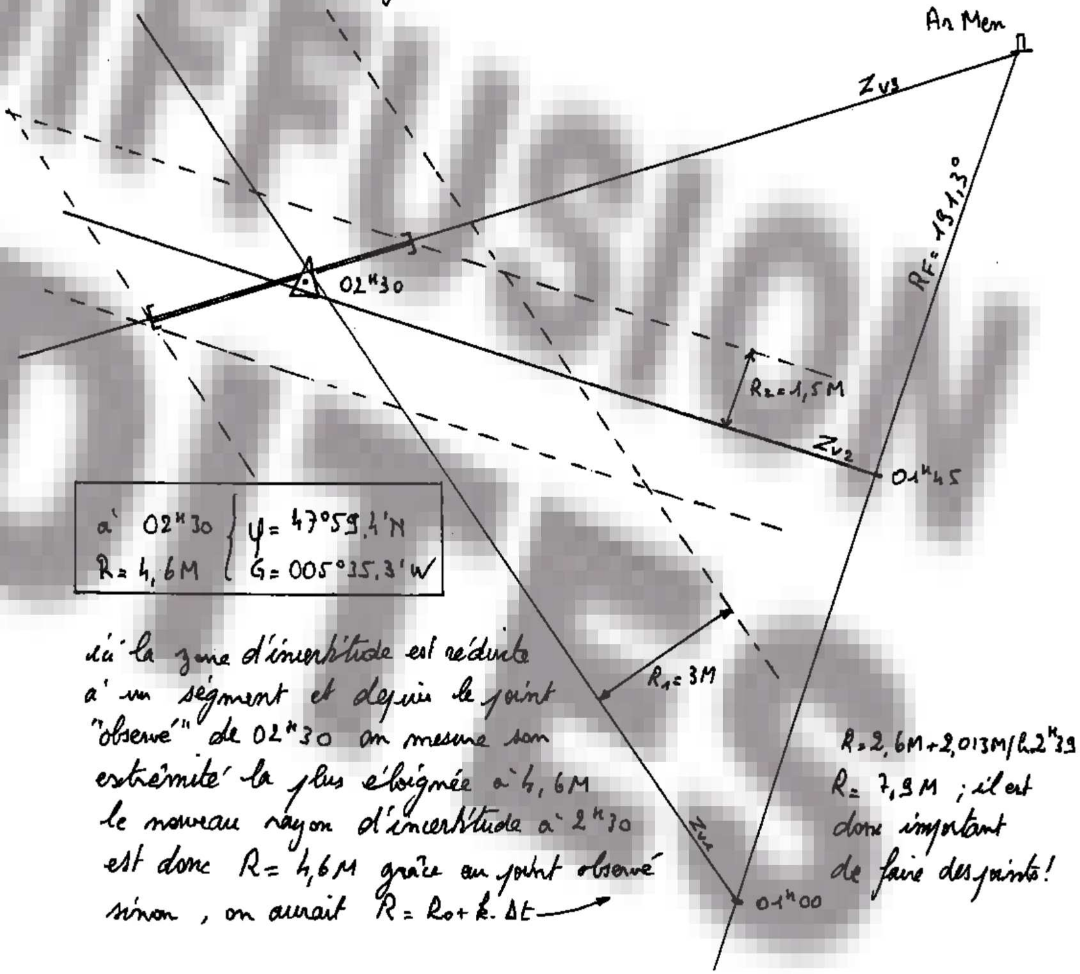
$\Delta t_1 = 02^h30 - 01^h00 = 1^h30$
$m_1 = V_F \cdot \Delta t_1 = 11,2 \text{ nds} \cdot 1^h30 = 16,8\,M$
$R_1 = k \cdot \Delta t_1 = 2,013\,M/h \cdot 1^h30 = 3\,M$
$Z_{v1} = Z_{g1} + W_g = 120,5° + 1,5° = 122°$

observation 2 : transport de 01^h45 à 2^h30 vers l'AVANT

$\Delta t_2 = 02^h30 - 01^h45 = 0^h45$
$m_2 = V_F \cdot \Delta t_2 = 11,2 \text{ nds} \cdot 0^h45 = 8,4\,M$
$R_2 = k \cdot \Delta t_2 = 2,013\,M/h \cdot 0^h45 = 1,5\,M$
$Z_{v2} = Z_{g2} + W_g = 100,5° + 1,5° = 102°$

observation 3 : tracée à 02^h30, sans transport ni erreur : $R_3 = 0\,M$

$Z_{v3} = Z_{g3} + W_g = 080° + 1,5° = 081,5°$



à 02^h30, $R = 4,6\,M$ $\left\{\begin{matrix} \varphi = 47°59,4'N \\ G = 005°35,3'W \end{matrix}\right.$

ici la zone d'incertitude est réduite à un segment et depuis le point "observé" de 02^h30 on mesure son extrémité la plus éloignée à 4,6 M le nouveau rayon d'incertitude à 2^h30 est donc $R = 4,6\,M$ grâce au point observé sinon, on aurait $R = R_0 + k \cdot \Delta t$ →

$R = 2,6\,M + 2,013\,M/h \cdot 2^h39$
$R = 7,9\,M$; il est donc important de faire des points !