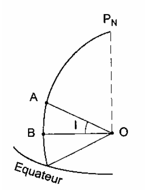
Différence de latitude (l)

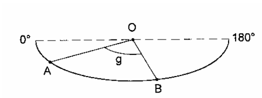


$$l = \left| L_B - L_A \right|$$

Ex : On donne deux points A (18°13'N - 000°) et B (07°29'S - 010°W). La différence de latitude vaut :

l = 7°29' + 18°13' = 25°42'

Différence de longitude (g)



$$g = \left| G_B - G_A \right|$$

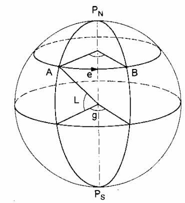
Ex : On donne deux points A (49°N - 002°33'E) et B (44°31'N - 03°57'W). La différence de longitude est de :

g = (- 3°57') – 2°33' = 5,90° = 6°30'

Ex : On donne deux points A (16°S - 172°23'W) et B (17°23'N - 177°42'E). La différence de longitude est de :

g = (180 – 172°23) + (180 – 177°42')
g = (179,6 – 172,23) + (179,6 – 177,42)
g = 7°37' + 2°18 = 9°55'

Chemin Est - Ouest



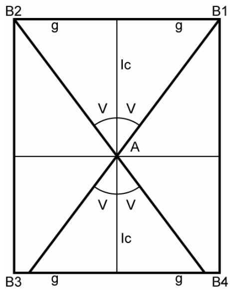
$$e = g \cos L$$

Ex : La distance parcourue en suivant le parallèle qui relie les deux points A (52°N - 005°17'E) et B (52°N - 018°33'E) est de :

g = 18°33' – 5°17' = 13°16' = 13 x 60 + 16 = 796'

e = g cos L
e = 796 x cos 52° = 488,219 NM

Loxodromie Angle de Route (*V*)



$$\tan V = \frac{g \cos Lm}{l}$$

« g » et « l » sont exprimés en minutes d'angle, « e » en NM.

Ex : Entre les points A (45°N - 002°W) et B (47°N - 003°E), la route vraie loxodromique vaut :

l = 47° - 45° = 2° = 2 x 60 = 120'
g = 2° + 3° = 5° = 5 x 60 = 300'

$$\tan V = \frac{g \cos L_M}{l} = \frac{300 \cos 46°}{120} = 1{,}736$$

Rv = 60,05°

Distance loxodromique (m)

$$m = \frac{l}{\cos V}$$

« l » est exprimé en minutes d'angle et « m » en NM.

Ex : Entre les points A (45°N - 002°W) et B (47°N - 003°E), la distance loxodromique vaut :

$$V = 60,05°$$

$$m = \frac{l}{\cos V} = \frac{120}{\cos 60,05°} = 240,36\,NM$$

Ex : On passe le point A (61°N - 010°W) en maintenant une route vraie 120° constante. On parcourt ainsi 240 NM. Les coordonnées du point d'arrivée B sont :

$$Rv = 120° \quad donc \quad V = 180 - 120 = 60°$$

$$m = \frac{l}{\cos V} \quad donc \quad l = m \cos V$$

$$l = 240 \cos 60° = 120' = 2°$$

$$L_B = 61° - 2° = 59°N$$

$$\tan V = \frac{g\ \cos\ Lm}{l} \quad donc \quad g = \frac{l\ \tan\ V}{\cos\ Lm}$$

$$g = \frac{120\ \tan\ 60°}{\cos\ 60°} = 415,69 = 6,96° = 6°55'$$

$$G_B = 10° - 6°55' = 9,60 - 6,55 = 3°05'W$$

$$B = 59°N - 003°\ 05'W$$

Distance Orthodromique (p)

$$\cos p = \sin L_A \ \sin L_B \ + \cos L_A \ \cos L_B \ \cos g$$

« L_A, L_B, g » sont exprimés degrés et en 100° de degrés.

Ex : La distance orthodromique parcourue entre les deux points A (30°N - 013°00'E) et B (50°N - 077°00'W) est de :

$$\cos p = \sin L_A \ \sin L_B + \cos L_A \ \cos L_B \ \cos g$$
$$\cos p = \sin 30° \sin 50° + \cos 30° \cos 50° \cos 90°$$
$$\cos p = 0{,}383$$
$$p = 67{,}479° \times 60 = 4049 \text{ NM}$$

Correction de givry (γ)

$$\gamma = \frac{1}{2} \ g \sin Lm$$

$$RV_A = RvLoxo \ - \ \gamma$$
$$RV_B = RvLoxo \ + \ \gamma$$

Ex : On considère l'orthodromie qui relie les points A (53°N - 002°W) et B (53°N - 008°E). Les routes vraies départ et arrivée sont respectivement de :

$$A \rightarrow B : Rv = 090°$$
$$g = 2° + 8° = 10°$$

$$\gamma = \frac{1}{2} \ g \sin Lm$$

$$\gamma = 0{,}5 \times 10° \times \sin 53° = 3{,}99 = 4°$$
$$RV_A = RvLoxo - \gamma = 90 - 4° = 086°$$
$$RV_B = RvLoxo + \gamma = 90 + 4° = 094°$$

ECHELLE (*E*)

L'échelle E vaut :

$$E = \frac{ab}{AB} = \frac{1}{\frac{AB}{ab}}$$

ab = distance sur la carte.
AB = distance sur la Terre avec la même unité.

