

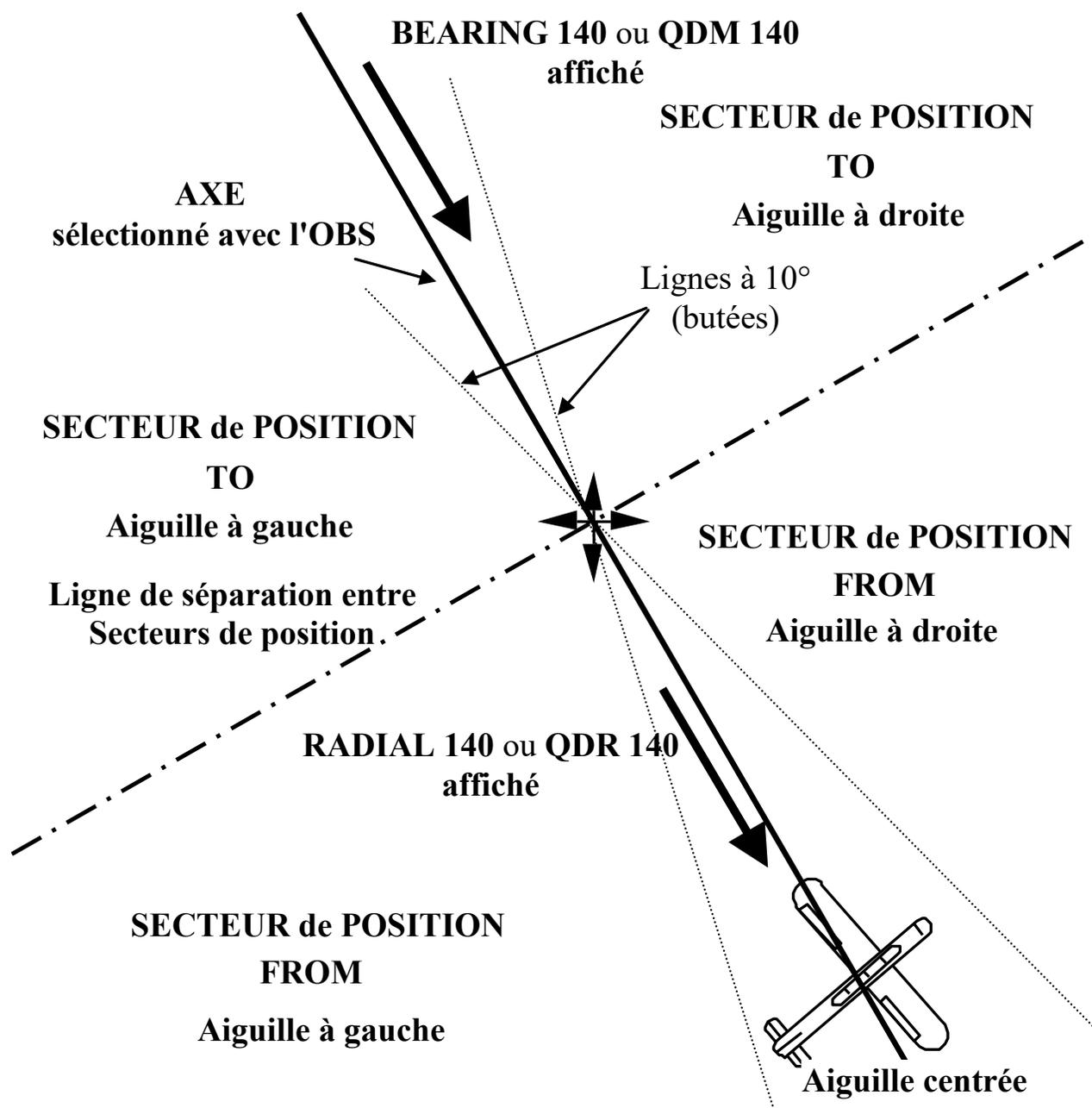
## Contenu

1.	Les éléments caractéristiques d'une position VOR dans le plan horizontal .....	3
2.	Description de l'instrument CDI.....	4
2.1	Description d'un instrument HSI dont la rose est celle du compas gyroscopique .....	5
2.2	Le « HSI du pauvre » .....	6
3.	Caractérisation de la position de l'avion par rapport à la balise .....	7
4.	Etude de cinq cas d'utilisation.....	8
4.1	Quelques rappels .....	8
4.1.1	Réglage de la fréquence et vérifications .....	8
4.1.2	Limitation de la portée radioélectrique .....	8
4.2	Trouver sa ligne et son secteur de position par relèvement d'une balise.....	9
4.3	Trouver sa position par relèvement de deux balises.....	10
4.4	Confirmer le passage d'un point de route .....	11
4.5	Rallier un AXE ou un segment de route passant par une balise.....	14
4.6	Suivre un AXE ou un segment de route passant par une balise en présence de Vent.....	15



### 1. Les éléments caractéristiques d'une position VOR dans le plan horizontal

Le plan horizontal est divisé en deux secteurs de position (demi-roses) situés de part et d'autre de la ligne passant par la balise et perpendiculaire à l'AXE sélectionné avec l'OBS.



La plupart de ces éléments sont représentés sur l'instrument CDI ou HSI associé au récepteur VOR.

**Nota** : le système VOR ne permet pas de déterminer directement la distance de l'avion à la balise, sauf si elle est associée à un DME : Distance Measuring Equipment.

Dans ce cas l'identifiant de la balise (trois lettres) et sa fréquence sont précédés de la lettre D entre parenthèses, par exemple **TOULOUSE (D) TOU117.7** et l'avion doit être équipé de façon appropriée.

Rédacteur : J.Loury

version du 02/05/2024

## 2. Description de l'instrument CDI

Le CDI-Course Deviation Indicator est composé de :

