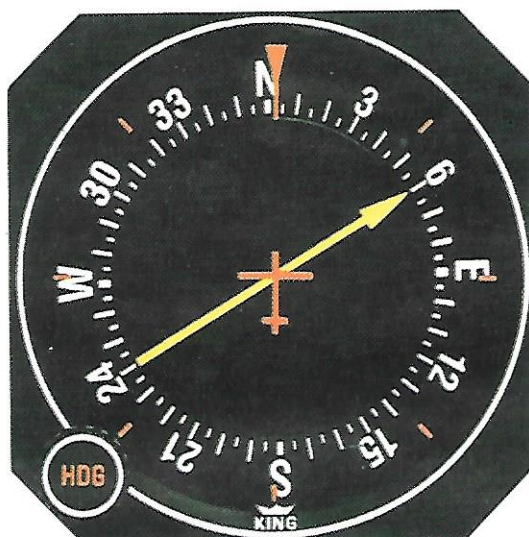




L'instrument est présent sur le tableau de bord de la plupart des avions-écoles modernes, mais l'enseignement de sa technique d'utilisation est, en général, délaissé au profit du VOR, initialement plus facile et plus précis. Et cela est mieux ainsi, car les quelques instructeurs, qui s'aventurent à en inculquer quelques rudiments, n'arrivent que très rarement à un résultat positif, dans une phase de la formation où la disponibilité intellectuelle nécessaire n'est pas encore acquise. Et le plus souvent, ce n'est qu'arrivé à la préparation de l'IFR que le pilote s'y intéresse vraiment. Pourtant, une fois débarrassé de quelques sources d'erreur ou de difficultés qui font obstacle à sa familiarisation, il offre, à défaut d'une précision égale, une bien meilleure visualisation que le VOR.

Emission et réception

- **Réglementation** : ADF et VOR sont des instruments de radio-navigation dont la présence à bord est obligatoire simultanément pour les vols IFR. Par contre, le choix de l'un seul d'entre eux est laissé pour les vols VFR, étant précisé que l'obligation ne concerne que les vols de nuit et, de jour, en l'absence de contact visuel du sol ou de la mer (au-dessus de la couche). De ce fait, et bien que son étude soit au programme théorique du pilote privé, le même choix est laissé au candidat lors du vol de contrôle.

- **Principe de fonctionnement** : à la différence du VOR qui fonctionne par comparaison de phase entre la modulation de deux émissions sur 360° autour de la balise, de l'ILS qui rayonne des champs de fréquence de modulation différente de part et d'autre de l'axe et du plan, et même du GPS qui utilise une multiplicité de satellites, le champ rayonné ici est uniforme tout

autour de l'émetteur, simple antenne pylône. Ce qui signifie que sa nature ne permet pas, du moins directement, la détermination d'un azimut, c'est à dire ni QDM ni QDR. D'où son nom : NDB, Non Directionnal Beacon.

Le récepteur, avec son antenne et son cadre situés sur ou sous le fuselage, est donc un goniomètre automatique de bord et, conformément à son nom américain (ADF : Automatic Direction Finder), c'est un simple indicateur de direction par rapport à l'axe de l'avion - comme vous le faites lorsque, pointant votre index vers un repère, vous dites "C'est par là". Mais attention, si en un point donné, cette direction est constante dans l'espace, celle de l'axe de l'avion dépend de votre tenue de cap et l'angle entre les deux peut varier. C'est toute la difficulté de l'utilisation de l'ADF...

- **Précision** : il faut plutôt parler de l'imprécision, due à plusieurs facteurs. A commencer, celle du principe même qui, suivant la qualité du récepteur, ne peut descendre en dessous de $\pm 2^\circ$, mais atteint plus souvent 5° à 10° . Vous comprendrez aisément que ce cône d'imprécision ne permette pas de grandes navigations station arrière ni l'utilisation de radials de position précis.

