

STAGES THÉORIQUES PPL

RADIONAVIGATION



La radionavigation est une des 3 méthodes de navigation utilisées en VFR.

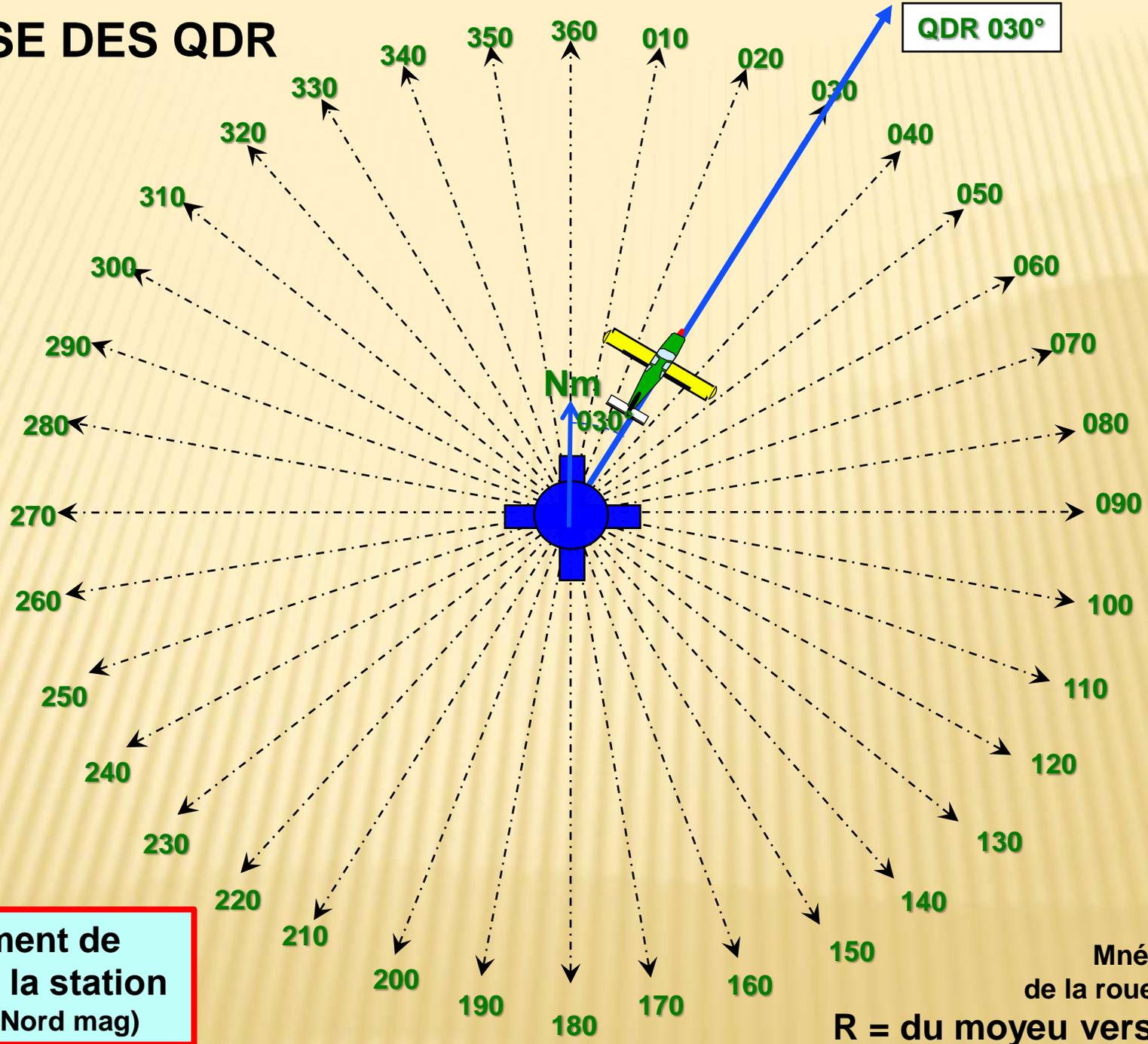
En aviation légère les principaux instruments de radionavigation sont :

- 1. Le VOR**
- 2. Le radiocompas ou ADF**
- 3. Le GPS (non inclus dans cette présentation, fait l'objet d'un autre cours)**

Ils sont tous utilisés en complément des autres méthodes et ne doivent en aucun cas s'y substituer.

Nb: Il faut également mentionner le « VDF » ou goniomètre, utilisable sur certains aérodromes, contrôlés ou non, MAIS qui nécessite l'assistance d'un opérateur au sol.

LA ROSE DES QDR



P
R
I
N
C
I
P
E

D
E

R
É
F
É
R
E
N
C
E

Relèvement de l'avion par la station (référence Nord mag)

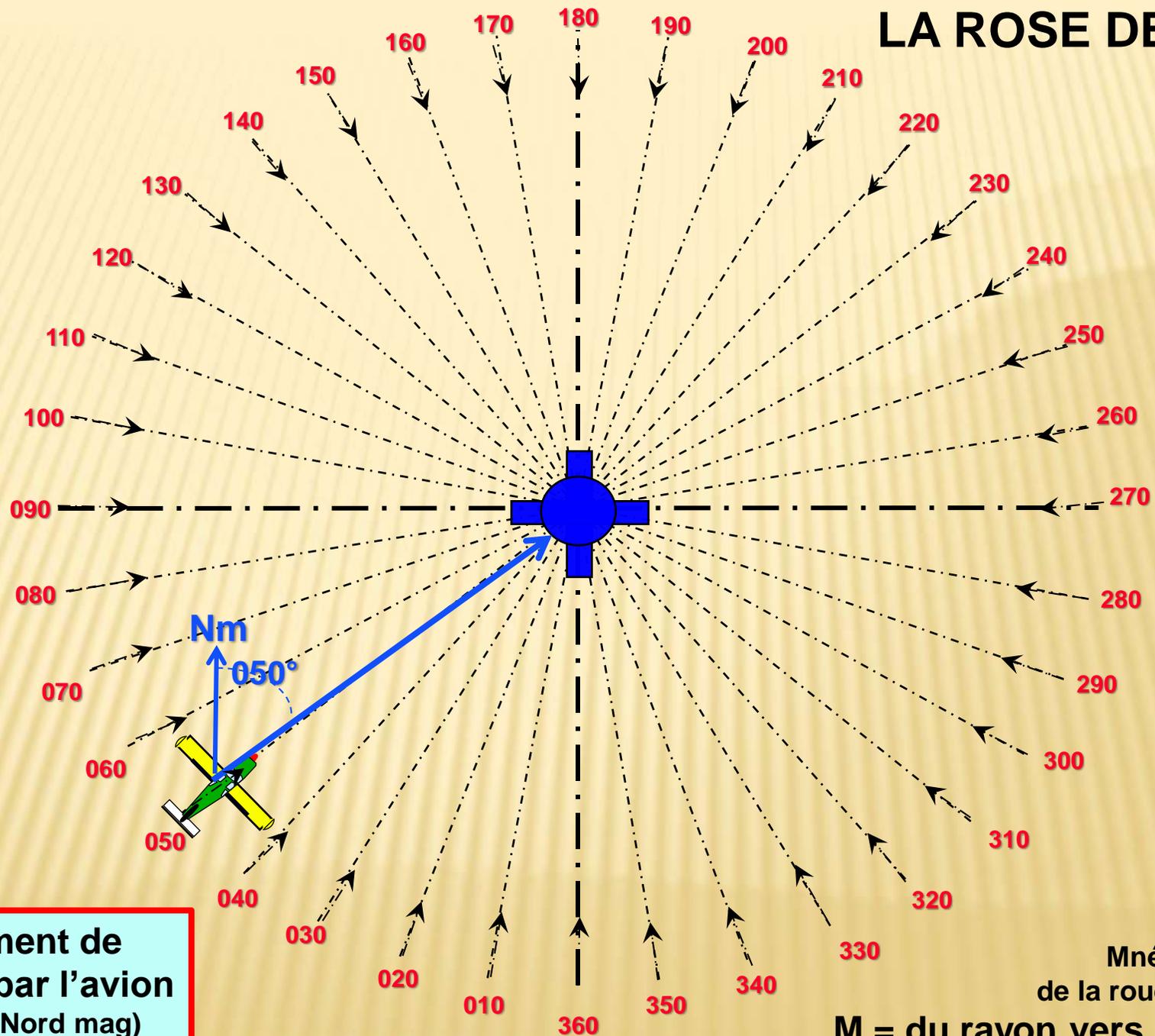
Mnémotechnique de la roue de bicyclette
R = du moyeu vers le RAYON

P
R
I
N
C
I
P
E

D
E

R
É
F
É
R
E
N
C
E

LA ROSE DES QDM



Relèvement de la station par l'avion (référence Nord mag)

Mnémotechnique de la roue de bicyclette
M = du rayon vers le MOYEU

LA VDF ou GONIO

Cette technique permet de mesurer l'angle de réception d'un signal VHF par rapport au Nord magnétique.



Le VDF (VHF Directionnal Finder) ou Gonio, nécessite un opérateur au sol.

Le contrôleur fournit au pilote un relèvement (ou QDM) pour rejoindre l'aérodrome.

AÉRODROMES ÉQUIPÉS DE GONIO

**La liste et les fréquences
des aérodromes susceptibles de
fournir ce service se trouvent :**

- 1. Sur la carte des moyens radio d'atterrissage**
- 2. Dans la partie « Généralités » du classeur VAC**



AÉRODROMES ÉQUIPÉS DE GONIO

Cette information est également mentionnée
sur les **CARTES VAC**.

APPROCHE A VUE <i>Visual approach</i>	Ouvert à la CAP <i>Public air traffic</i> 29 MAY 14	RENNES SAINT JACQUES AD2 LFRN APP 01
	ALT AD : 124 (5 hPa) LAT : 48 04 19 N LONG : 001 43 56 W	LFRN VAR : 2°W (10)
FIS : 134.0(1)(Secteur S) - 126.950(Secteur N) TWR : 120.5 ATIS : 136.4 ☎ 02 99 67 72 50 GND (SOL) : 121.725 APP : RENNES Approche/Approach 134.0 (Secteur S) - 126.950 (Secteur N)	VDF : 134.0 - 120.5 - 126.950	ILS/DME RWY 28 RS 110.1

L'utilisation d'un QDM fourni par une station peut confirmer
la position de l'avion lors d'une navigation,
même si la destination n'est pas la station interrogée.



UTILISATION DE LA VDF

Phraséologie avec une station VDF :

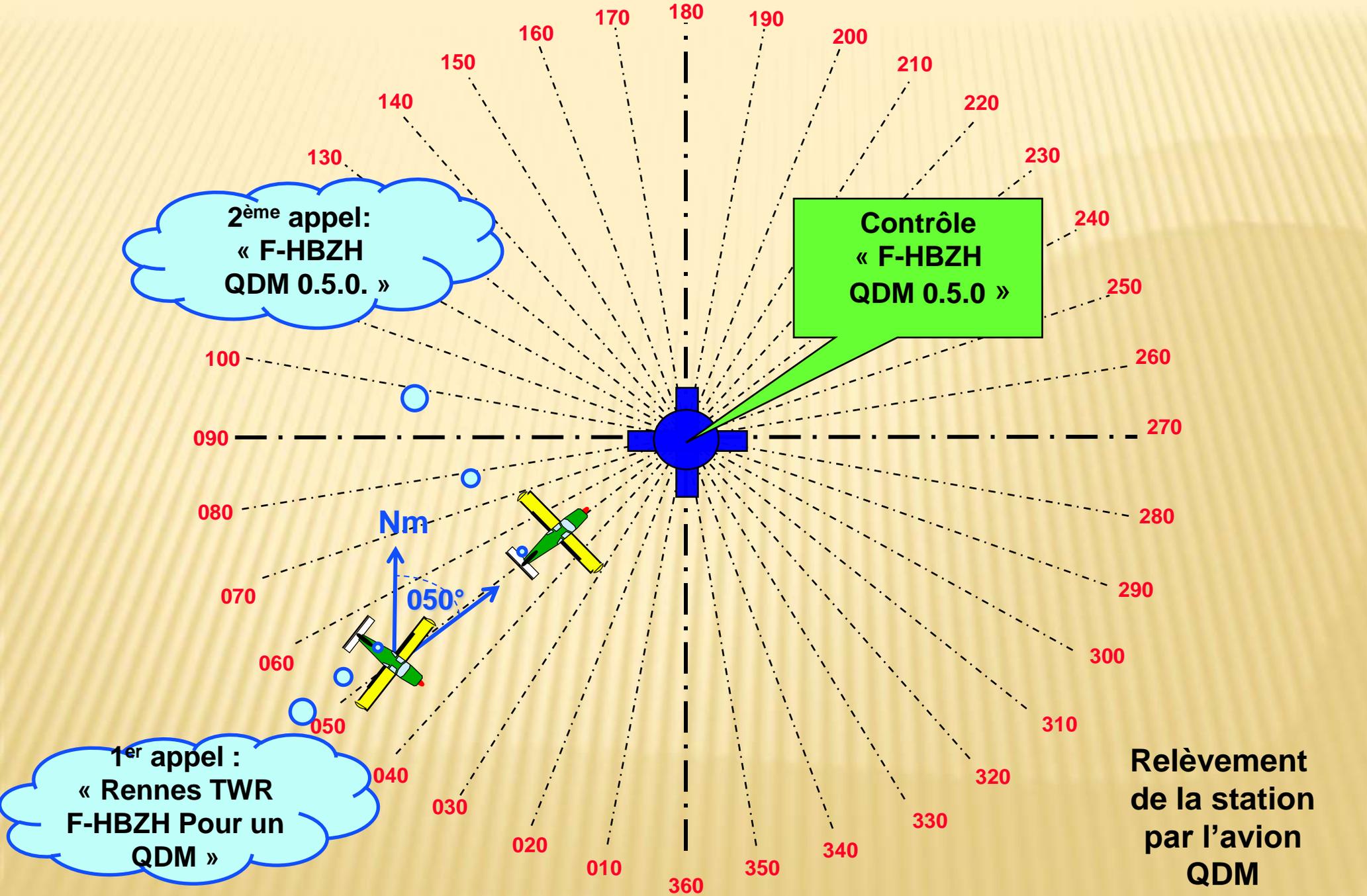
→ « **Rennes gonio de F-HBZH, DR400 pour un cap magnétique vers vous, répondez** »

😊 « **F-HBZH de Rennes Gonio, QDM 0.5.0.** »

→ « **QDM 0.5.0., F-ZH** »

UTILISATION DE LA GONIO

LA ROSE DES QDM



UTILISATION DE LA GONIO (VDF)

Le cap magnétique à suivre sans vent pour rejoindre l'aérodrome sera donc le 050°.

« QDM 0.5.0. » : afin de mieux positionner son avion dans l'espace, il peut être intéressant de se le représenter sur un QDR. Dans ce cas, il est sur le QDR 230 ($050^\circ + 180^\circ$), donc dans le sud-ouest de la station.

Si lors des appels suivants, les QDM augmentent, cela indique que l'avion dérive vers la gauche donc un vent venant de la droite (avant ou arrière).
Si les QDM diminuent, dérive droite, vent gauche.

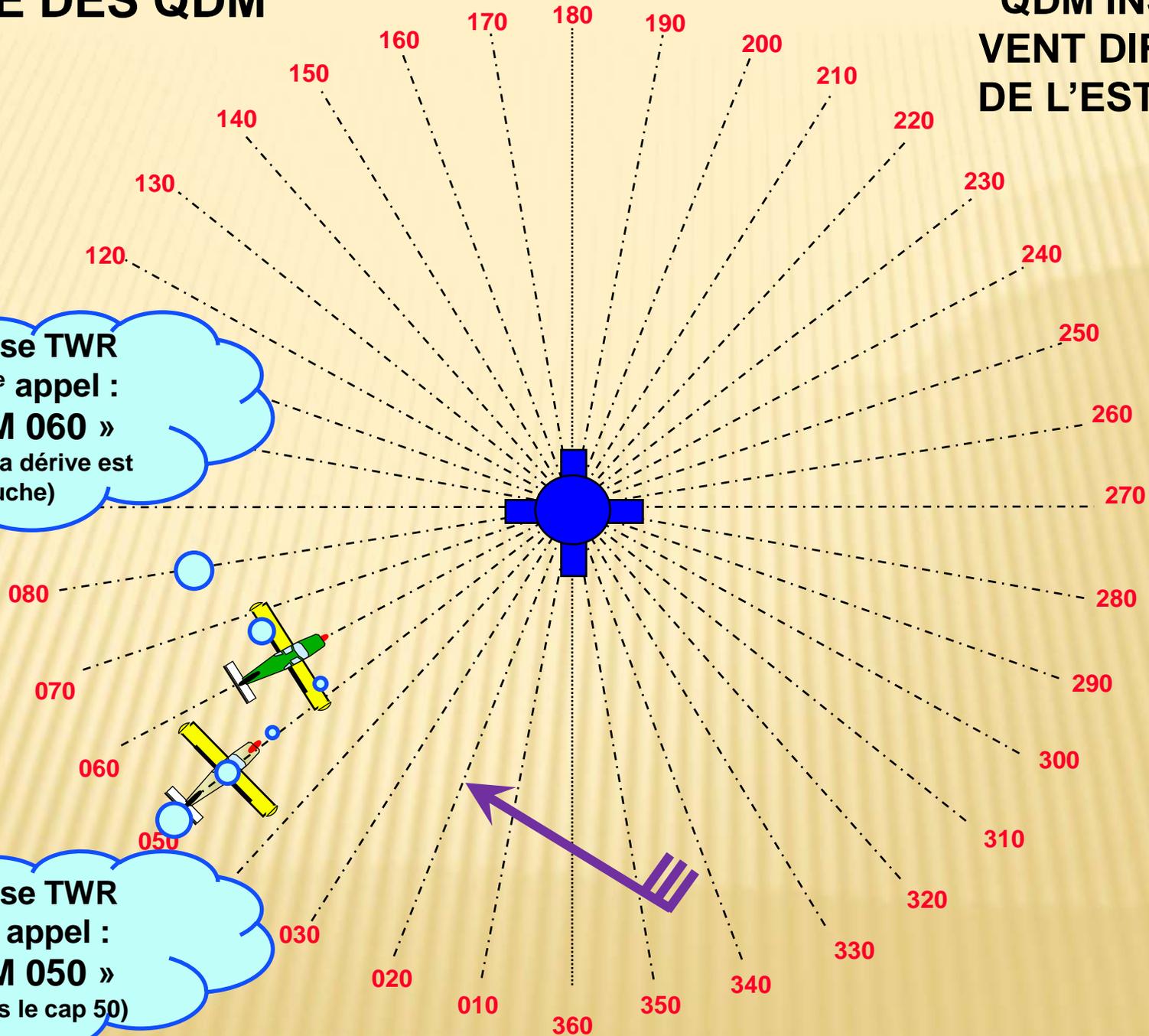
Ce constat serait identique si notre estimation de la vitesse du vent était inférieure à la réalité.

LA ROSE DES QDM

**QDM INSTABLE
VENT DIFFÉRENT
DE L'ESTIMATION**

Réponse TWR
au 2^{ème} appel :
« **QDM 060** »
(Pilote : Ma dérive est
gauche)

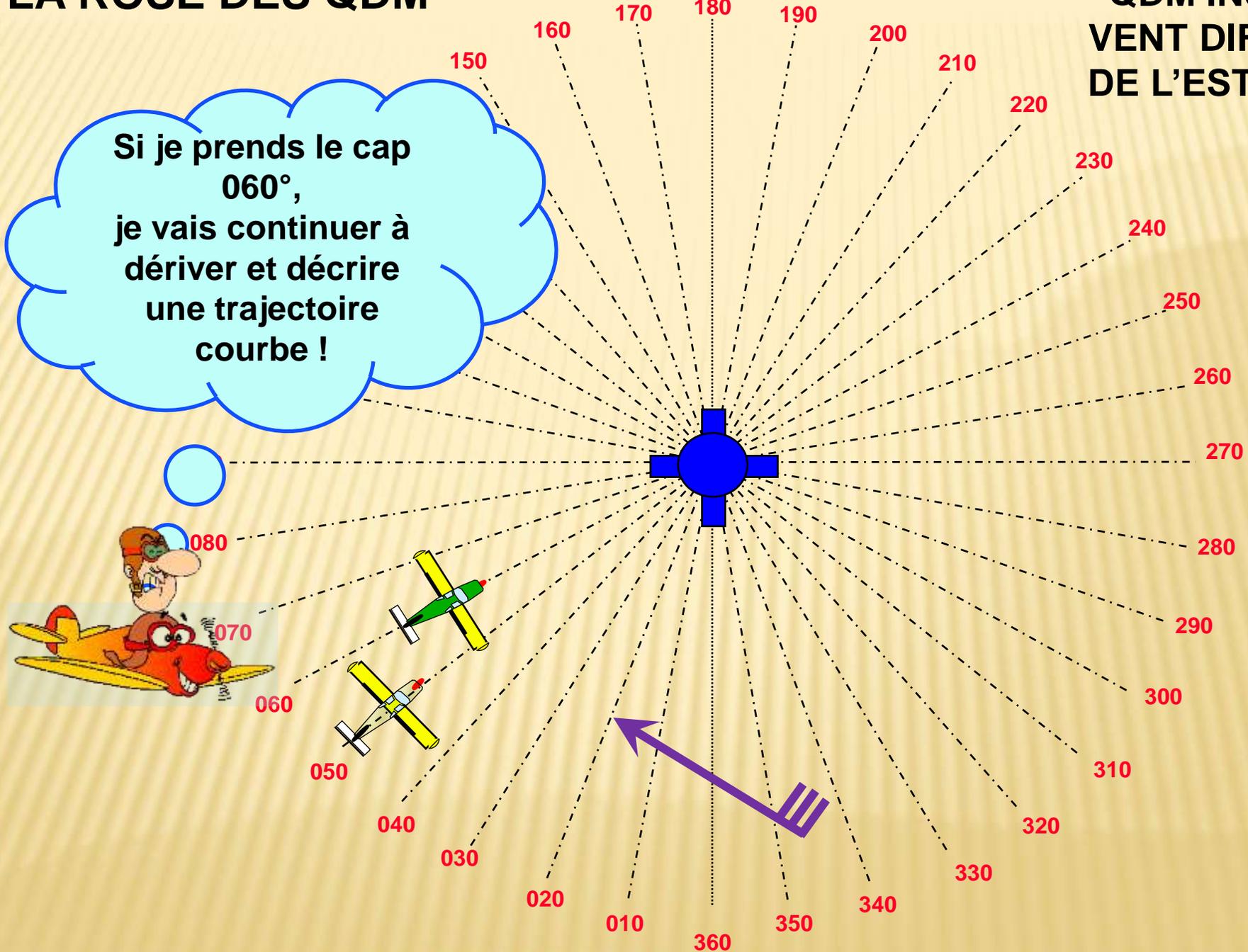
Réponse TWR
Au 1^{er} appel :
« **QDM 050** »
(Je prends le cap 50)



LA ROSE DES QDM

**QDM INSTABLE
VENT DIFFÉRENT
DE L'ESTIMATION**

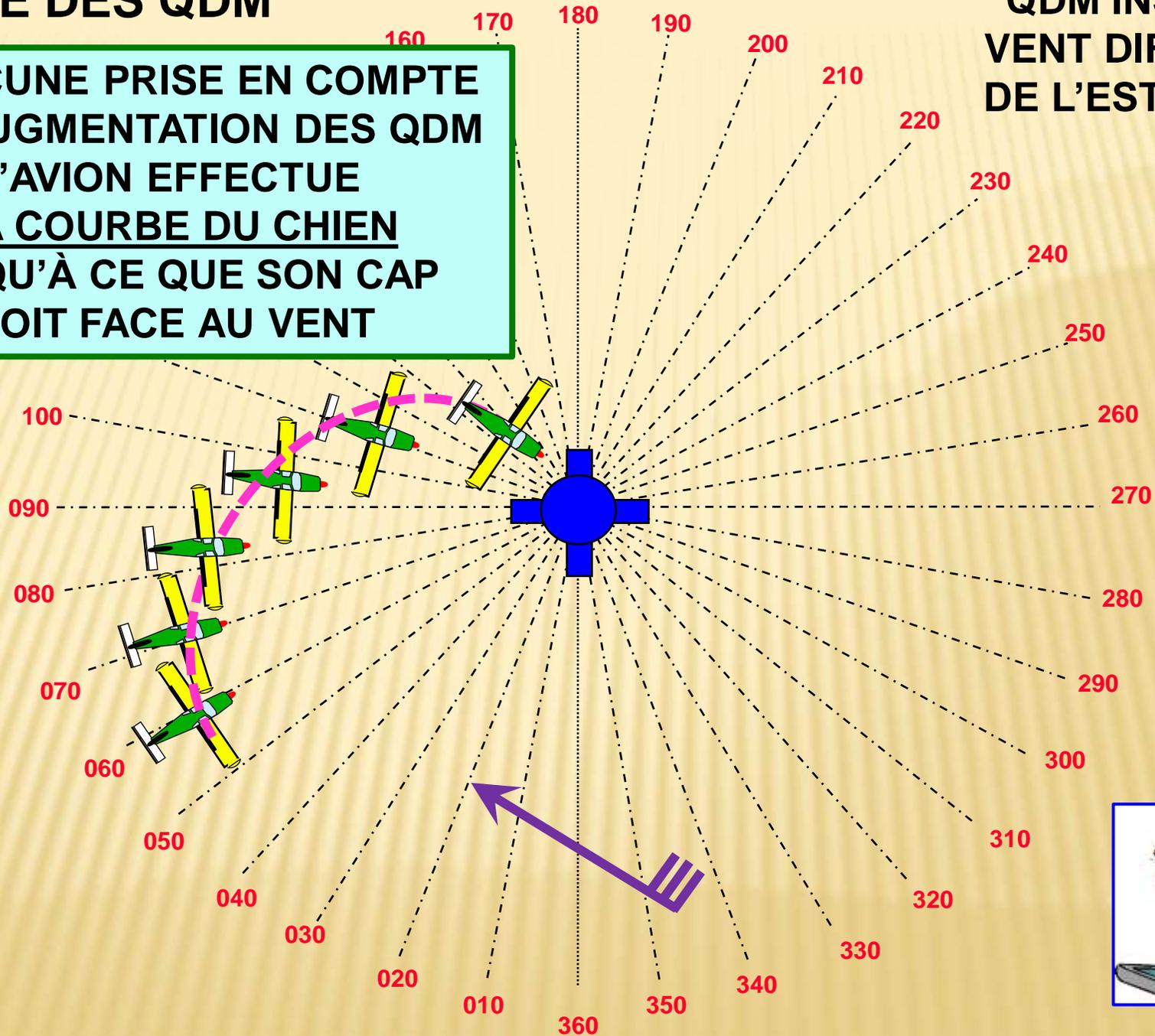
Si je prends le cap
060°,
je vais continuer à
dériver et décrire
une trajectoire
courbe !



LA ROSE DES QDM

**QDM INSTABLE
VENT DIFFÉRENT
DE L'ESTIMATION**

**SI AUCUNE PRISE EN COMPTE
DE L'AUGMENTATION DES QDM
L'AVION EFFECTUE
LA COURBE DU CHIEN
JUSQU'À CE QUE SON CAP
SOIT FACE AU VENT**

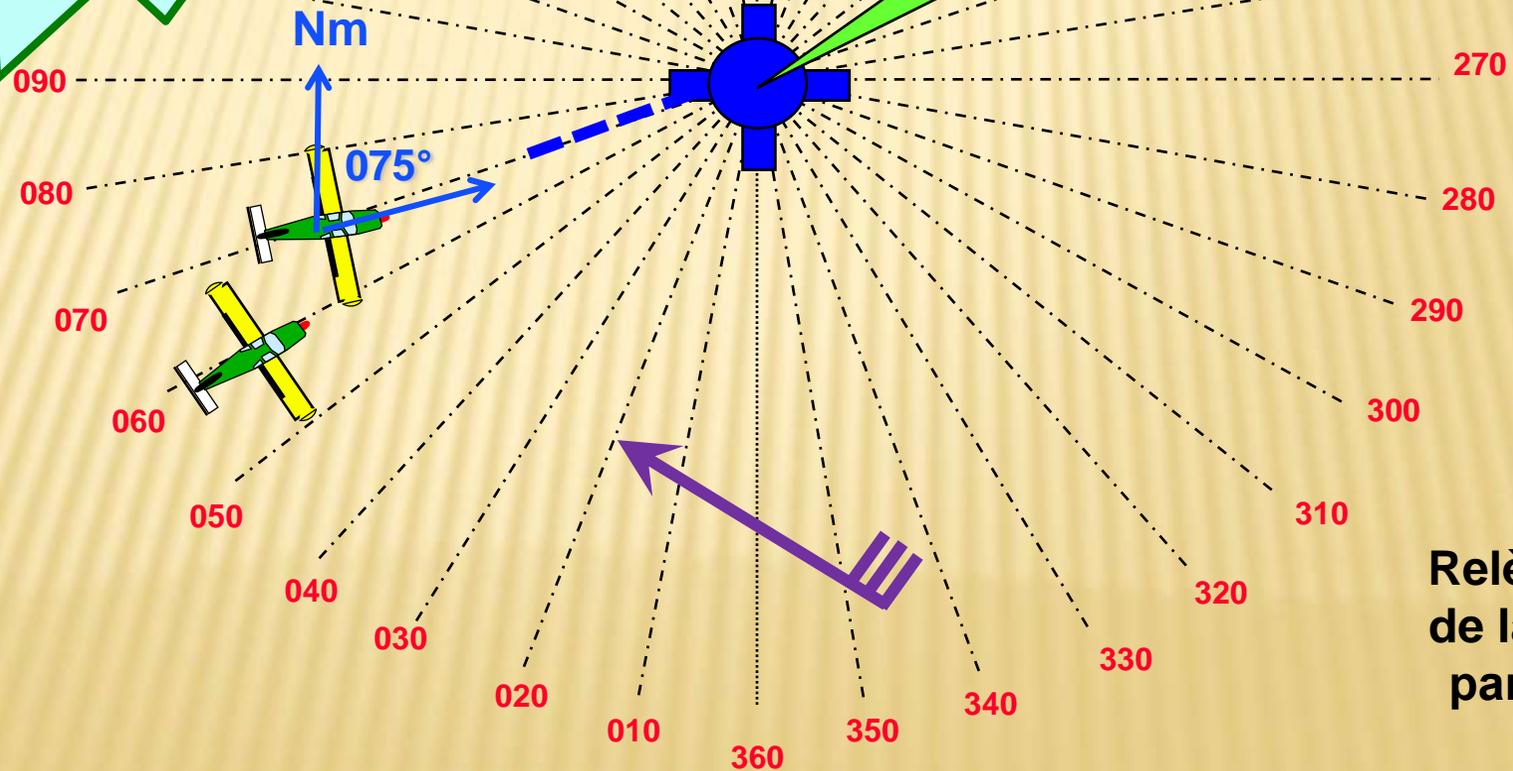


LA ROSE DES QDM

**QDM INSTABLE
VENT DIFFÉRENT
DE L'ESTIMATION**

**ANTICIPATION
PRISE EN COMPTE
DES QDM CHANGEANT
DÉCISION : CAP 075°**

**Contrôle
« F-HBZH
QDM 0.7.0 »**



**Relèvement
de la station
par l'avion
QDM**

V.O.R

VISUAL OMNI RANGE



GÉNÉRALITÉS

Le VOR est un radiophare omnidirectionnel VHF à moyenne et courte portée.

Il permet de déterminer une position (ou un relèvement magnétique – QDR - QDM) par rapport à une balise dont la position est connue.

Les indications de position sont indépendantes du cap de l'avion.