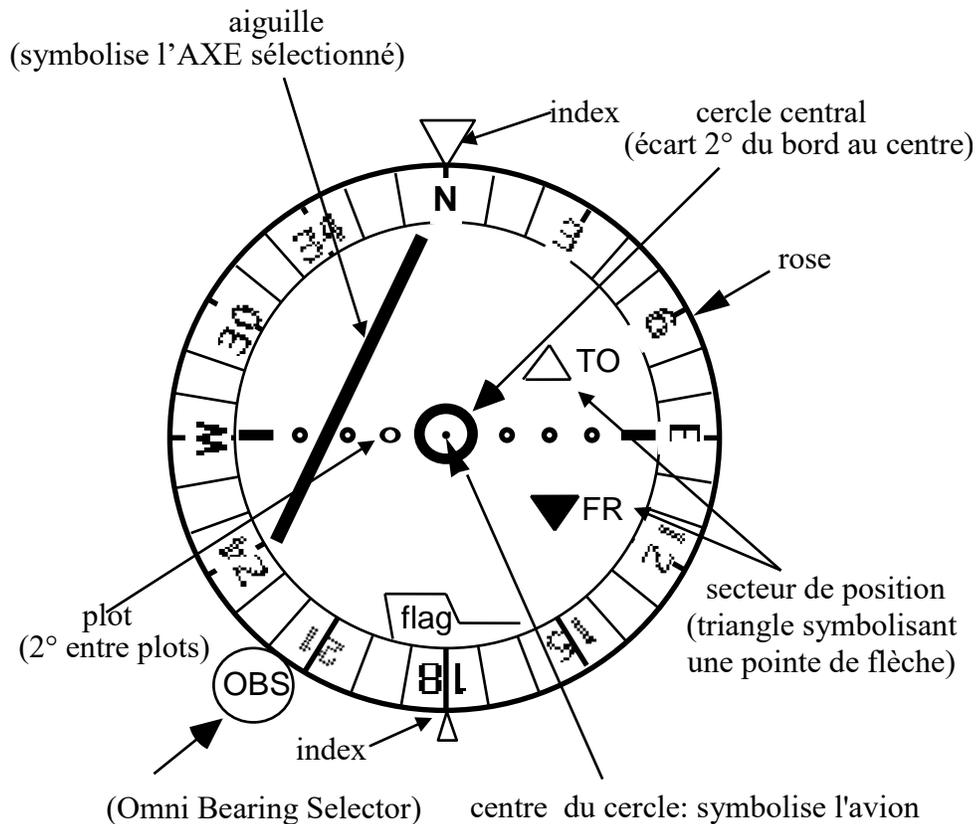
- une rose des **routes** magnétiques ;
- une molette OBS-Omni Bearing Selector- pour faire tourner cette rose (sélection de l'AXE) ;
- deux index situés sur le diamètre vertical de la rose (en haut- le plus gros, en bas- le plus petit) ;
- une aiguille, une échelle graduée avec des points et un petit cercle au centre de l'échelle ;
- une figure géométrique qui représente le secteur de position TO-FROM (petit triangle) ou signale un dysfonctionnement (drapeau : récepteur arrêté ou balise « hors de portée » ou avion situé dans le cône de silence).



L'AXE sélectionné est une droite passant par la balise. Son orientation en référence au Nord magnétique est lue sur la rose au droit des index et s'exprime selon deux valeurs d'angle opposées de  $180^\circ$  désignées respectivement **Radial ou QDR** et **Bearing ou QDM**.

Le petit triangle du secteur de position indique dans quelle « direction » se trouve la balise sur l'AXE sélectionné et de ce fait signale sur quel index il convient de lire le QDM à prendre pour se diriger vers la balise quand l'aiguille est centrée.

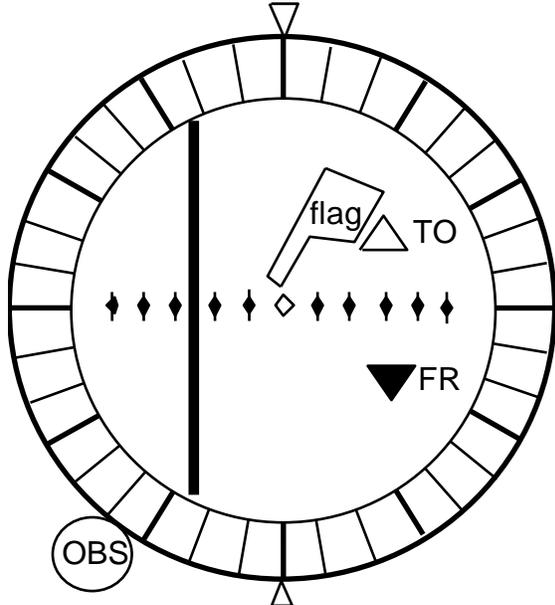
Plus schématiquement :



Le couple « aiguille-échelle graduée » indique l'**écart (Déviation) angulaire entre la ligne de position de l'avion** (également désignée Course) et l'**AXE sélectionné**, d'où le nom donné à l'instrument : **Course Deviation Indicator ou CDI**.

Autres présentations

CDI avec aiguille (barre) se déplaçant parallèlement au diamètre vertical de la rose