D'autre part, comme le VOR, il existe un cône de silence à la verticale de la balise qui, ajouté à l'imprécision structurelle, est à l'origine de basculements erratiques de l'aiguille de l'indicateur. Ces "fausses verticales", qui compliquent le travail du pilote IFR, justifient, parmi les aides électroniques à l'atterrissage, la co-implantation d'un marker, balise VHF à rayonnement vertical ou, lorsque cela est possible, l'adjonction dans la carte de procédure d'un radial VOR le plus perpendiculaire possible à l'axe de percée. A ces inconvénients, s'ajoutent ceux dus à la fréquence LF/MF

(basse et moyenne fréquence). En effet, l'onde, grâce à sa longueur, contourne les obstacles. La réception de l'onde directe et d'une onde indirecte, particulièrement en région montagneuse, est à l'origine de variations plus ou moins importantes de l'indication. D'autre part, sensible aux brouillages atmosphériques, elle peut, en particulier, amener l'aiguille à indiquer la direction d'un cumulonimbus au lieu de la balise. Toutefois, sauf en percée, est-ce vraiment une gêne pour le pilote qui maîtrise sa navigation ? Enfin, il ne faut pas oublier que la précision dépend de l'intensité du signal reçu. En limite de réception, vous pourrez voir l'aiguille effectuer des battements de plus ou moins grande amplitude. Mais leur persistance à courte distance de la balise, de part et d'autre d'une direction moyenne, indique, en général, la nécessité d'un réglage de la sensibilité du récepteur.

• **Portée** : si l'onde LF/MF (gamme aéronautique de 190 kHz à 1750 kHz) n'est pas comme l'onde VHF (VOR, radio) limitée à la portée optique puisqu'elle contourne les obstacles et se réfléchit sur les couches ionisées de l'atmosphère, il ne faut pas s'arrêter aux portées théoriques, très grandes, sur lesquelles insistent trop les ouvrages, véritables pièges pédagogiques accentués par les épreuves théoriques du PP-IFR en ce qui concerne les portées VHF.

Sauf les BS (Broadcasting Station), antennes de radiodiffusion dont l'implantation n'est pas commandée par les besoins de la circulation aérienne mais qui peuvent être utilisées (RTL, 236 kHz à Beidweiler, Luxembourg ; Radio bleue, 864 kHz à Villebon-sur-Yvette, ...etc), il ne reste en France que six NDB de portée égale ou supérieure à 75 nautiques (Cognac CGC, Hyères HYE, Luxeuil LXI, Nice LEZ, Orange ORG, Orléans OAN). Tous les autres ont une portée maximale de 50 ou 25 nautiques, et même 15 nautiques pour certains "locators" (NDB implantés en complément d'un ILS).

L'avantage de la navigation à grande distance est donc un leurre et, sauf cas particuliers, la préférence accordée aux VOR est doublement justifiée, puisque leurs performances en matière de couverture sont pour le moins égales et souvent supérieures. Précisons que la portée est fonction de la puissance rayonnée ainsi que des limitations pour éviter les brouillages entre balises, quelquefois plus importantes sur un secteur angulaire déterminé (couverture non circulaire).

Utilisation

• **Le récepteur** : les fonctions essentielles de l'ADF sont assurées par trois ou quatre commandes : OFF/ON/Volume, ADF, BFO, ANT ou TEST.

- **le volume** sert à l'audition du signal d'identification. Ce signal est émis soit en A1A (onde porteuse entretenue, sans modulation et découpée suivant le signal morse), soit en A2A (porteuse modulée à 1020 Hz ou 400 Hz, fréquences audibles, suivant le signal morse) et pour les BS, l'émission normale, gamme AM sur votre poste auto, en A3A (porteuse dont l'amplitude de la modulation varie suivant l'information - parole et musique - portée), complétée par une A1A pour les besoins de la circulation aérienne. L'indicatif (trois lettres) est émis toutes les trente secondes en A2A et peut être reçu directement comme les programmes de radiodiffusion. Le signal en A1A (deux lettres), dont la périodicité est de trente secondes à une minute, n'est audible que par l'activation du BFO (Beat Frequency Oscillator). Attention, étant donné l'absence d'alarme de non-fonctionnement (flag) sur l'indicateur, il est prudent en percée IFR de conserver un fond d'écoute de l'identification. Attention également, si vous utilisez une station de radiodiffusion, de ne pas perdre votre concentration avec les "Grosses Têtes" ou de la musique.