Ex : Sur une carte entre les latitudes 45°N et 46°N, on mesure la longueur de 6 cm. L'échelle de cette carte est :

$$E = \frac{1}{\frac{AB}{ab}} \qquad l = 46° - 45° = 1° = 60\ NM$$

$$E = \frac{1}{\frac{60 \times 1{,}852 \times 10^6}{60\ mm}} = \frac{1}{1852000}$$

Ex : Une carte possède une échelle constante de 1/ 3 704 000. Une distance de 10 NM sur la Terre est représentée sur la carte par une distance de :

$$E = ab / AB$$

$$AB = 10 \times 1{,}852 = 18{,}52\ Km$$

$$ab = \frac{18{,}52 \times 10^6}{3\ 704\ 000} = 5\ mm$$

Ex : Une carte possède une échelle constante de 1/ 600 000. Une distance de 42 mm est représentée sur la terre par une distance de :

$E = ab / AB$ donc $AB = ab / E$

$AB = (42 \times 600000) / 10^6 = 25,2 \text{ km} = 13,60 \text{ NM}$

Ex : L'écartement entre les méridiens 000° et 001°E est de 30 mm. L'écartement entre les parallèles 44°N et 46°N est de :

$$E_{45} = \frac{1}{\frac{AB}{ab}}$$

1) Cherchons l'échelle à la latitude 45°.

$ab = 30 \text{ mm}$
$AB = g \cos Lm = 1° \times 60 = 60 \text{ NM} \cos 45°$

$$E_{45} = \frac{1}{\frac{60 \cos 45° \times 1,852 \times 10^6}{30 \text{ mm}}}$$

$$E_{45} = \frac{1}{2\,619\,123}$$

2) Connaissant l'échelle on en déduis ab de 44° à 46°.

$l = 2° \times 60 \text{ NM} = 120 \text{ NM}$

$$ab = \frac{120 \times 1,852}{2,619} = 84,85 mm$$

Les Cartes

Angle orthodromie droite-carte (pseudo-Givry) :

Mercator : δ *(delta) =* $\frac{1}{2}\ g \sin Lm$

Lambert : δ *(delta) =* $\frac{1}{2}\ g (\sin Lm - \sin L_0)$

Angle loxodromie droite-carte :

Mercator : β *(Bêta) = 0°*

Lambert : β *(Bêta) =* $\frac{1}{2}\ g \sin L_0$

Flèche entre # routes :

$$f = \frac{\alpha\, D}{230}$$

Ortho loxo : $\alpha = \gamma$

Ortho droite-carte : $\alpha = \delta$

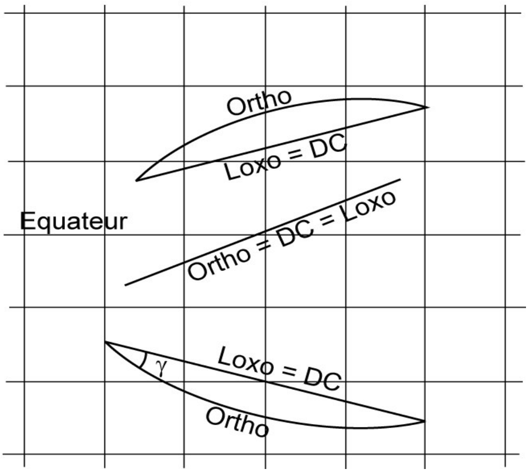
Loxo droite-carte : $\alpha = \beta$

Canevas Mercator Direct

Ce canevas est :

- *Conforme*
- *Loxodromique*
- *Orthodromique au voisinage de la tangence*
- *Quasi équidistant entre 20°N et 20°S*

Représentation des routes :



Rappel : $\gamma = \delta = \frac{1}{2}\ g\ \sin Lm$

L'échelle n'est pas constante, elle varie avec la latitude.

$$E_L = \frac{E_0}{\cos L}$$

Ex : L'échelle à l'équateur vaut $E_0 = \frac{1}{707\ 000}$ *L'échelle à la latitude 45°N vaut :*

$$E_L = \frac{E_0}{\cos L}$$

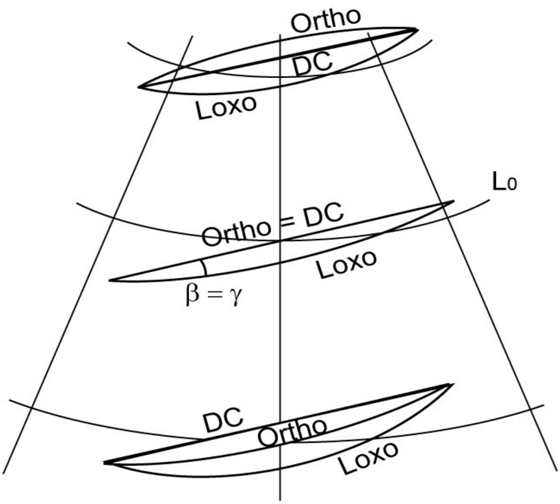
$$E_{45} = \frac{1}{707\ 000 \times \cos 45°} = \frac{1}{500\ 000}$$

Canevas Lambert

Ce canevas est :

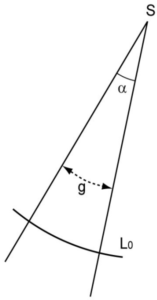
- *Conforme*
- *Orthodromique près de la tangence*
- *Quasi équidistant entre les parallèles standards*

Représentation des routes :



$$\text{Rappel : } \beta = \gamma = \frac{1}{2}\, g\, \sin L_0$$

$$\alpha = g \sin L_0$$



Ex : L'angle entre les méridiens 010°W et 020°W est de 8°. Le parallèle de tangence de cette carte est :

$$\alpha = g \sin L_0 \quad donc \quad SinL_0 = \frac{\alpha}{g}$$

$$SinL_0 = \frac{8}{20-10} = \frac{8}{10} = 0,8$$

$$L_0 = 53,13°$$

Ex : Au départ de A (60°N – 010°W) la droite carte fait un angle de 86° avec le méridien 010°W. A l'arrivée en B (60°N – 000°) elle fait un angle de 94° avec le méridien 000°. Le parallèle de tangence de cette carte est :