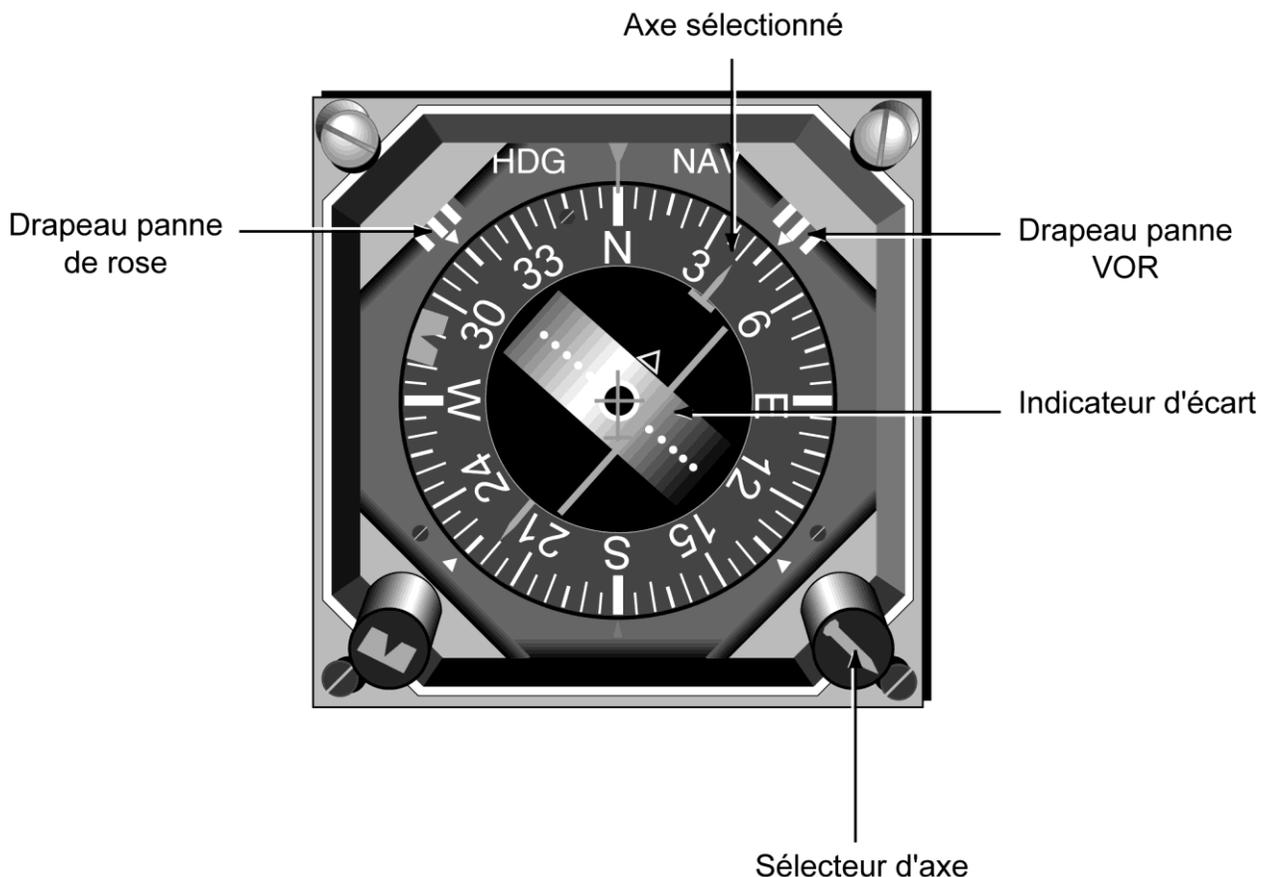


HSI : Horizontal Situation Indicator



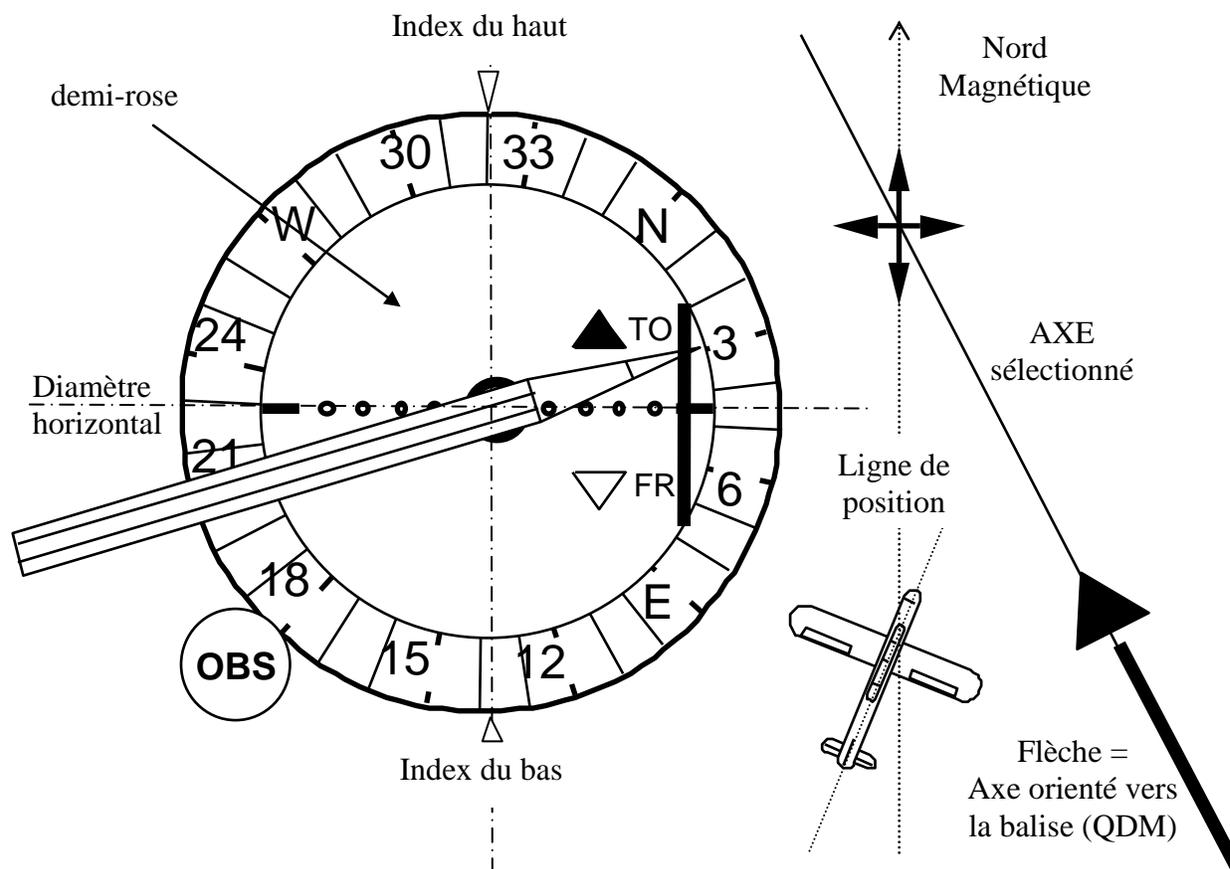
GARMIN G5 : Page HSI, source VLOC (rose asservie au champ magnétique)

2.1 Description d'un instrument HSI dont la rose est celle du compas gyroscopique



## 2.2 Le « HSI du pauvre »

La pointe du crayon matérialise le nez de l'avion, le crayon symbolise l'avion lui-même.



L'ensemble **AIGUILLE- TRIANGLE** constitue une **flèche** : l'aiguille est sa tige, le triangle sa pointe !

Cette flèche donne la « direction » de la balise sur l'AXE sélectionné, autrement dit elle symbolise un **AXE ORIENTÉ vers la balise**.

Lorsque l'aiguille est centrée, cela signifie que l'avion est situé sur cet axe.