NB : un système de mesure de distance peut être associé, le VOR devient alors un VOR-DME

INDICATION DU VOR INDÉPENDANTE DU CAP DE L'AVION

AVION 1



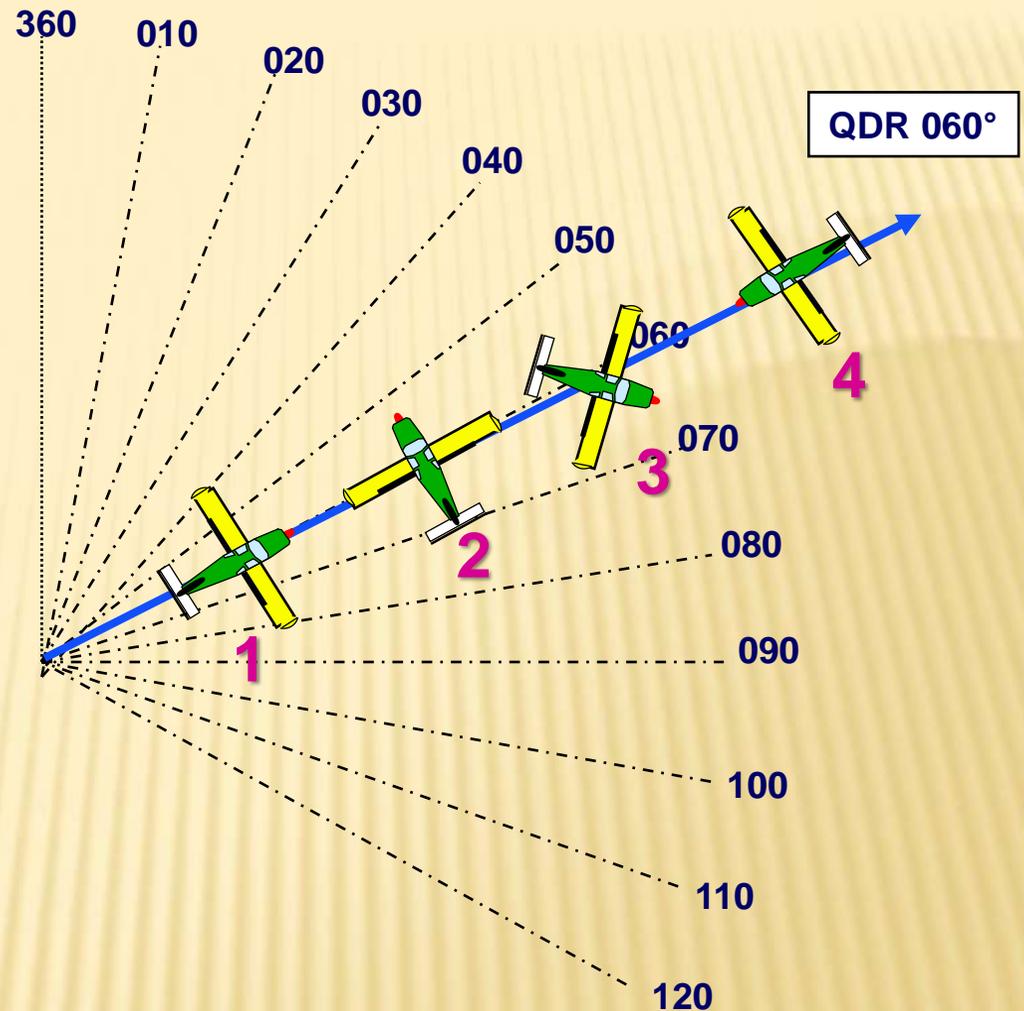
AVION 2



AVION 3



AVION 4



L'INDICATION TO OU FROM N'EST PAS
UNE ASSURANCE SUR SA TRAJECTOIRE
VERS LA STATION OU SUR
L'ELOIGNEMENT DE CELLE-CI
(VOIR PROXIMITÉ DES CAPS COMPAS ET RADIAL VOR
POUR UNE UTILISATION DIRECTE)

V.O.R

VISUAL OMNI RANGE



➤ Ondes : 108 à 118 MHz

TVOR : 108 à 112 MHz*, 20 canaux (1/10^{ème} pair)

**VOR : 112 à 118 MHz, 120 canaux (espacement 25 kHz) +
*certaines VOR DOPPLER ou VOR DME entre 108 MHz et 118 MHz.***

***Dans cette gamme on trouve également les ILS (1/10^{ème} impair) :
108,1 108,3 108,5 108,7 etc.***

➤ Précision : entre 2 et 4°

➤ Portée : optique et fonction de l'altitude,
limitée à 200 Nm pour les VOR et à 25 Nm pour les TVOR.

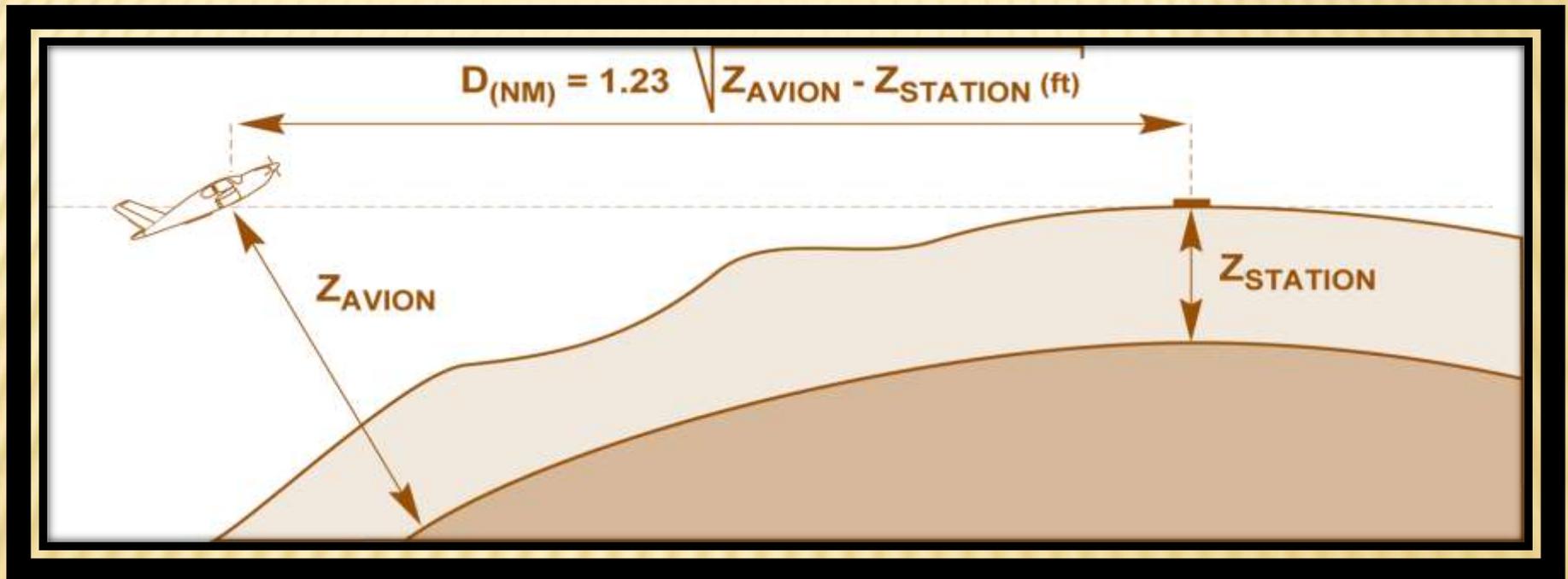
➤ Avantages : équipement de bord simple,
informations stables, sûres, non affectées par météo.

➤ Inconvénients : Portée optique donc limitation due aux
obstacles, mauvaise réception à basse altitude.
Système angulaire nécessitant une manipulation.

PARTICULARITÉS :

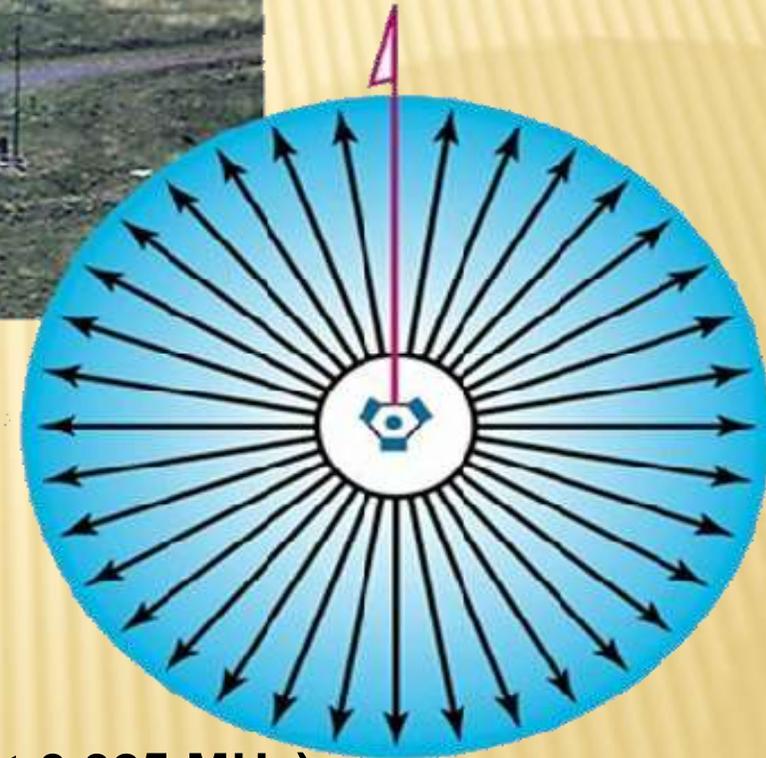
LA TRANSMISSION DES ONDES VHF

Les ondes VHF ont une propagation quasi rectiligne (dite portée optique) entraînant une portée limitée du fait de la rotondité de la terre.



CALCUL DE LA PORTÉE OPTIQUE

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉQUIPEMENT SOL



◆ Une position géographique

◆ Une fréquence

- 108.00 à 111.85

utilisation pour ILS (dizaines paires)

et VOR Doppler de route (espacement 0,025 MHz)

- 112.00 à 117.95 pour autres VOR (espacement 0.05 MHz)

◆ Une identification

- Signal Morse de 3 lettres (ex : REN pour VOR de Rennes)

COMPOSITION DE L'ÉQUIPEMENT DE BORD

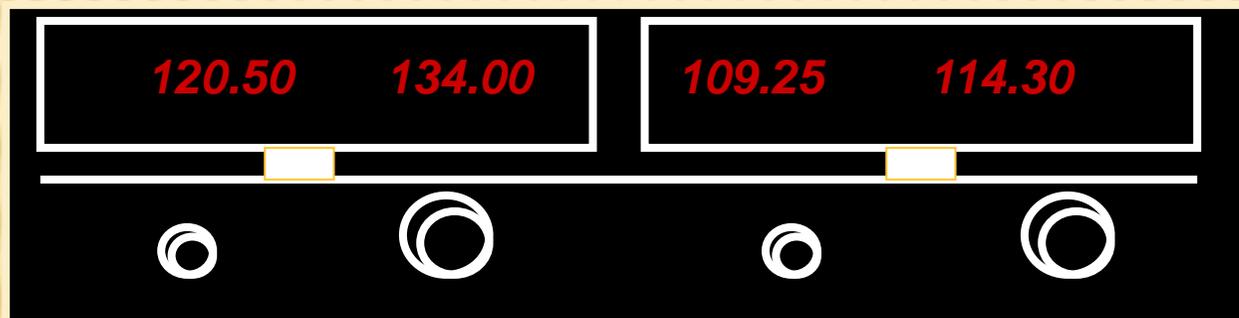
TROIS ÉLÉMENTS :

➤ L'ANTENNE DE RÉCEPTION

- En forme de V se situe sur la partie arrière du fuselage.

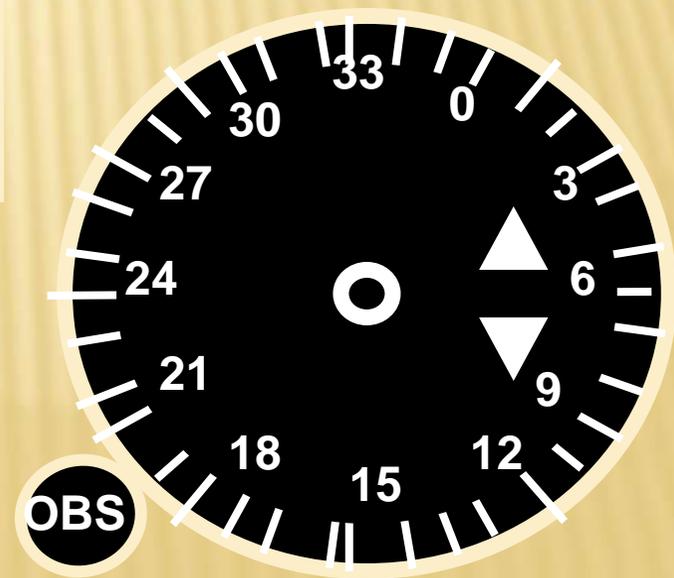
➤ Le RÉCEPTEUR DE BORD

- Sélection de la fréquence
- Identification Balise (Morse)

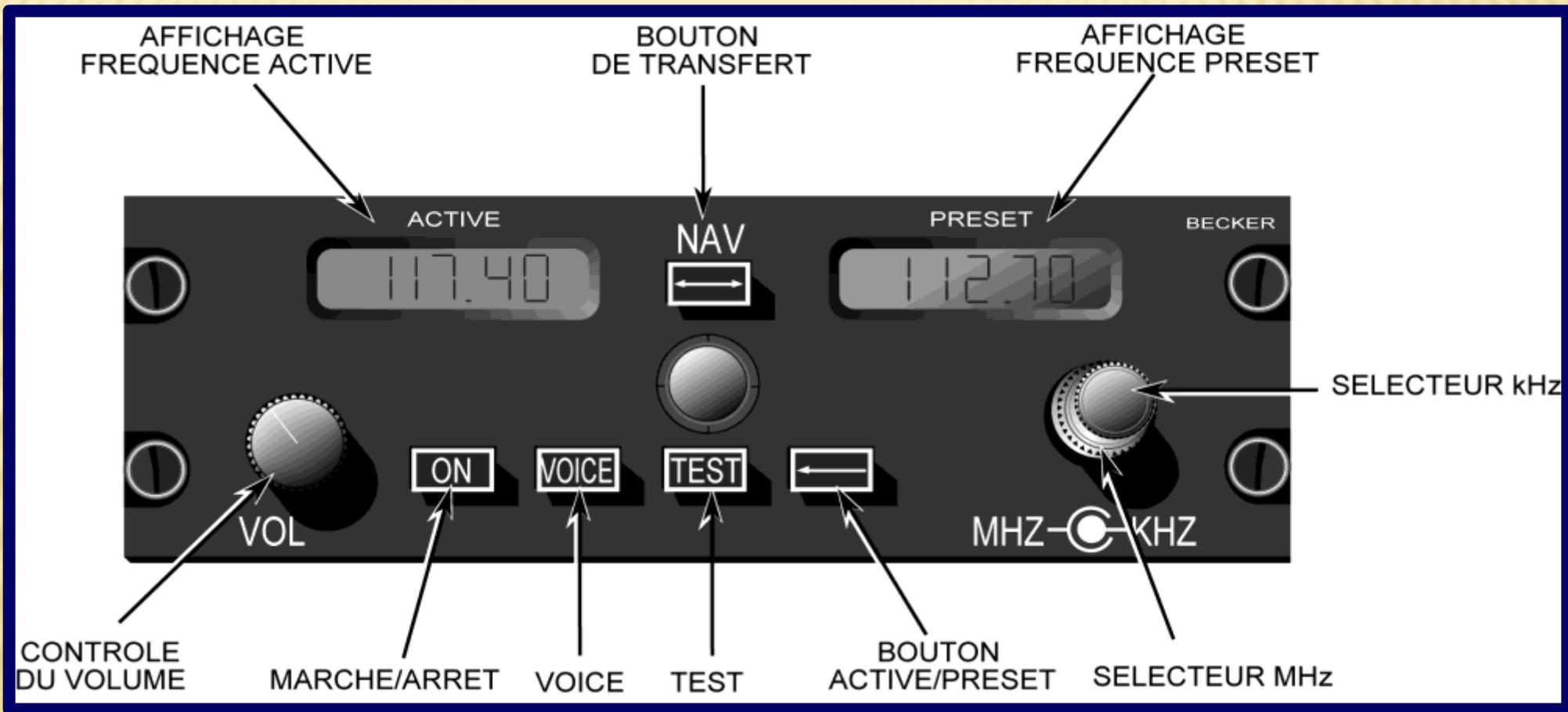


➤ L'INDICATEUR

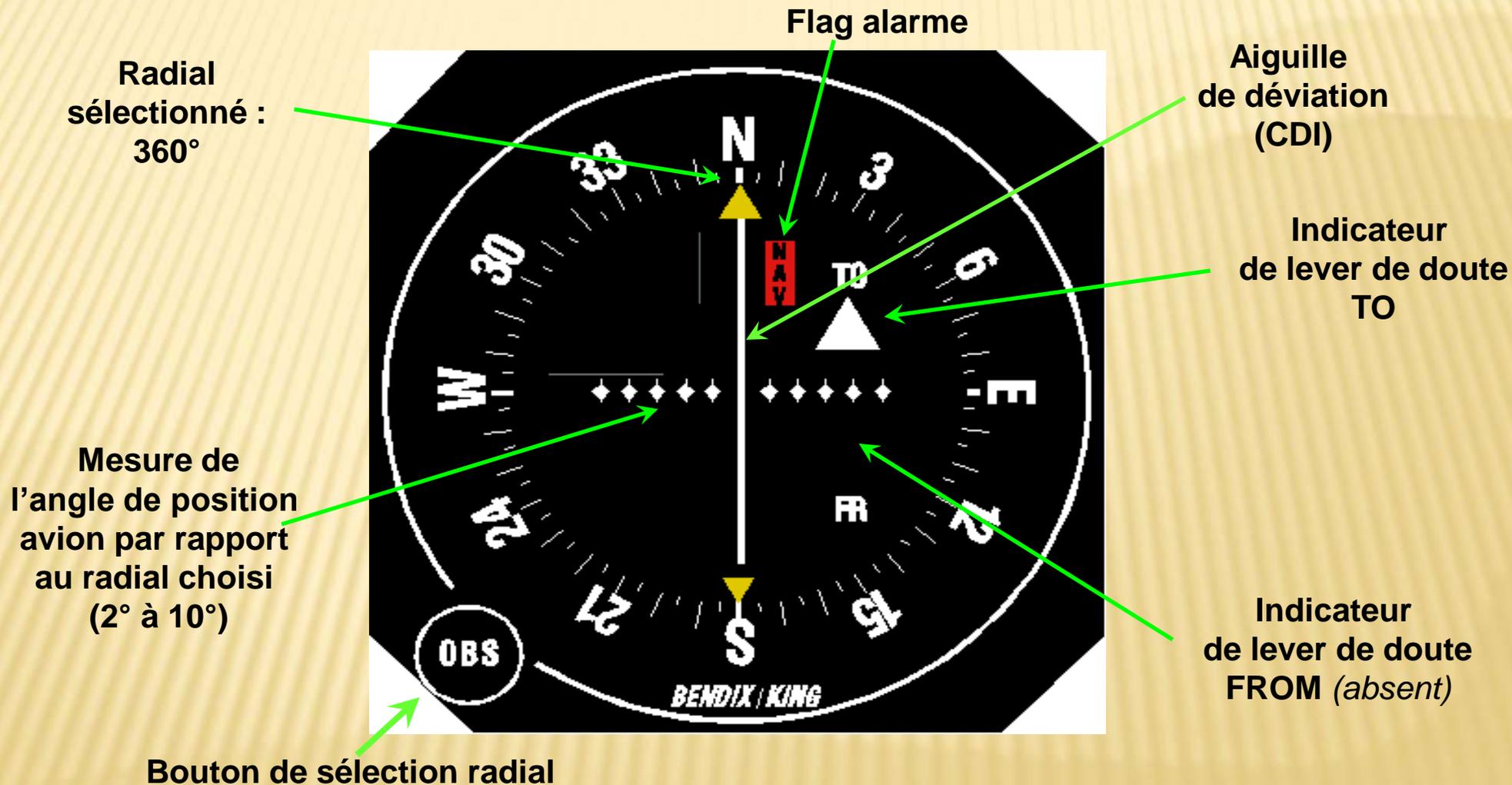
- Sélecteur de route (OBS)
- Indicateur de lever de doute TO/FROM/OFF
- Une barre d'écart de route (CDI)



RÉCEPTEUR VOR TYPE BECKER

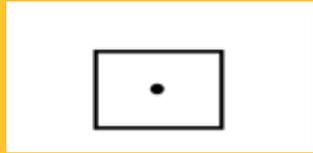


L'INDICATEUR VOR



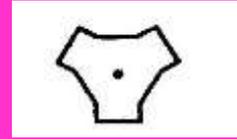
CDI Bendix King VOR (pas d'ILS)

LA REPRÉSENTATION D'UN VOR SUR UNE CARTE



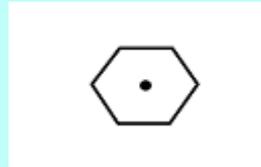
DME

Distance



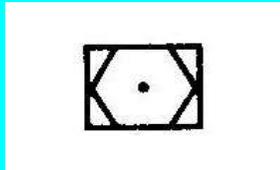
TACAN

Distance



VOR

Positionnement



VOR DME

Positionnement

+

Distance



**TACAN
et VOR**

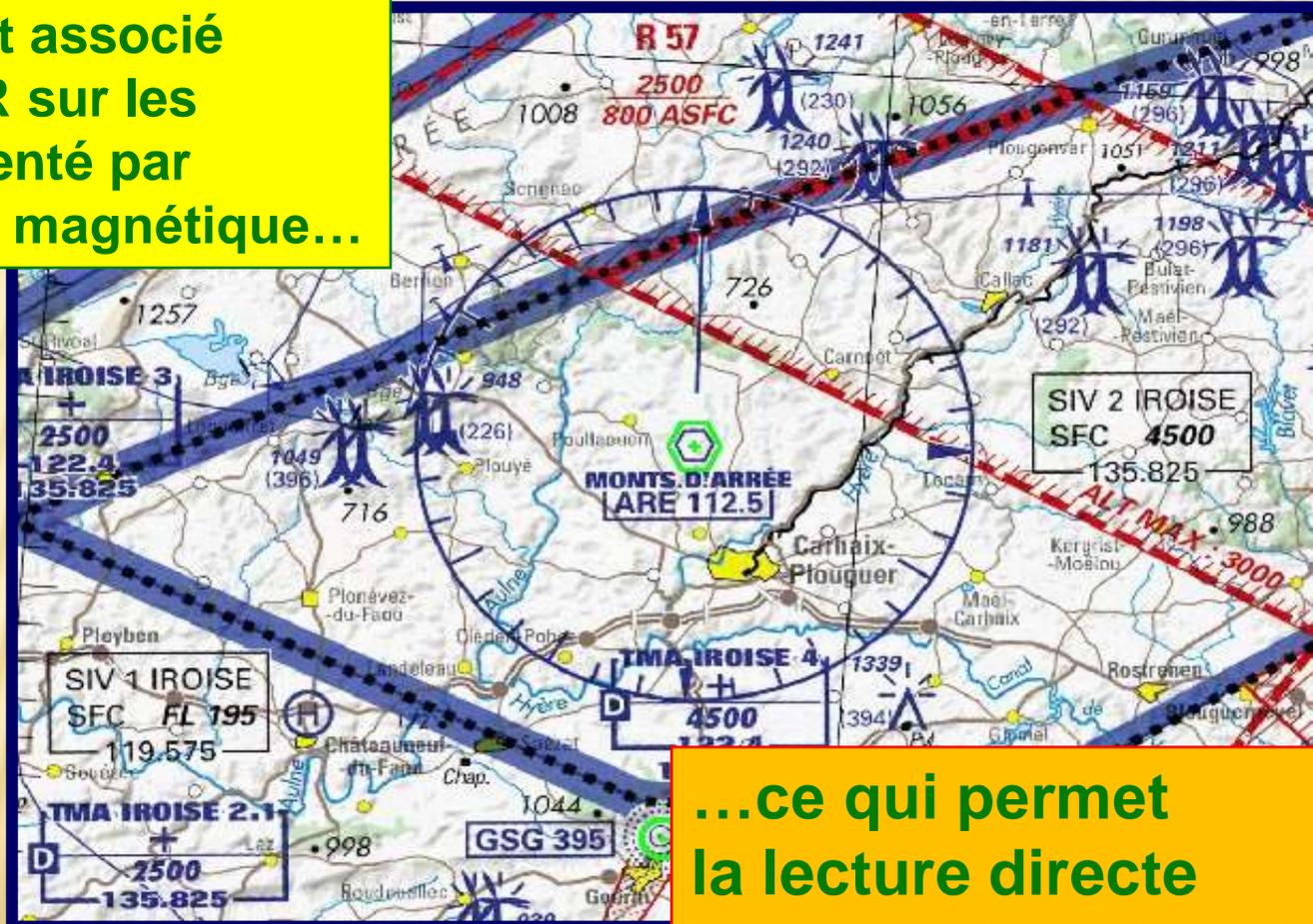
Positionnement

+

Distance

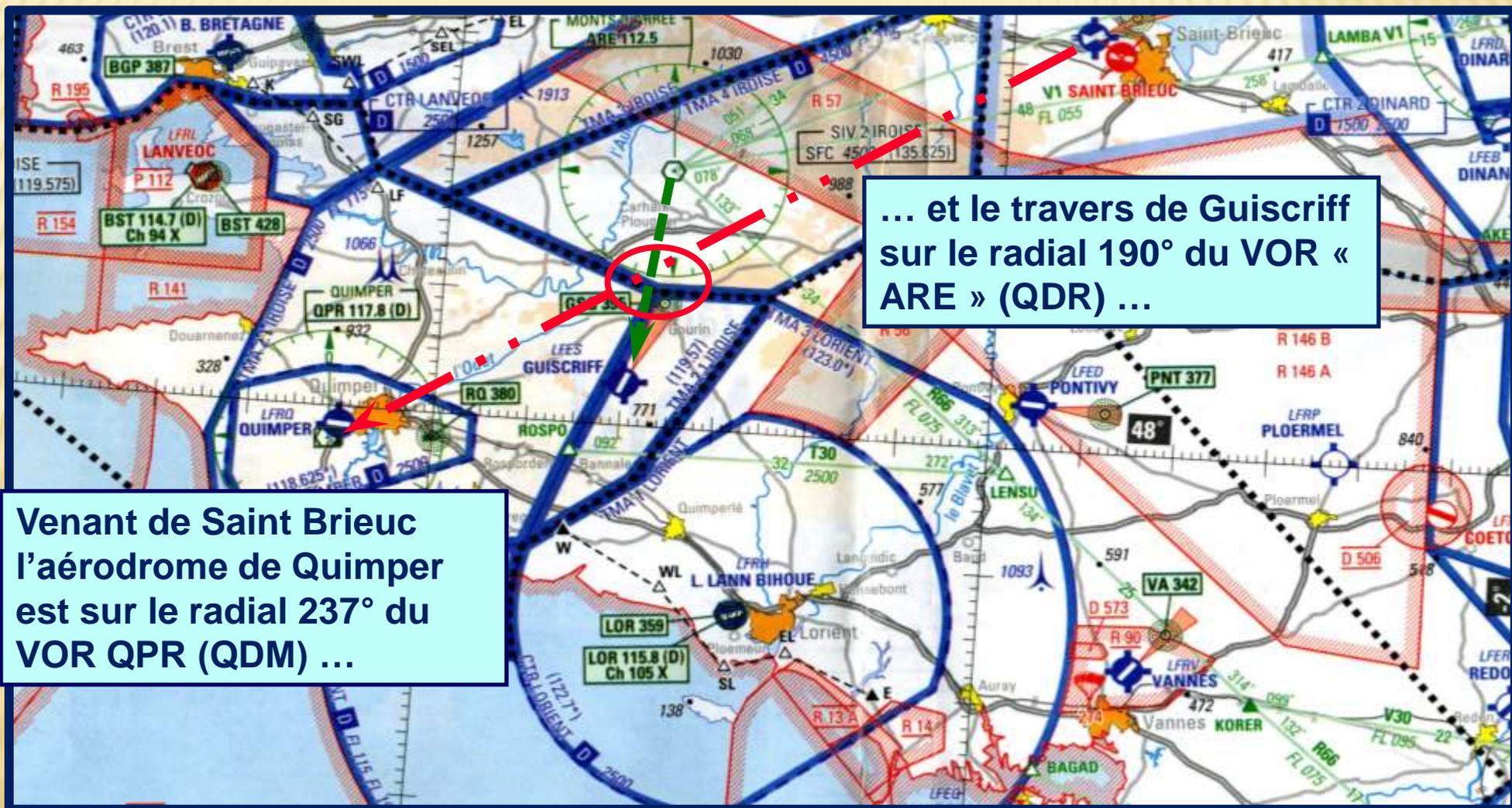
LE VOR SUR LES CARTES

Un cercle des directions magnétiques est associé aux balises VOR sur les cartes. Il est orienté par rapport au Nord magnétique...



...ce qui permet la lecture directe d'un QDM ou d'un QDR.

