

9.2 Radionavigation

4 Le VOR

1/9

A – Principe général

Le VOR (VHF Omnidirectional Range) est un système de radionavigation qui permet au pilote de se repérer par rapport à une station au sol.

La station sol émet un signal radio en VHF dans la gamme des fréquences comprises entre 108 et 118 MHz.

Ce signal reçu et traité à bord d'un aéronef par le récepteur VOR permet au pilote de savoir sur quelle radiale de la station il se trouve.



Figure 1. Station sol VOR.

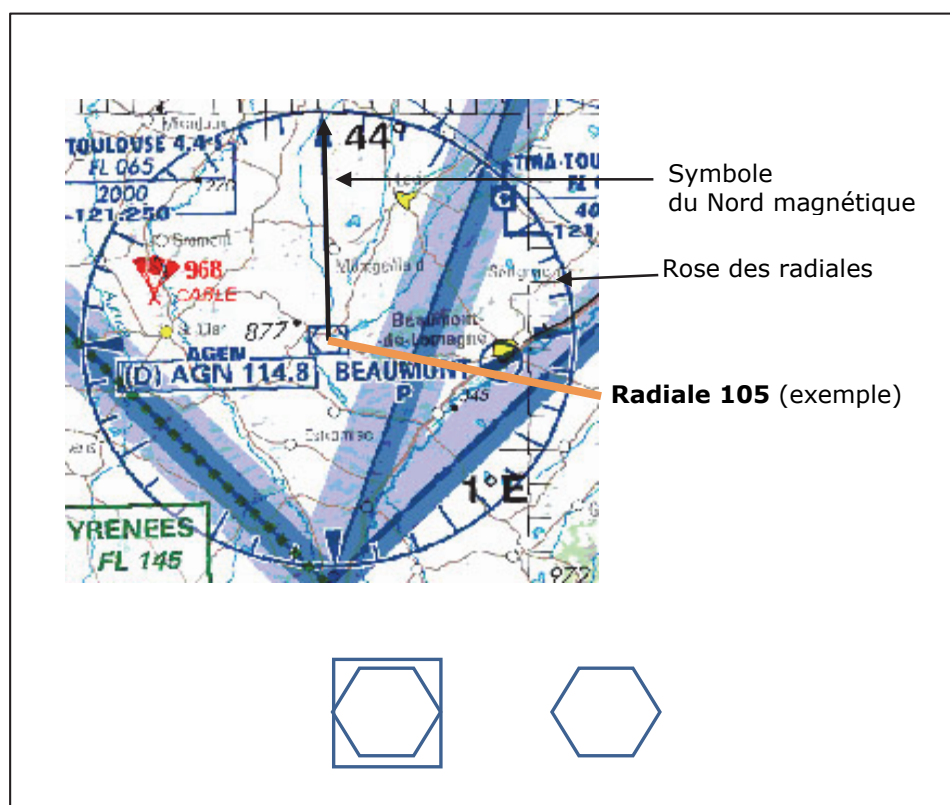


Figure 2. Représentation du VOR sur une carte. Symboles du VOR-DME (en bas à gauche) et VOR seul (en bas à droite)

En plus du signal directionnel, le VOR émet l'indicatif de la station, audible par le pilote. Dans l'exemple de la figure 2, AGN est transmis en code morse (• — — — • — •).

On ne doit pas utiliser un VOR sans avoir identifié la station ou bien si l'indicatif n'est pas transmis (le VOR est incertain).

B – Station de bord

1 - Présentation

L'ensemble de bord se compose :

- d'une antenne dipôle, généralement fixée sur l'empennage ;
- d'un récepteur VOR ;
- d'une boîte de commande ;
- d'un ou plusieurs indicateurs.



Figure 3. Installation de bord.

2 - Boîte de commande

La boîte de commande permet :

- d'afficher la fréquence de la station VOR désirée ;
- d'en écouter l'indicatif ;
- et, parfois, d'afficher la route sélectionnée.

La boîte de commande est très souvent commune au VOR et à la VHF com.