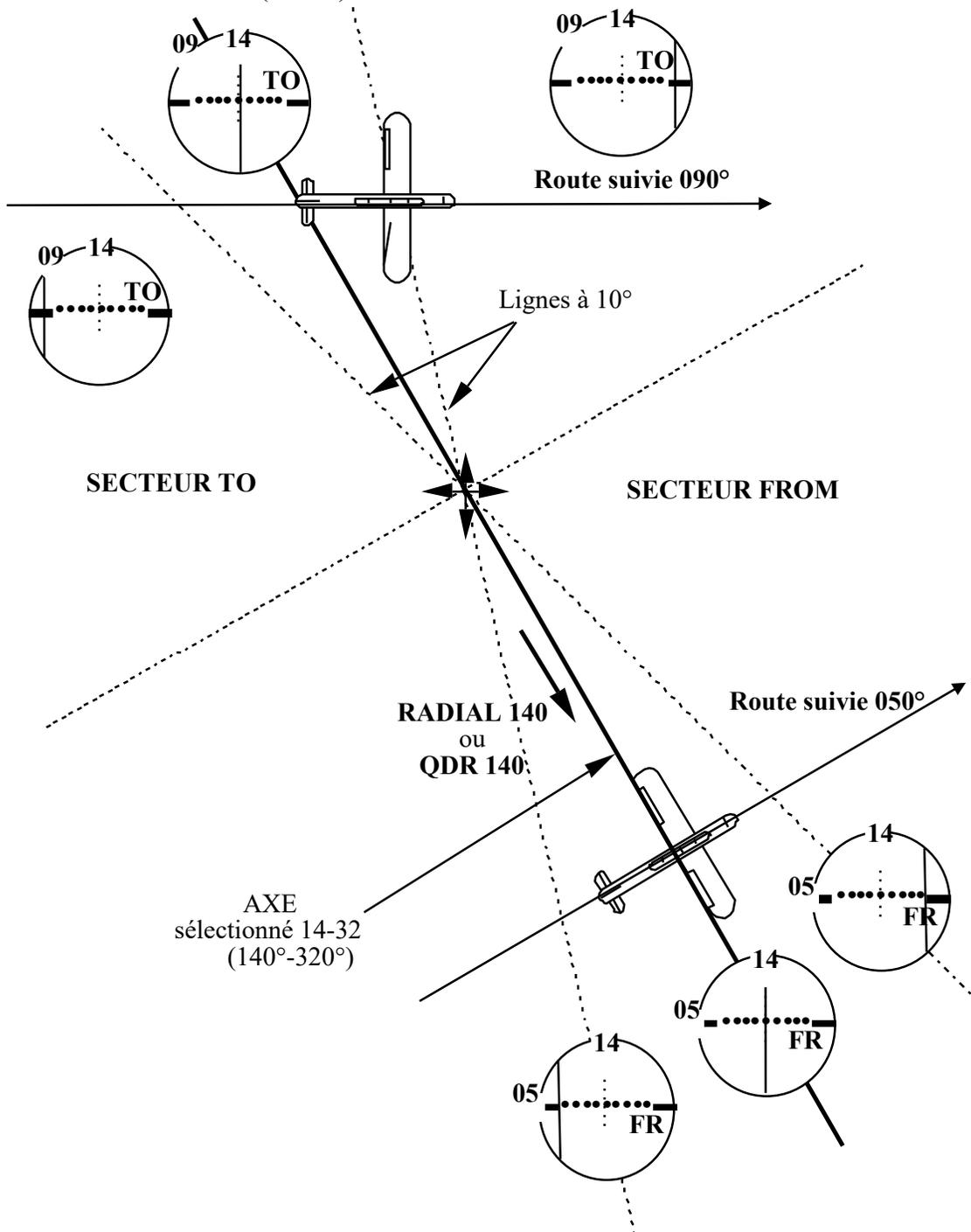
**Recommandation** : faire en sorte que **la demi-rose supérieure contienne la valeur de la route (Rm) suivie par l'avion** (égale, à la dérive près, au cap relevé sur le compas magnétique et/ou gyroscopique) : ceci permet de disposer d'indications non ambiguës, notamment pour se situer (à gauche ou à droite de l'AXE), se diriger vers la Balise ou s'en éloigner et pour définir le sens de la correction à appliquer en cas d'écart non désiré.

### 3. Caractérisation de la position de l'avion par rapport à la balise

Le système VOR permet de déterminer la **ligne de position** et le **secteur de position** de l'avion par rapport à la balise à un instant t caractérisés par trois éléments représentés sur le CDI :

- 1) l'AXE sélectionné ;
- 2) l'écart vis-à-vis de cet AXE ;
- 3) le secteur TO/FROM.

Pour lire plus facilement le Radial ou Bearing de la ligne de position sur le CDI, l'écart est ramené à zéro en tournant le bouton OBS (cf. 4.2).



Sur cette illustration [où l'avion suit une Route au 090° ou au 050°], l'écart évolue de la même manière en fonction du temps, que la balise soit située du côté droit ou du côté gauche de l'avion. Le seul élément qui a changé est le secteur de position.

#### 4. Etude de cinq cas d'utilisation

- 1) Trouver sa ligne et son secteur de position par Relèvement d'une balise
- 2) Trouver sa position par Relèvement de deux balises
- 3) Confirmer le passage d'un point de route
- 4) Rallier un AXE ou un segment de route passant par une balise
- 5) Suivre un AXE ou un segment de route passant par une balise en présence de Vent.

#### 4.1 Quelques rappels

##### 4.1.1 Réglage de la fréquence et vérifications

- 1) **Au sol**, après mise en route et avant le roulage :
  - ✓ mettre le **récepteur** VOR sur ON
  - ✓ régler les fréquences des balises prévues d'être utilisées
  - ✓ vérifier que la source du CDI ou du HSI est correctement configurée (VOR ou VLOC)
- 2) **En vol** :
  - ✓ vérifier le fonctionnement.
    - si drapeau :
      - réception incorrecte : hors de portée, altitude insuffisante, obstacle entre Balise et Récepteur
      - cône de silence : survol de la verticale Balise
  - ✓ identifier la balise, en écoutant ses trois lettres en code Morse

##### 4.1.2 Limitation de la portée radioélectrique

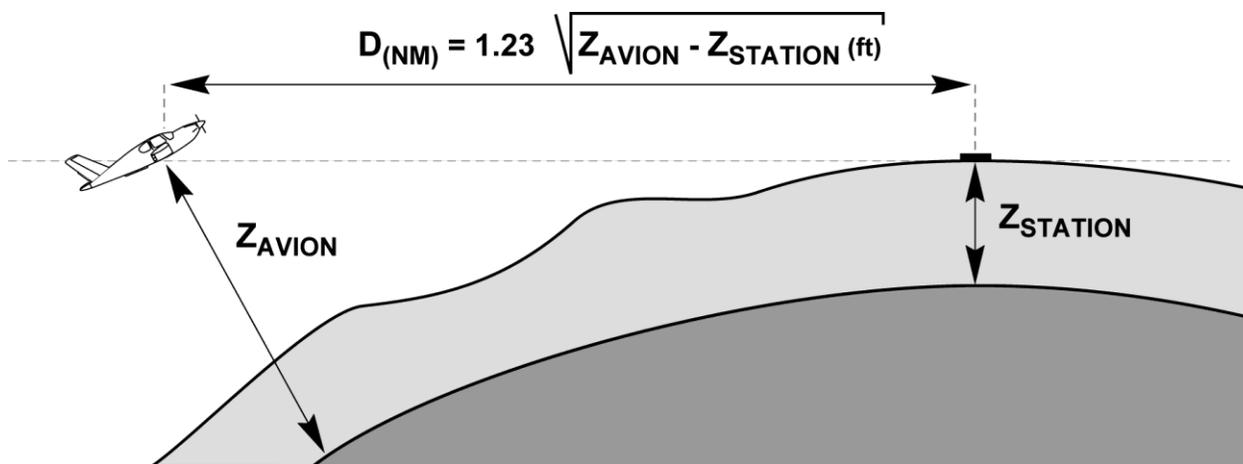
Portée VHF selon Hauteur entre émetteur et récepteur :

$$\text{Portée } D_{(NM)} = [\text{Hauteur}_{(ft)} \div 80] + 25 \text{ si absence de masque (relief)}$$

Hauteur mini entre émetteur et récepteur VHF :

$$\text{Hauteur}_{(ft)} = [\text{dme}_{(NM)} \times 80] - 2000 \text{ si absence de masque (relief)}$$