$$\beta = \frac{1}{2} g \sin L_0$$

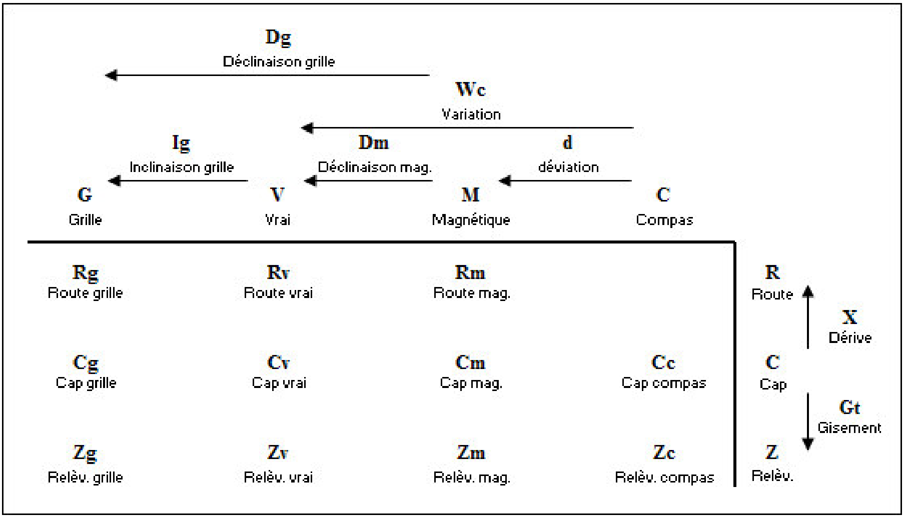
$$g = 10°$$

$$\beta = 90° - 84° = 4°$$

$$SinL_0 = \frac{4}{0,5x10} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$L_0 = 53,13°$$

Tableau d'orientation



Exemple d'utilisation :

$$Cg + X = Rg$$
$$Cv + Gt = Zv$$
$$Zc + d + Dm - Gt + X + Ig = Rg$$
$$Cm + Dg + X = Rg$$
$$Cv - Wc + Gt = Zc$$

Compas magnétique

Comportement en rafale :

Caps	Rafale d'Est	Rafale d'Ouest
Nord ou Sud	Augment	Diminue

Caps	Rafale du Nord	Rafale du Sud
Est ou Ouest	Instable	Stable

Comportement en accélération et décélération :

Caps	Nord	Sud
Accé / Décél	Pas de perturbations	

Caps	Est	Ouest
Accélération	Diminue	Augmente
Décélération	Augmente	Diminue

Comportement en virage :

Caps	Est	Ouest
Virage Droite	Inerte à Ø < 26° Ou erreur de 180° à Ø < 26°	Fiable
Virage Gauche	Fiable	Inerte à Ø < 26° Ou erreur de 180° à Ø < 26°

Triangle des Vitesses

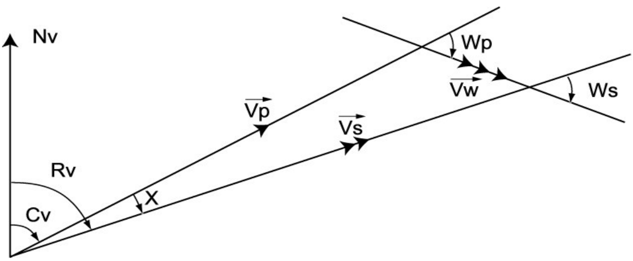
Cap vrai : angle entre le Nv et le cap de l'avion
Vitesse propre : projection de la vitesse aérodynamique (V) sur un plan horizontal.
Vent : exprimé en force et en direction. On le note Vw

NB : les vents fournis par les services météorologiques sont toujours donnés par rapport au Nv.

$$\overrightarrow{Vs} = \overrightarrow{Vp} + \overrightarrow{Vw}$$

Cette égalité vectorielle définit le triangle des vitesses.

Codification :	*Vp*	*- 1 flèche (elle est « portée » par le Cap)*
	Vs	*- 2 flèches (elle est « portée » par la route)*
	Vw	*- 3 flèches*
	Wp	*- Gisement du vent (angle entre Cv et le vent)*
	Ws	*- Angle au vent (angle entre Rv et le vent)*



Résolution du Triangle des Vitesses

3 méthodes :

- par calcul
- par tracé graphique
- par computer

Exemple :

Rv = 067°
D = 123 NM
Vp = 210 kt
Vw = 300°/50kt

Solution par tracé :

On commence par choisir une échelle : 1mm = 2NM

On trace ensuite une route orientée au 067°. En un point M quelconque de cette route, on fait arriver le vent orienté de longueur Vw = 50/2 = 25 mm

Le vent est représenté par le vecteur NM

Du point N, on trace un arc de cercle de rayon Vp = 210/2 = 105 mm
Cet arc de cercle coupe la route en un point P. PN et la Vp orienté pour suivre la route 067°

Le triangle PNM est le triangle des vitesses.

Il suffit maintenant de mesurer l'orientation du segment PN pour obtenir le Cv et de mesurer la longueur du segment PM pour obtenir la Vs.

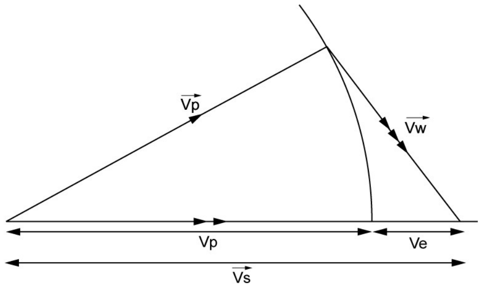
Cv = 056°
Vs = 118 x 2 = 236 kt
t = D / Vs = 123 / 236 x 60 = 31 min

VENT EFFECTIF (Ve)

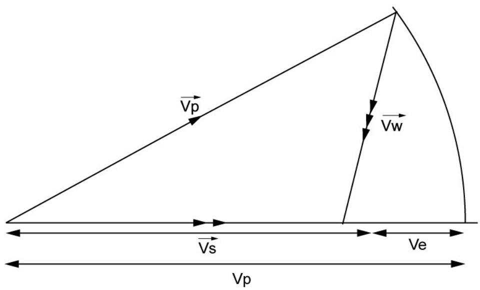
Le vent peut être positif, négatif ou nul.