LE VOR SUR LES CARTES

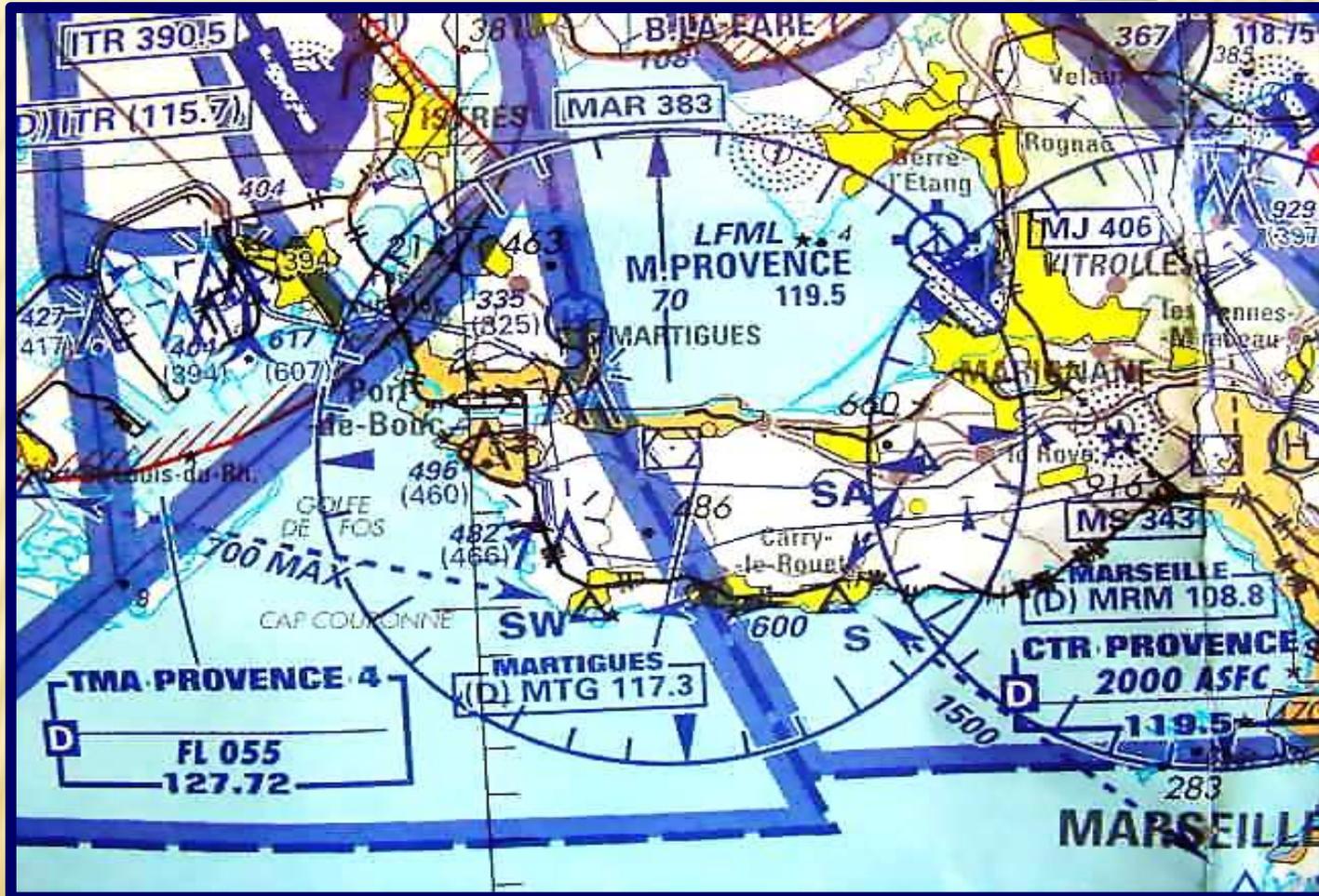


Symbole cartographique du VOR



LE VOR DME SUR LES CARTES

Symbole cartographique du VOR - DME



Informations de positionnement (VOR), de distance de la balise, de vitesse sol et de temps pour rejoindre la station (DME)

V.O.R

VHF OMNI RANGE

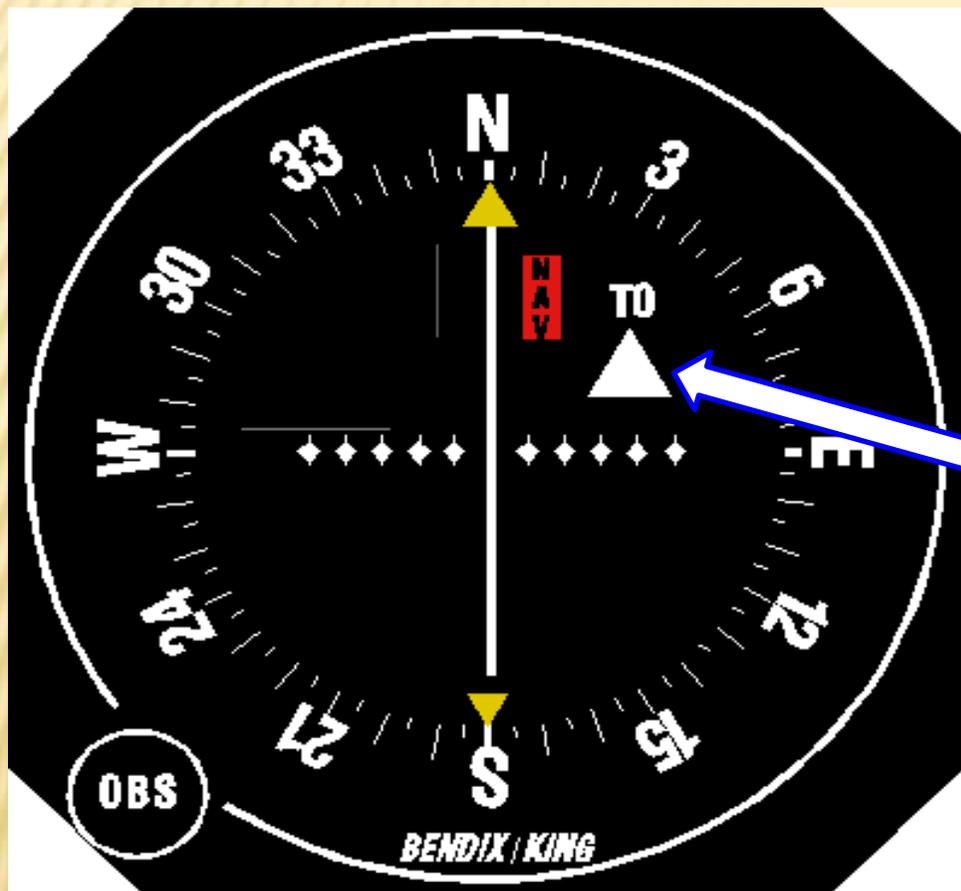


UTILISATION DU VOR :

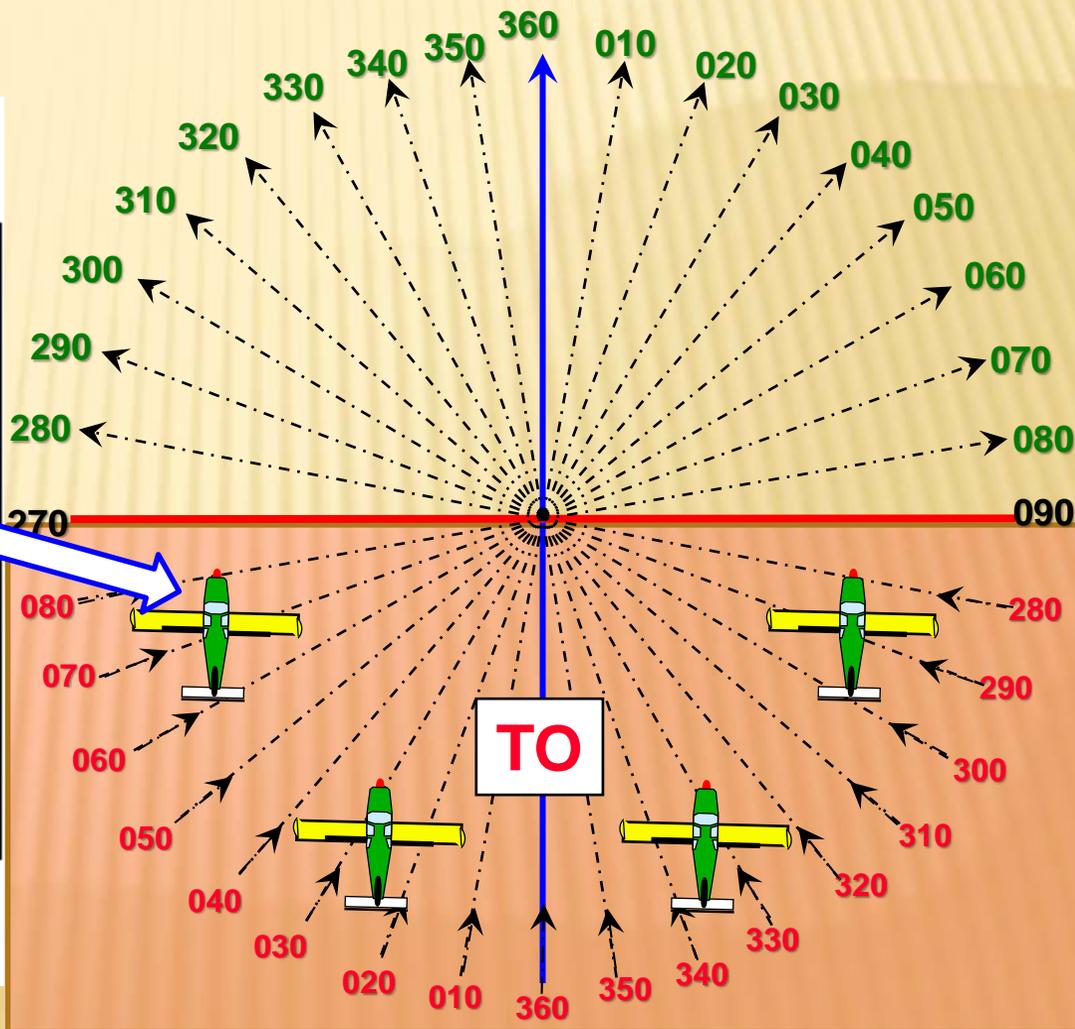
- **en homing, c'est-à-dire en se dirigeant vers la balise (indication TO)**
- **en s'en éloignant (indication FROM),**
ou en
- **flanquement, pour matérialiser un point, une entrée ou une sortie de zone.**

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

L'INDICATEUR DE LEVER DE DOUTE
MODIFIE AUTOMATIQUÉMENT
LA RÉFÉRENCE DES ROSES DE CAP



Rose des QDR (secteur FROM)



TO = RÉFÉRENCE ROSE DES QDM
FROM = RÉFÉRENCE ROSE DES QDR

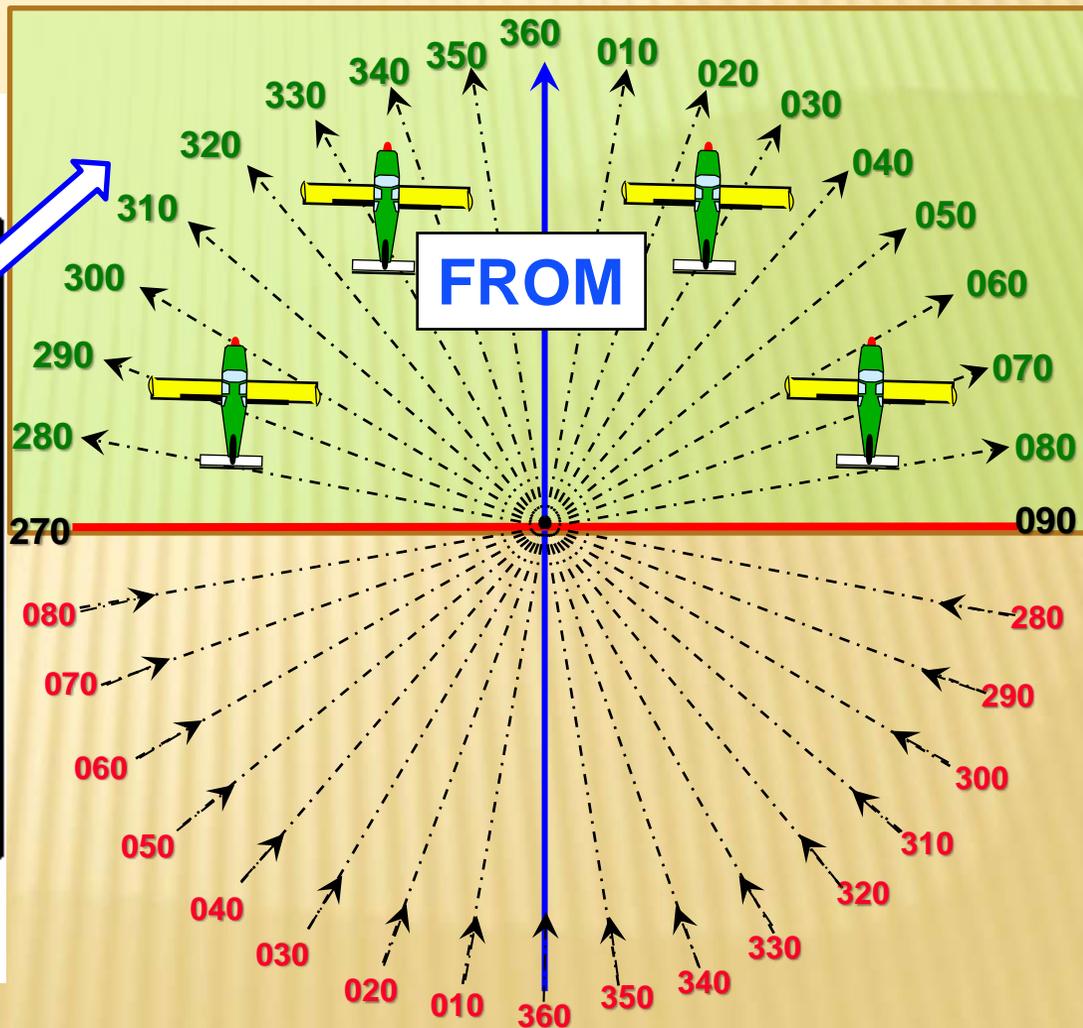
Rose des QDM (secteur TO)

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

L'INDICATEUR DE LEVER DE DOUTE
MODIFIE AUTOMATIQUEMENT
LA RÉFÉRENCE DES ROSES DE CAP



Rose des QDR (secteur FROM)

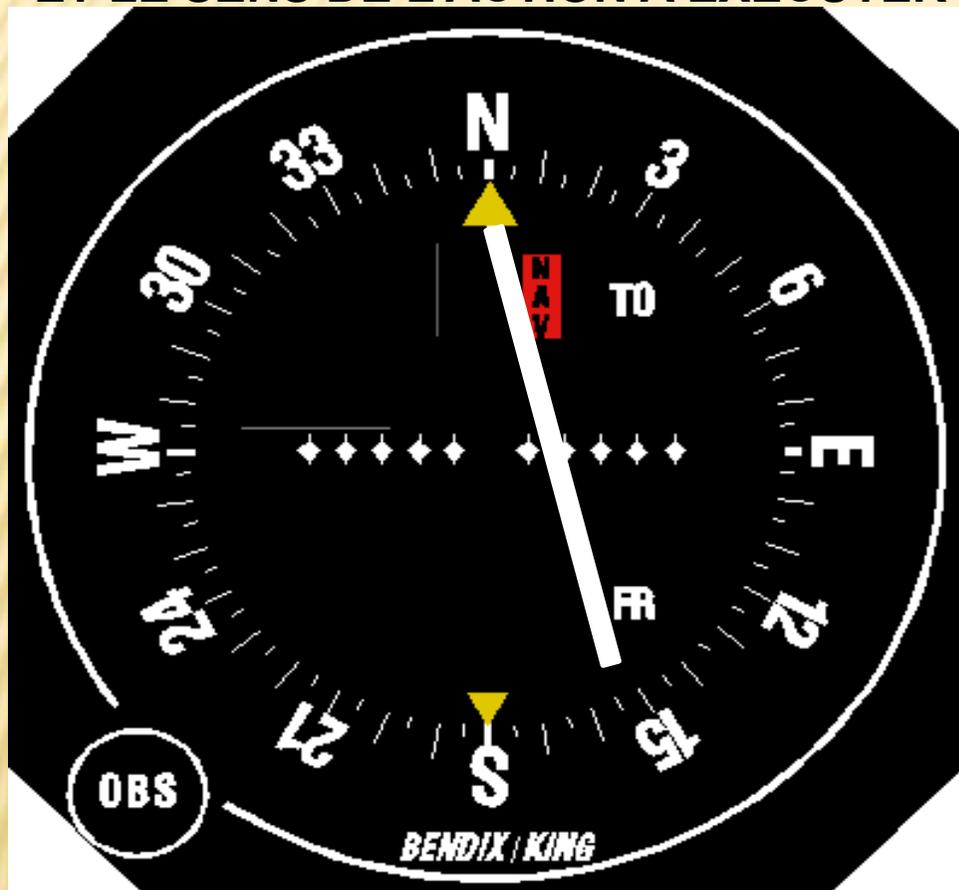


Rose des QDM (secteur TO)

TO = RÉFÉRENCE ROSE DES QDM
FROM = RÉFÉRENCE ROSE DES QDR

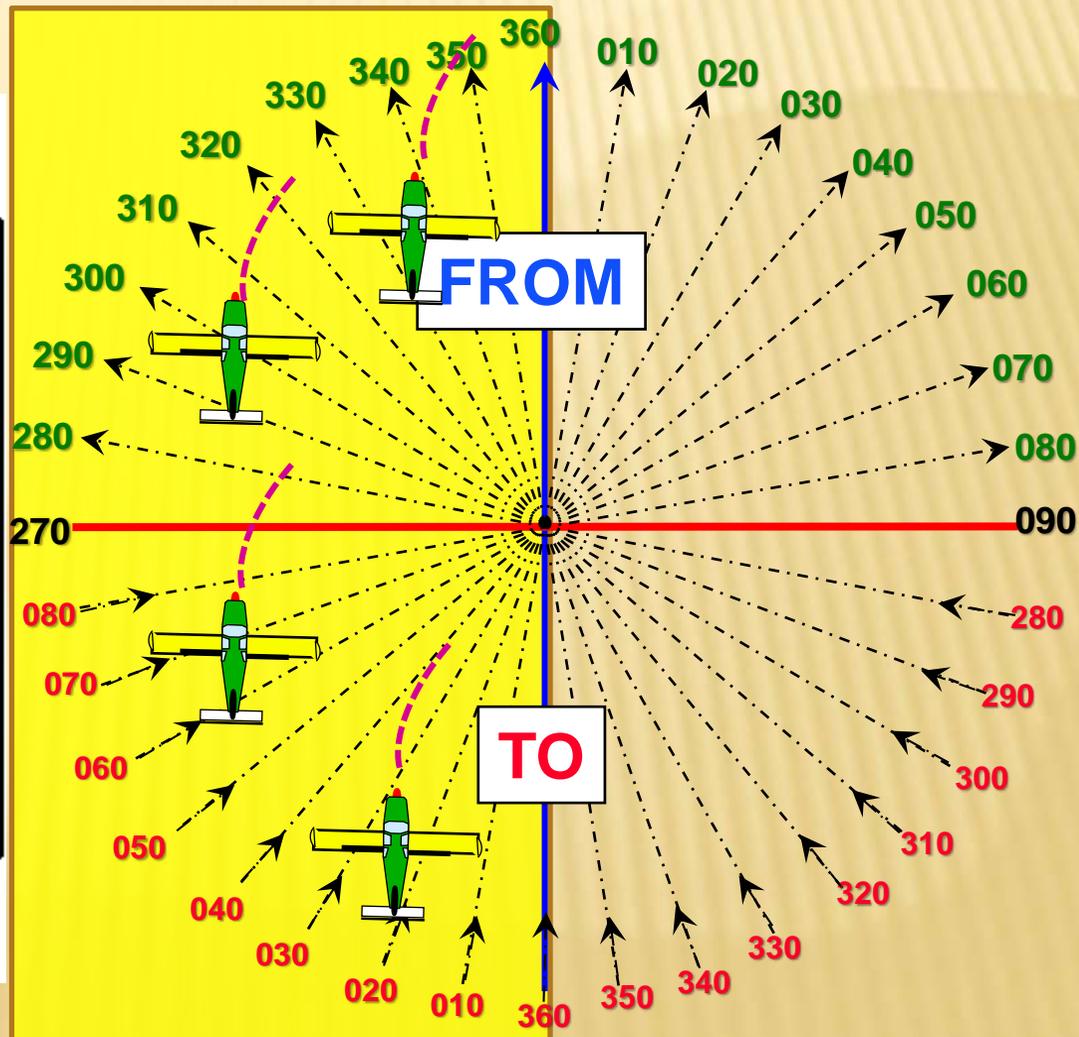
UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

L'INDICATEUR AIGUILLE (CDI)
DONNE DIRECTEMENT LA POSITION
ET LE SENS DE L'ACTION A EXECUTER



CDI A DROITE = VIRAGE A DROITE
CDI A GAUCHE = VIRAGE A GAUCHE

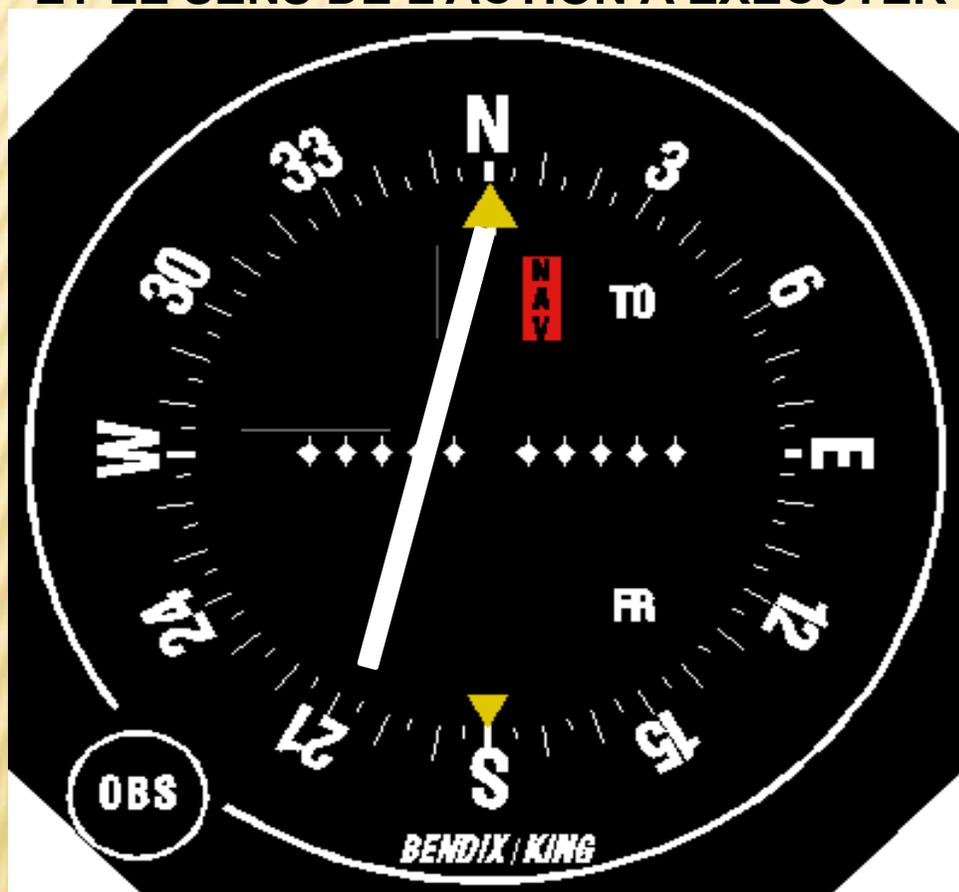
Rose des QDR (secteur FROM)



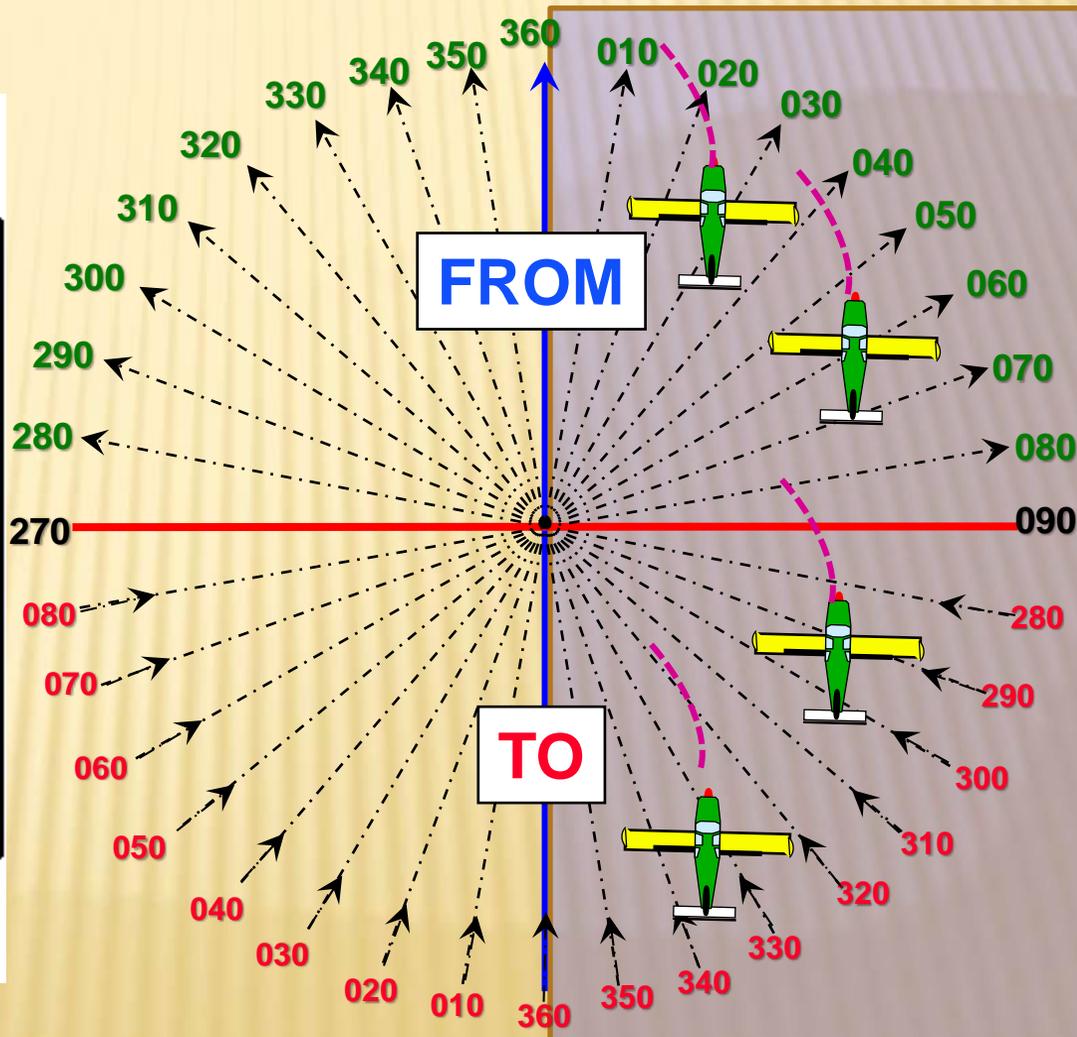
Rose des QDM (secteur TO)

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

L'INDICATEUR AIGUILLE
DONNE DIRECTEMENT LA POSITION
ET LE SENS DE L'ACTION A EXECUTER



Rose des QDR (secteur FROM)



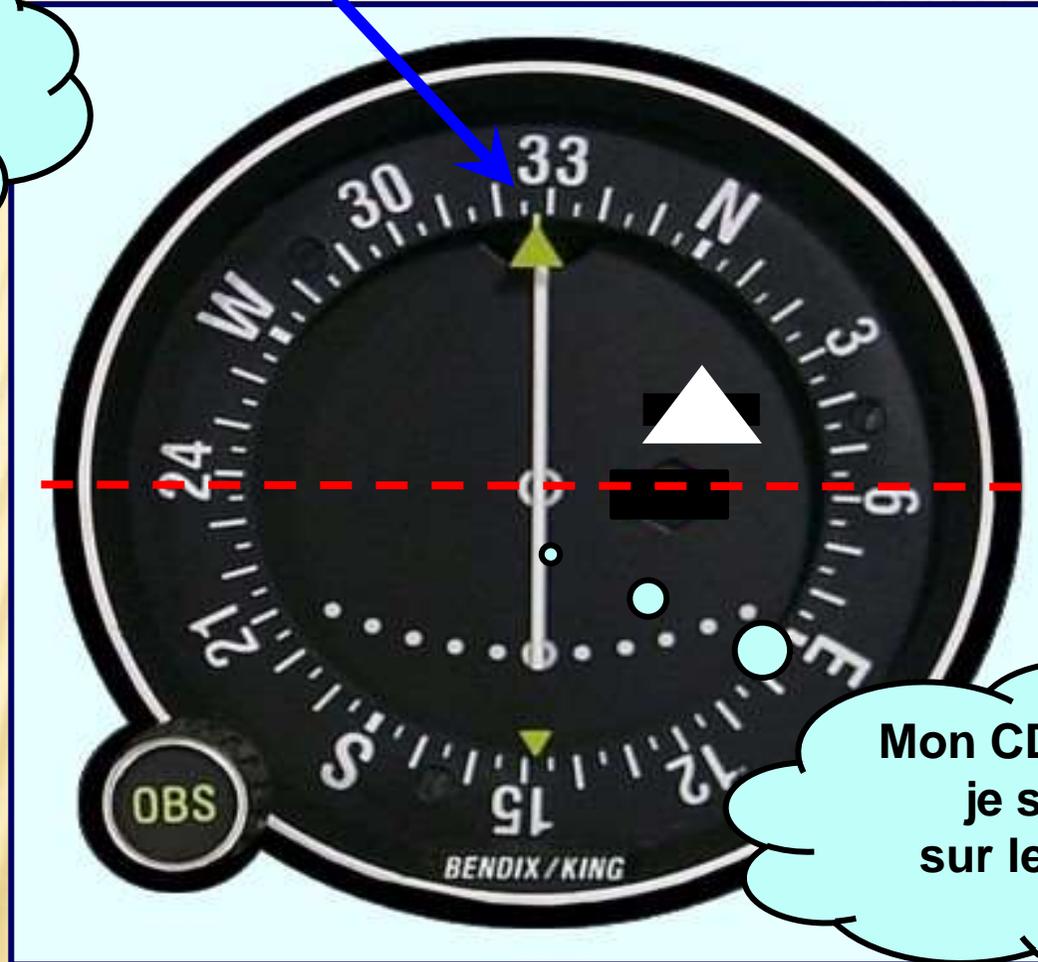
Rose des QDM (secteur TO)

CDI A DROITE = VIRAGE A DROITE
CDI A GAUCHE = VIRAGE A GAUCHE

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

Radial sélectionné 327

« J'ai
l'indication TO
... »



AXE 057 - 237
LIMITE DES SECTEURS
TO - FROM

Mon CDI est centré,
je suis donc
sur le QDM 327°

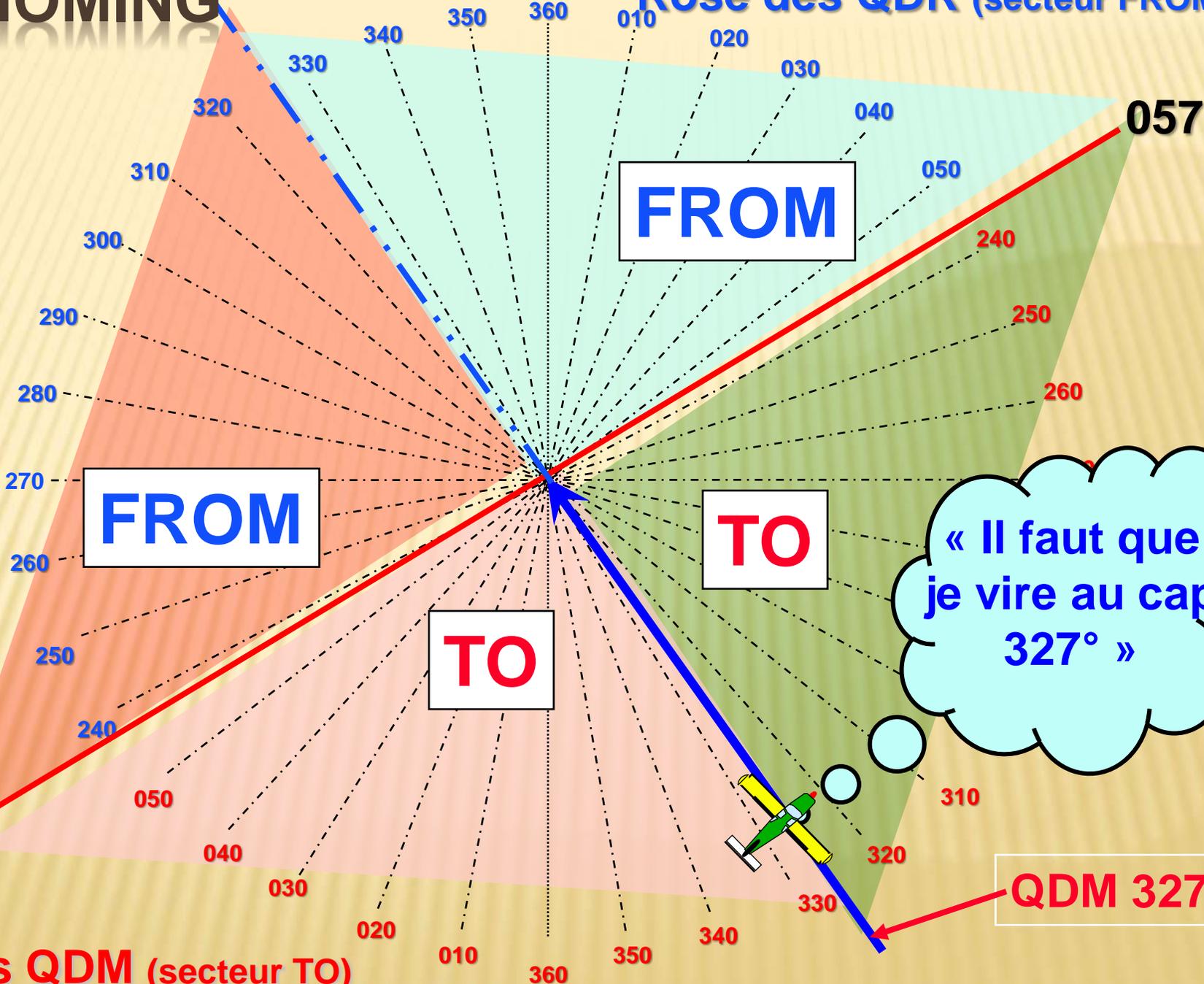


EN HOMING

Rose des QDR (secteur FROM)

P
O
S
I
T
I
O
N
N
E
M
E
N
T

237



FROM

FROM

TO

TO

« Il faut que je vire au cap 327° »