Hauteur (ft)	1000	2000	3000	4000	6000	8000	10 000
D (NM)	39	54	66	77	95	109	123

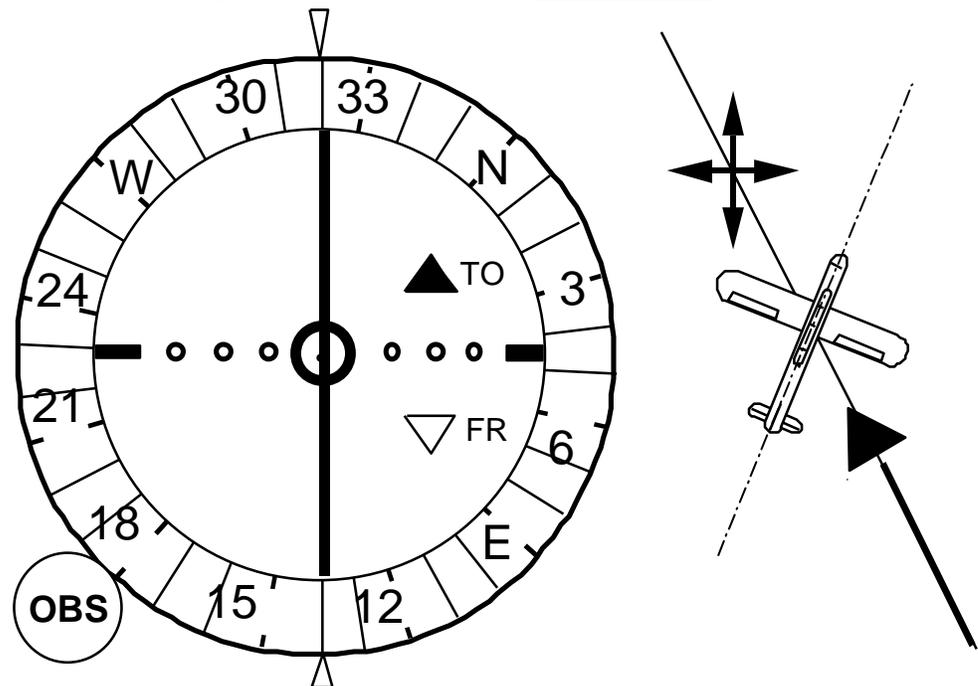


## 4.2 Trouver sa ligne et son secteur de position par relèvement d'une balise

1- Amener l'aiguille au centre en veillant à ne pas tourner l'OBS trop rapidement ;

2- Lire les valeurs d'angle de l'AXE aux index du haut et du bas :

- si secteur TO indiqué (triangle apparaissant dans la demi-rose du haut) : la valeur à l'index du haut est le Bearing ou QDM (AXE orienté vers la balise sur lequel se trouve l'avion), celle à l'index du bas est le Radial ou QDR (AXE orienté à l'opposé de la balise)
- si secteur FROM indiqué (triangle apparaissant dans la demi-rose du bas) : la valeur à l'index du haut est le Radial ou QDR (AXE orienté à l'opposé de la balise sur lequel se trouve l'avion), celle à l'index du bas est le Bearing ou QDM (AXE orienté vers la balise)



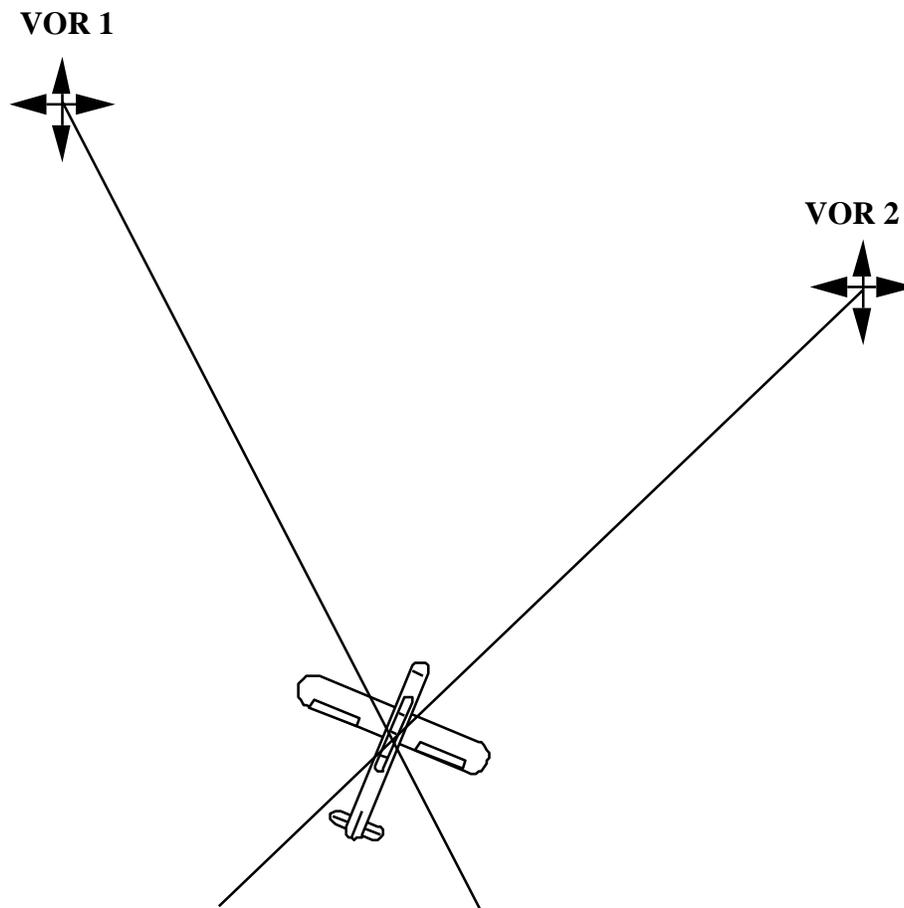
Pour cet exemple :

- sur l'instrument CDI : Bearing ou QDM 320, secteur TO
- sur le Compas de l'avion (magnétique ou gyroscopique) : Cm 030

### 4.3 Trouver sa position par relèvement de deux balises

→ Utiliser les deux balises VOR, successivement si un seul récepteur VOR à bord, sans oublier d'écouter le code Morse et de vérifier l'absence de drapeau (bonnes conditions de réception)

1. Procéder comme en 5.1 pour relever la balise 1 puis la balise 2
2. L'avion est à l'intersection de chacun des AXES relevés sur VOR 1 et VOR 2.