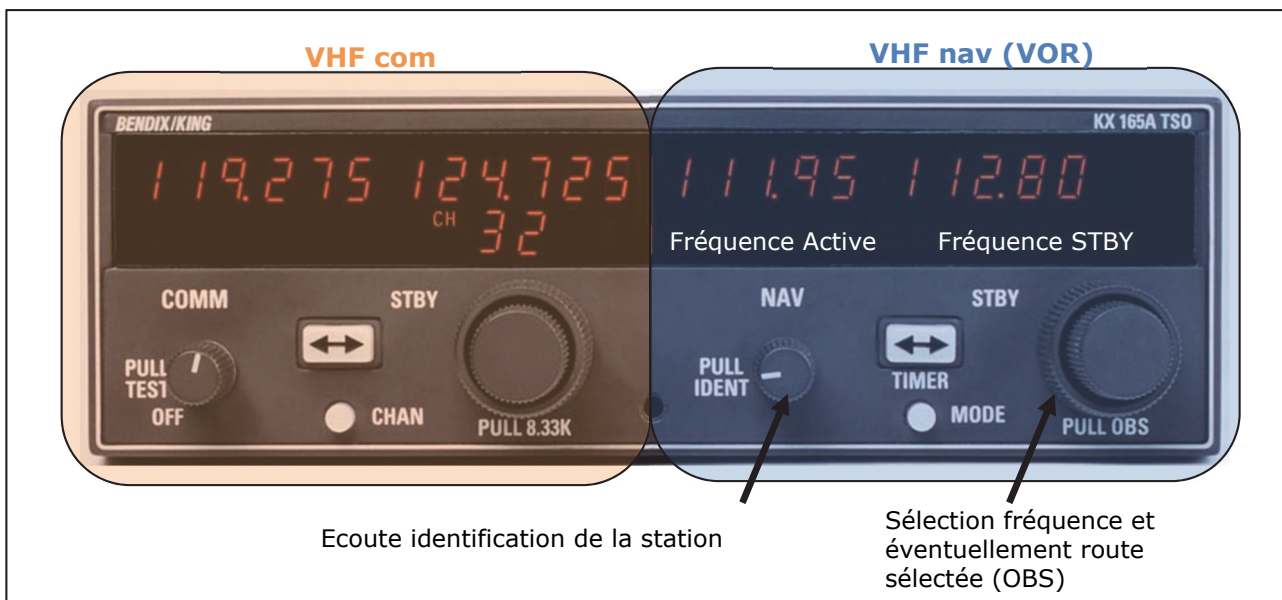


Figure 4. Boîte de commande VOR.

La commande « Sélection de fréquence » affiche la fréquence désirée dans la fenêtre « Fréquence STBY » (on prépare la fréquence).

Un appui sur le bouton ⇄ transfère la fréquence en standby dans la « fenêtre active » : le VOR peut maintenant être utilisé.

On rappelle qu'avant l'utilisation, il faut écouter l'indicatif (« PULL IDENT »).

3 - Indicateur

L'indication est présentée au pilote sur un instrument appelé CDI (Course Deviation Indicator).

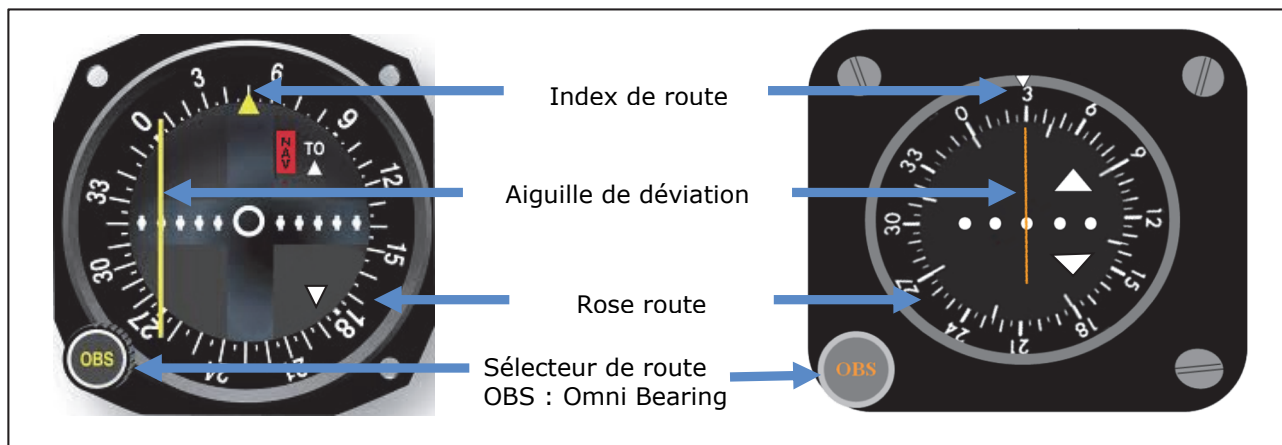


Figure 5. Course Deviation Indicator.

L'indicateur comporte :

- un drapeau « NAV » rouge, apparent si l'ensemble VOR est sur « OFF » ou en cas de mauvaise réception du signal ;
- une rose des vents matérialisant les radiales VOR ;
- un bouton « OBS » (Omni Bearing Selector) permettant de sélectionner une route magnétique à suivre ;
- un drapeau « TO » et un drapeau « FROM » matérialisant si l'aéronef se trouve (en regardant dans le sens de la route sélectionnée) dans une zone allant vers la station (TO) ou une zone s'éloignant de la station (FROM).
- une aiguille (appelée barre d'écart radio) indiquant dans la limite de 10° de la route sélectionnée si l'aéronef est, dans le sens de route sélectionnée, à droite ou à gauche de celle-ci.