$Ve = Vs - Vp$
$Vs = Vp + Ve$

Donc : Si Ve > 0 le vent effectif est favorable car : ***Vs > Vp***



Si Ve < 0 le vent effectif est défavorable car : ***Vs < Vp***



Vent effectif lors d'un trajet aller retour

La somme des vents effectifs aller et retour est toujours négative ou nulle.
On a :

$$Ve_A + Ve_R \leq 0$$

Cas particulier : On obtient $Ve_A + Ve_R = 0$ *dans les deux cas suivants :*

- *par vent nul*
- *si le vent, non nul, est porté par l'axe du trajet.*

Secteur de vent effectif

Permet de connaître les secteurs de vent donnant un vent effectif favorable ou défavorable pour un parcours donné.

Ex :
Vp = 480 kt
Rv = 360°
La force du vent et de 80 kt.

De quels secteurs le vent doit souffler pour produite un vent effectif positif ou négatif ?

Solution :

On écrit Ve = 0 ou bien Vp = Vs et on cherche les directions du vent donnant un tel résultat.

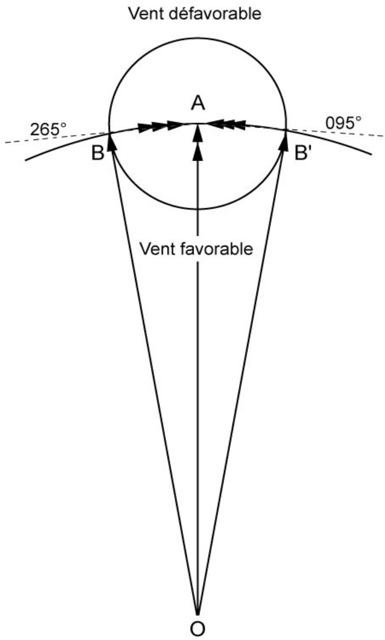
Avec une échelle 1mm = 5 NM

On porte le vecteur Vs = OA = 480 kt = 96 mn orienté au 360°.

On trace ensuite un arc de cercle de rayon Vp = 480 = 96mm centré sur l'origine O du vecteur Vs.

Par le point A on trace un cercle dont le rayon vaut la force du vent de 80 kt = 16 mm représentant toute les directions possibles du vent.

Les intersection B et B' donnent deux solutions telles que les vents BA et B'A sont nuls car dans les deux cas Vp = Vs. Ces directions valent 265° et 095°.



Le secteur supérieur de 265° -360° - 095° est le secteur de vent défavorable
Le secteur inférieur de 265° -180° - 095° est le secteur de vent favorable

Mesure des vitesses

Calcul de la Vp

$$Vs_A + Vs_R = 2Vp\cos X$$

On en déduit la Vp : $Vp = \dfrac{Vs_A + Vs_R}{2\cos X}$

Ex : De A à B et de B à A

t = 6mn
D = 24 NM
X = 10°
Trajet retour : 8 mn

Quelle est la Vp ?

$$Vs_A = \frac{24}{6}\times 60 = 240kt$$

$$Vs_R = \frac{24}{8}\times 60 = 180kt$$

$$Vp = \frac{240+180}{2\times\cos 10°} = 213kt$$

Calcul de la Vs

$$Vs = \frac{D}{t}$$

Ex : De A à B, t = 15 mn et D = 75 NM

$$Vs = \frac{75}{15}\times 60 = 300kt$$

ALTIMÉTRIE

<u>QFE (Quebec Fox Echo)</u>
C'est la pression atmosphérique au niveau officiel de l'aérodrome.

C'est le calage utilisé pour les phases d'approche et d'atterrissage (interception de l'ILS pour les IFR, entrée dans le circuit de piste pour les IFR. Il est à noter que le QFE sera bientôt remplacé par le QNH.

Le QFE ne pouvant être utilisé sur certains terrains (d'altitude) par suite de la limitation des possibilités d'affichage (QFE < 950 hPa), on a été amené à créer le QNE.

La calage QFE donne la hauteur, en atmosphère standard, entre l'avion et le niveau officiel de l'aérodrome.

Le QFE est déterminé à partir de la pression mesurée à la station météo du terrain sur laquelle on applique une correction d'altitude (la station météo étant rarement située au niveau officiel de l'aérodrome).

<u>QNE (Quebec Novembre Echo)</u>
Le QNE est l'altitude pression du QFE (mesure verticale en atmosphère standard entre le QFE et la surface isobare 1013,25 hPa).

<u>QNH (Quebec Novembre Hotel)</u>
C'est la pression (QFE) ramenée au niveau de la mer par l'intermédiaire de l'atmosphère standard. On 'entre' avec le QFE dans la table d'atmosphère standard et on regarde à Zt (=altitude du terrain) la pression correspondante.

Le QNH doit être utilisé dans un volume limité (100 à 150 km sur le plan horizontal, quelques centaines de mètres sur le plan vertical) autour du point de mesure).

Le calage 1013,25, appelé également calage standard
Il est utilisé pour la détermination des niveaux de vol, c'est à dire plutôt utilisé en 'route'. Par définition, le 0 de l'échelle H est en face de 1013,25 hPa de l'échelle P. Le calage 1013 permet d'utiliser directement l'altimètre comme un véritable baromètre, chaque indication, appelée altitude

pression (Zp), peut être convertie en information P à l'aide d'une table d'atmosphère standard.

Si le calage augmente, l'indication de l'altimètre augment.
Si le calage diminue, l'indication de l'altimètre diminue

Calages :

CALAGE	REGLAGE	PRESSION	ALTIMETRE	DESIGNATION
STD	1013,25 ou 29,92 Ihg	Alt. Correspondant aux tables d'atmosphère	Alt. Pression	Zp ou FL
QFE	Altimètre 0 ft	Pression à l'alt. du terrain	Haut. Indiquée	HQFE ou Hi
QNH		Pression au niveau du terrain ramenée au niveau de la mer	Alt. Indiquée	ZQNH ou Zi
QNE	1013,25	Alt. pression du terrain correspondant au QFE	QNE	QNE

.