QDM 327°

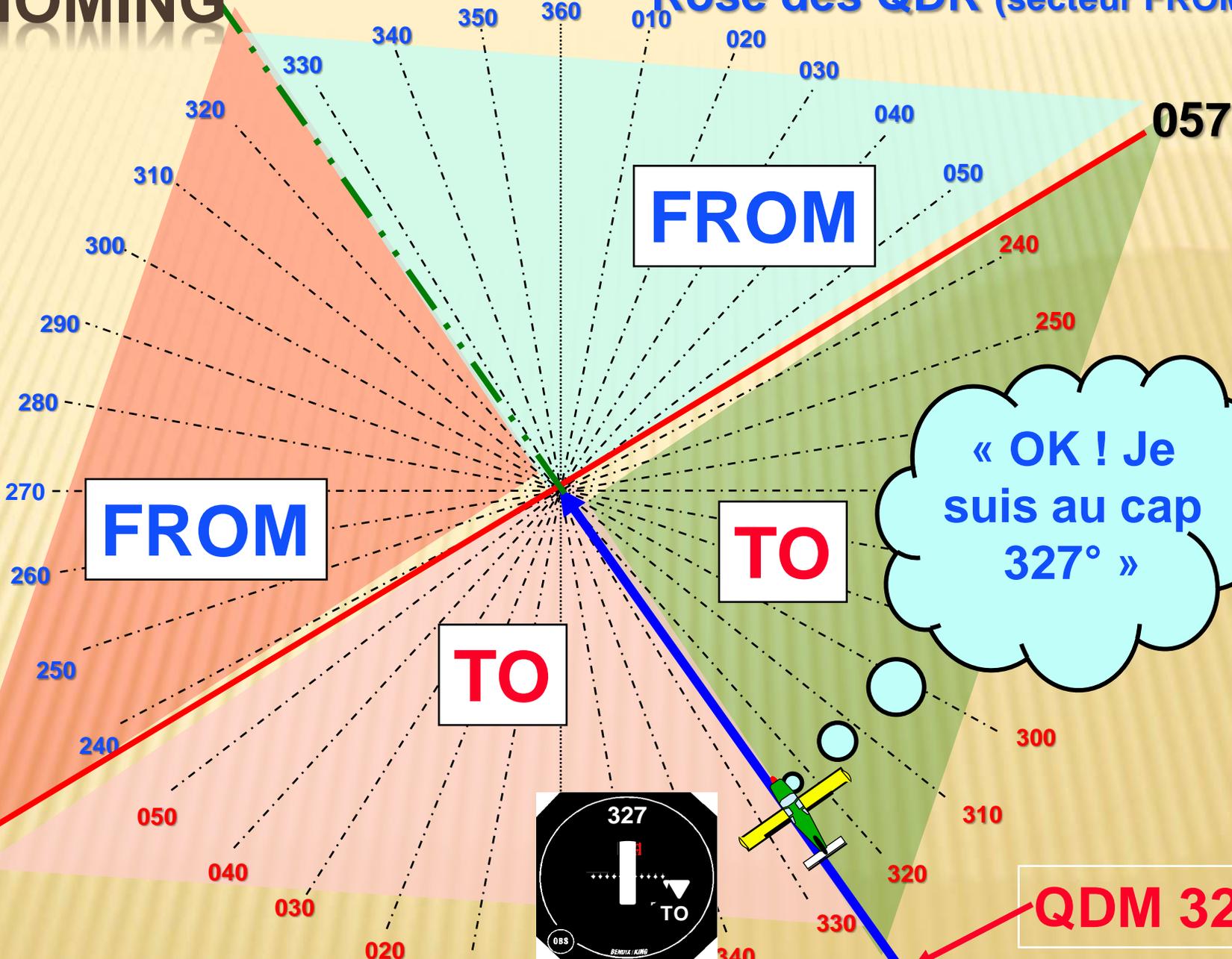
Rose des QDM (secteur TO)

EN HOMING

Rose des QDR (secteur FROM)

P
O
S
I
T
I
O
N
N
E
M
E
N
T

237



FROM

FROM

TO

TO

« OK ! Je suis au cap 327° »

QDM 327°



Rose des QDM (secteur TO)

UTILISATION DU VOR EN HOMING

« Je suis depuis 3 minutes au cap 327° et mon aiguille de déviation reste centrée... »



« ...je pense qu'il n'y a pas de vent * »

***Commentaire : soit pas de vent traversier, soit pas de vent du tout...**

UTILISATION DU VOR EN HOMING

AVEC DU VENT

« L'aiguille dévie
lentement vers la
droite,
Ici de 6° »



« ... il faut donc
que je vire vers la
droite, mon avion
dérive vers la
gauche »



EN HOMING

AVEC DU VENT

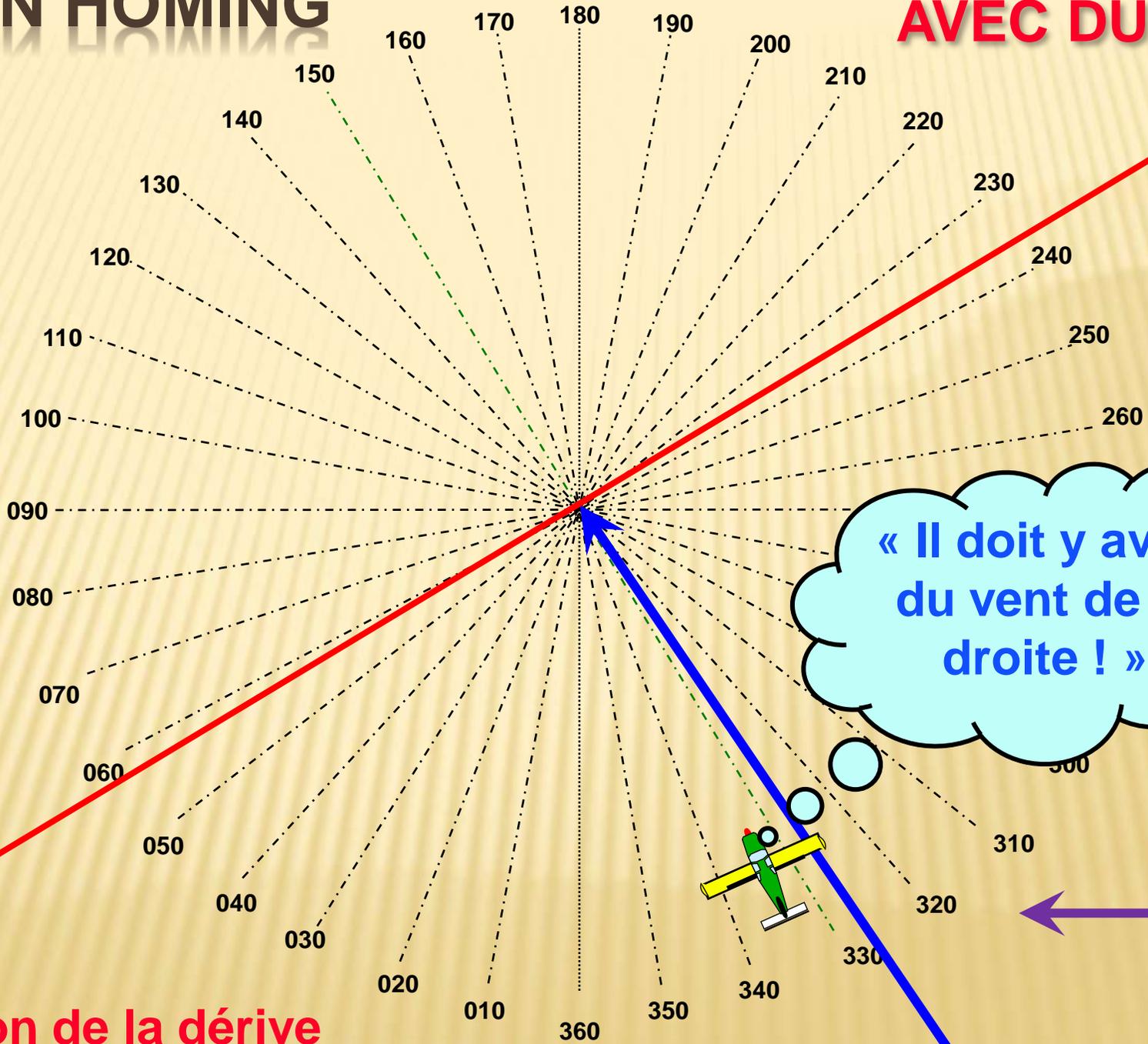
P
O
S
I
T
I
O
N
N
E
M
E
N
T

237

057

« Il doit y avoir
du vent de la
droite ! »

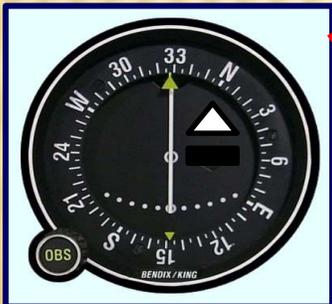
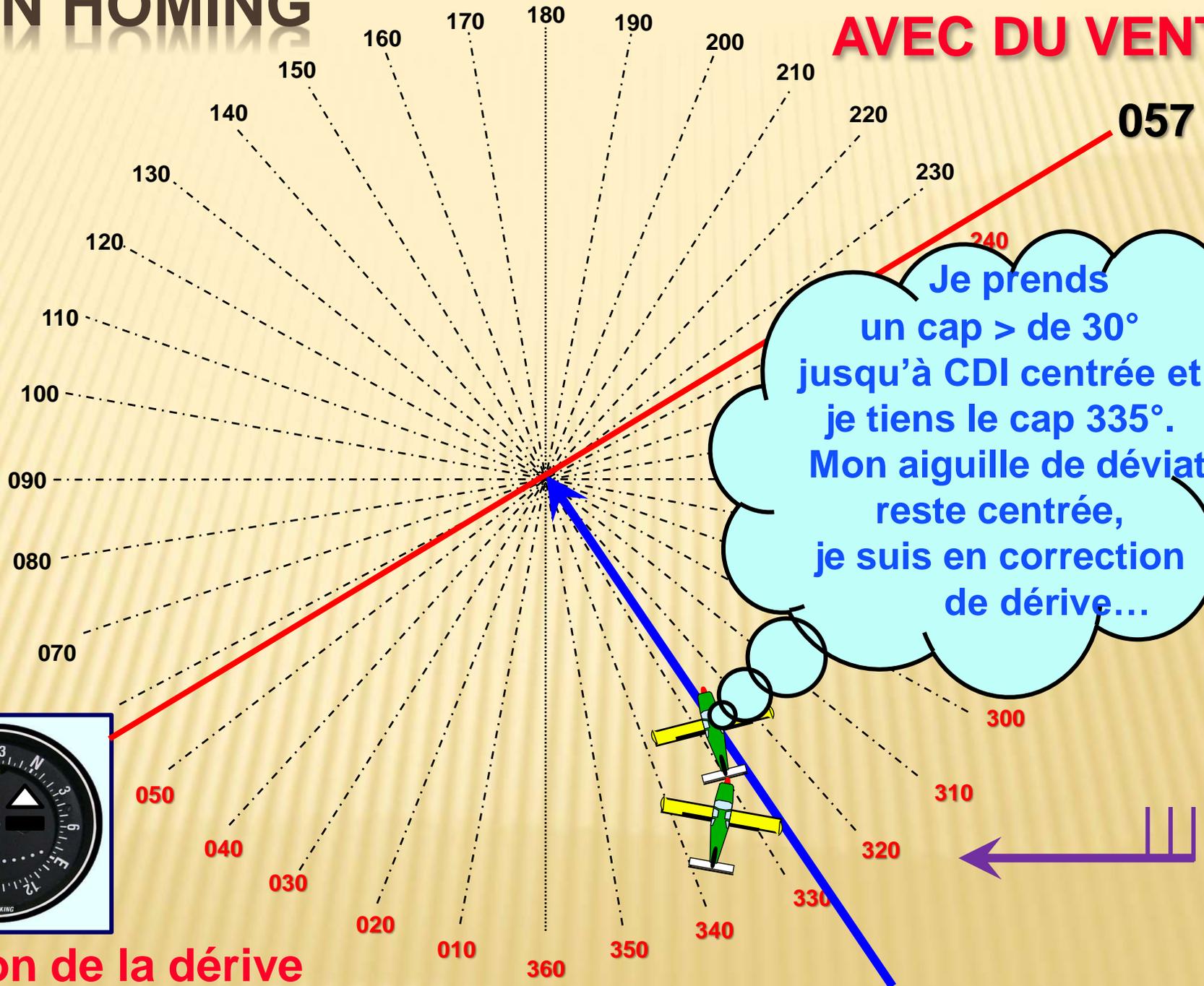
Correction de la dérive



EN HOMING

AVEC DU VENT

P
O
S
I
T
I
O
N
N
E
M
E
N
T

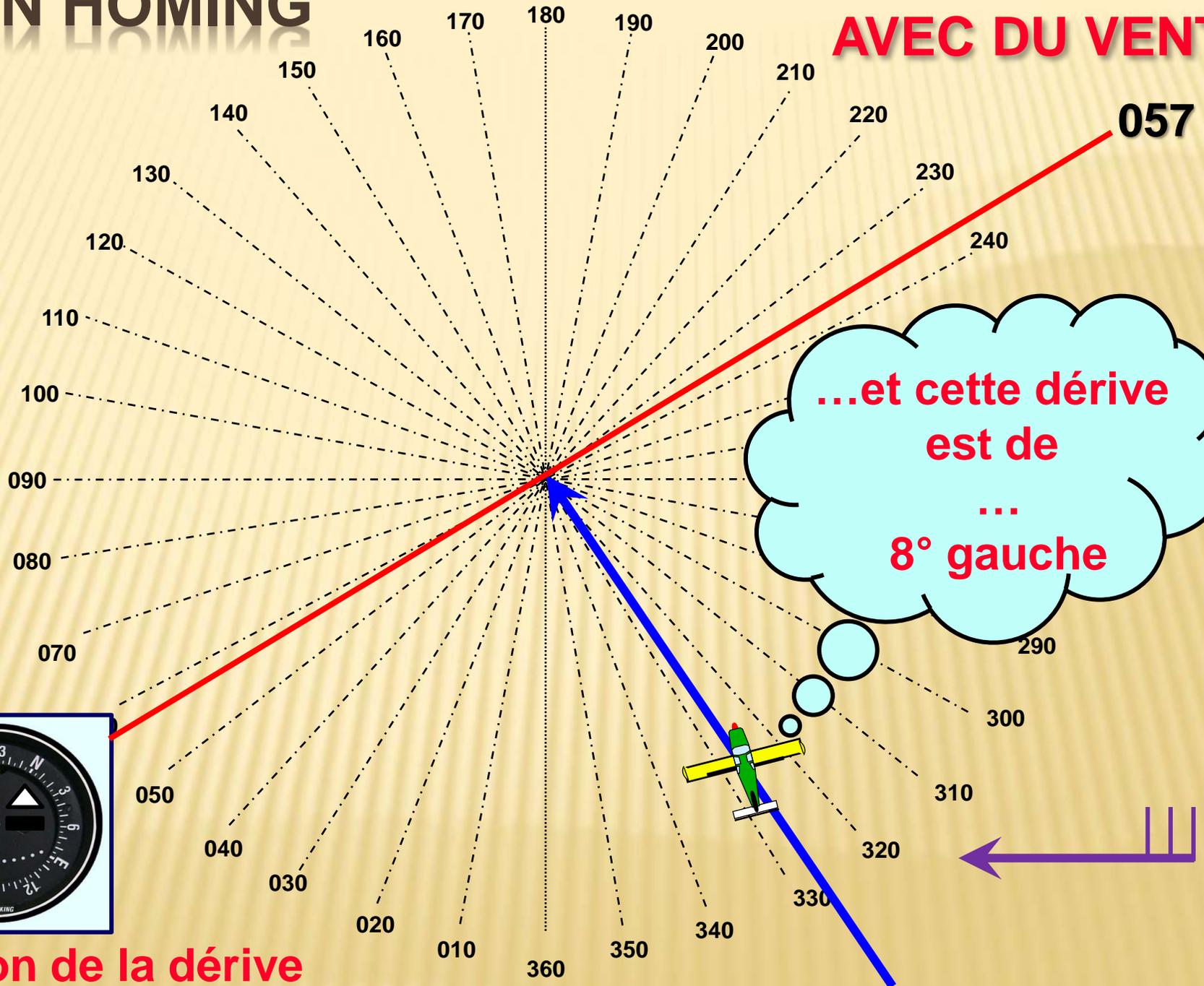


Correction de la dérive

EN HOMING

AVEC DU VENT

P
O
S
I
T
I
O
N
N
E
M
E
N
T



...et cette dérive est de
...
8° gauche



Correction de la dérive

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

Radial sélectionné 327

EN ÉLOIGNEMENT

« J'ai
l'indication
FM ... »



Mon CDI est centré,
je suis donc
sur le QDR 327°

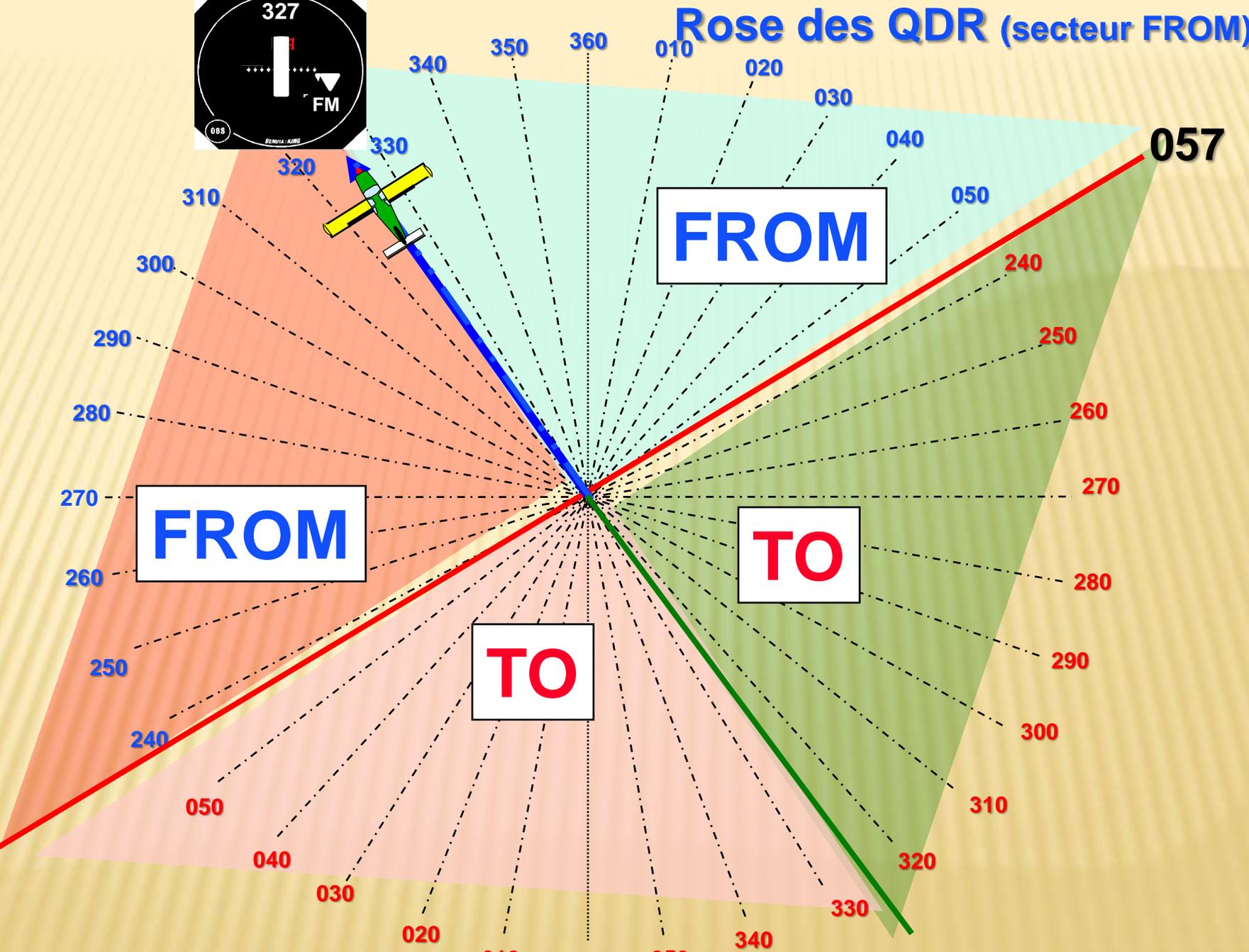
AXE 057 - 237
LIMITE DES SECTEURS
TO - FROM

Indicateur
FROM

P
O
S
I
T
I
O
N
N
E
M
E
N
T



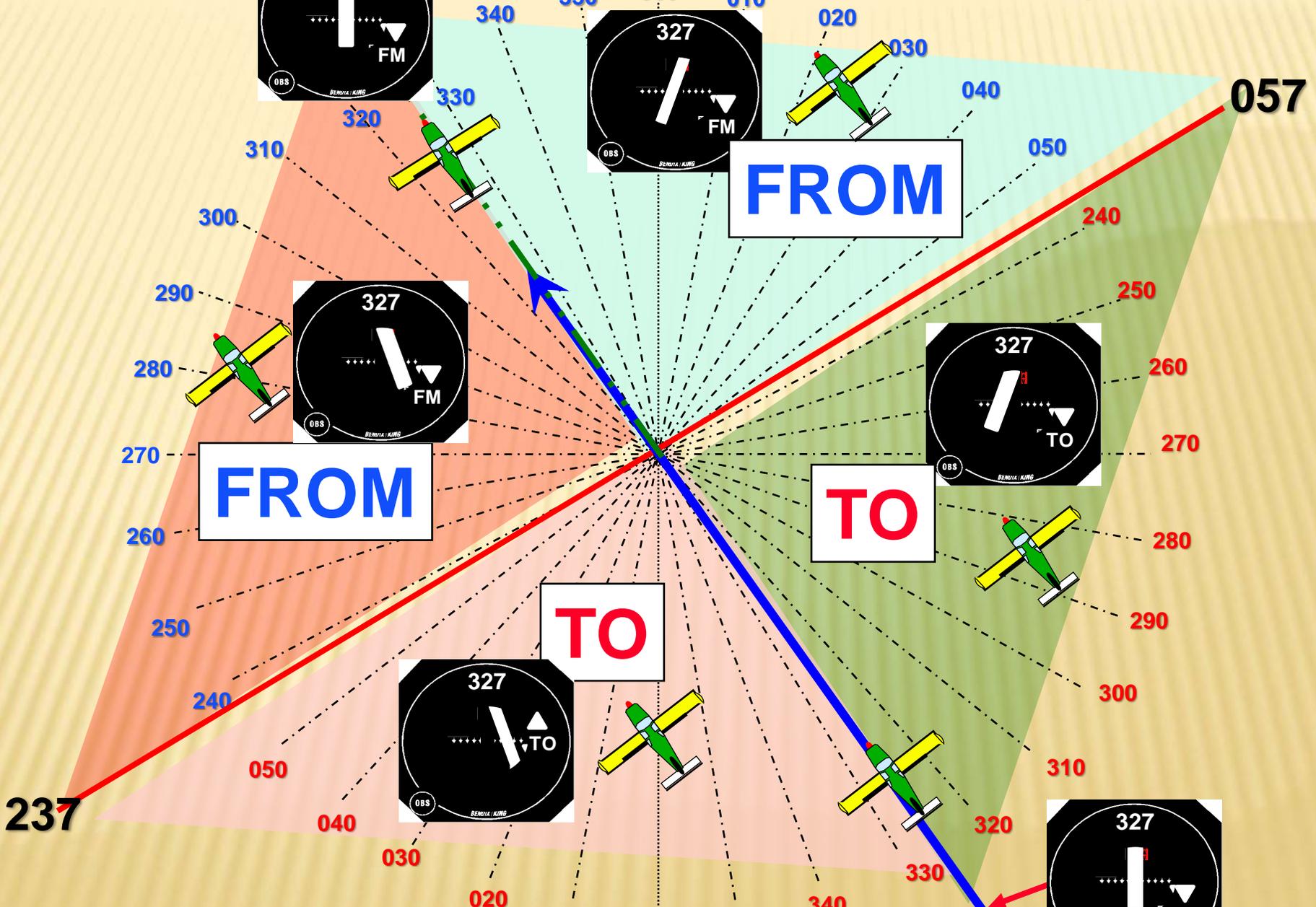
Rose des QDR (secteur FROM)



Rose des QDM (secteur TO)

RÉSUMÉ POSITIONNEMENT

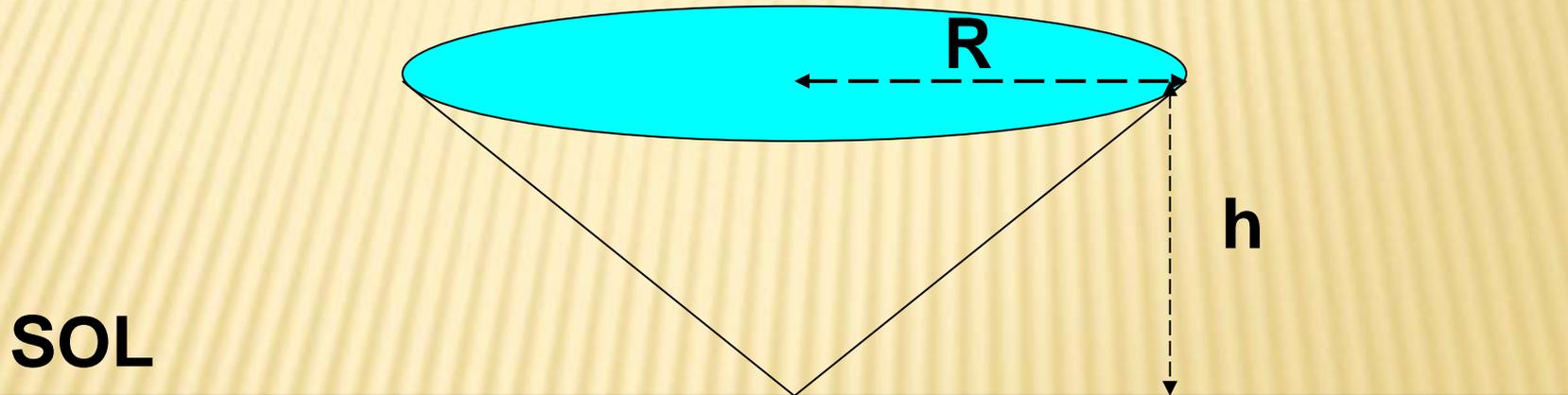
Rose des QDR (secteur FROM)



Rose des QDM (secteur TO)

UTILISATION DU VOR : PARTICULARITÉ

Le diagramme de diffusion de l'antenne sol crée un cône de silence au-dessus de sa verticale avec un angle d'environ 90° .



Si $h = 6000$ ft le cône de silence mesure 2 Nm.

A l'approche de la verticale, ne pas essayer de suivre l'aiguille, hyper sensibilité,
A proximité de la verticale VOR, l'indicateur « FLAG » aucune indication de CDI.

UTILISATION DU VOR EN FLANQUEMENT

Permet en vol de navigation

de matérialiser :



➤ **Une entrée de zone ;**

➤ **Une sortie de zone ;**

➤ **Identifier une « position sol » par lever de doute.**

UTILISATION DU VOR EN VOYAGE

Vol de Toussus à Alençon

RADIAL 360° DU VOR DE RAMBOUILLET (RBT : 114,7 Mhz)



Trajectoire après décollage

Après le décollage de Toussus, confirmation de la sortie de la CTR Paris 1 (classe A 2500/1500)