C - Utilisation

1 - Définitions

Le VOR fournit au pilote une indication de radiale. On appelle radiale (ou **QDR**) la route magnétique qui va **de la station vers l'aéronef**.

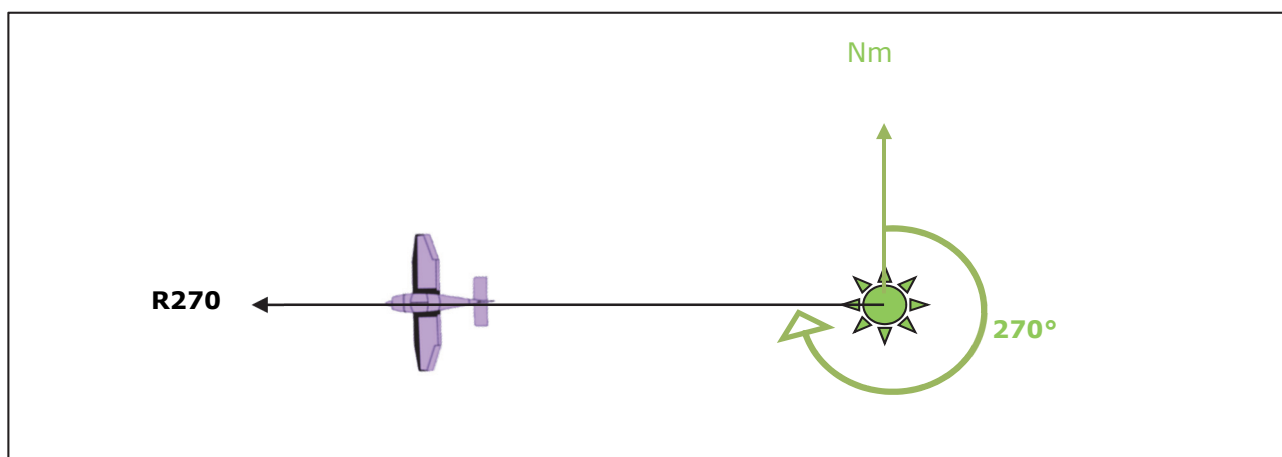


Figure 6. Aéronef en éloignement sur la radiale 270.

On appelle **QDM** la route magnétique que doit suivre l'aéronef **pour rejoindre la station**.

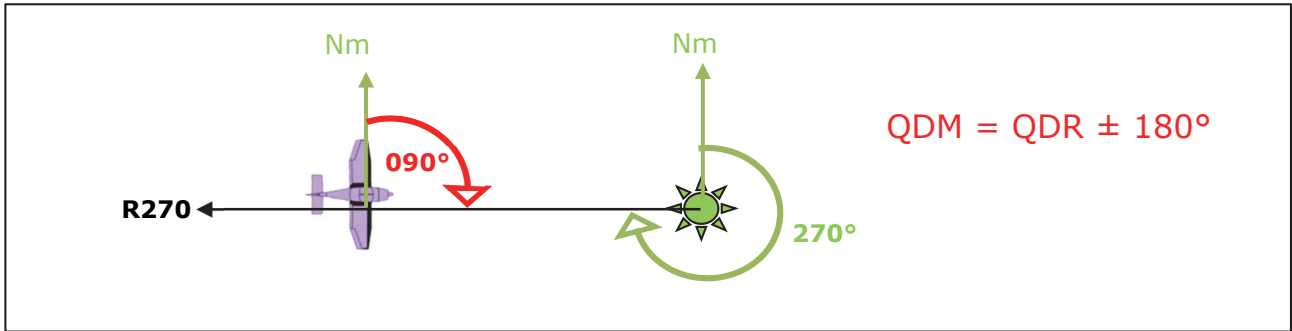


Figure 7. Aéronef en rapprochement sur la radiale 270. Il est donc au QDM 090.

Afin d'éviter les confusions, plutôt que de dire QDR ou QDM, il est maintenant recommandé de préférer les expressions :

- « en éloignement radiale xxx » ;
- « en rapprochement radiale xxx ».

2 - Se localiser

A un instant donné, le CDI indique la situation suivante (figure 8).