	MER	AVION
TERRAIN	Alt. Topographique du terrain **(Zt)**	Hauteur vrai **(Hv)**
AVION	Altitude vrai **(Zv)**	

Correction de calage :

- *Autour de 1020 hPa : 1 hPa = 27 ft*
- *Autour de 1013 hPa : 1 hPa = 27,5 ft*
- *Autour de 995 hPa : 1 hPa = 28 ft*
- *Autour de 960 hPa : 1 hPa = 28,5 ft*

Correction de température :

$$\frac{\Delta Zv}{\Delta Zi} = \frac{Ts}{Tstd}$$

$$Zv - Zt = (Z_{QNH} - Zt)\frac{Ts}{Tstd}$$

Calcul simplifié :

On démontre que la correction d'altitude est d'environ 4 pieds par tranche de 1000 ft et par degré d'écart par rapport à la T° standard.

$$C = 4x\frac{(\Delta Zi\, ou\, \Delta Zv)}{1000}x\,\Delta ISA$$

ΔISA *est le nbr de degrés d'écart par rapport à la T° std*

Si ISA est moins, l'altitude indiquée sera inférieur à l'altitude vraie.

Si ISA est plus, l'altitude indiquée sera supérieur à l'altitude vraie.

L'ESTIME

Distance sol (Ds) :

$$Ds = Vs \times \Delta t$$

Distance air (Da) :

$$Da = Vp \times \Delta t$$

Relation entre Ds et Da :

Pendant le temps t, l'avion parcourt par rapport au sol une distance Ds

$$\Delta t = \frac{Ds}{Vs}$$

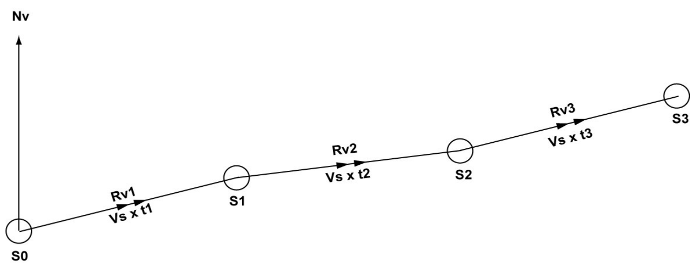
Pendant le temps t, l'avion parcourt par rapport à l'air une distance Da

$$\Delta t = \frac{Da}{Vp}$$

D'où la relation : $\dfrac{Ds}{Vs} = \dfrac{Da}{Vp}$

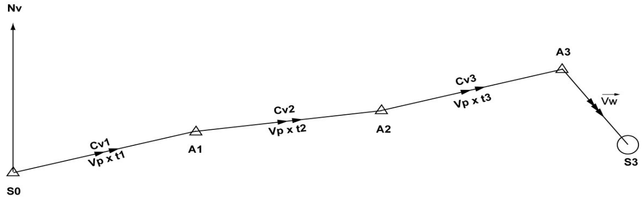
Tracé sol :

Consiste à reporter sur la carte, les points sol estimés sur chaque branche de navigation. La Rv et la Ds auront été calculées par résolution du triangle des vitesses sur chaque branche.



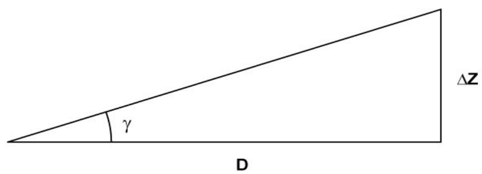
Tracé air :

Consiste à repérer sur la carte la position de l'avion sans tenir compte dans un premier temps de l'action du vent. A la fin de la navigation, on corrige la dernière position air de l'effet du vent total subi en pendant la navigation.



Pente sol – Pente air (γ) :

Elle peut s'exprimer de deux façon : soit par un angle noté en degrés sois par un pourcentage.



$$\gamma = \frac{\Delta Z}{D}$$

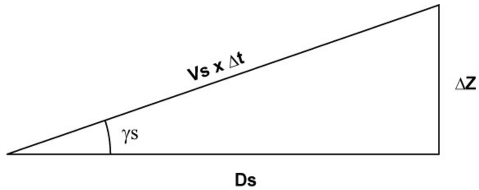
Conversion :

Pour transformer des pourcentages en degrés, on multiplie par un facteur « 6 ».
Ex : γ = 5% = 0,05 x 60 = 3°

Pour transformer des degrés en pourcentages, on divise par un facteur « 6 ».
Ex : γ = 4° = 4 / 60 = 0,066 = 6,6%

Pente sol (γs) :

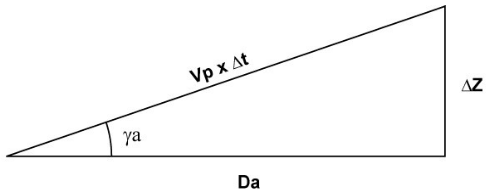
Angle entre la trajectoire de l'avion et le sol.



$$Ds = Vs \times \Delta t$$

Pente air (γa) :

Angle entre la trajectoire de l'avion et le sol.



$$Da = Vp \times \Delta t$$

Relation Pente sol - Pente air :

$$\Delta Z = Ds\,.\,\gamma s$$
$$\Delta Z = Da\,.\,\gamma a$$

D'où la relation :

$$Ds\,.\,\gamma s = Da\,.\,\gamma a$$

Vitesse verticale de l'avion (Vz) :

Si l'on, met un temps t pour perdre ou perdre une altitude Z, la vitesse verticale Vz est :

$$Vz = \frac{\Delta Z}{\Delta t}$$

- Si on raisonne par rapport au sol :

$$Vz = \frac{Ds \times \gamma s}{\Delta t} \quad donc \quad Vz = Vs \,.\, \gamma s$$

- Si on raisonne par rapport à l'air :

$$Vz = \frac{Da \times \gamma a}{\Delta t} \quad donc \quad Vz = Vp \,.\, \gamma a$$

Finalement on a la relation :

$$Vs \,.\, \gamma s = Vp \,.\, \gamma a$$

Unité de vitesse verticale :

Conversion kt – ft/min

$$1kt = \frac{6076}{60} \simeq \frac{6000}{60} \simeq 100\ ft\ /\ min$$

Conversion ft/min – m/s

$$1000\ ft\ /\ min = \frac{1000 \times 0,3048}{60} \simeq 5\ m\ /\ s$$

Ex : Calculer la vitesse verticale de descente Vz d'un avion établi sur un plan de descente à 5% avec un Vs de 120 kt.