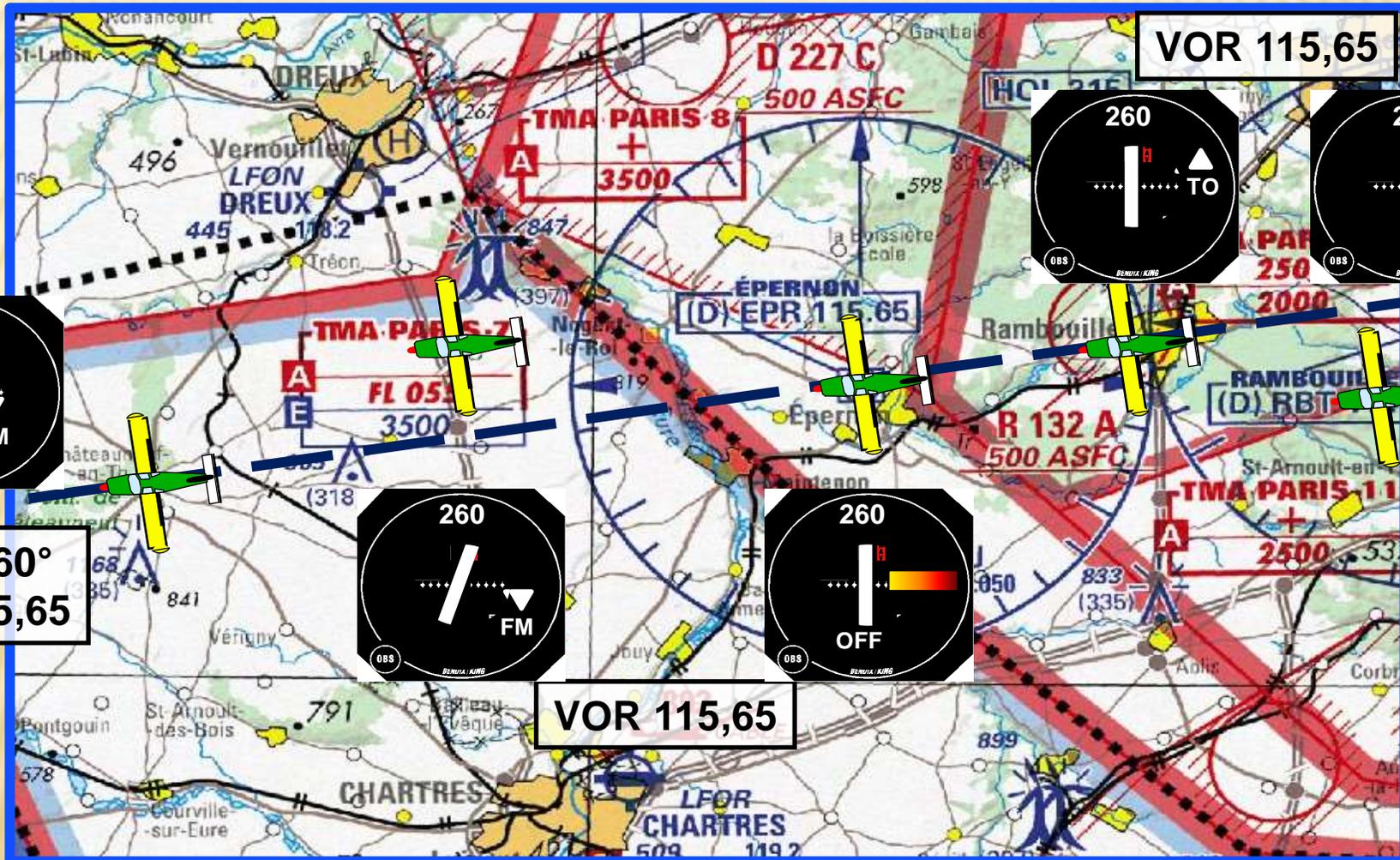
QDR 360°
VOR 114,7

EN FLANQUEMENT TRAVERSIER SI AIGUILLE DU CÔTÉ DE LA STATION, RADIAL N'EST PAS DÉPASSÉ

UTILISATION DU VOR EN VOYAGE

Vol de Toussus à Alençon

TRANSIT SUR VOR EPERNON

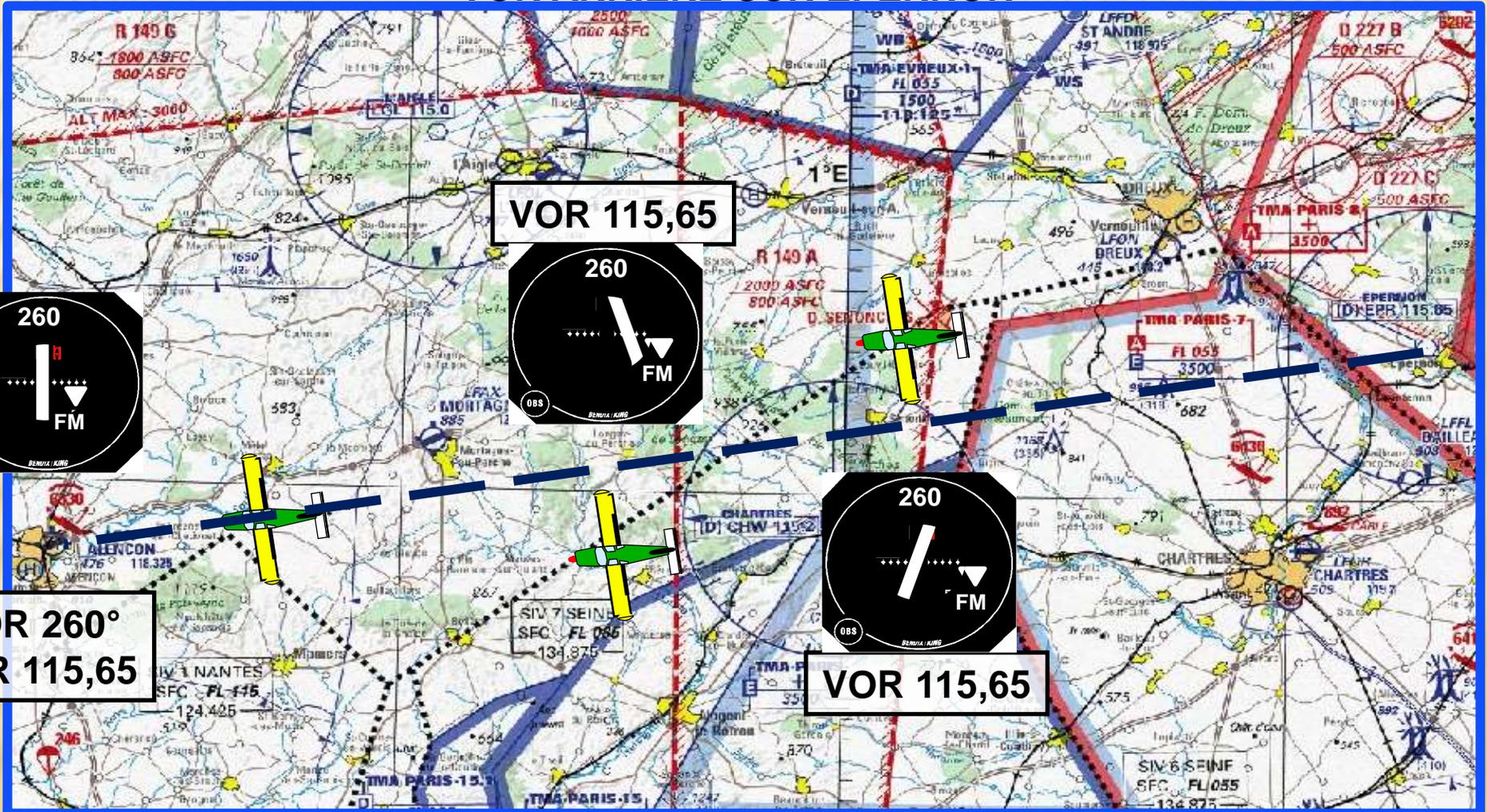


AIDE AU MAINTIEN DE LA ROUTE

UTILISATION DU VOR EN VOYAGE

Vol de Toussus à Alençon

VOR ARRIÈRE SUR EPERNON

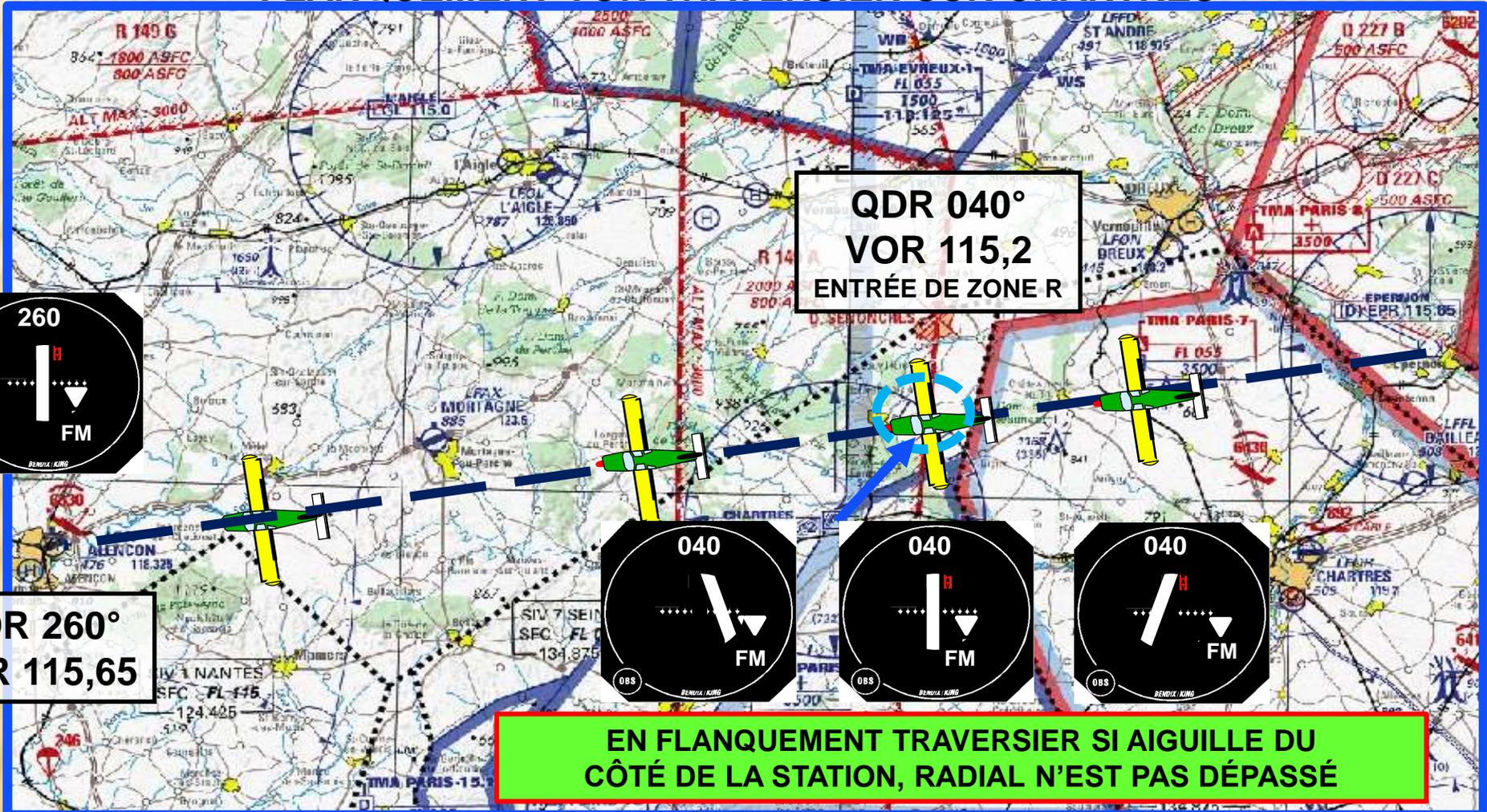


AIDE AU MAINTIEN DE LA ROUTE

UTILISATION DU VOR EN VOYAGE

Vol de Toussus à Alençon

FLANQUEMENT VOR TRAVERSIER SUR CHARTRES



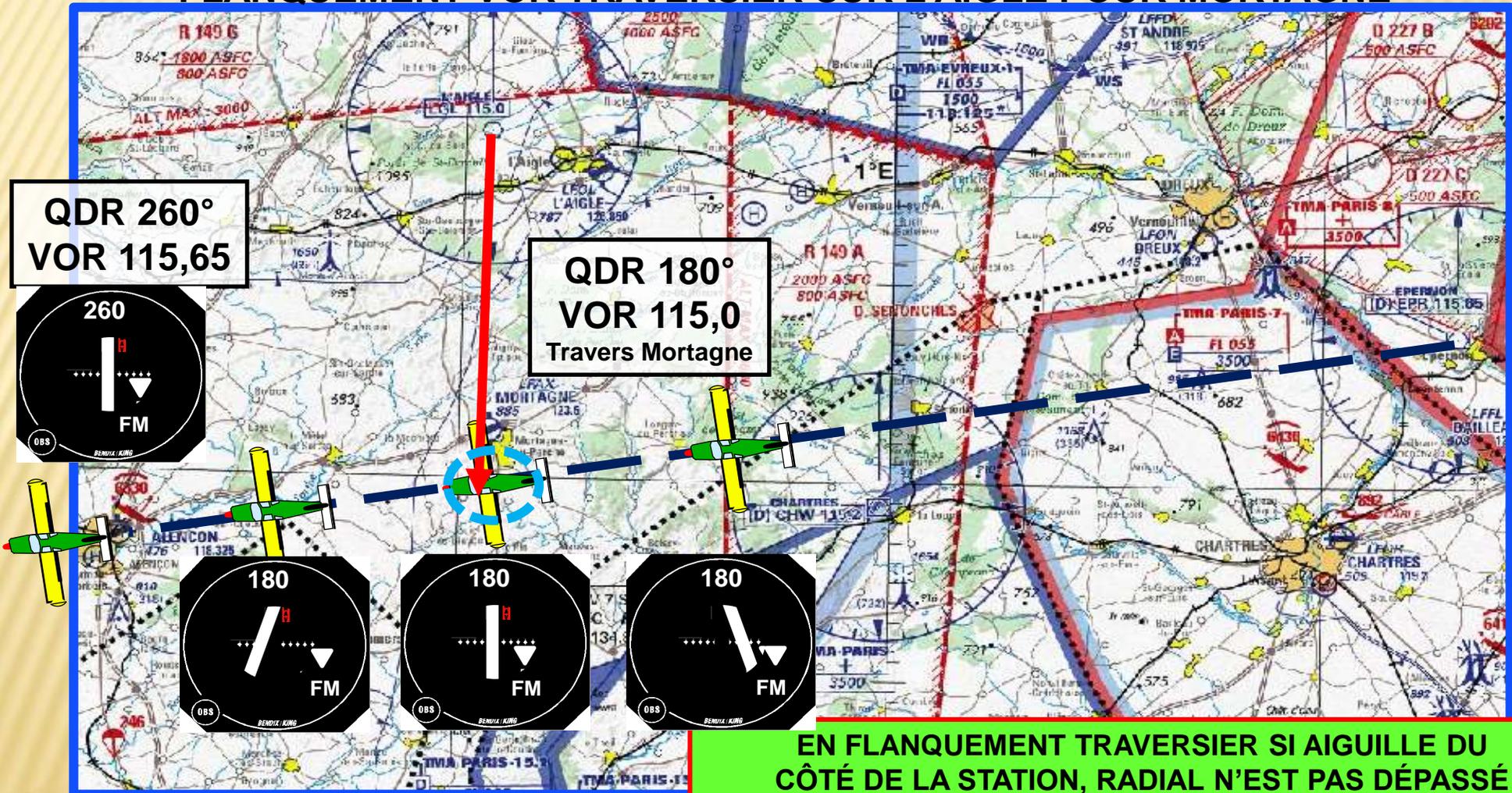
EN FLANQUEMENT TRAVERSIER SI AIGUILLE DU CÔTÉ DE LA STATION, RADIAL N'EST PAS DÉPASSÉ

AIDE AU MAINTIEN DE LA ROUTE ET A LA MATÉRIALISATION D'UNE ENTRÉE DE ZONE OU D'UN TRAVERS DE VILLE

UTILISATION DU VOR EN VOYAGE

Vol de Toussus à Alençon

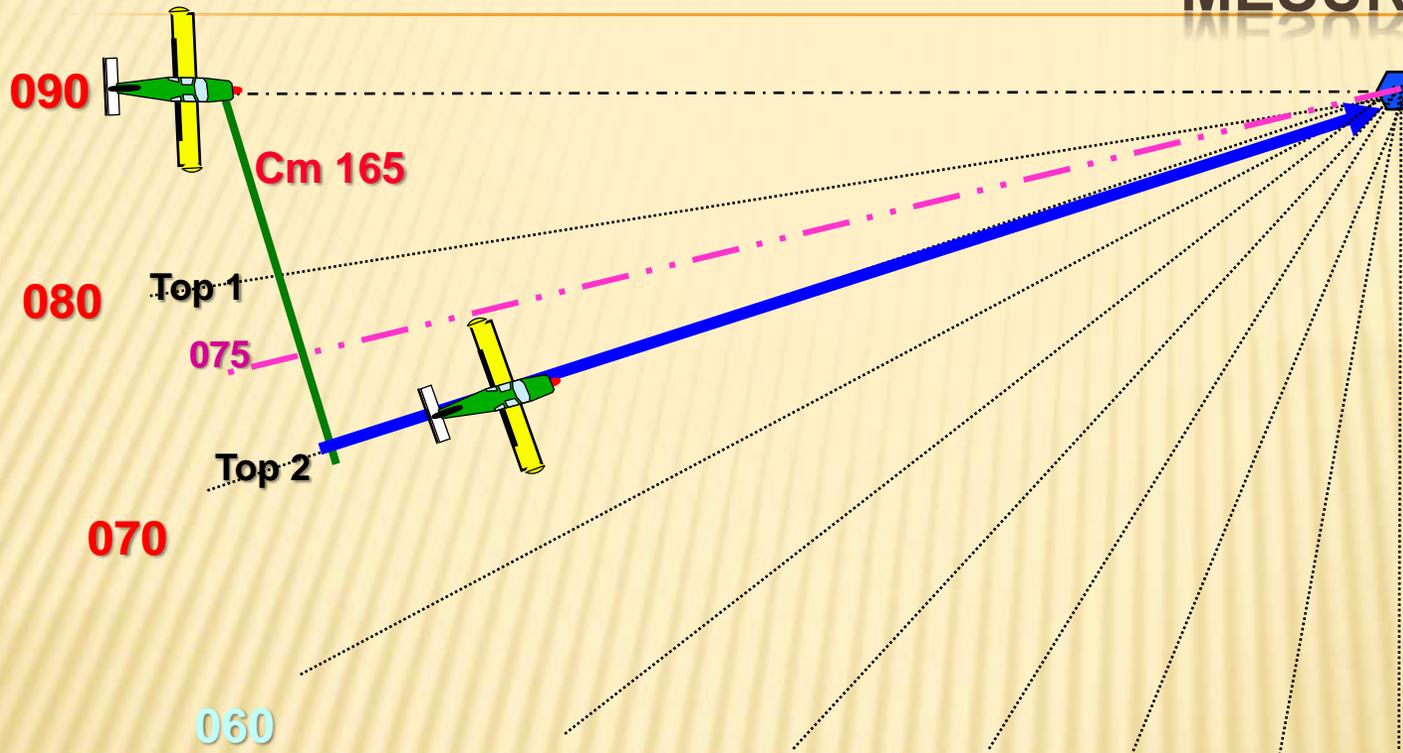
FLANQUEMENT VOR TRAVERSIER SUR L'AIGLE POUR MORTAGNE



**AIDE AU MAINTIEN DE LA ROUTE ET A LA MATÉRIALISATION
D'UNE ENTRÉE DE ZONE OU D'UN TRAVERS DE VILLE**

AUTRE UTILISATION DU VOR :

MESURE DE DISTANCE



Prendre
perpendiculaire
au radial moyen entre
080° et 070° = 075°
 $Cm = 075° + 90° = 165°$

Sélectionner le radial 080
prendre le Top 1
quand CDI au milieu

Sélectionner le radial 070
prendre le Top 2
quand CDI au milieu.

$$\frac{(\text{Top 2} - \text{Top 1}) \text{ en secondes}}{10} = T \text{ en mn (pour rejoindre la station)}$$

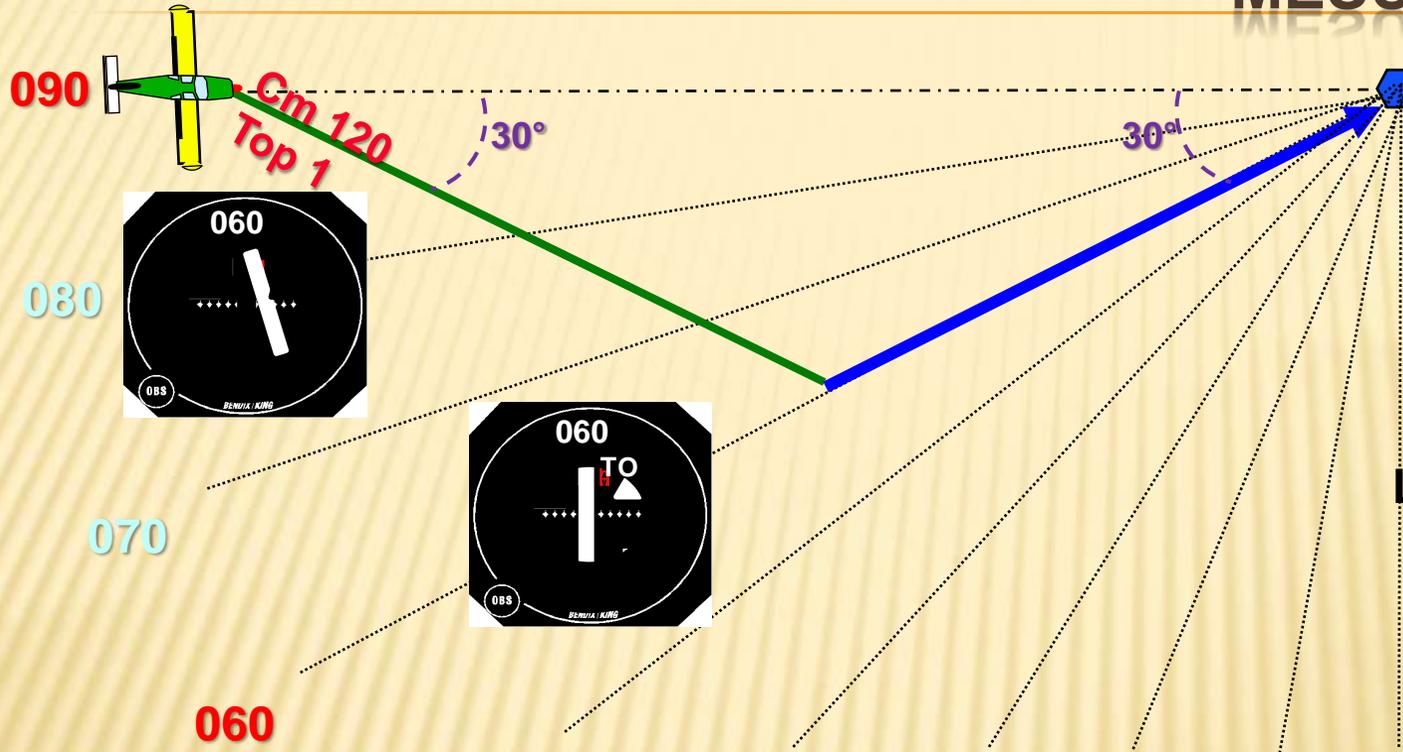
Ex : 200 secondes pour
Variation radial de 10°.
Temps pour station :
 $200 / 10 = 20 \text{ mn}$

$$D \text{ en Nm} = \frac{T \text{ en mn}}{Fb \text{ en mn par Nm}}$$

Ex : Si $Vp = 100 \text{ Kt}$,
 $Fb = 60 / 100 = 0,6$
Distance de la station :
 $20 / 0,6 = 33 \text{ Nm}$

AUTRE UTILISATION DU VOR :

MESURE DE TEMPS



Sélectionner un radial $< 30^\circ$
prendre un Cap $> 30^\circ$
Noter le Top 1

Quand CDI au milieu,
Noter le Top 2

LA DURÉE DE CE TRAJET
SERA CELUI QUE
L'AVION METTRA POUR
REJOINDRE LA STATION
(à l'effet de vent près)

(Top 2 – Top 1) en minutes = T en minutes (pour rejoindre la station)

Ex : Voyage au Cap 090,

➤ Cap au $90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$;

Noter Top 1 (14 h 40)

Radial VOR = $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$

➤ CDI VOR au centre (radial 60);

Noter Top 2 (15 h 00)

DURÉE DE CE VECTEUR

15 h 00 - 14 h 40 = 0 h 20

TEMPS POUR REJOINDRE

LA STATION

0 H 20

SI ÉVALUATION DE DISTANCE

Résolution par $D = T / F_b$

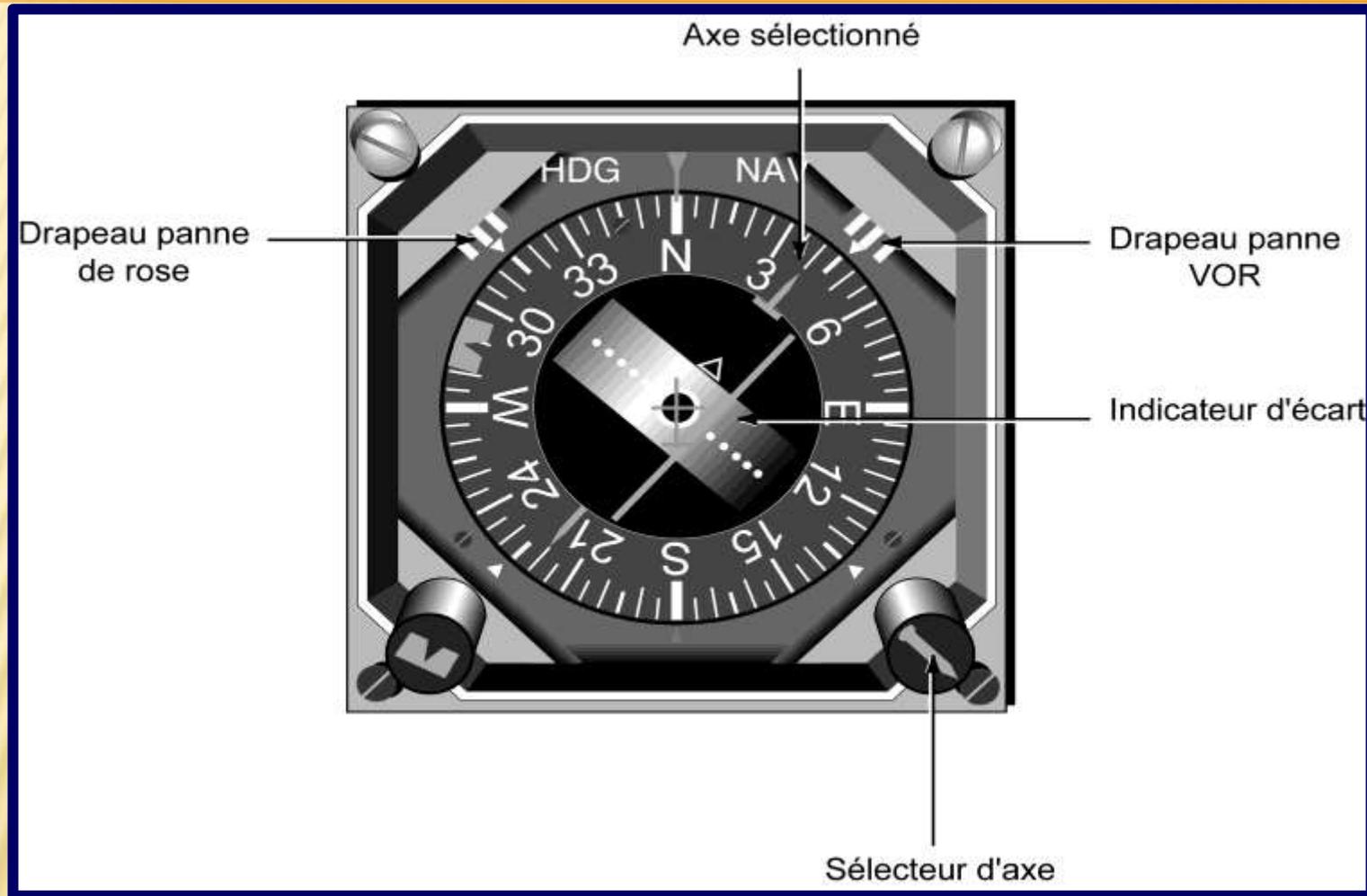
Si $V_p = 100 \text{ Kt}$, $F_b = 60 / 100 = 0,6$

Distance de la station :

$20 / 0,6 = 33 \text{ Nm}$

L'INDICATEUR HSI

HSI Type Becker



**Combinaison dans le même instrument des fonctions
« Conservateur de Cap » et « VOR »**



LE H.S.I.

HORIZONTAL SITUATION INDICATOR

Avec l'accroissement des aides à la navigation, les tableaux de bord des avions se sont vite surchargés d'indicateurs et d'instruments. De ce fait, la tendance est aujourd'hui de regrouper plusieurs outils en un seul.



A cette fin , le HSI remplace à la fois le conservateur de cap ou le directionnel et le VOR. Le HSI couple, bien souvent, en un seul cadran le conservateur de cap, le VOR/ILS et le DME.

Le fonctionnement du HSI :

Conservateur de cap fonctionne comme habituellement : il indique le cap suivi, rose des caps tourne avec l'avion.

VOR l'aiguille se transforme en une flèche verte dont le centre se décale vers la gauche ou la droite par rapport à la position de l'avion sur le radial choisi. La flèche indique le radial sélectionné.

Utilisation du HSI :

Totalement identique au VOR, que ce soit pour le suivi d'un radial, un flanquement ou l'interception d'un radial VOR



LE H.S.I.

HORIZONTAL SITUATION INDICATOR



Indicateur
du cap suivi

Couronne
des caps

Tête de l'aiguille de suivi de route

Bouton reset

Drapeau du mode CAP

Drapeau du mode NAV

Drapeau du mode Glide

Indicateur TO/FROM

Position neutre de l'échelle du Glide

Symbole de l'avion

Barre de déviation latérale

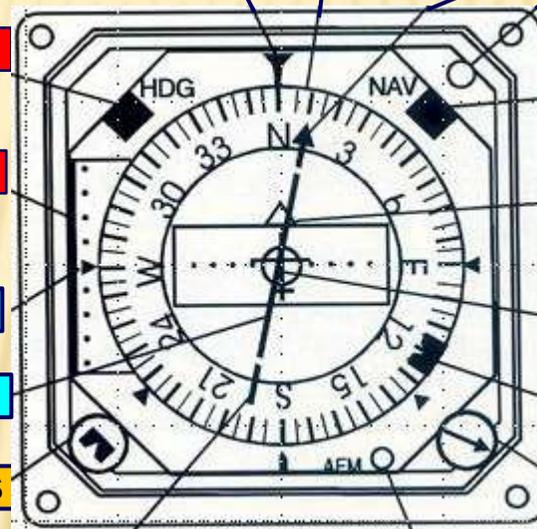
Pinnule des caps

Bouton de réglage pinnule des caps

Bouton de réglage indicateur de route

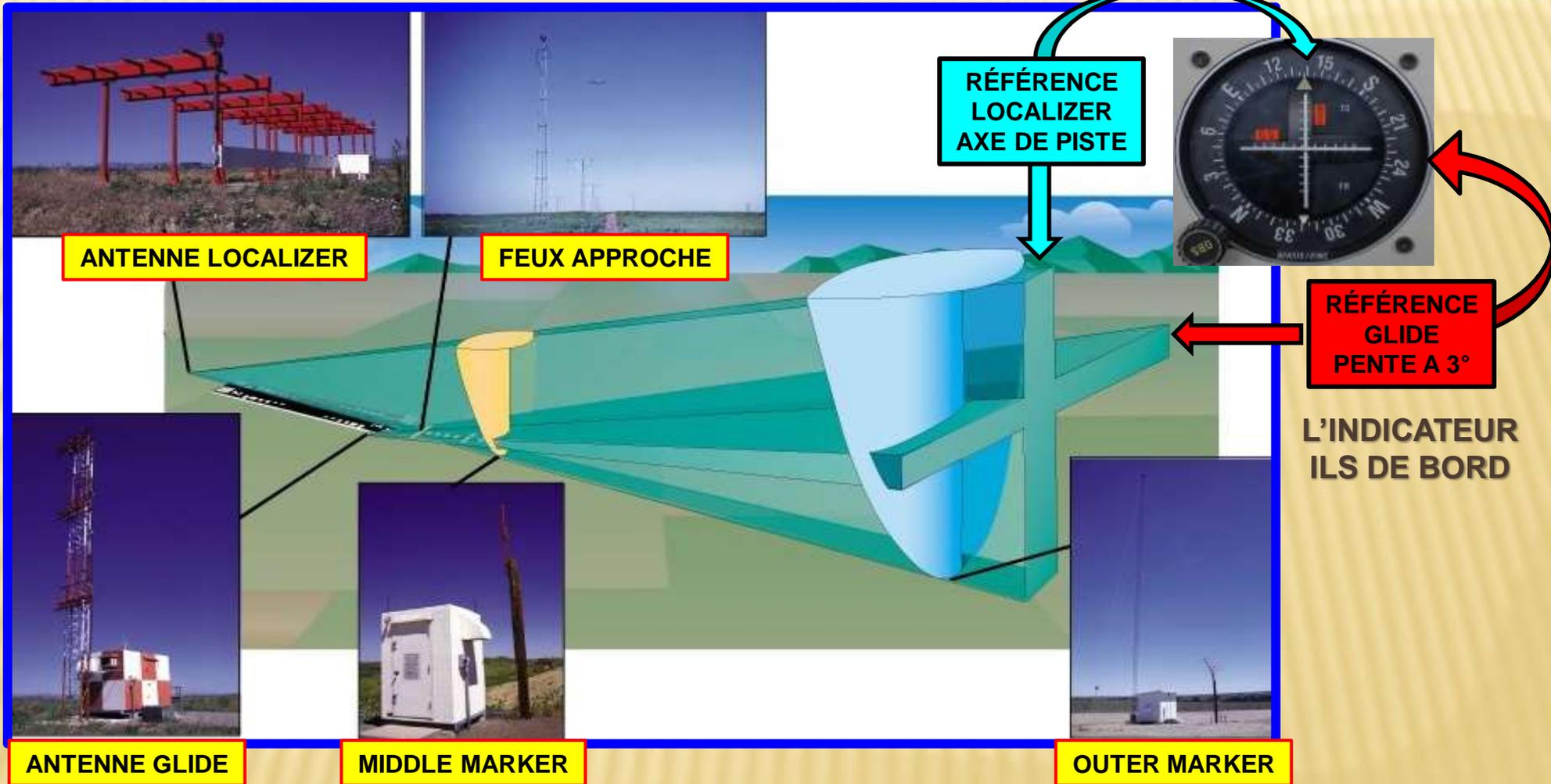
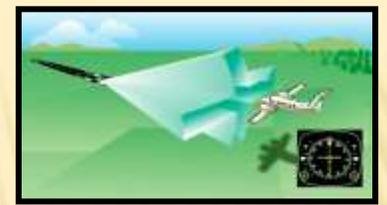
Queue de l'aiguille de suivi de route

Voyant AEM



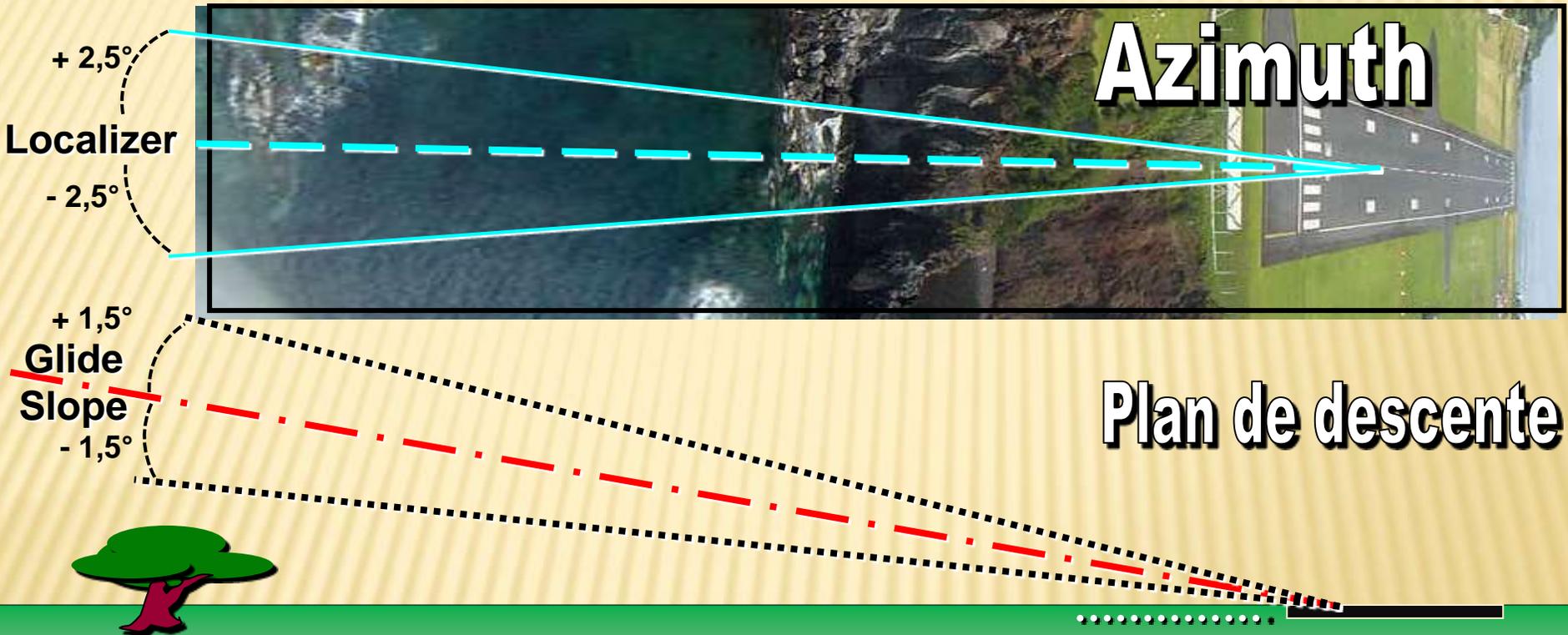
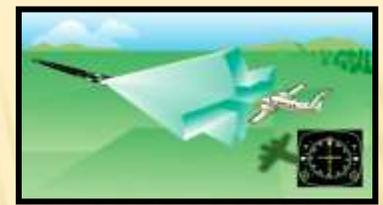
Le HSI est un conservateur de cap avec VOR