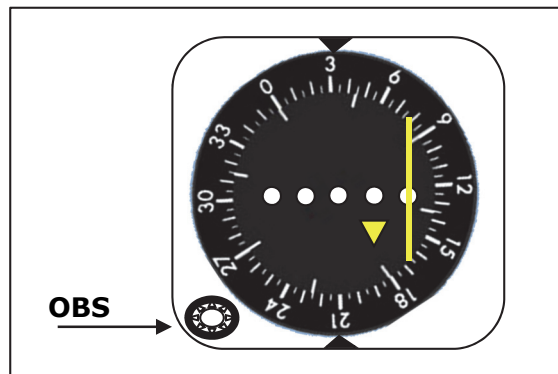


Figure 8.

Pour connaître sa position par rapport à la balise VOR, on tourne le bouton OBS jusqu'à avoir l'aiguille centrée. Deux cas peuvent alors se présenter.

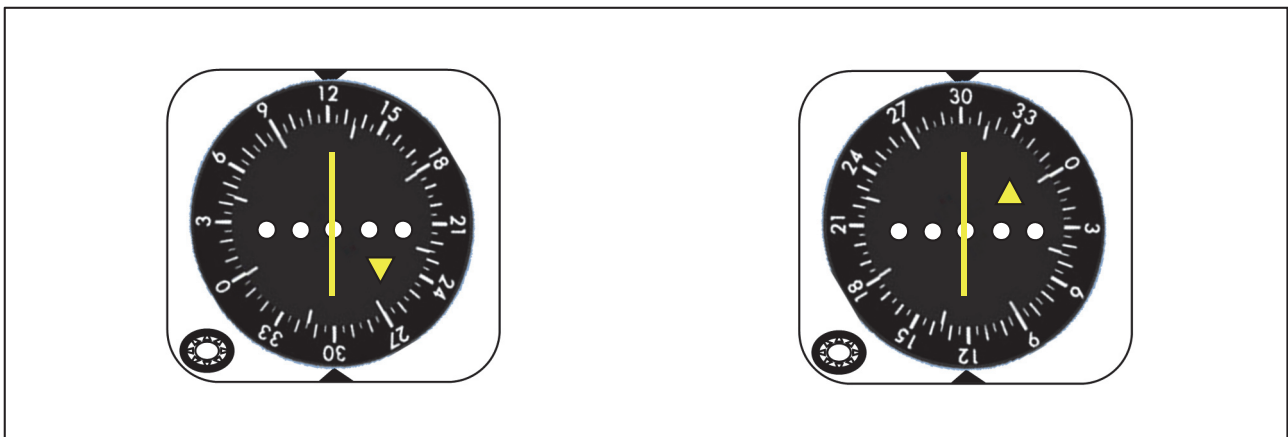


Figure 9. Aiguille centrée : cas 1 (à gauche), cas 2 (à droite).

- Cas 1 (figure 10)

L'aiguille est centrée avec 120 sélectionné. Le drapeau « FROM » est apparent (dirigé vers le bas).

L'aéronef est sur la radiale 120 du VOR (à une distance inconnue).

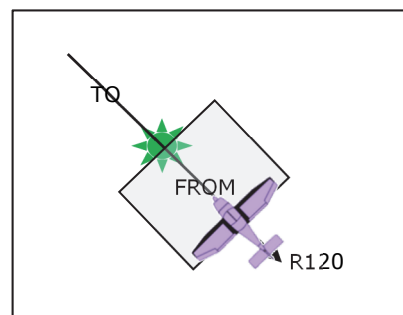


Figure 10.

- Cas 2 (figure 11)

L'aiguille est centrée avec 300 sélectionné. Le drapeau « TO » est apparent (dirigé vers le haut).

L'aéronef est toujours sur la radiale 120 du VOR, mais en zone « TO ».

Peu importe le cap instantané, le VOR indique seulement la position présente par rapport à la balise

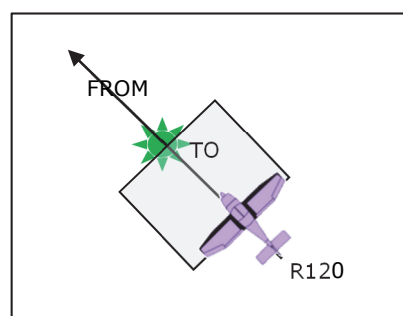


Figure 11.

3 - Rejoindre

Pour rejoindre la balise, il faut se placer dans le cas 2 de la figure 9 : avec l'OBS, on sélectionne 300. L'aiguille est centrée avec le drapeau « TO » apparent.

Sans vent, il faut prendre le cap 300 pour rejoindre la balise.