#### 4.4 Confirmer le passage d'un point de route

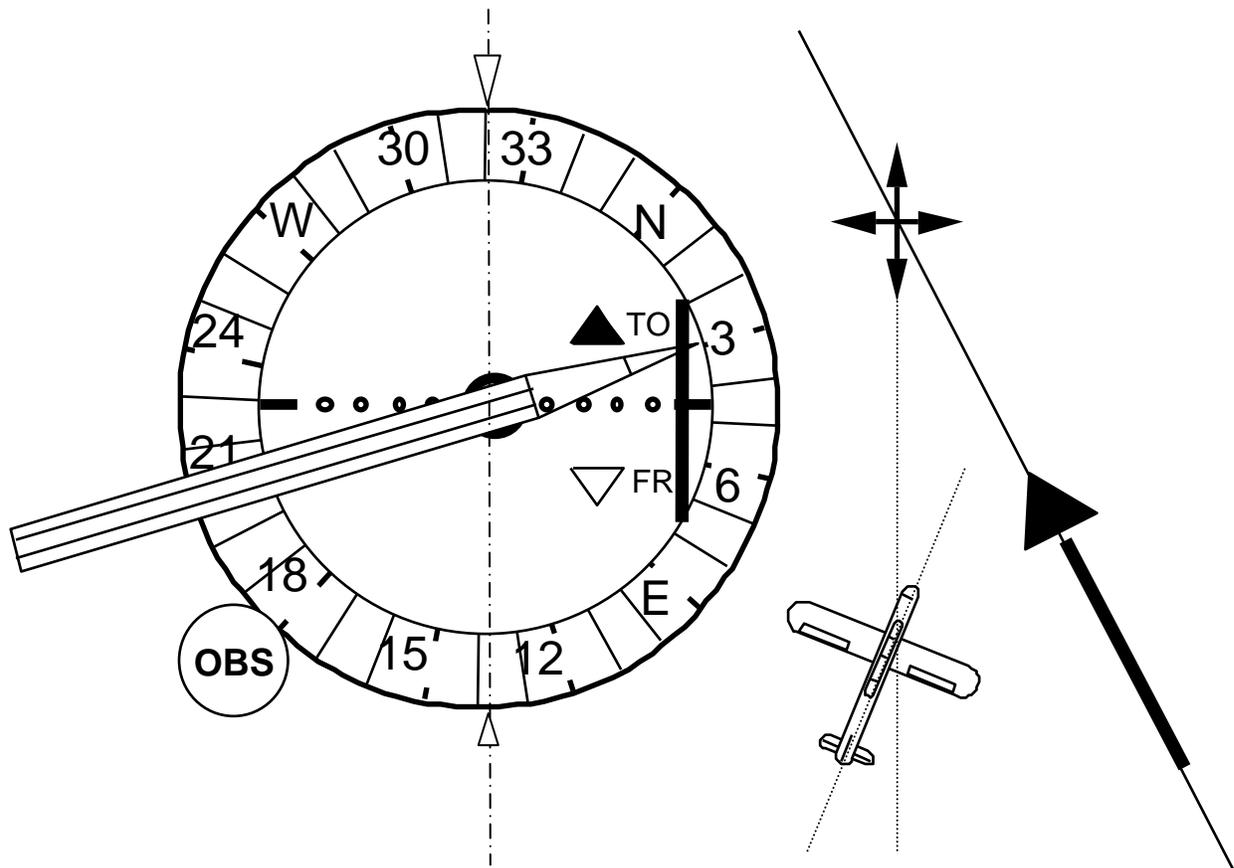
La balise VOR est utilisée en **Flanquement** (i.e. située « sur le flanc » ou sur le côté).

Idéalement l'AXE du point de route (également désigné RECOUPEMENT VOR) doit faire avec la route à suivre un angle aigu  $\geq 45^\circ$  (angle également désigné Ouverture).

- 1- Sélectionner l'AXE du point de route ;

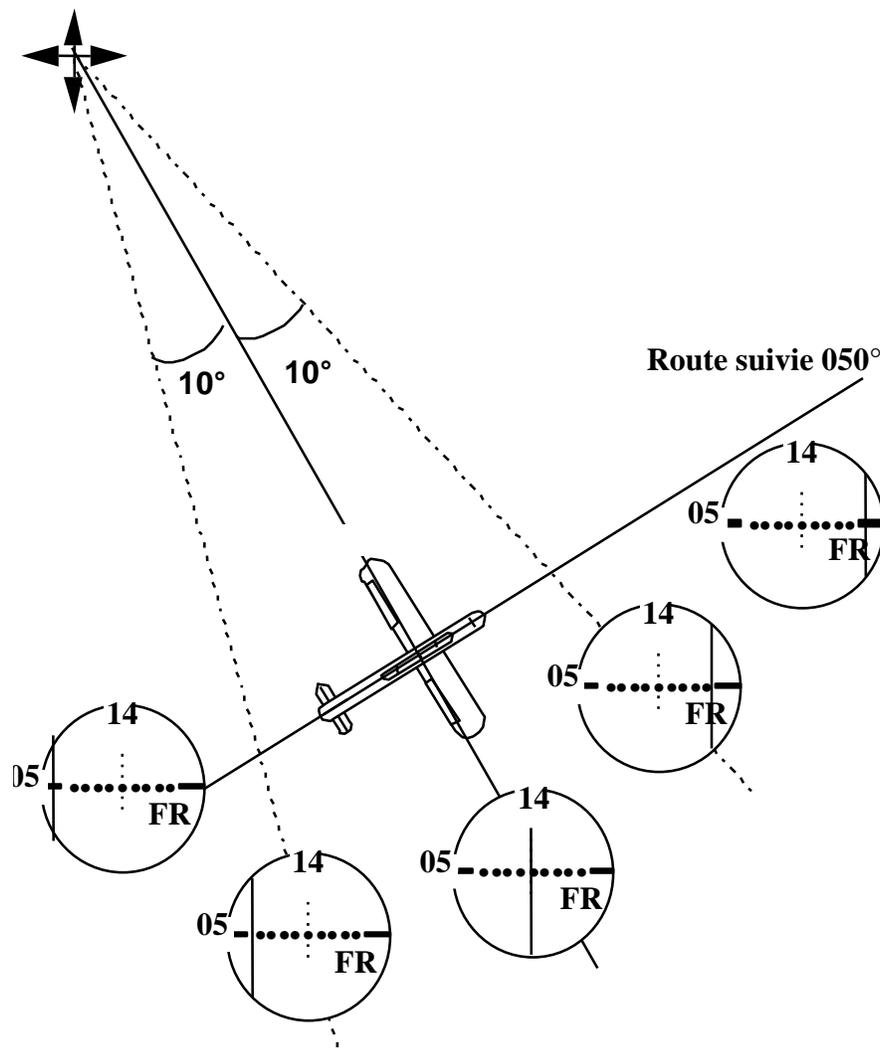
**Nota** : le choix d'afficher à l'index du haut le QDM ou le QDR est indifférent. Cependant il faut vérifier que le secteur de position corresponde bien à celui où est situé le point de route par rapport à la balise (si l'on a choisi d'afficher un QDM le secteur TO doit apparaître, avec un QDR le secteur FROM doit apparaître)

- 2- Sur la rose, placer la pointe du crayon sur la valeur de l'angle de la route suivie par l'avion (lu sur le ou les compas de l'avion, à la dérive près) et repérer le côté où se trouve la pointe du crayon : côté aiguille ou côté opposé à l'aiguille.