L'INDICATEUR VOR avec ILS



L'ÉQUIPEMENT SOL

L'INDICATEUR VOR avec ILS

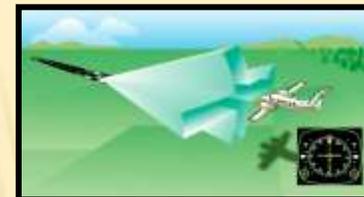


UN AXE, UN PLAN DE RÉFÉRENCE

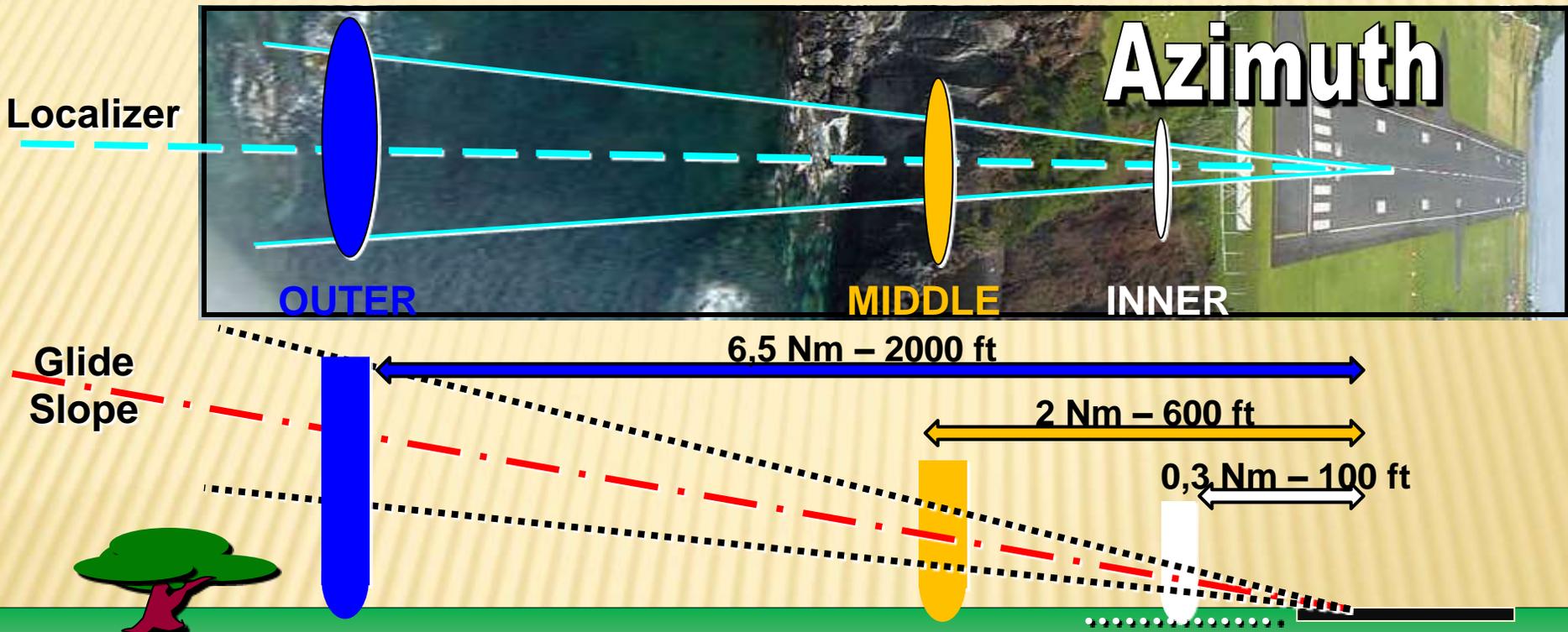
Particularités : Lorsque le récepteur VOR affiche une fréquence ILS, le radial de référence n'est plus réglable, il est automatiquement réglé sur l'axe de piste. De plus, la sensibilité de l'indicateur VOR est multipliée par 4 (+ 2,5° à - 2,5°)

Naturellement, avec un simple indicateur VOR, pas d'information du plan de descente mais information très précise sur l'azimut.

L'INDICATEUR VOR avec ILS

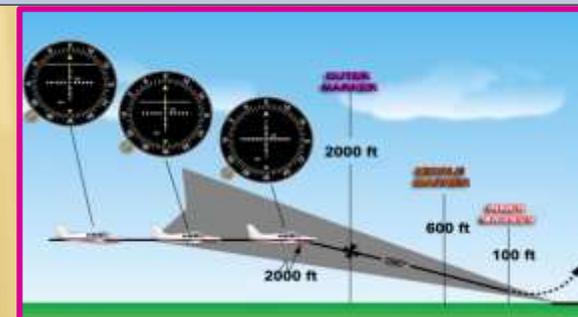


L'INDICATEUR VOR avec ILS



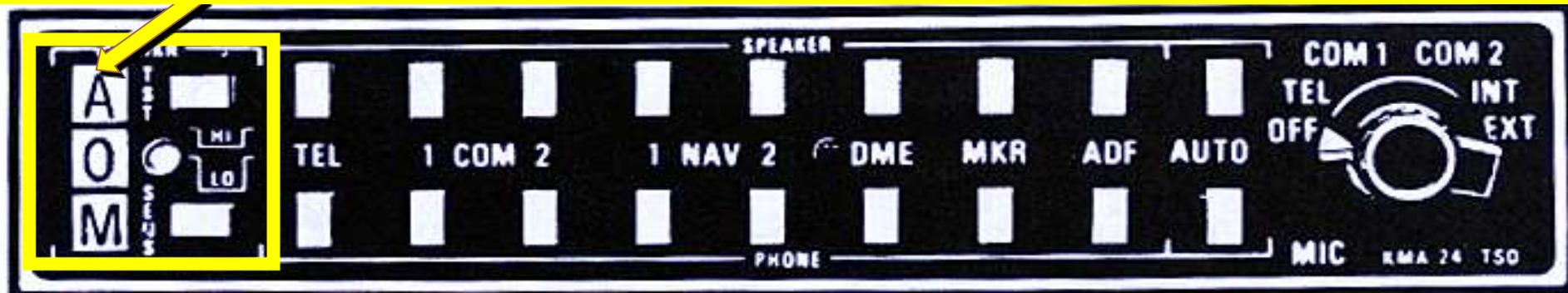
Implantation et couleurs des Markers

Afin d'attirer l'attention des pilotes et de favoriser le contrôle des trajectoires avant atterrissage, des radiobalises à émission verticale signalent la position par rapport à une distance et à une altitude.



LES MARKERS ASSOCIÉS AU VOR - ILS

INDICATEURS VISUELS CLIGNOTANTS AU RYTHME DES INFORMATIONS SONORES



TYPES DE MARKER	COULEUR VOYANTS	INDICATION SUR VOYANTS	RYTHME MARKER
OUTER	BLEU	O	— — —
MIDDLE	AMBRE	M	● — ● —
INNER	BLANCHE	A	● ● ● ●

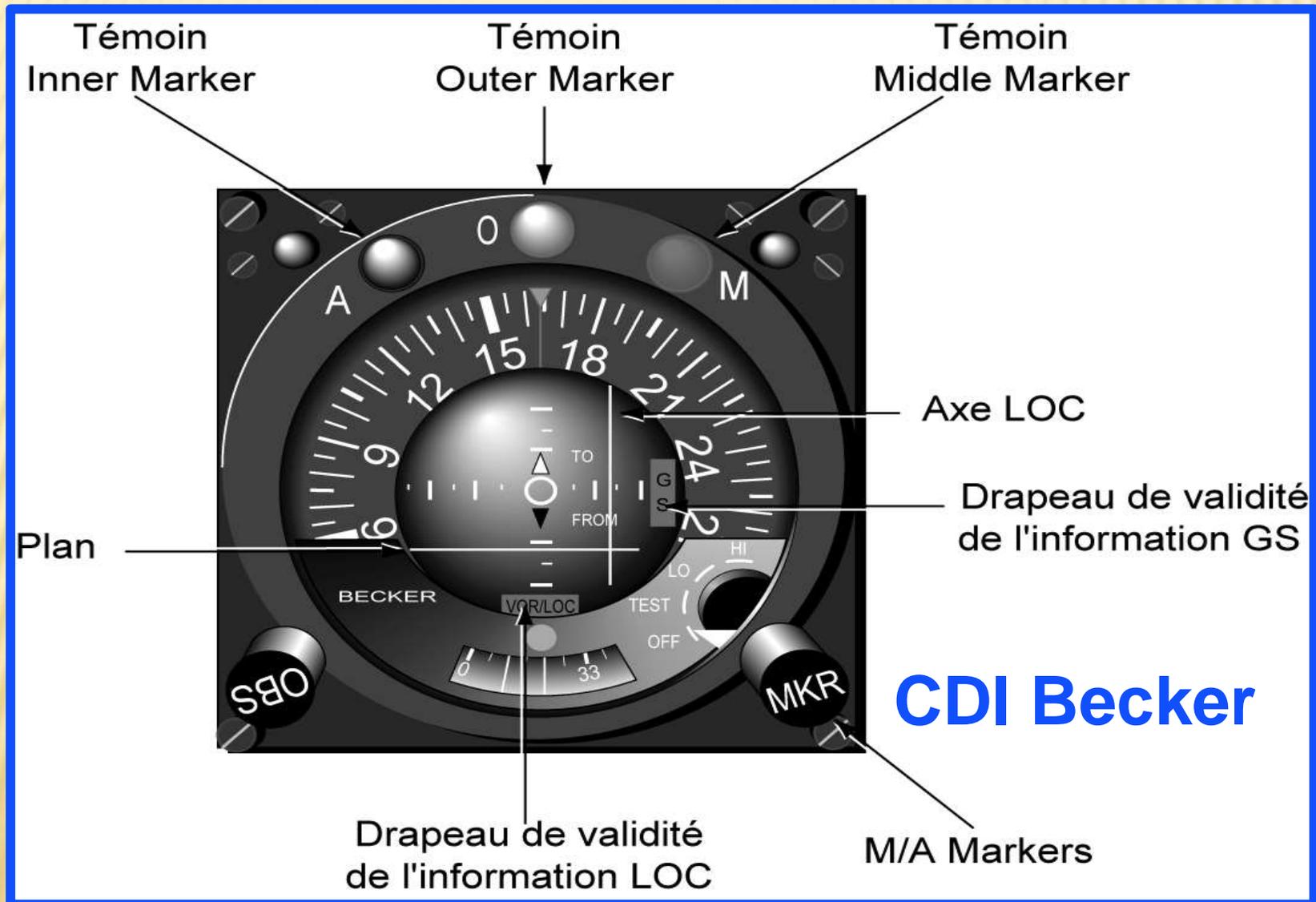
TROIS COMMANDES

TEST DE L'ALLUMAGE DES INDICATEURS LUMINEUX

CHOIX DE L'ALLUMAGE DES INDICATEURS LUMINEUX EN BASSE OU HAUTE INTENSITÉ

POSSIBILITÉ D'EXTINCTION DES INDICATEURS SONORES MAIS FONCTION IMPOSSIBLE POUR LES LAMPES

L'INDICATEUR VOR avec ILS



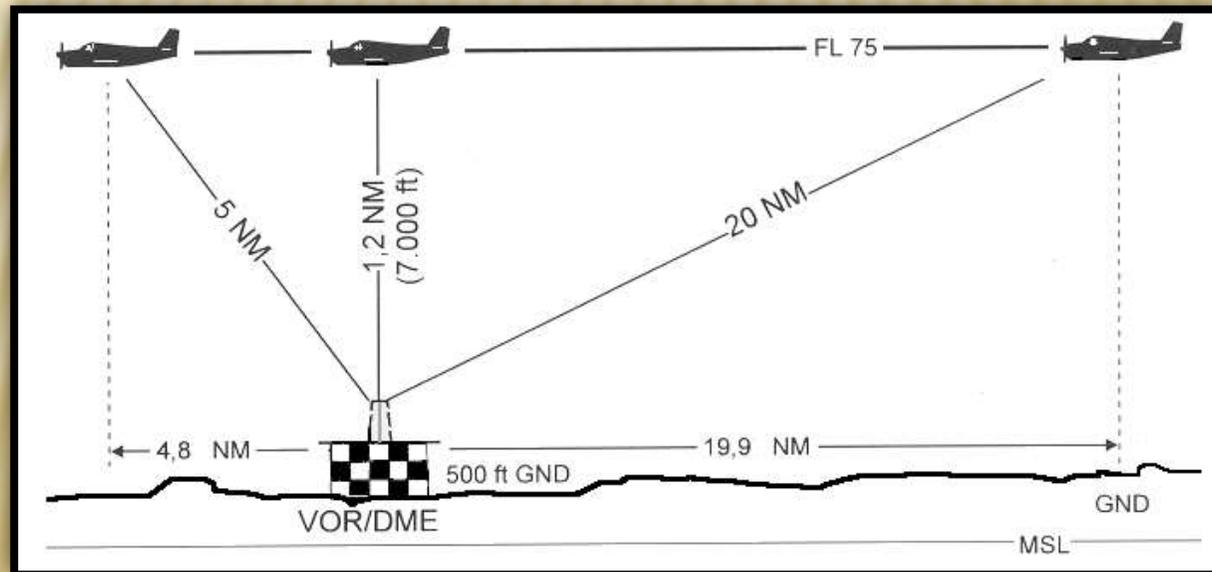
LE DME (Distance Measuring Equipment)

- ❑ Mesure la distance oblique entre l'avion et une station souvent co-implantée avec un VOR, un TACAN, un ILS, ou un MLS.
- ❑ Signal gamme UHF sur **fréquence de 960 à 1215 MHz**, fonctionne en impulsions, cette bande de fréquence est divisée en 126 canaux à l'émission et à la réception.
- ❑ L'indicatif Morse de la station DME est transmis toutes les 30s sur la **fréquence 1350 Hz**. La puissance d'émission par la station terrestre est généralement aux environs d'1 kW, mais cela peut être inférieur dans les cas du DME de l'ILS.
- ❑ Mesure de la distance par **mesure du temps** entre interrogation et réponse.
- ❑ **Portée Optique**, sans toutefois dépasser les 200 Nm.



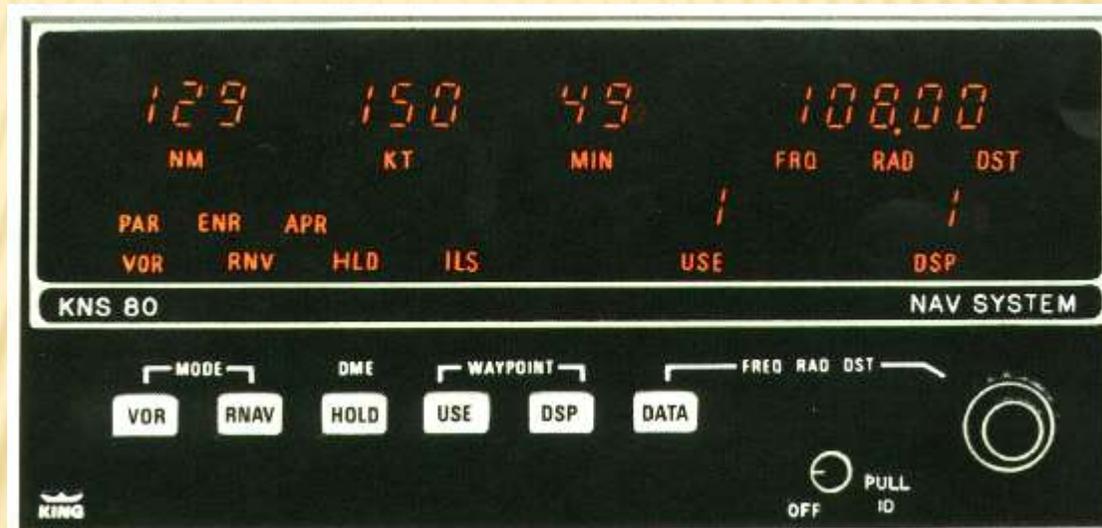
LE DME (Distance Measuring Equipment)

- ❑ Les indications de vitesse sol et de temps pour rejoindre la station ne sont valables que si l'avion se dirige vers le DME ou s'en éloigne.
- ❑ Si l'avion passe à travers le DME, la distance à l'émetteur ne varie pratiquement pas et la vitesse déterminée par le calculateur du récepteur DME sera voisine de zéro et le temps pour rejoindre la station infini.
- ❑ La distance mesurée étant une distance oblique, au passage à la verticale de la balise, le DME indiquera la hauteur de l'avion.



LE DME (Distance Measuring Equipment)

- ❑ Généralement, le DME ne nécessite **pas d'action particulière** pour sa mise en fonctionnement, soit l'affichage de la fréquence sur le récepteur VOR (Fonction Remote sur Nav 1 par exemple) lui suffit, soit celle-ci doit être sélectionnée à partir d'un boîtier annexe.
- ❑ Le DME fonctionne en UHF mais le **pilote affiche la fréquence VHF du VOR**.
- ❑ La distance obtenue sera en NM par rapport à la station et grâce à un calculateur incorporé, il fournit également **la vitesse sol** (en kt) et le **temps pour rejoindre la station**.



Limites d'utilisation :

- ❑ La **précision du DME est de l'ordre de 0,2 NM + 1,25 % de la distance**. Il ne peut répondre qu'à un **nombre limité d'avion en simultané** (entre 100 et 200), si ce nombre est dépassé, le transpondeur sol va limiter sa sensibilité et les signaux les plus faibles seront ignorés afin de privilégier les signaux les plus forts.

A.D.F

AUTOMATIC DIRECTION FINDER



GÉNÉRALITÉS

L' ADF ou radiocompas est un moyen de radionavigation. Il désigne un récepteur de bord. Les balises émettrices au sol sont de deux types :

- Locator (Lctr) :** aide à l'atterrissage, de portée réduite (10 à 25 NM). Il est implanté à proximité de certains aérodromes, dans l'axe de piste et son indicatif comporte généralement deux lettres.

Exemple à Rennes ==> RS

- NDB (Non directionnal Beacon) :** implanté le plus souvent en campagne, aux points clés des régions de contrôle. Son indicatif comporte généralement trois lettres. Sa portée est plus grande que celle du locator (150 Nm).

Locator et NDB fonctionnent dans la plage moyenne fréquence MF, de 200 à 1750 kHz.

On reçoit donc les stations de radios émettant en Grandes Ondes (RMC 216, RTL 234 ...)

A.D.F



- **Ondes : 200 à 2000 kHz (au niveau mondial)**
En Europe : 255 à 415 kHz et 510 à 525 kHz.
- **Précision : entre 5 et 10° (plus ou moins 5°).**
- **Portée : fonction de la puissance de l'émetteur :**
 - **Locator** : 10 à 25 watts, portée 10 à 25 Nm.
 - **NDB** : 50 watts à 5 kW, portée environ 150 Nm. (200 Nm).
- **Avantages :** infrastructure simple, bonne réception à basse altitude ou région accidentée, information permanente.
- **Inconvénients :** perturbations atmosphériques (orages), effets de côtes, de nuit (couches ionisées de la haute atmosphère), imprécisions en virage et lors du passage de l'indicatif morse.

A.D.F

COMPOSITION DE L'ÉQUIPEMENT DE BORD

TROIS ÉLÉMENTS

- **L'ANTENNE « LEVER DE DOUTE »**
Située sous le fuselage, elle peut intégrer un dispositif permettant de déterminer la position de la balise et sa direction.

Si non équipé de ce système, un fil de cuivre est tendu (axe avion) pour délimiter le sens de la réception (lever de doute).

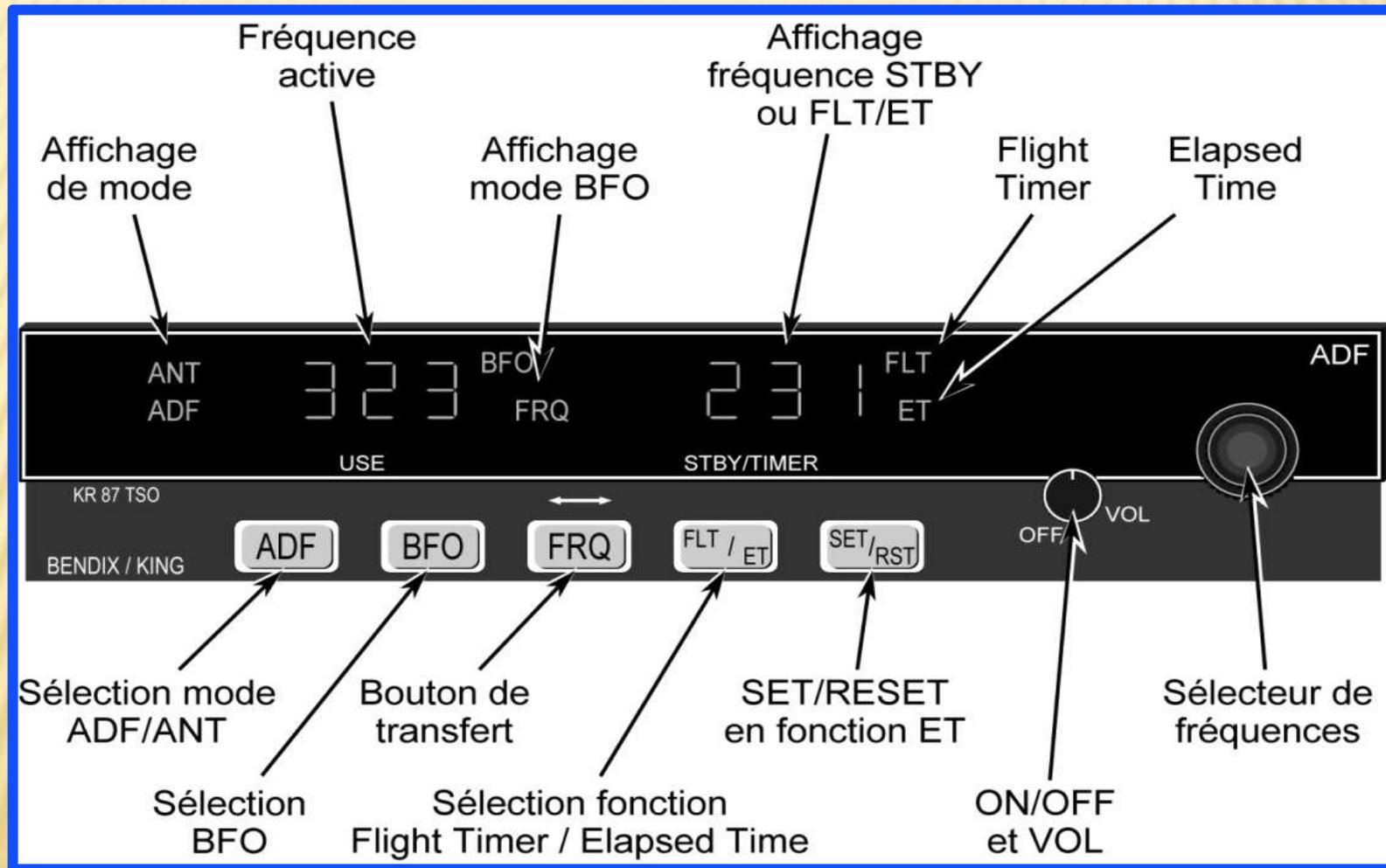


- **LE RÉCEPTEUR**



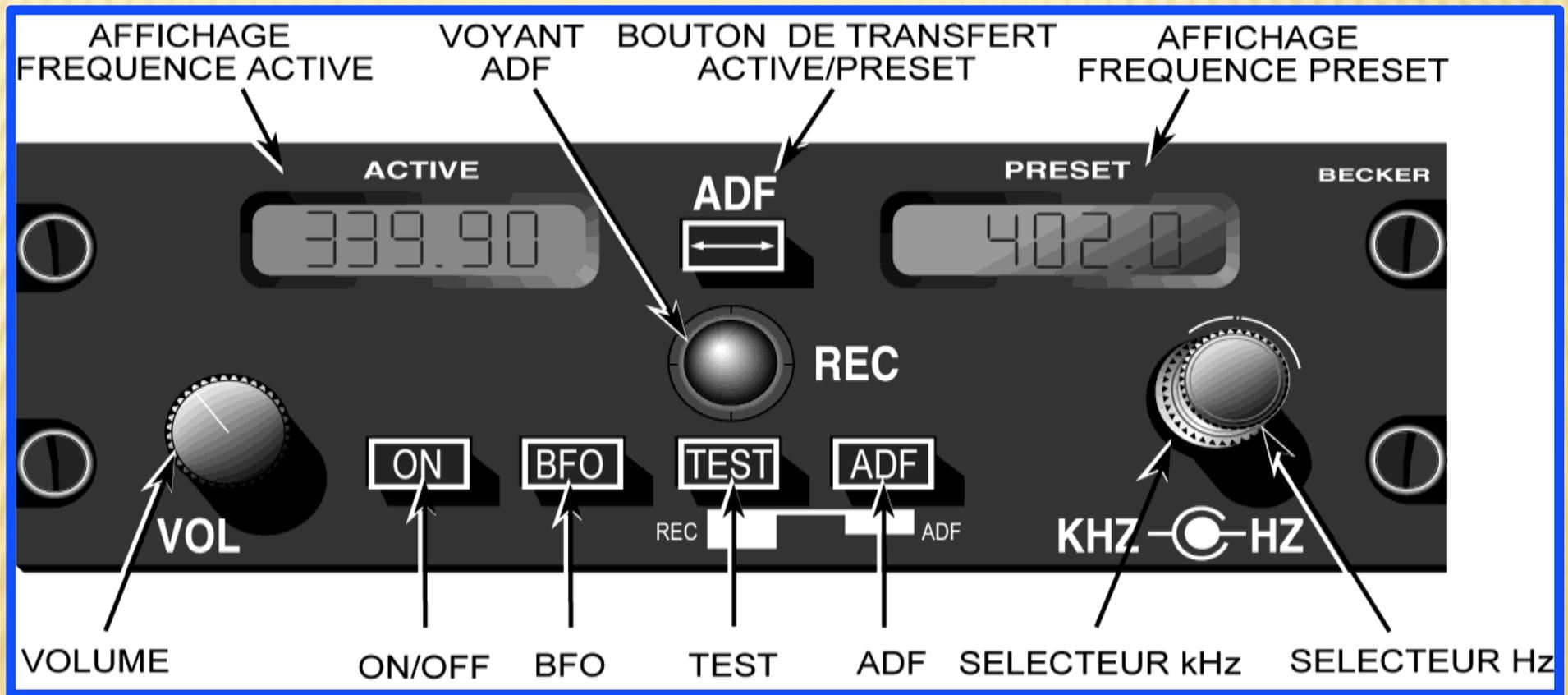
- **L'INDICATEUR**
Une simple aiguille s'oriente vers la station comme attirée par un aimant. Elle mesure un gisement (angle entre l'axe longitudinal de l'avion et la balise).

LES DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS



BENDIX / KING KR 87 TSO

LES DIFFÉRENTS RÉCEPTEURS



AUTRE RÉCEPTEUR : BECKER

A.D.F



UTILISATION :

Le radiocompas peut être considéré comme un goniomètre de bord : il donne la direction de la station émettrice par rapport à l'axe longitudinal de l'avion.

L'angle entre cette direction et l'axe de l'avion est un GISEMENT.

Pour transformer cette information de gisement en relèvement QDM, ajouter le cap magnétique :

$$\text{QDM} = \text{Cm} + \text{Gisement}$$

COMPOSITION DE L'ÉQUIPEMENT DE BORD

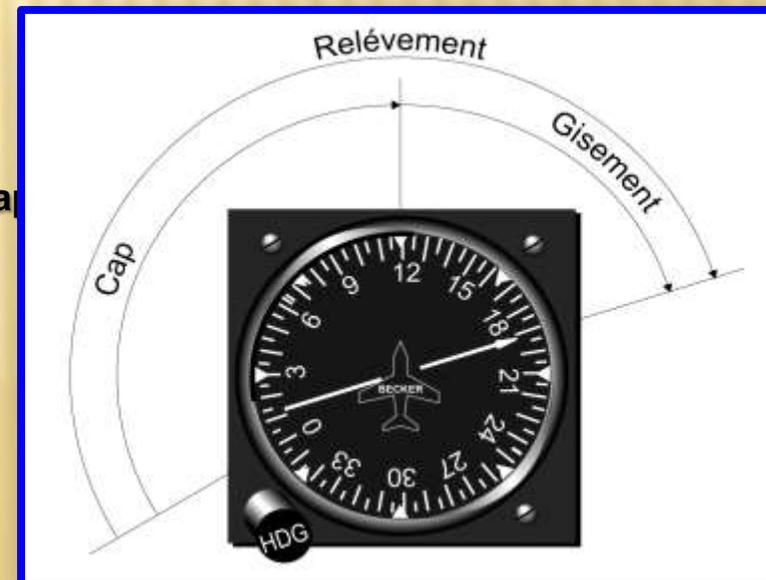
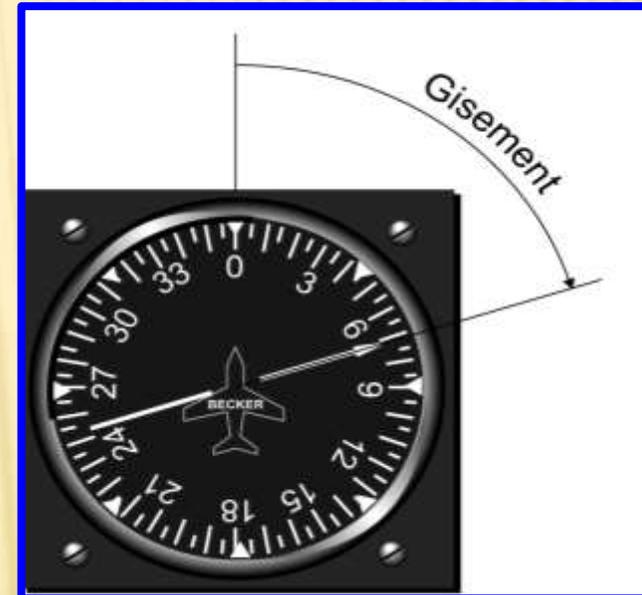
L'INDICATEUR

Il indique un gisement (angle formé par le cap magnétique et la direction magnétique de la balise)

La représentation du cap est donnée par la maquette de l'avion.

Deux interprétations sont disponibles :

- soit prendre comme référence
 - 0 comme axe longitudinal de l'avion, dans ce cas : $QDM = Cap + Gisement$. si Cap
- soit prendre comme référence :
 - Le cap magnétique suivi par l'avion, dans ce cas la direction à suivre pour rejoindre la station est directement fournie par l'aiguille.