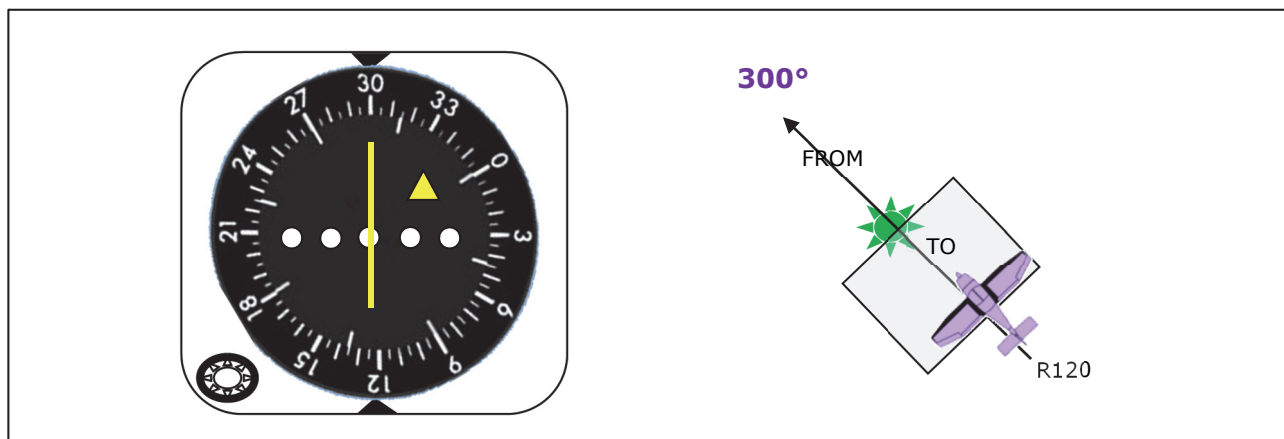


Figure 12. Réglage CDI.

4 - Naviguer

Pendant la navigation, parce que le cap n'est pas maintenu assez rigoureusement ou parce qu'il y a du vent, l'aéronef sort légèrement de la route désirée et l'aiguille dévie de la position centrale.

Pour la recentrer, le pilotage s'effectue en rattrapage d'aiguille (on pilote vers l'aiguille) à la condition que je fasse la bonne sélection avec l'OBS (être en TO, donc choisir la route 300 et non 120).