- **la fonction Antenne** désactive le cadre mais, à la différence du bouton Test qui provoque une rotation de 90° de l'aiguille, elle entraîne l'aiguille soit en rotation continue, soit, dans les postes modernes, en position de repos, à l'horizontale sur la ligne 90°/270°. Cette fonction est activée en cas de doute du pilote sur la direction indiquée et doit revenir ensuite sur la position initiale après le retour sur ADF. Toutefois, dans le rare cas où le gisement est déjà 270° stable, l'aiguille ne sera pas mobilisée et le doute devra être levé par un changement de cap.

- **la fonction ADF** active le cadre, donc l'indicateur. Il est donc indispensable, après les contrôles, de réactiver cette fonction. Sur les postes modernes, les fonctions BFO et ADF peuvent être simultanées.

• **L'indicateur** : il faut bien se persuader que la rose, malgré sa similitude avec le directionnel, n'est pas un compas comme le nom de l'instrument (radio-compas automatique) pourrait le suggérer et laissé à dessein de côté dans cet exposé. Son axe Nord-

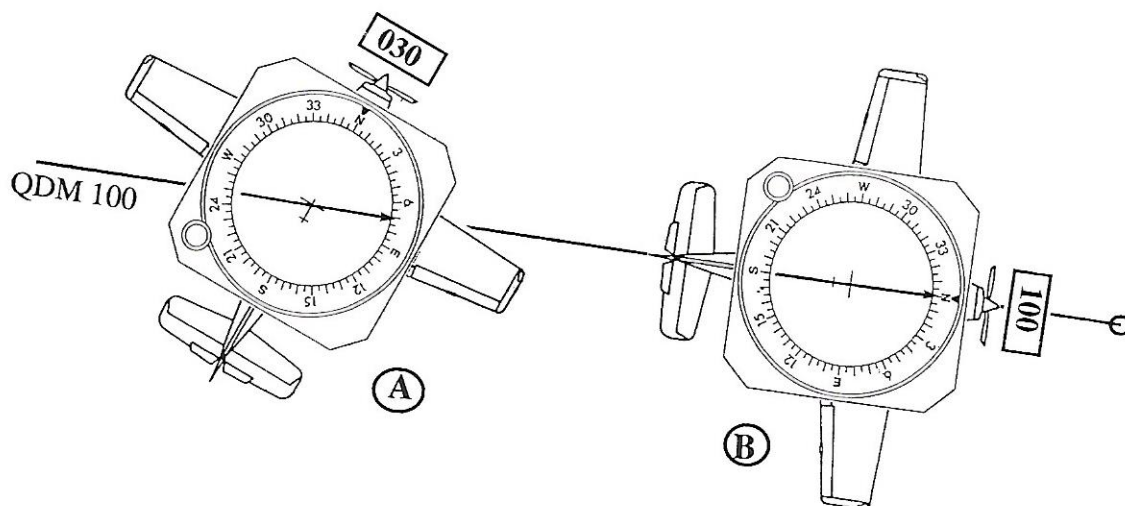


Figure 1 : La rose de l'ADF n'est pas un directionnel. Cap + gisement = QDM

Sud est l'axe longitudinal de l'avion, avec le N pour le capot et le S pour la queue.