$Vz = Vs.\ \gamma s$

Si on veut Vz en ft/min :

$$Vz = \frac{120 \times 6076}{60} \times 5\% = 600\ ft / min$$

Pour la pratique on retiendra :

$$Vz(ft / min) = V(kt) \times \gamma(\%)$$

Ex : Pour suivre un plan d'approche de 5%, un avion possède une Vp d'approche finale de 120 kt. Quelle vitesse de descente Vz doit-on adopter avec un vent axial de face de 20 kt pour suivre ce plan ?

$\gamma s = 5\%$
$Vp = 120\ kt$
$Vs = 120 - 20 = 100\ kt$

$Vz = Vs.\ \gamma s$
$Vz = 100 \times 5 = 500\ ft/min$

Calcul des points de report

$$t = \frac{Ds}{Vs}$$

Ces calculs se font avec le computer.

Calcul mental :

Pour calculer une estimé de temps pour une Vp comprise entre 100 et 240 kt on utilise :

Facteur de base : $Fb = \frac{60}{Vp}$

Pour obtenir le temps sans vent : $T = Fb \times D$

Au-delà de 240 kt on utilise le Facteur Inverse : $Fi = \frac{Vp}{60}$

Calcul de la dérive :

En appelant α *l'angle au vent :*

Vent traversier : $V_N = Vw \sin \alpha$

Vent de face : $V_T = Vw \cos \alpha$

Pour α *de 0° à 30° on a :* $\sin \alpha = \frac{\alpha}{60}$

Au-delà : $\sin \alpha = \frac{25 + \alpha}{100}$

Dérive maximale (Xmax) :

$$X\,max = Fb \times Vw$$

Ex : *Vp = 180 kt*
Vw = 60 kt

Calculer Xmax

Fb = 60 / 180 = 0,3
Xmax = 60 x 0,3 = 20°

Dérive (X) :

$$X = X\,max \times sin\,\alpha$$

Ex : *Vp = 150 kt*
Rv = 135°
Vw = 200° / 40 kt

Calculer X

Fb = 60 / 150 = 0,4
Xmax = 40 x 0,4 = 16°
X = 16 x sin (200 – 135) = 14°

Calcul du temps :

Méthode en utilisant le Vs :

$$Vs = Vp \pm Ve \qquad \text{et} \qquad Ve = Vw \times cos\,\alpha$$

Donc : $Vs = Vp \pm Vw\,cos\,\alpha$

Ex : *Vp = 200 kt*
Rv = 030°
Vw = 340°/40 kt
D = 78 NM

Calculer le temps T

α *= 340 – 030 = 50°*
Ve = 40 x cos 50° = 26 kt
Vs = 200 – 26 = 174 kt
Fb = 60 / 174 = 0,34
T = 78 x 0,34 = 26,5 min

Méthode en utilisant le temps corrigé (tc) :

Le temps sans vent T ayant déjà été calculé, on applique une correction qui tient compte du vent.

$$Tc = T \pm T \times Tc$$ *(+ si vent de face et – si vent arrière)*

La perte ou le gain de temps « t » par minute de vol dû au vent vaut :

$$t = X\ max\ \cos \alpha$$

Ce paramètre t doit être corrigé en fonction du vent subi pour fournir un paramètre « tc ». Il tient compte du fait que pour un vol d'une heure, le vent de face sera subi pendant une durée supérieur à une heure et pour un vent arrière une durée inférieure à une heure.

On a donc :

Vent de face : tc > t
Vent arrière : tc < t

Ex : *Vp = 200 kt*
Rv = 030°
Vw = 340° / 40 kt
D = 78 NM

Calculer la dérive X, le Cv, et le temps T

Fb = 60 / 200 = 0,3
Xmax = 40 x 0,3 = 12°
α *= 340 – 030 = 50°*

X = 12 x sin 50° = 9°D
Cv = 030 – 9 = 021°

T sans V = 78 x 0,3 = 23,4 min
tc = Xmax cos α *= 12 cos 50° = 8s donc tc face = 9s*

Δ*T = 23 x 9 = 230 – 23 = 207s = 3,45 min*
Tc = 23,4 + 3,45 = 26,85 # 27 min

Consommation

Consommation horaire (Ch) :

$$Ch = \frac{Q\,(\,Qté\ de\ carburant\ consommé\,)}{T\,(\,heure\ de\ vol\,)}$$

Exprimée en kg/h.

Consommation distance (Cd) :

$$Cd = \frac{Q\,(\,Qté\ de\ carburant\ consommé\,)}{D\,(\,distance\ parcourue\,)}$$

Exprimée en kg/NM.
Cette consommation contrairement à la Ch varie avec le vent, car elle est fonction de Vs.

Relation entre Ch et Cd :

$$Cd = \frac{Q}{D} \qquad \text{donc :} \quad Cd = \frac{\frac{Q}{T}}{\frac{D}{T}} = \frac{Ch}{Vs}$$

$$Cd = \frac{Ch}{Vs}$$

Conversion de volume :

1 US Gal = 3,785 l
1 Imp Gal = 4,545 l

Points critiques

Point équitemps :

C'est le point entre deux aérodromes A et B, ou le point M pour lequel les temps nécessaires pour rejoindre l'un des deux aérodromes sont égaux.

C'est la Vp qu'il faudra utiliser dans les calculs pour déterminer la position du PET M.