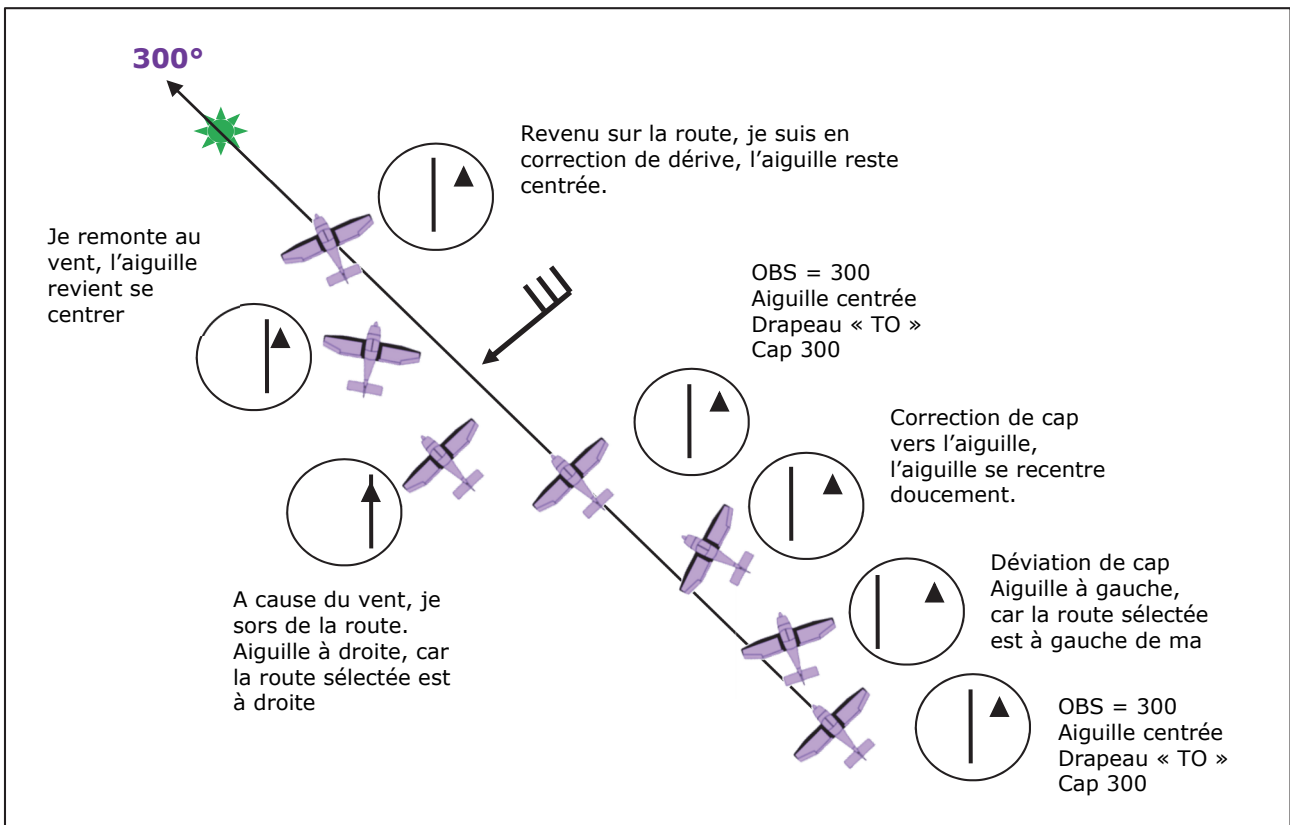


Figure 13. Suivre une radiale.

5 - Matérialiser un travers ou un point de navigation

Lorsque la navigation ne passe pas par la balise VOR, il peut être intéressant de matérialiser le moment où l'aéronef passe travers la balise.

Pour ce faire, on affiche à l'OBS une route perpendiculaire à la route de la navigation (de préférence avec drapeau « TO » apparent).

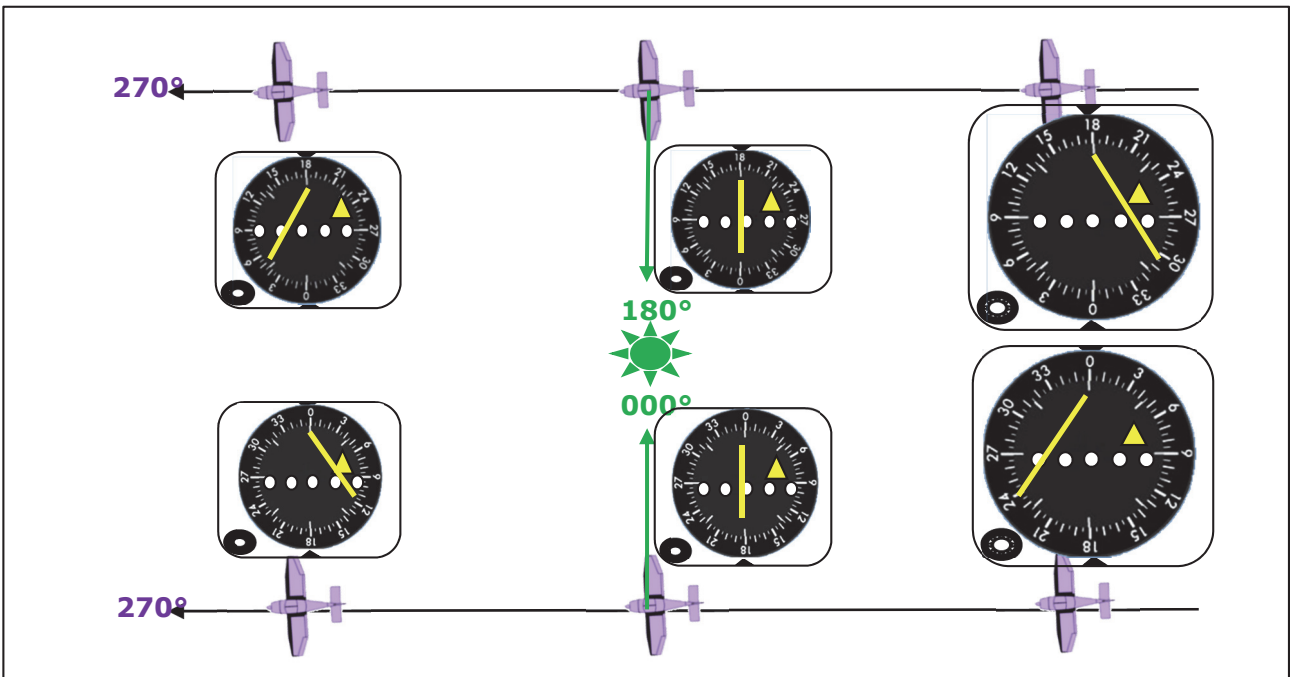


Figure 14. Travers.

Pour matérialiser (flanquer) un point particulier lors d'une navigation, on utilise, lors de la préparation du vol, la rose des radiales de la station VOR environnante.

On trace une droite du VOR vers le point à matérialiser (la radiale VOR) et on note la valeur de la radiale sur la rose.

En vol, à l'approche du point à survoler, on règle l'OBS de façon à avoir le drapeau « TO » apparent (donc le QDM).