AUTRE INSTRUMENT UTILISANT LES FONCTIONS DU RADIOCOMPAS

LE RMI

Un conservateur de cap associé à un indicateur de gisement VOR/ADF





LE R.M.I.

RADIO MAGNÉTIQUE INDICATOR



Le R.M.I. (Radio Magnetic Indicator) est un **indicateur radiocompas de relèvement.**

Le RMI indicateur radiomagnétique de relèvement, est en quelque sorte un conservateur de cap (ou asservie à une centrale des caps) associé dans le même instrument à deux ADF ou à un ADF et un VOR dont les aiguilles indiquent simultanément deux relèvements.

Ainsi, à un RMI peut être associé une aiguille ADF ou une aiguille VOR.

L'information directement lue sur le RMI est un relèvement QDM.

De plus, il ne nécessite aucun calcul de la part du pilote.

Indication facilitée : **Avion - Station : QDM par la tête de l'aiguille ;**

Station - Avion : QDR par la queue de l'aiguille.

Le RMI est donc un ADF sophistiqué. Il résulte de la **combinaison d'un conservateur de cap, généralement recalé en permanence par une centrale de cap, et d'un ADF.**

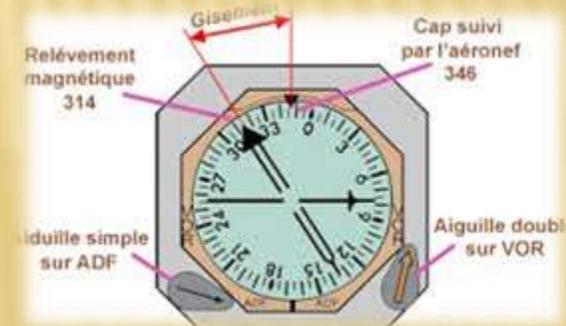
A noter **qu'en cas de panne du conservateur de cap**

Ou de la centrale de cap,

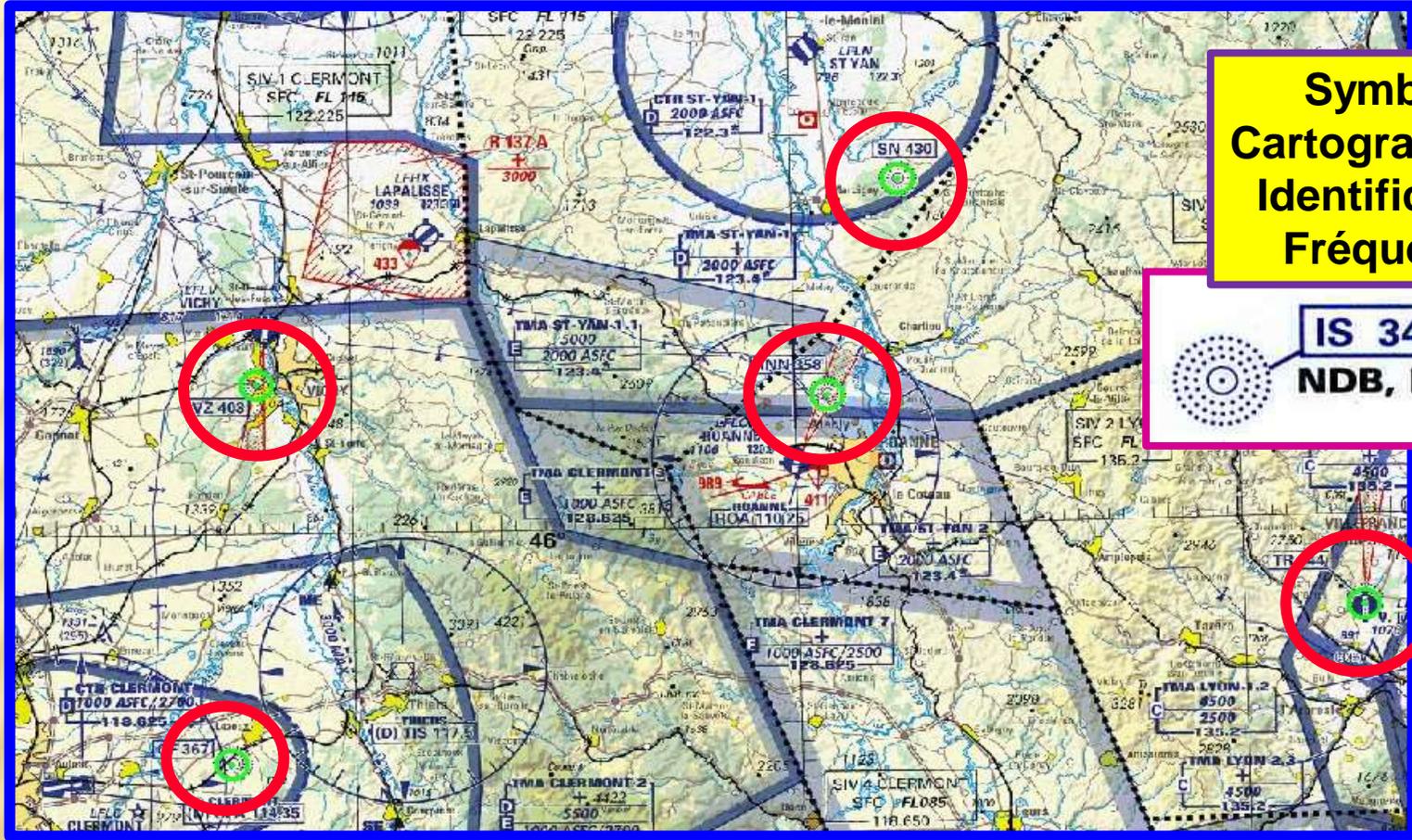
l'information QDM ou QDR n'est plus assurée,

mais l'information de gisement reste toutefois valable.

Le RMI est un radiocompas avec VOR



A.D.F



**Symbole
Cartographique
Identification
Fréquence**

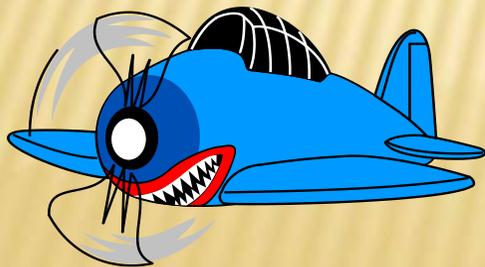
**IS 341
NDB, LOCATOR**

LOCATOR ET NDB SUR LES CARTES

LOCATOR ET NDB SUR LES CARTES



CARTE DE
RADIONAVIGATION
AU 1 / 1 000 000 ème



CARTE DE
VOL A VUE
AU 1 / 500 000 ème

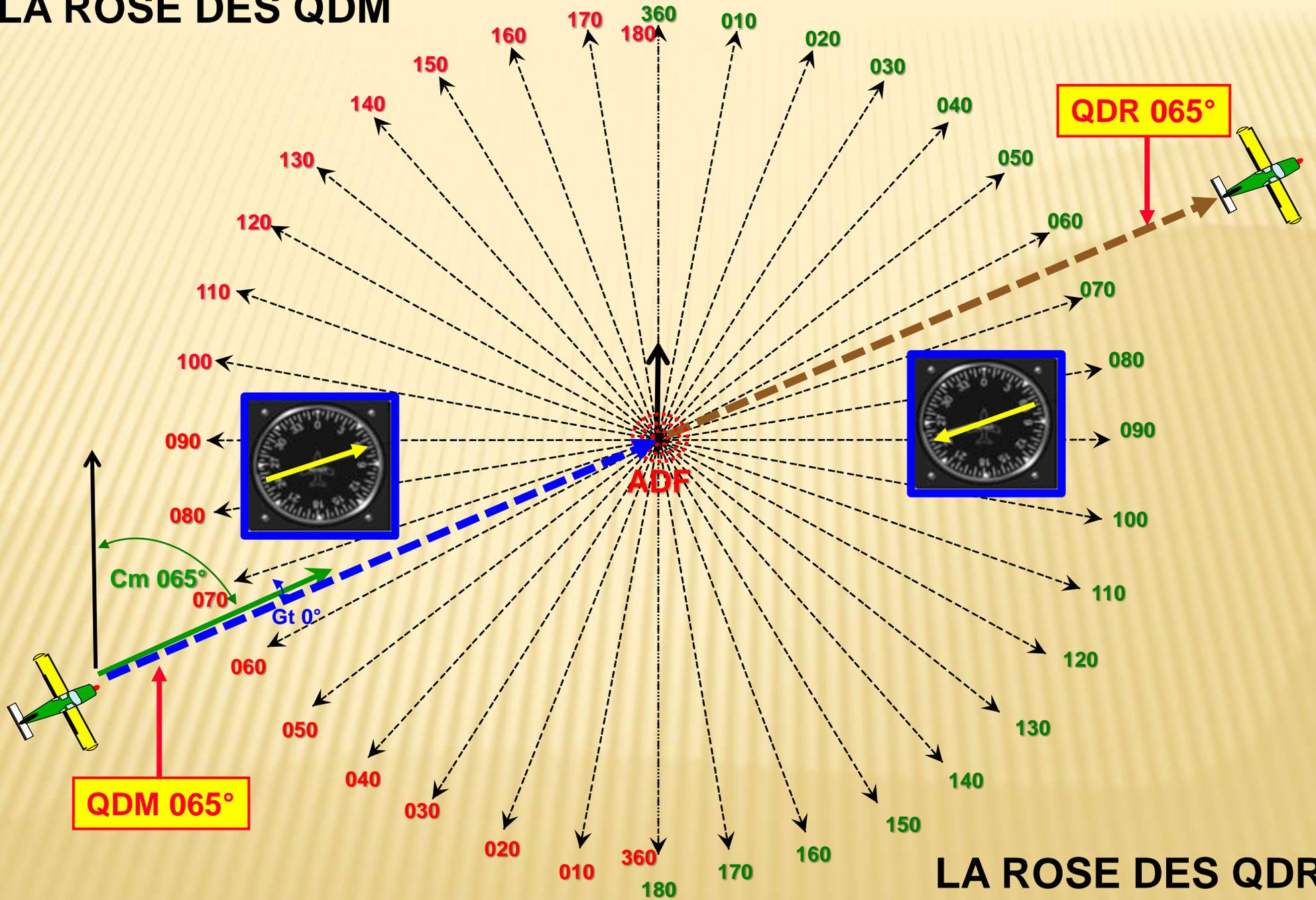


SYMBOLE
CARTOGRAPHIQUE
RADIOCOMPAS



ADF

LA ROSE DES QDM



LA ROSE DES QDR

INDICATION DE L'ADF DÉPENDANTE DU CAP DE L'AVION

AVION 1



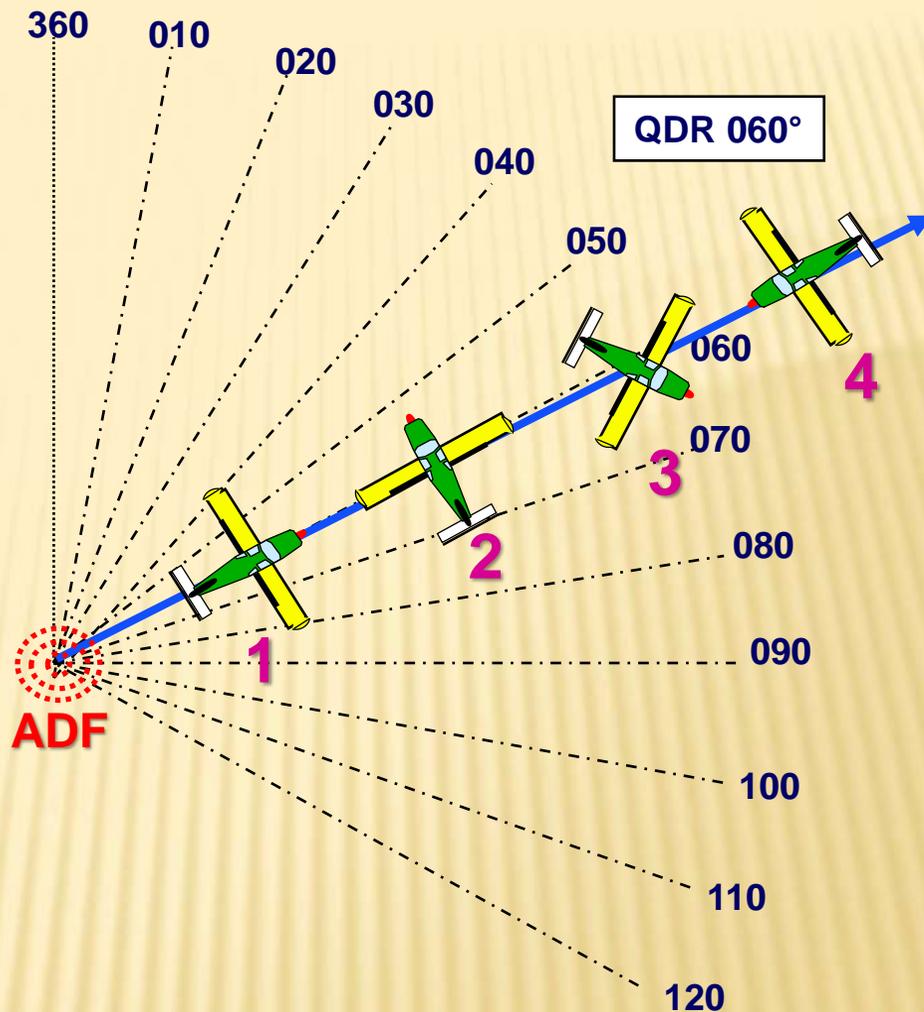
AVION 2



AVION 3



AVION 4



LA VALEUR INDICUÉE PAR L'ADF EST L'ANGLE COMPRIS ENTRE L'AXE LONGITUDINAL DE L'AVION ET LA BALISE RADIOCOMPAS.

MATÉRIALISATION DE LA POSITION

Gisement lu + 025°



Si l'avion est au Cm 040°, quel sera son QDM ?

Réponse : le gisement étant de 25°,
le QDM sera : $040^\circ + 025^\circ = 065^\circ$

MATÉRIALISATION DE LA POSITION

Gisement lu + 025°

(L'avion toujours au cap 040°)

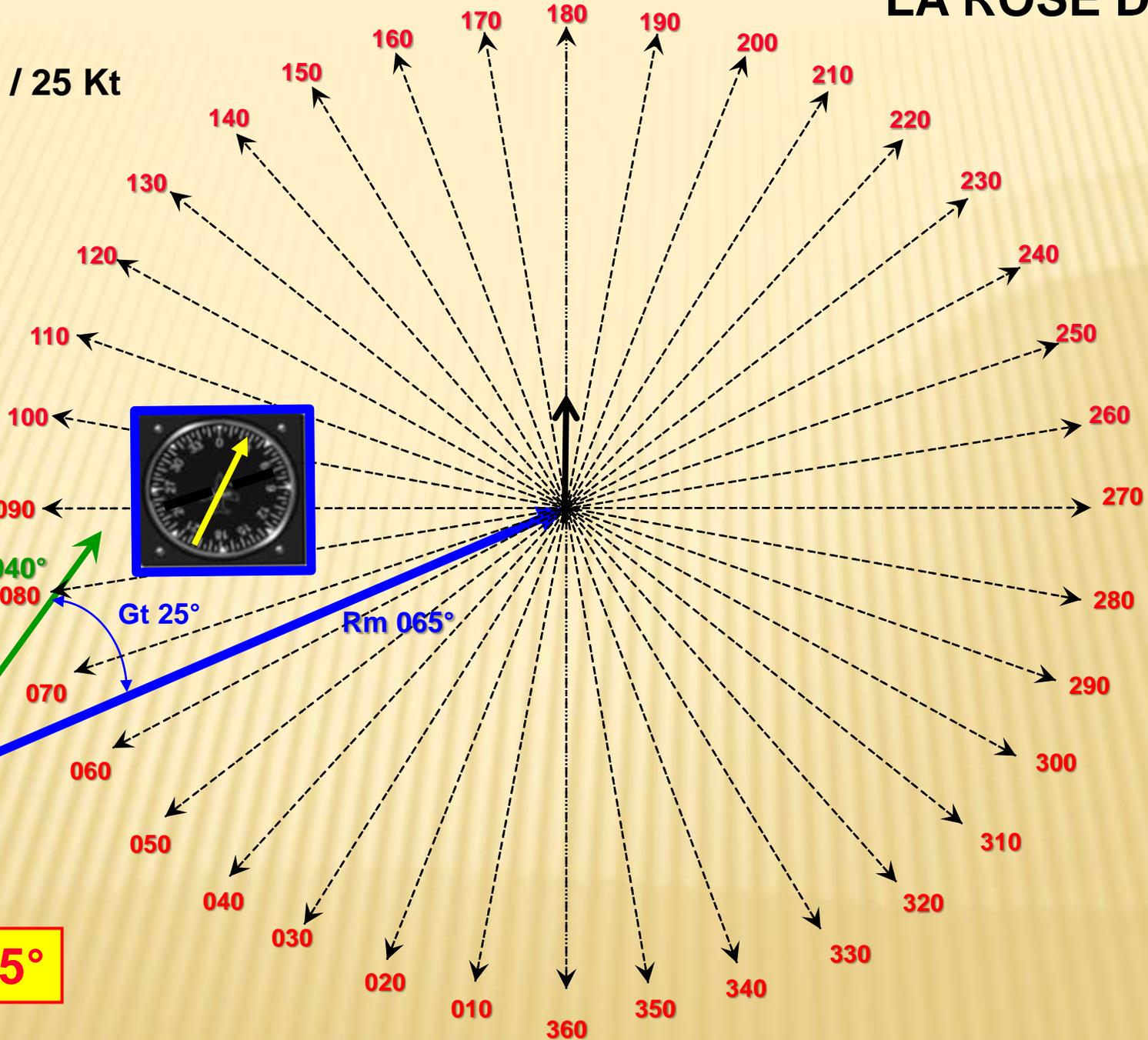
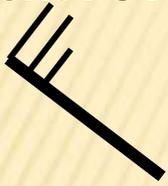


L'avion est-il dans le NE, SE, SW ou NW de la balise ?

Réponse : le QDM est le 065°, le QDR de cet avion par rapport à la balise est donc $065^\circ + 180^\circ = 245^\circ$, il est donc dans le SW.

LA ROSE DES QDM

Vent : 310 / 25 Kt



Cm 040°
080°

Gt 25°

Rm 065°

QDM 065°



MATÉRIALISATION DE LA POSITION

Gisement + 320°,
c'est aussi - 40°

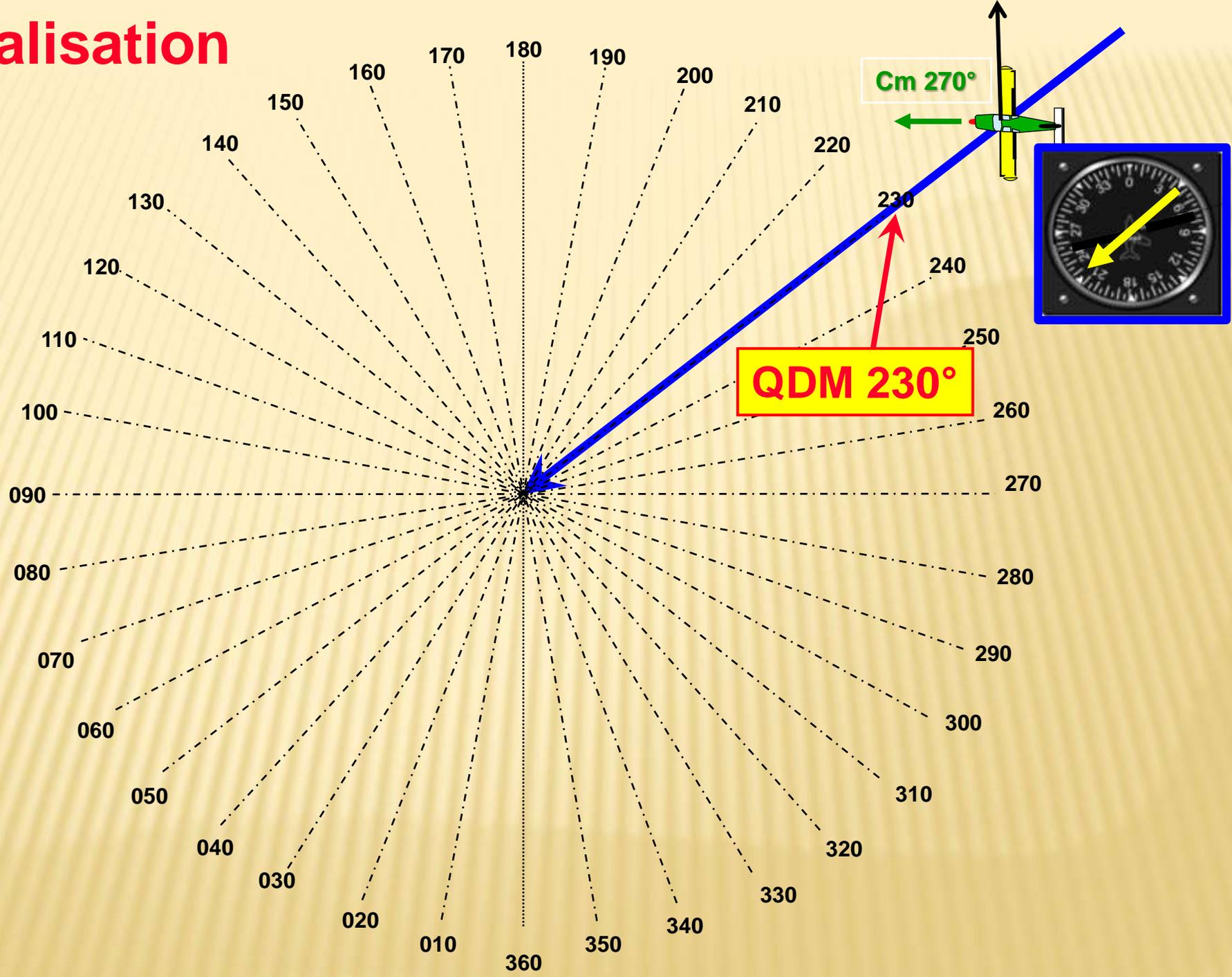


Si l'avion est au Cm 270°, quel est son QDM?

Le QDM est : $270^\circ - 40^\circ = 230^\circ$ (ou QDR = $230^\circ - 180^\circ = 050^\circ$)

Position par rapport à la balise, NE, SW, SE, NW?

Matérialisation



MATÉRIALISATION DE LA POSITION

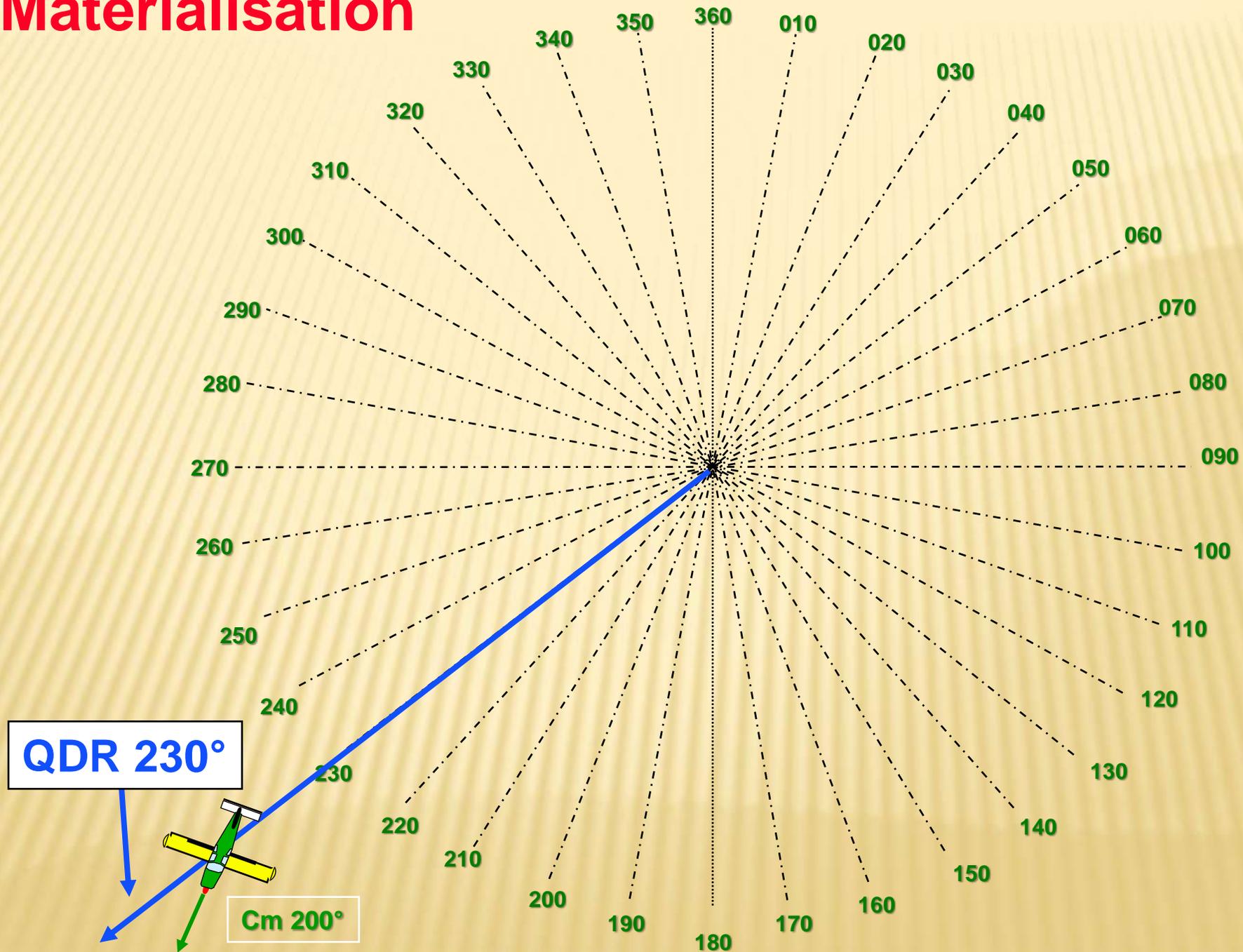
en station arrière, il est plus aisé de raisonner en QDR.

Gisement +210°, c'est aussi +30° avec la queue de l'aiguille



Si l'avion est au Cm 200°,
le QDR est : $200^\circ + 30^\circ = 230^\circ$

Matérialisation



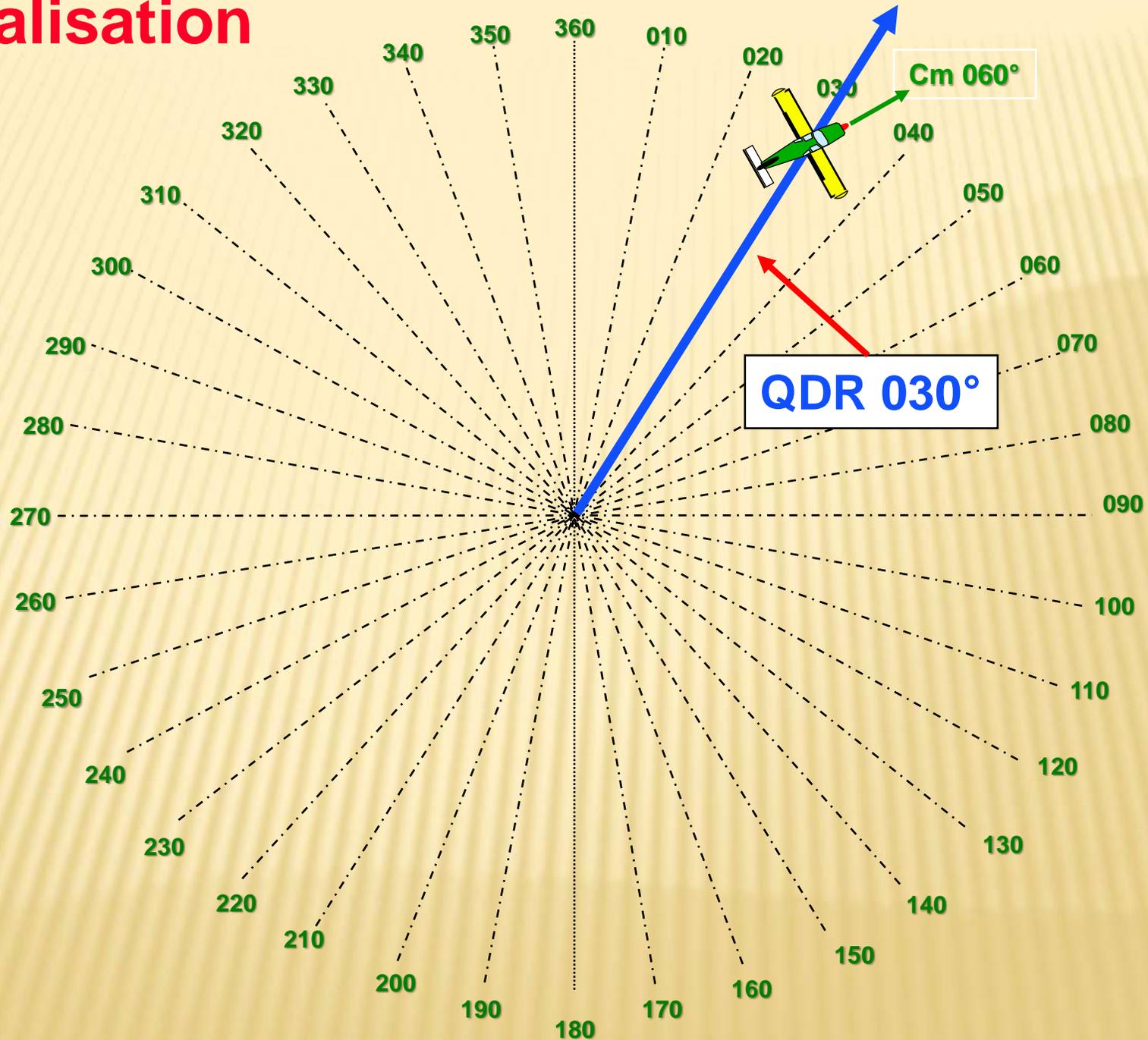
MATÉRIALISATION DE LA POSITION

Gisement + 150°, c'est aussi - 30° avec la queue de l'aiguille



Si l'avion est au Cm 060°,
le QDR est : $060^\circ - 30^\circ = 030^\circ$

Matérialisation



A.D.F



UTILISATION AVEC VENT :

Exemple :

Je suis au cap 020° et j'ai un gisement de + 40°.

J'en conclu que je suis sur le QDM 060°

Relèvement = Cap M + Gisement ; 020° + 040 = 060°.

Si je souhaite me diriger vers la balise il me suffit de prendre le Cm 060°.

Sans vent mon gisement devra rester nul (sauf à l'approche de la verticale de la balise où l'aiguille aura tendance à partir à droite ou à gauche).