- **le gisement** : l'aiguille, lorsque l'appareil est en marche, indique la direction de la station par rapport à cet axe. L'angle entre les deux est le virage qu'il faut entreprendre pour se diriger, sans vent, vers la station. Cet angle s'appelle le "gisement" (070° sur la figure 1A). Faisons le virage : la direction de l'aiguille n'a pas changé dans l'espace, c'est l'axe de l'avion qui s'est aligné dessus (figure 1B). Le N de la rose, le capot, est en direction de la balise et notre directionnel nous en donne le cap, c'est à dire le QDM. Nous avons fait de A à B, l'opération :

Cap (030) + Gisement (070) = QDM (100).

Retenez cette formule :

Cap + Gt = QDM.

C'est la règle de base de l'utilisation de l'ADF.

- **la rose tournante** : comme la lecture des gisements se fait dans le sens horaire, celui de la rose, le calcul devient difficile lorsque les sommes atteignent des nombres élevés (exemple : cap 247 + Gt 328 = 575 - 360 = QDM 215). En faisant tourner la rose avec le bouton HDG (HeaDiG, soit cap), jusqu'à afficher sur la ligne de foi le cap lu au directionnel au lieu du N, nous faisons, comme dans le virage de tout à l'heure, l'opération Cap + Gt et nous lisons directement le QDM devant l'aiguille.

Mais l'indication ne reste valable que si le cap tenu est constant pour conserver la concordance absolue entre le directionnel et la rose. Ce qui est rarement le cas, d'autant plus que la surveillance prolongée de l'ADF se traduit par des variations de cap. Ce qui est fait au RMI (Info-Pilote, décembre 1991), sur des avions stables ou tenus au pilote automatique par des pilotes confirmés (en stage d'instructeur par exemple), n'est pas transposable en formation initiale. Au lieu de chercher à identifier, par un radial imprécis, un hameau sans intérêt, l'élève-pilote a intérêt à choisir des repères identifiables facilement à vue, sans l'aide de méthodes douteuses, et regarder dehors au lieu de conserver son nez sur le tableau de bord.

- **la méthode des 4 quadrants** : c'est un moyen visuel de faciliter le calcul (figure 2). Puisque le gisement est l'angle par rapport à l'axe longitudinal, l'angle sera toujours compté à partir de celui-ci, c'est à dire à partir du N lorsque l'aiguille est en avant de la ligne 90/270, du S lorsqu'elle est en arrière. Lorsque la visualisation est dans le sens horaire, le gisement est "+". Il est "-" en sens contraire. Ainsi le gisement 330 devient -30, le gisement 240 devient +60, ...etc.

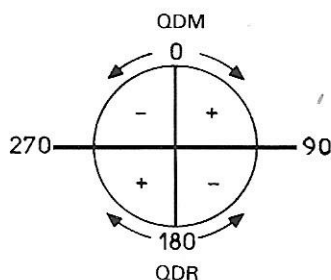


Figure 2

Cette technique nous permet de créer une analogie avec le TO-FROM du VOR. En avant de la ligne 90/270, la balise est devant,

le calcul nous donne un QDM. En arrière, la balise est derrière, le calcul donne un QDR puisque le gisement est compté à partir du 180. Retenez :

Cap + Gt arrière = QDR.

La méthode des 4 quadrants permet de résoudre sans difficulté presque tous les problèmes liés à l'utilisation des QDM et QDR.

• **La dérive et sa correction** : dans les démonstrations qui suivent, deux suppositions seront faites : le cap choisi est bien tenu et, pour réduire le nombre de dessins, l'indicateur comporte deux aiguilles commandées par deux récepteurs. Vous venez de passer verticale de la balise X au cap du QDM vers Y (figure 3).