Au survol du point, la barre d'écart radio (l'aiguille du CDI) doit être centrée.

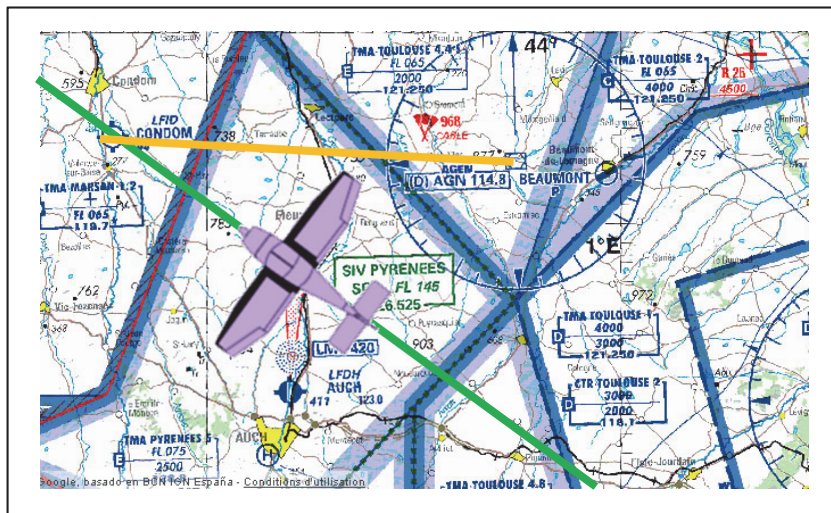


Figure 15. Flanquement.

Condom est situé sur la radiale 273 du VOR AGN ; à l'approche de Condom, on règle le CDI sur 093, de façon à avoir le drapeau « TO » apparent (QDM 093, figure 16).

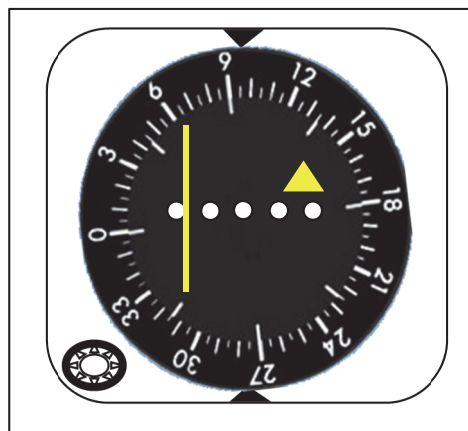


Figure 16. Indication du VOR à l'approche de Condom.

Attention cependant à ne pas effectuer le réglage trop tôt, au risque d'être perturbé par le basculement du drapeau de « FROM » vers « TO ».

La figure 17 représente ce que l'on obtient avec le même réglage CDI.

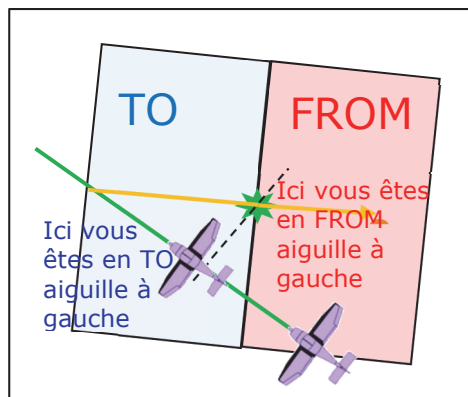


Figure 17. De FROM vers TO.

D – Synthèse

La figure 18 donne, pour un même réglage du CDI, les indications selon la position de l'aéronef.