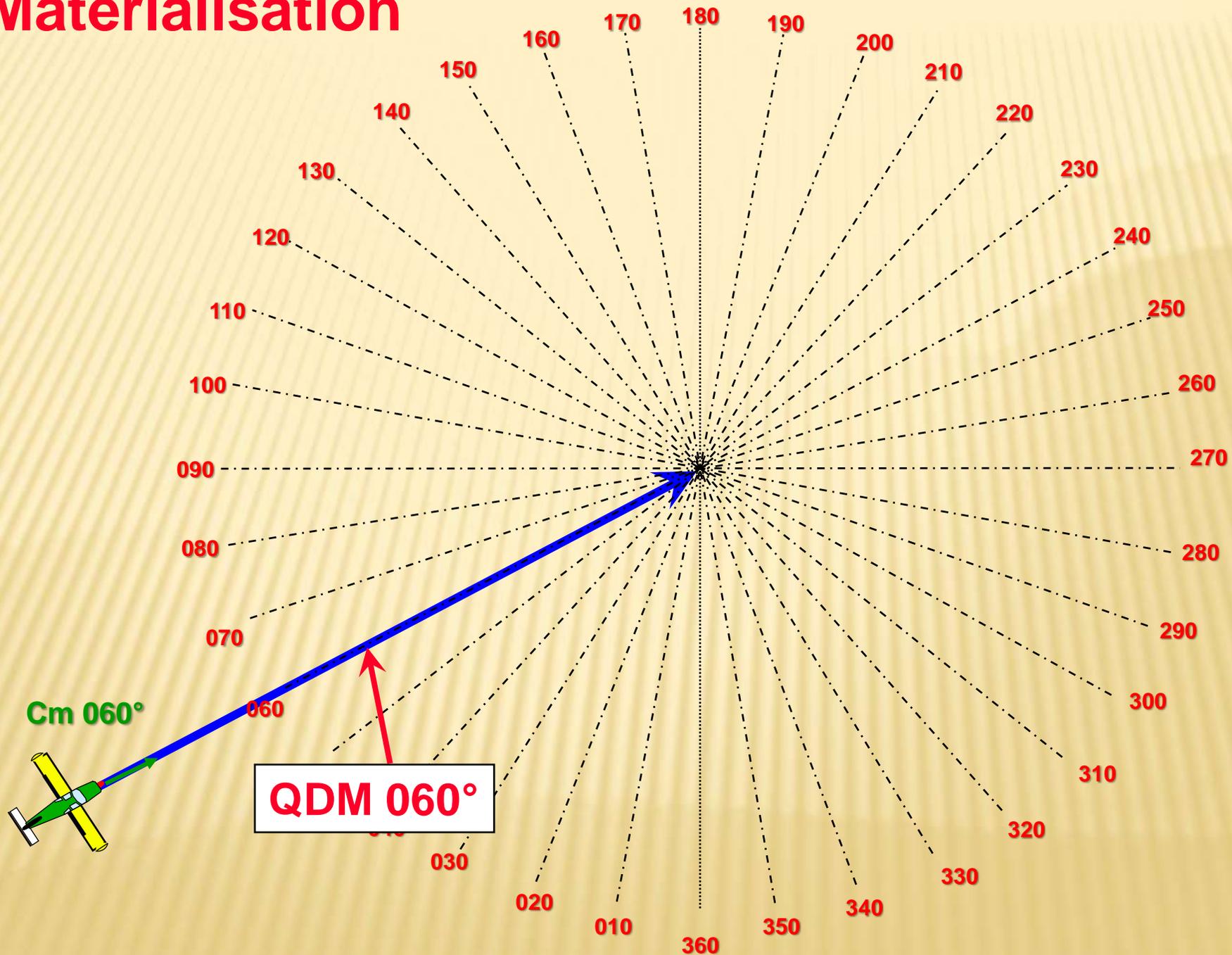
NB : il en sera de même en station arrière.

A.D.F



Au Cm 060° ,
Gisement 0° :
le QDM est : $060^\circ + 0^\circ = 060^\circ$

Matérialisation

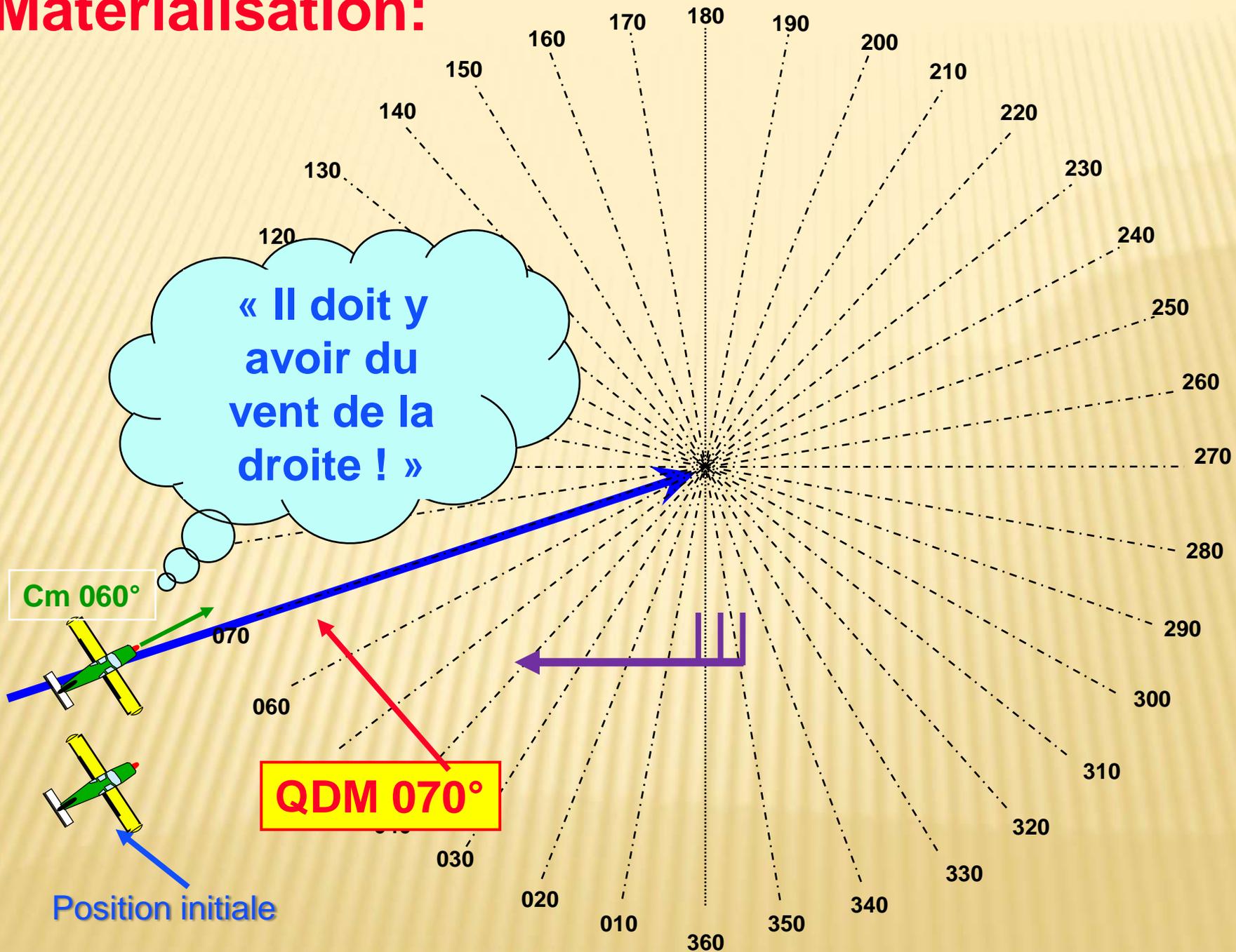


**Après 3 minutes, toujours au Cm 060°,
le gisement est passé à +10°:
le nouveau QDM est : 060° + 10° = 070°**



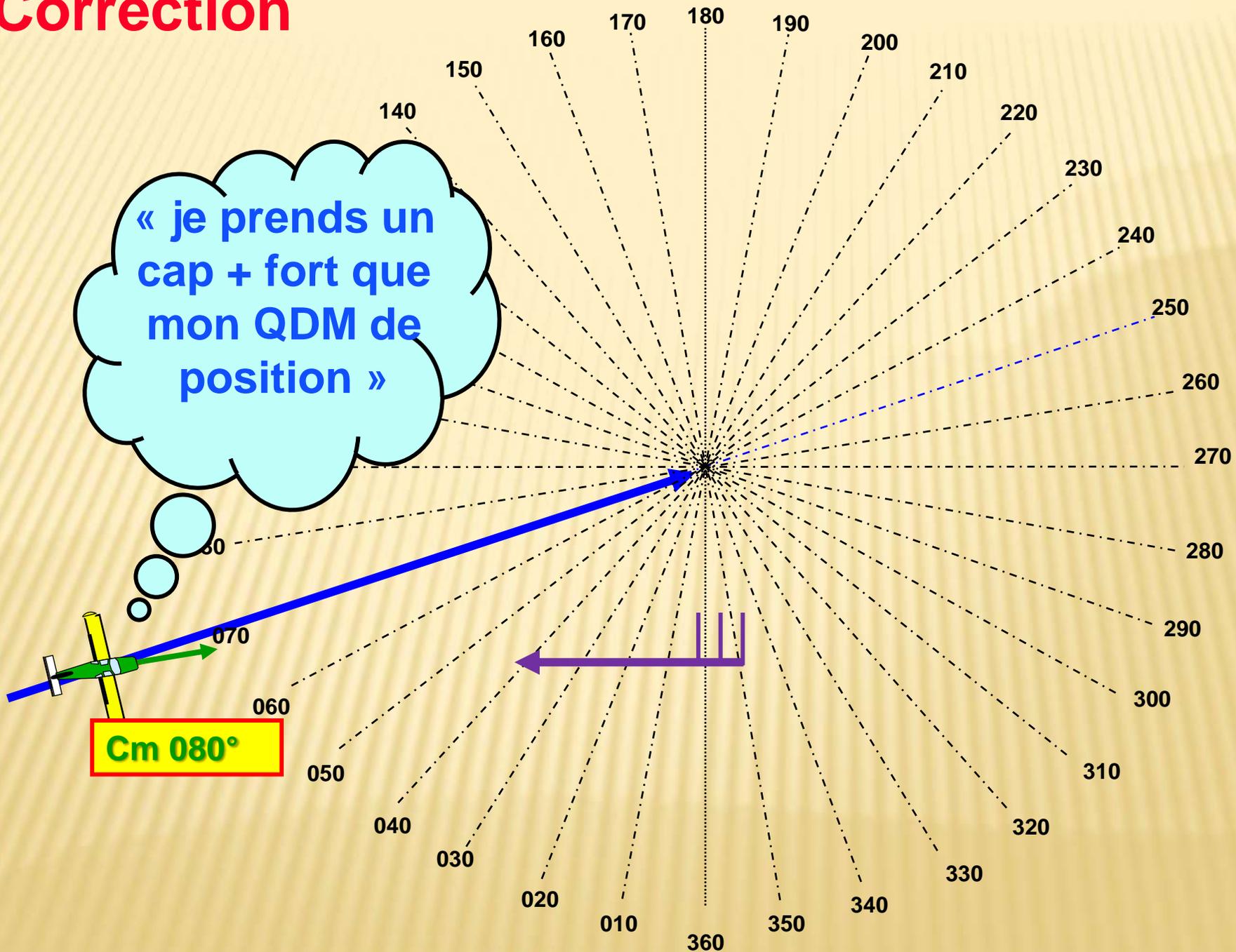
**Astuce : lorsque je ne suis pas en correction de dérive,
la pointe de l'aiguille m'indique la direction d'où vient le vent.
Dans ce cas : de la droite (avant ou arrière) NB : vrai en station avant ou arrière**

Matérialisation:

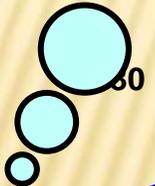


Correction

« je prends un cap + fort que mon QDM de position »



Cm 080°



MÉTHODE DE CORRECTION DE LA DÉRIVE

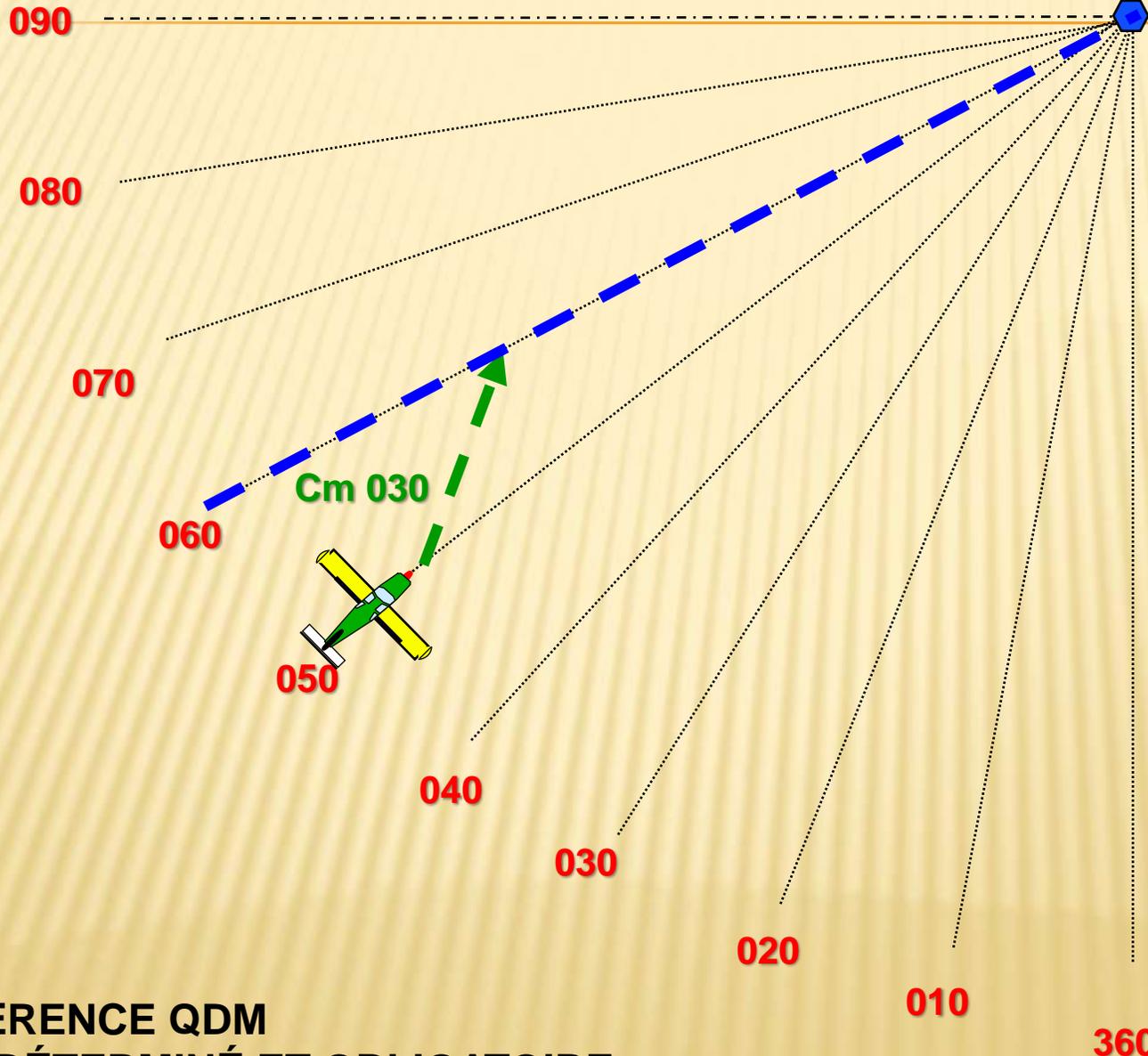
En correction de dérive, Cm 080°,
le gisement est passé à -10° :
le QDM est bien : $080^\circ - 10^\circ = 070^\circ$



Lorsque je suis en correction de dérive,
l'aiguille m'indique le sens et la valeur de la dérive.
Dans ce cas: 10° de dérive gauche

CHANGEMENTS D'AXE

Pour des écarts de 0 à 10°



QDM de position : 050°

QDM recherché : 060°

$$\alpha = 010^\circ$$

Méthode de convergence

Calculer : $3 \cdot \alpha = 30^\circ$

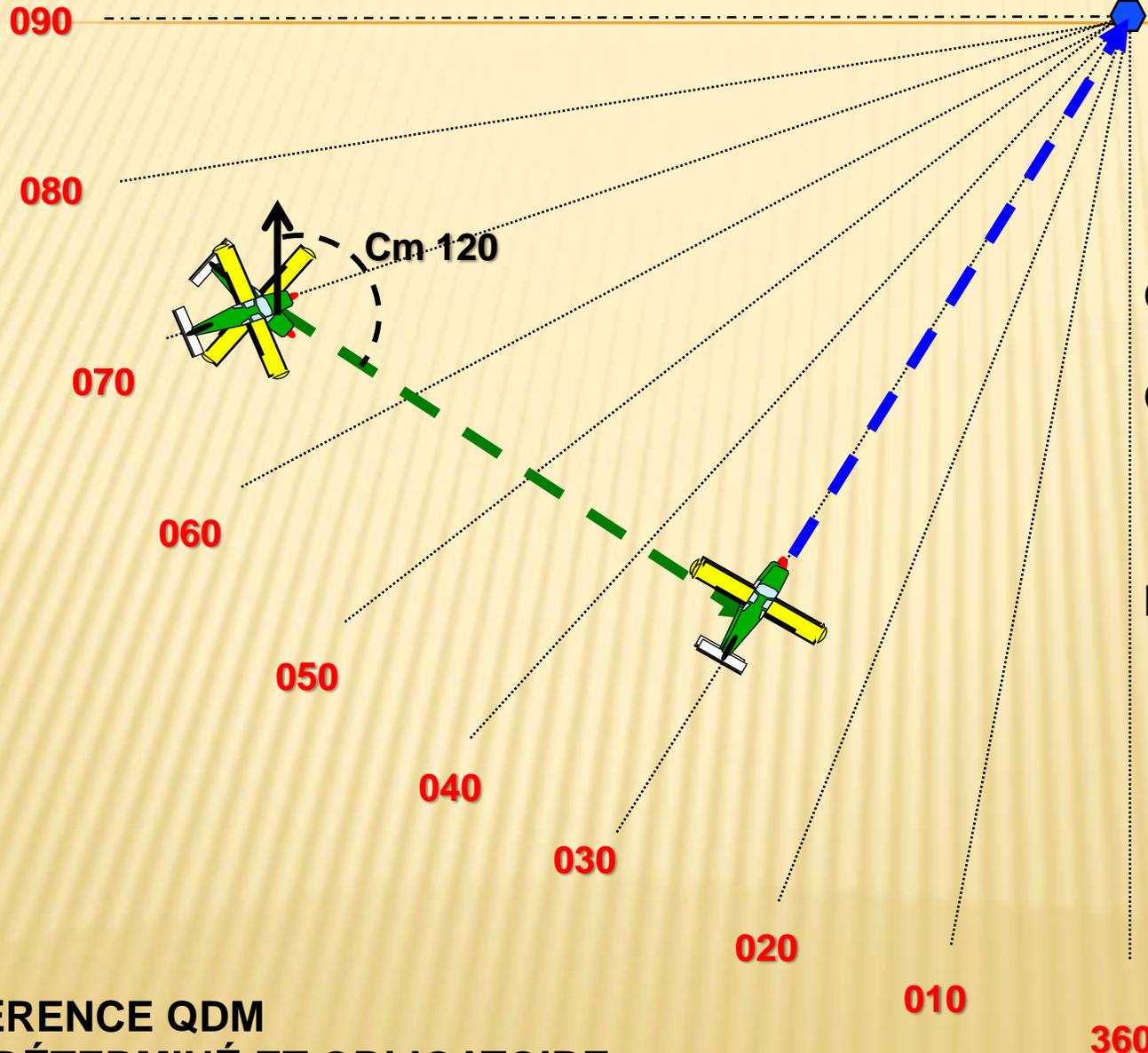
donc

Virage gauche au Cm 030°

La convergence se calcule par rapport au QDM recherché

RÉFÉRENCE QDM
AXE DÉTERMINÉ ET OBLIGATOIRE

CHANGEMENTS D'AXE



Pour des écarts de 40 à 60° interception perpendiculaire

QDM de position : 070°

QDM recherché : 030°

$$\alpha = 040^\circ$$

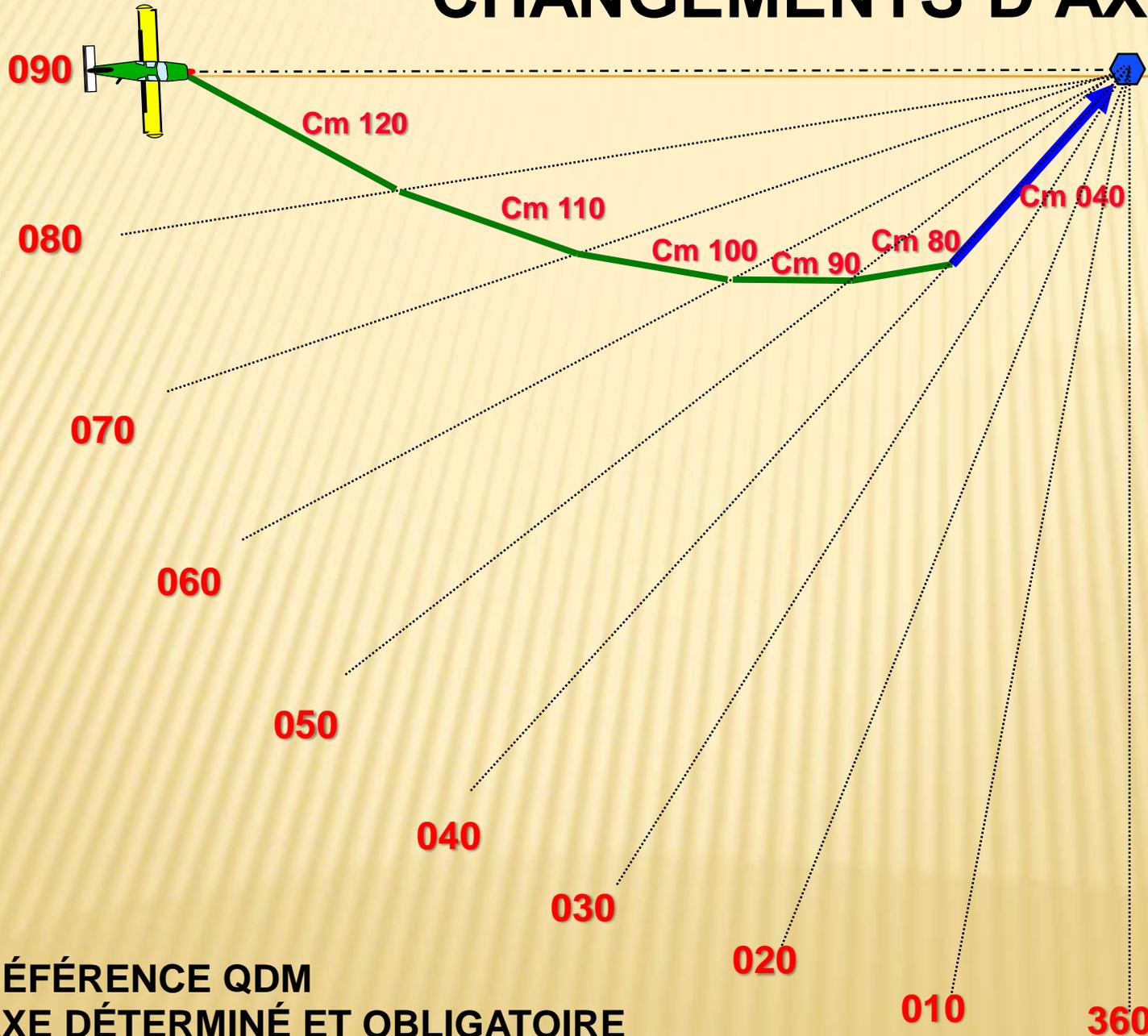
Méthode de convergence
QDM 30° + 90° = 120°

Virage droite au Cm 120°

La convergence se calcule par rapport au QDM recherché

RÉFÉRENCE QDM
AXE DÉTERMINÉ ET OBLIGATOIRE

CHANGEMENTS D'AXE



Variation spirale

Par altération de cap
de 30°
à chaque radial
des dizaines

Sur le QDM 090
 $90^\circ + 30 = 120^\circ$

Sur le QDM 080
 $80^\circ + 30 = 110^\circ$

Sur le QDM 070
 $70^\circ + 30 = 100^\circ$

Sur le QDM 060
 $60^\circ + 30 = 90^\circ$

Sur le QDM 050
 $50^\circ + 30 = 80^\circ$

Sur le QDM 040
CAP d'arrivée 040°

RÉFÉRENCE QDM
AXE DÉTERMINÉ ET OBLIGATOIRE

CALCUL ROUTE INVERSE

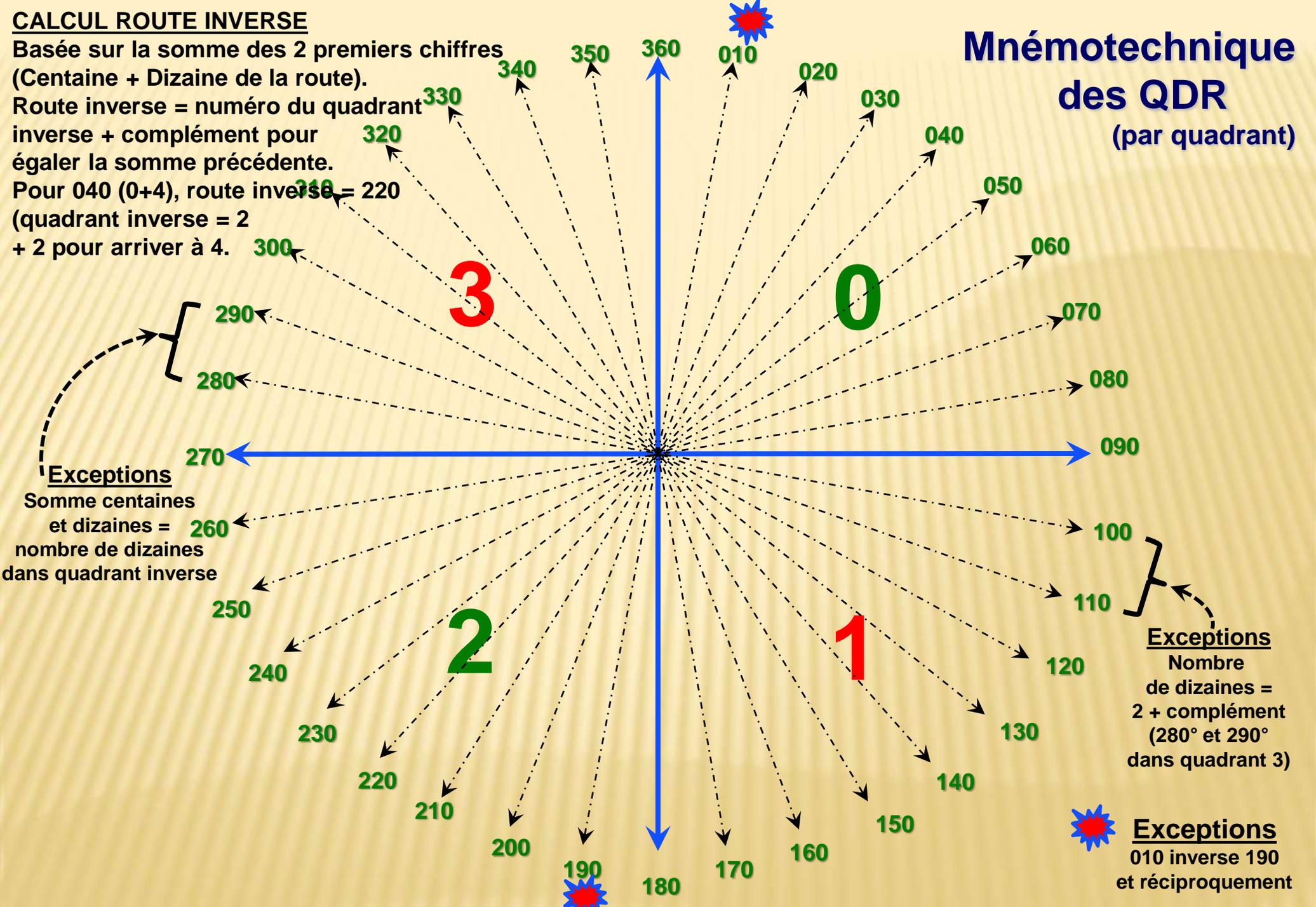
Basée sur la somme des 2 premiers chiffres
(Centaine + Dizaine de la route).

Route inverse = numéro du quadrant
inverse + complément pour
égaler la somme précédente.

Pour 040 (0+4), route inverse = 220
(quadrant inverse = 2

+ 2 pour arriver à 4.

Mnémotechnique des QDR (par quadrant)



3

0

2

1

Exceptions

Somme centaines
et dizaines =
nombre de dizaines
dans quadrant inverse

Exceptions

Nombre
de dizaines =
2 + complément
(280° et 290°
dans quadrant 3)

Exceptions

010 inverse 190
et réciproquement

CALCUL ROUTE INVERSE

Basée sur la somme des 2 premiers chiffres
(Centaine + Dizaine de la route).

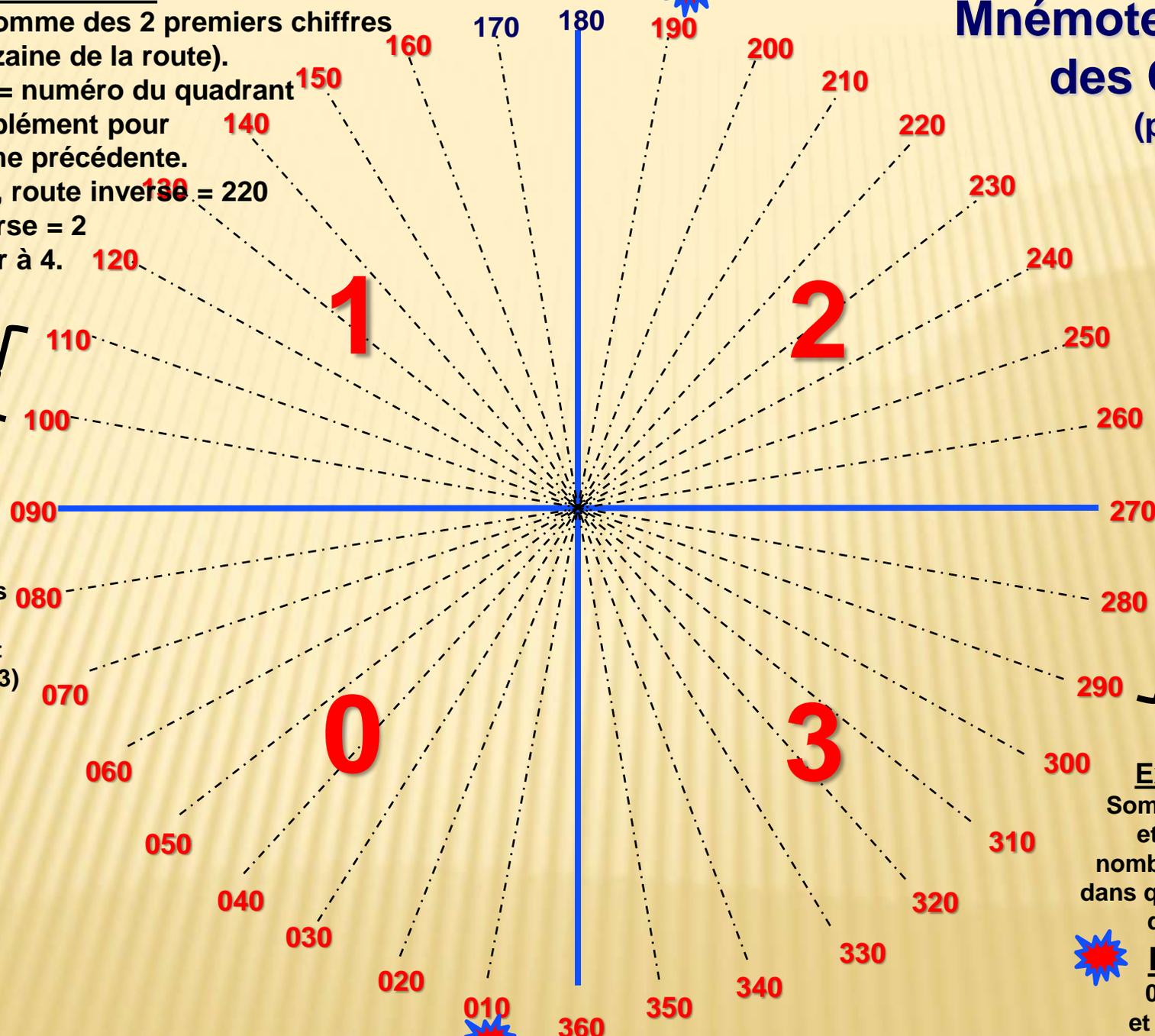
Route inverse = numéro du quadrant
inverse + complément pour
égaler la somme précédente.

Pour 040 (0+4), route inverse = 220

(quadrant inverse = 2

+ 2 pour arriver à 4. 120

Mnémotechnique des QDM (par quadrant)



Exceptions

Somme centaines
et dizaines =
les inverses sont
dans le quadrant 3)

Exceptions

Somme centaines
et dizaines =
nombre de dizaines
dans quadrant inverse
quadrant 1

Exceptions

010 inverse 190
et réciproquement



**Merci
de votre attention**