**Interprétation**

- Pointe du crayon côté aiguille : l'AXE n'est pas encore franchi, le point de route est **devant l'avion**
- Aiguille centrée : l'AXE est en cours de franchissement, le point de route est **dessous l'avion ou à sa proximité immédiate**
- Pointe du crayon côté opposé à l'aiguille : l'AXE est déjà franchi, le point de route est **derrière l'avion**



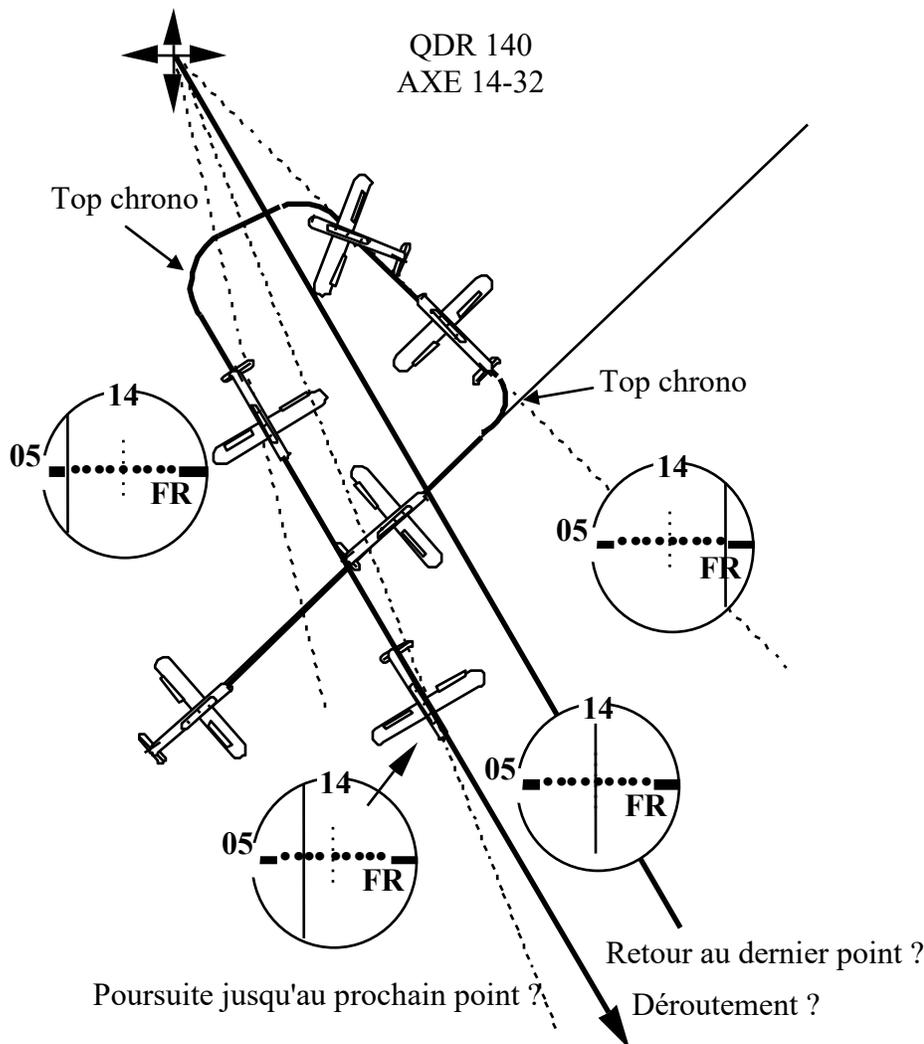
**Conseils pratiques** : quand l'aiguille se rapproche du milieu de l'échelle graduée, vérifier visuellement l'écart latéral entre le lieu survolé et le point de route !

- dans les conditions Météo d'un vol VFR au dessus de la surface "S" (VMC : 5000 m de visibilité horizontale) et selon la distance estimée entre l'avion et la verticale de la balise, quand l'aiguille sort de la butée, rechercher les repères caractéristiques du point de route afin qu'ils soient vus au moment du franchissement de son AXE.

Si aiguille à 10° du centre et	balise VOR à 10 NM: dist. à l'AXE = 1,66 NM (3000 m)
	balise VOR à 15 NM: dist. à l'AXE = 2,5 NM (4500 m)
	balise VOR à 20 NM: dist. à l'AXE = 3,33 NM (6000 m)
Si aiguille à 5° du centre et	balise VOR à 30 NM: dist. à l'AXE = 2,5 NM (4500 m)

- lorsque l'aiguille passe au centre, les repères caractéristiques du point de route doivent avoir été vus

- si les repères du point de route n'ont pas été vus, quand l'aiguille atteint la butée du côté opposé à la pointe du crayon, envisager de :
- poursuivre jusqu'au point de route suivant (cas de très bonne météo) ;
  - ou, la dérive ayant pu être insuffisamment corrigée, virer du côté d'où vient le vent sur une route égale à l'une des valeurs d'angle de l'AXE en veillant à prendre un top chrono et à maintenir l'aiguille au centre ;
  - sur cette nouvelle route, rechercher attentivement, devant et de part et d'autre de l'avion, les repères caractéristiques du point de route ;
- au bout du temps qu'il faut pour parcourir une distance égale à la visibilité horizontale, si aucun repère n'est identifié :
- prendre la route inverse, en veillant à prendre un top chrono et à maintenir l'aiguille au centre ;
  - tenter à nouveau d'identifier les repères en regardant attentivement devant et de part et d'autre de l'avion ;
- **en cas d'échec** après un temps de vol égal à deux fois le temps qu'il faut pour parcourir une distance égale à la visibilité horizontale **envisager un demi-tour** vers le dernier point de route identifié ou un déroutement voire l'appel d'un organisme de la circulation aérienne pour obtenir un relèvement de position (gonio, vecteur radar).



#### 4.5 Rallier un AXE ou un segment de route passant par une balise

Une procédure unique en deux phases permet de déterminer les directions à prendre pour rallier l'AXE d'un point de route (par exemple un jalon, une entrée de zone, un point de compte-rendu VFR, etc.) ou un segment de route.

**Aucun calcul n'est nécessaire pour déterminer les directions de ralliement : utiliser la pointe du crayon et lire les directions sur la rose de l'instrument CDI.**

→ vérifier au préalable si l'AXE ou le segment de route à rallier n'est pas déjà croisé en traitant l'information donnée par l'aiguille : si la route actuellement suivie est « pointée » côté opposé à l'aiguille, l'AXE ou le segment est déjà croisé.

#### Procédure :

a) sur la rose face aux index, afficher l'angle (Bearing ou Radial) de l'AXE ou du segment de route à rallier ;

☞ Le choix de l'index dépend de la direction à suivre sur cet AXE ou ce segment après ralliement : afficher cette direction sur l'index du haut.

b) sur cette même rose, **lire du côté de l'aiguille** la valeur de la direction à prendre (i.e. le cap, à la dérive près) :

☞ phase initiale - l'aiguille est en butée : valeur lue à 90° de l'un des index haut ou bas ;

☞ phase finale - l'aiguille n'est plus ou n'est pas en butée : valeur lue à 30° de l'un des index haut ou bas (ou 45° cf. **Note**) :

→ pour rallier en rapprochement vers la balise, la valeur à 30° (ou à 45°) est choisie dans la demi-rose où TO apparaît ;

→ pour rallier en éloignement de la balise, la valeur à 30° (ou 45°) est choisie dans la demi-rose opposée (i.e. celle où FROM apparaît) .