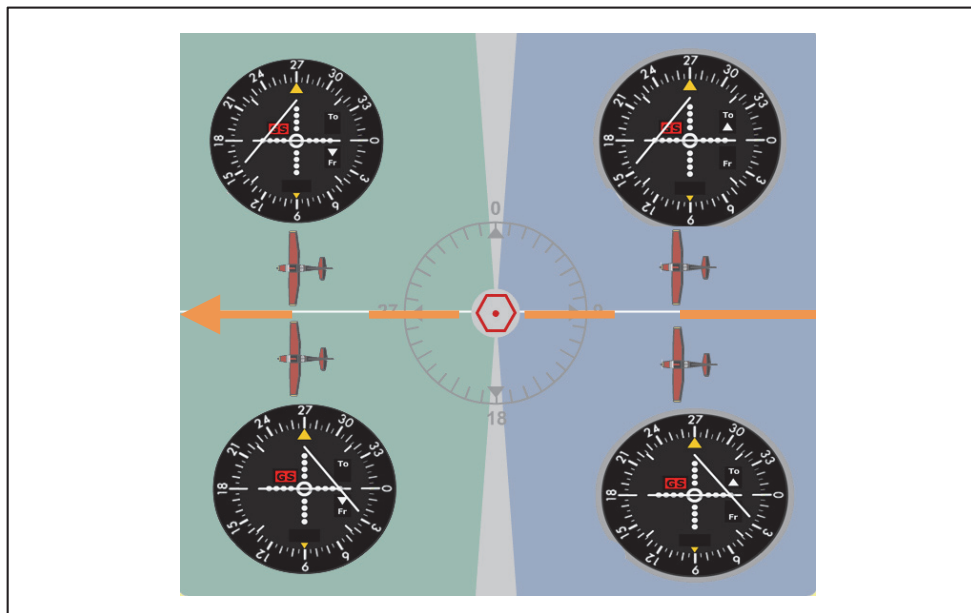


Figure 18. Réglage CDI identique.

E – Couverture

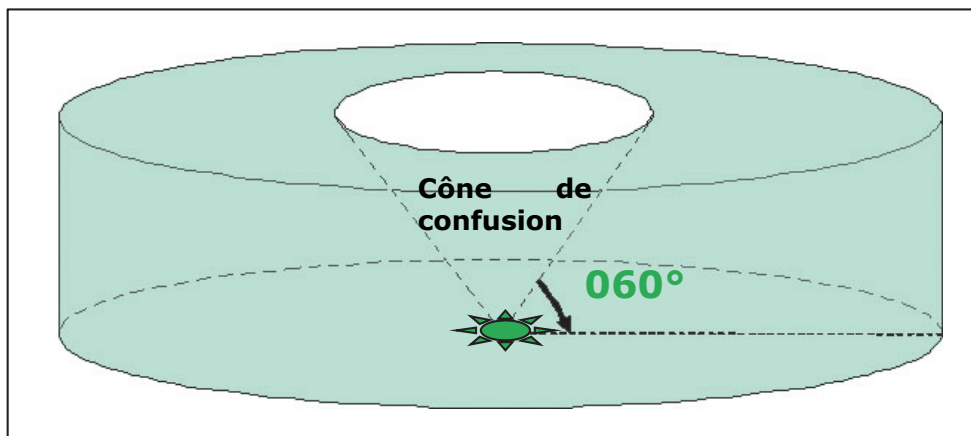


Figure 19. Couverture.

Le VOR a une **couverture omnidirectionnelle** (360°).

Il couvre 60° au-dessus de l'horizon. Il existe au environ de la station une **zone de silence**

La traversée de la zone de silence, ou **cône de confusion**, entraîne des battements de l'aiguille du CDI et, lors du passage vertical, l'apparition du drapeau rouge NAV signalant une perte de signal.

Pendant cette phase, il ne faut pas « courir après l'aiguille », mais garder un cap constant. Cette phase dure d'autant plus longtemps que l'on survole la balise à haute altitude.

F – Portée

Le VOR utilise les fréquences VHF. Ces fréquences ont une portée quasi optique. On peut calculer la portée en fonction de l'altitude de l'avion.

$$\text{Distance (en NM)} = 1,23 \sqrt{\text{Hauteur (ft)}}$$

Par exemple, un avion à 6 000 ft peut espérer recevoir un VOR à partir de 95 NM.

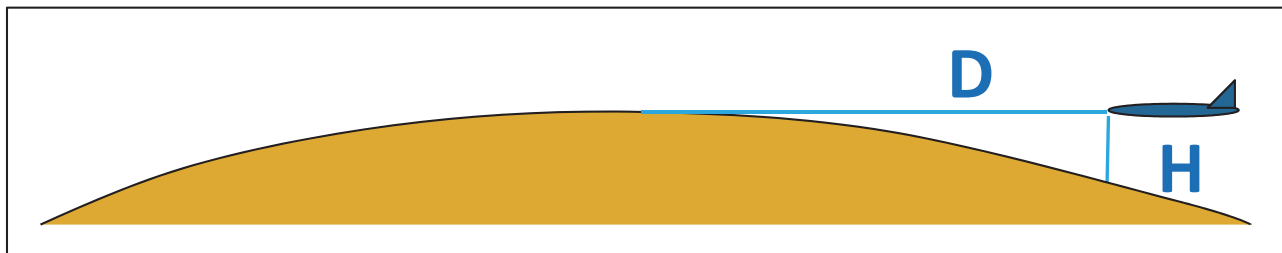


Figure 20. Portée quasi optique.

G – Erreurs et précision

1 - Erreurs

Lors des vols à basse altitude, la réflexion des ondes émises par le VOR sur les obstacles naturels ou artificiels perturbe le signal. Cela cause de légères déviations de l'aiguille.

2 - Précision

La précision recommandée par l'OACI est de $\pm 5^\circ$. Dans la pratique la précision est nettement meilleure.