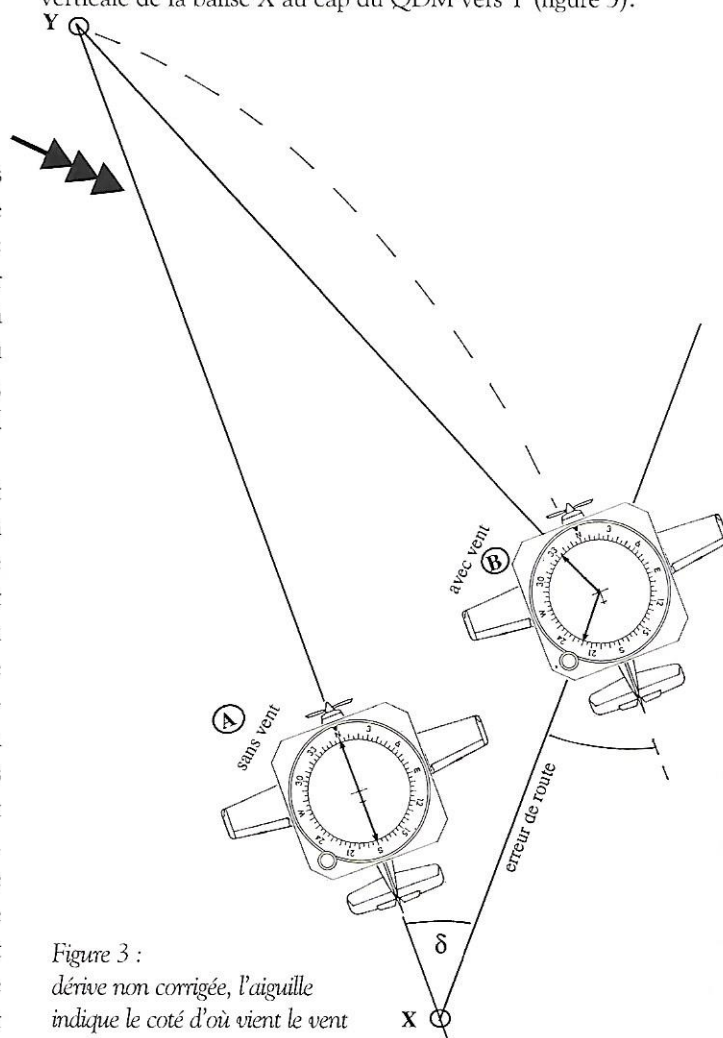


Figure 3 :
dérive non corrigée, l'aiguille
indique le côté d'où vient le vent

- **sans vent** : après quelques instants, l'aiguille sur la fréquence de X indique S et celle sur la fréquence Y indique N (position A).

- **avec vent** : la dérive étant non corrigée, l'avion quitte la route prévue (position B). Nous pouvons alors faire deux remarques importantes :

- a) l'aiguille indique le côté d'où vient le vent.
- b) le gisement avant n'indique pas l'angle de dérive. Il est toujours inférieur et augmentera au fur et à mesure sur la nouvelle route suivie pour indiquer la valeur de la dérive lorsque l'avion sera à égale distance des deux balises (triangle isocèle). C'est le gisement arrière, avec l'aiguille confondue sur la nouvelle route qui en représente la valeur exacte (angles alternes-internes).

- **station avant** : c'est un réflexe constant de corriger la trajectoire en reprenant la direction de la balise, se contentant de ramener l'aiguille à zéro (N). Mais la dérive n'étant pas plus corrigée sur ce

nouveau cap, le processus se renouvelle jusqu'à ce que l'avion se retrouve dans le lit du vent : c'est la courbe du chien (ligne tirée dans la figure 3). Si le gisement initial a été pris comme base pour corriger la dérive, la même courbe mais moins accentuée sera décrite puisque la correction est insuffisante. Enfin, la précision augmentant avec la proximité de l'émetteur, le gisement pourra varier et la correction devra s'adapter (QDM constant).

- la correction de dérive : c'est la prise de cap compris entre la route et le vent (figure 4).