#### Note :

Cette procédure suppose que TO apparaisse dans la demi-rose du haut et FROM celle du bas, ce qui par construction est souvent le cas. Sinon choisir la demi-rose indiquée par le sommet du triangle.

**On peut aussi plus simplement prendre la direction qui correspond au nombre à 2 chiffres situé sur la rose à plus d'une grande graduation de l'index, côté aiguille : le changement de cap sera alors compris entre 30° et 40°.**

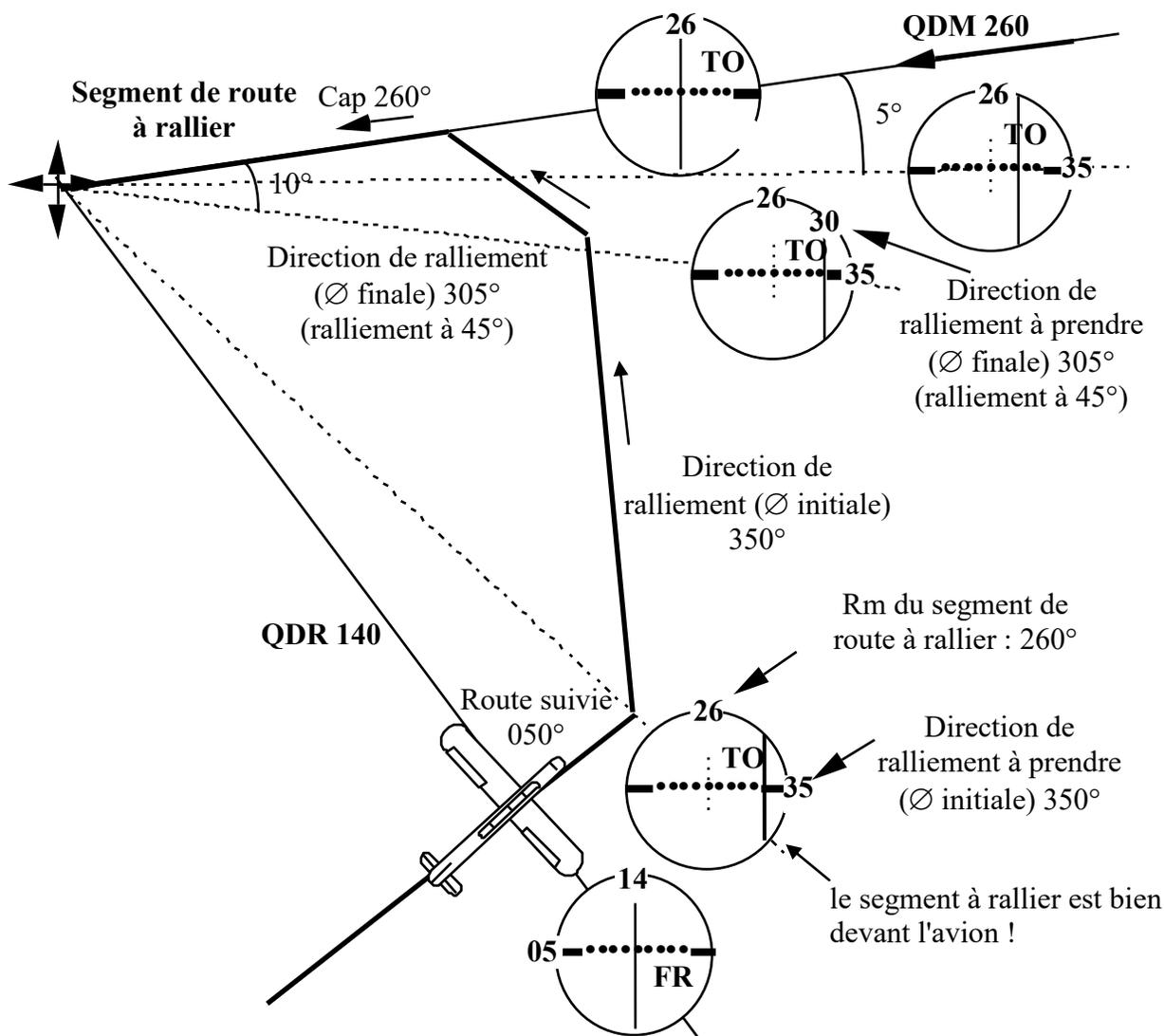
Direction orientée à 45° : cela permet de rallier plus rapidement et ainsi éviter quelques inconvénients notamment lorsque la balise est proche : déviation très rapide de l'aiguille, survol inopiné de la balise (cône de silence), changement de secteur.

→ **Anticiper** pour virer afin de prendre la direction de l'AXE ou du segment de route à suivre !

Pour un virage "standard" (360° en 2min ou **30° en 10 sec**), si la verticale balise est estimée à :

- **4 min : anticiper de 1°** (aiguille à un **demi plot** du centre ou *entre point central et cercle*)
- **3 min : anticiper de 2°** (aiguille à un **plot** du centre ou *sur le cercle*)
- **2 min : anticiper de 3°** (aiguille à un **plot et demi** du centre ou *entre cercle et 1er plot*)
- **1 min : anticiper de 4°** (aiguille à **deux plots** ou *sur premier plot après le cercle*).

(Règle pratique de calcul de l'anticipation  $\theta^\circ$  : somme  $T_{mn} + \theta^\circ = 5$  soit  $\theta^\circ = 5 - T_{mn}$ )



#### 4.6 Suivre un AXE ou un segment de route passant par une balise en présence de Vent

La balise VOR est utilisée pour naviguer sur des routes « radioélectriques » vers ou depuis des intersections (i.e. en RNAV).

Sans vent ou en présence d'un Vent de face ou arrière, le Cap de l'avion est maintenu égal au Bearing ou au Radial.

Un Vent non aligné avec la route à suivre crée une dérive que le pilote constate par la déviation de l'aiguille ou de la barre du CDI du côté d'où vient le Vent.

Pour éviter cette dérive il lui suffit dans un premier temps de ramener l'aiguille ou la barre au milieu de l'échelle graduée comme dans le cas d'un ralliement, puis dans un deuxième temps d'appliquer une correction de Cap côté aiguille ou barre égale à la déviation initialement constatée.

L'effet de cette correction de Cap est vérifié pendant une ou deux minutes. Si l'aiguille ou la barre a dévié, la ramener au milieu comme précédemment et appliquer à nouveau une correction de Cap mais de plus grande amplitude si la déviation est du même côté qu'initialement ou de moindre amplitude si elle est du côté opposé. Recommencer jusqu'à un maintien satisfaisant de l'AXE ou du segment de route.

Pour mémoire cette méthode ne fonctionne que si la demi-rose du haut contient le Bearing (ou le Radial) et le Cap.