Méthode de calcul :

Tracer le lieu des PET sur un graphique ou :

PET entre départ A et destination B :

$$PET = D \frac{V_{SR}}{V_{SA} + V_{SR}}$$

Point de non retour :

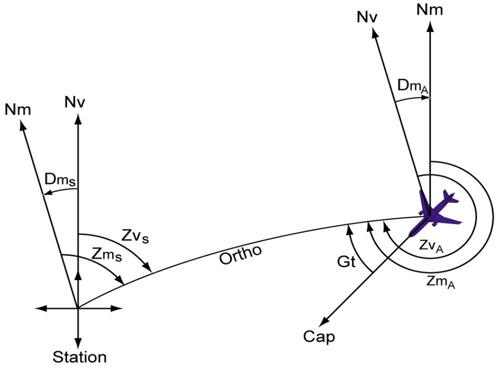
C'est le point limite noté PNR à partir duquel l'avion ne pourra plus revenir au point de départ, compte tenu des réserves réglementaires que l'on se garde à l'arrivée.

Méthode de calcul :

P entre départ A et destination B :

$$t = T \frac{V_{SR}}{V_{SA} + V_{SR}}$$

$d = t \times V_{SA}$ *donc :* $$PNR = T(heures) \frac{V_{SA} \times V_{SR}}{V_{SA} + V_{SR}}$$



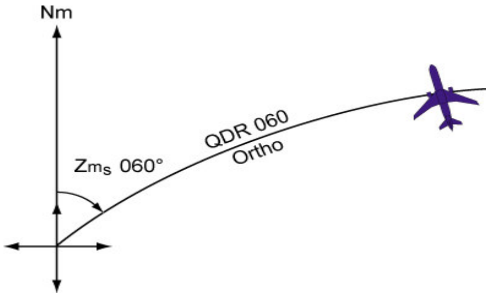
Zm_S = QDR = Radial
Zm_A = QDM
2γ = convergence ortho

$$Z_{V_A} = Z_{V_S} \pm 180° \pm 2\gamma$$

Le VOR (Visual Omni range) : *Les stations sont calées au Nm sauf dans la zone 6µT.*

QDR : *La mesure de relèvement est faite à la station. C'est la station qui relève l'avion. Les relèvements porteront l'indice « s ».*
C'est donc par extension le radial qu'on suit en éloignement de la station.

QDM : *Route magnétique à suivre pour rejoindre la station. C'est le relèvement magnétique de la station par l'avion.*



Un radial est une orthodromie issue de la station VOR et d'orientation départ Zms.

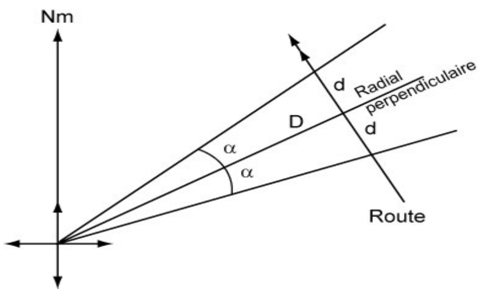
HSI (Horizontal Situation Indicator) : *Il comporte les mêmes indicateurs que l'OBI, mais l'aiguille de déviation gauche droite se déplace parallèlement à elle-même à l'intérieur d'une rose de cap donnant une représentation imagée plus conforme à la réalité de la position de l'avion et de son orientation par rapport à l'axe sélecté.*

RMI (Radio Magnetic Indicator) : *Il est constitué d'une rose des cap qui fournit généralement un cap compas, et d'une aiguille VOR qui pivote autour du même axe, et dont le talon est asservi à indiquer la valeur* Zm_S *ou QDR décodée par le récepteur.*

L'aiguille VOR du RMI indique la valeur QDR + ou – 180°

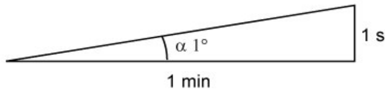
Détermination de la distance à la station :

> *Lors du franchissement du radial perpendiculaire à la route suivie, on peut déterminer sa distance à la station.*
>
> *Pour cela on mesure le temps écoulé entre deux radials symétriques du radial perpendiculaire à la route suivie.*



On a : $D = \dfrac{d}{tg\,\alpha}$

Il existe une équivalence indispensable à connaître : $1° = 1s = 1\,min$



Ex : Un avion de Vs = 180 kt, suivant une Rm 120° passe le radial 60° à 13 h 00 et le radial 70° à 13 h 06. Quelle est sa distance de la station ?

L'avion parcourt 10° en 6 min soit 360 s
Il met donc 36 s pour parcourir 1°
Il est à une distance de 36 min de la station à la Vs de 3 NM /min
D = 3 x 36 = 108 NM

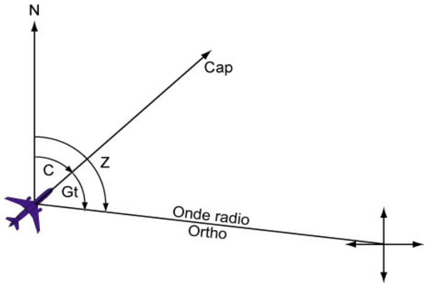
***ADF (Automatic Directionnal Finder) :** C'est un instrument qui fonctionne avec un émetteur sol appelé NDB (Non Directionnal Beacon) ou LOCATOR s'il est de plus faible émission.*

L'ADF mesure un gisement sous lequel arrive l'onde émise par la station sol.
Ce gisement peut être transformée en relèvement par la formule : Z = C + Gt

Il permet donc de déterminer le relèvement de la station par l'avion (réciproquement à la mesure effectué par le VOR).

Les relèvements porteront l'indice « s » pour signaler que la mesure de relèvement est faite par l'avion.

On a les relations :



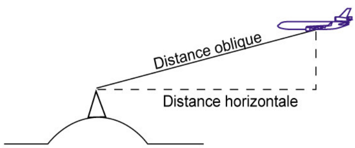
$$Z_{VA} = Cv + Gt$$
$$Z_{MA} = Cm + Gt$$
$$Zc = Cc + Gt$$

Pour obtenir un QDM on doit faire l'opération : QDM = Cm + Gt

Dans le cas d'un RMI ADF, l'aiguille ADF pivote sur une rose de cap. Le cap affiché est le Cm et l'aiguille ADF indique le QDM. Il réalise automatique l'opération précédente. : QDM = Cm + Gt

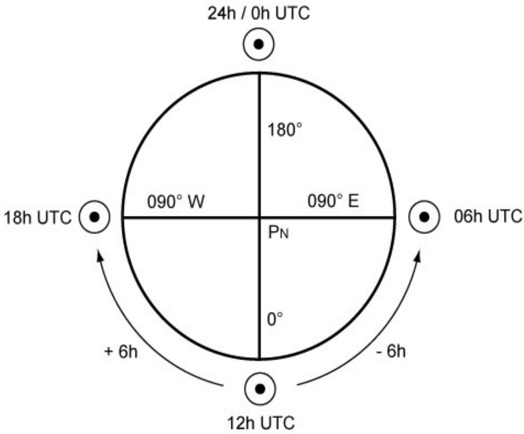
DME (Distance Measuring Equipement) : *Une station DME fournit la distance oblique qui sépare l'avion de la station.*

On peut considérer que la distance oblique et la distance horizontale sont égales si la distance avion station est supérieure à 30 NM.



Temps Universel Coordonné (UTC) : *Universal Time Coordinate est l'heure officielle utilisée en aéronautique.*

Par convention, lorsque le soleil moyen passe dans le plan du méridien de Greenwich, il est 12 heures UTC. Sa vitesse angulaire est donc de 360° en 24 heures soit 15°/h.



Ex : Quelle heure UTC est-il quand le soleil moyen est à l'aplomb du méridien 122° W ?

Il faut utiliser l'équivalence suivante :

15° / h
1° = 4 min

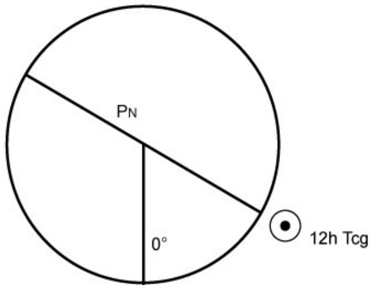
120 ° / 15 = 8 h
2 ° = 2 x 4 = 8 min.

L'heure UTC à laquelle le soleil passe le méridien 122 ° W est :

UTC = 12 h + 8 h 08 min = 20 h 08 min.

Heure locale (Tcg ou LMT) : *Temps civil local ou LMT (Local Mean Time), est l'heure correspondant au méridien du lieu de l'observateur.*

Lorsque le soleil moyen passe dans le plan du méridien de l'observateur, il est 12 heures locales. Le méridien qui sert d'origine pour le calcul de l'heure n'est plus le méridien de Greenwich mais celui de l'observateur.



Lorsque le soleil moyen passe la longitude de 060° E, il est 12 h Tcg (locale).

Ex : Quelle est l'heure UTC lorsqu'il est 12 heures locales pour un observateur situé par 060° E ?

On passe de l'heure locale Tcg à l'heure UTC avec la formule suivante en ajoutant le terme positif pour une longitude Ouest et négatif pour une longitude Est.

$$UTC = Tcg + \frac{G}{15}$$

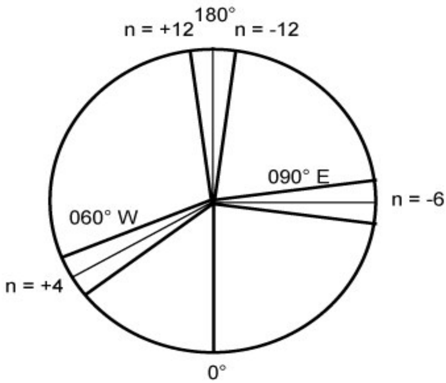
$$UTC = Tcg + \frac{60°E}{15}$$

$$= 12h + (-4h)$$

$$= 08h$$

Heure du fuseau horaire (Tn) : *La terre est divisée en 24 fuseaux horaire de 15° soit une heure. Pour les distinguer, on leur attribue un numéro « n » qui est fonction de la longitude GM du méridien central.*

$$n = \frac{G_M}{15}$$



Le fuseau centré sur le méridien 060° W porte le numéro : $n = +\frac{60}{15} = +4$

Le fuseau centré sur le méridien 090° E porte le numéro : $n = -\frac{90}{15} = -6$

Le fuseau centré sur le méridien 180° est divisé en deux demi-fuseaux :

$n = +12$ *pour la partie Ouest*

$n = -12$ *pour la partie Est*

la formule permettant de retrouver le numéro d'un fuseau connaissant la longitude est :

$$n = arrondi\ à\ l'entier\ le\ plus\ proche\ de \left[\frac{G}{15}\right]$$

« n » ayant le même signe que G

On retiendra la formule suivante :

$$UTC = Tn + n$$

Heure légale : *L'heure légale est définie par rapport à l'heure UTC en y ajoutant une constante. L'heure légale de tel pays est « UTC + 2 ».*

En France : *heure légale d'hiver : UTC + 1*
heure légale d'été : UTC + 2

Calcul du changement de date : *Pour tout les calculs sur les décalages horaires, les formules pour les changements d'heure restent valables pour les changements de date en appliquant la règle suivante :*

- Si on obtient une heure qui dépasse 24 heures, on enlève 24 heures et on ajoute 1 jour au résultat.

- Si on obtient une heure négative, on ajoute 24 heures et on soustrait 1 jour au résultat.

Aube et crépuscule :

- L'aube est la période qui s'écoule entre l'instant ou le centre du soleil se trouve 6° sous l'horizon et l'instant ou il se lève.

- Le crépuscule est la période qui s'écoule entre l'instant ou le soleil se couche et l'instant ou le centre du soleil se trouve 6° sous l'horizon.