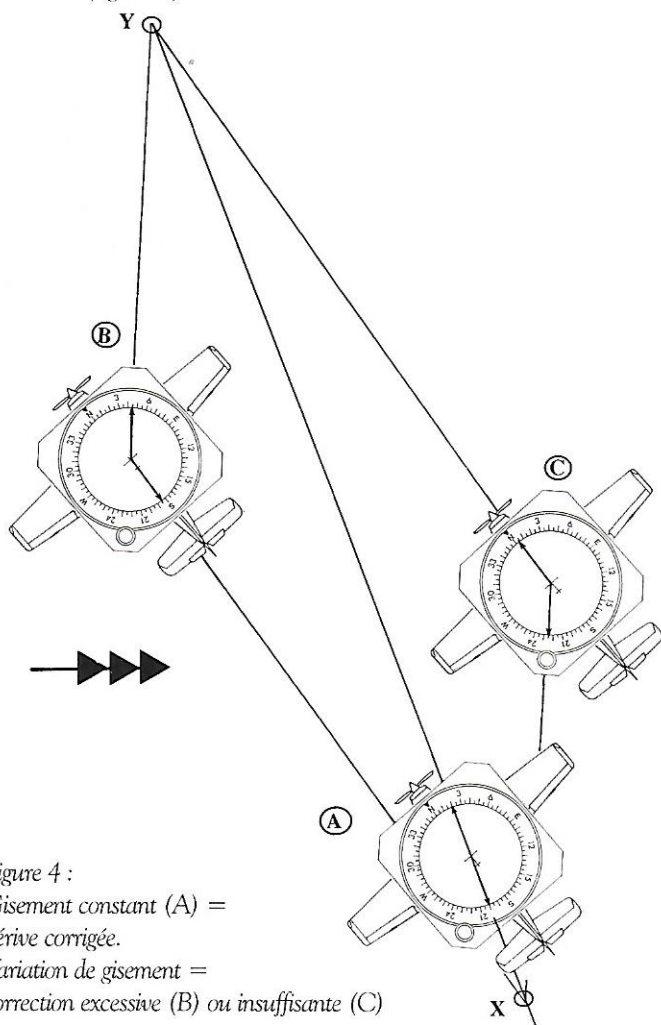


Figure 4 :

Gisement constant (A) =
dérive corrigée.

Variation de gisement =
correction excessive (B) ou insuffisante (C)

Nous pouvons constater alors que station arrière, l'aiguille reste du côté du vent et c'est le doublement du gisement qui assure la correction (sans pour autant revenir sur la route initiale). Au contraire, station avant, l'aiguille doit être passée de l'autre côté, du côté de la dérive et d'une valeur supérieure au gisement initial. C'est peut-être l'une des parties les plus difficiles de l'utilisation de l'ADF, l'instinct du pilote tendant à lui faire amener l'aiguille dans l'axe, c'est à dire refuser la correction de dérive.

• La variation des QDM-QDR et des gisements : plus encore que le repérage du côté du vent et parallèlement à la méthode des quatre quadrants, c'est ici que l'ADF démontre ses qualités de visualisation. Vous pouvez, sans l'effort de réflexion que nécessite le VOR, déterminer d'un simple regard sur l'indicateur, de quel côté de l'avion est située la balise. Vous savez donc immédiatement quelle sera la variation des QDM-QDR, augmentation station à droite, diminution station à gauche.

- la correction de dérive : elle est appréciée immédiatement. Si le

cap est tenu constant (notre postulat de base), si le gisement est constant (raisonné en valeur absolue par la méthode des quatre quadrants), le QDM-QDR est constant, et la dérive est bien corrigée (figure 4A). Station avant, si le gisement augmente, la correction est trop forte (figure 4B). S'il diminue (retour à 0, figure 4C), la correction est insuffisante. Station arrière, c'est l'inverse : si le gisement augmente, la correction est insuffisante (figure 4C). S'il diminue, la correction est excessive (figure 4B).

- le changement d'axe : il est encore plus simple. Sans nécessité de réfléchir sur le cap à prendre, le raisonnement est effectué directement sur l'indicateur, en cherchant simplement par le virage à mettre l'aiguille du côté qui donne la variation souhaitée (figure 5).

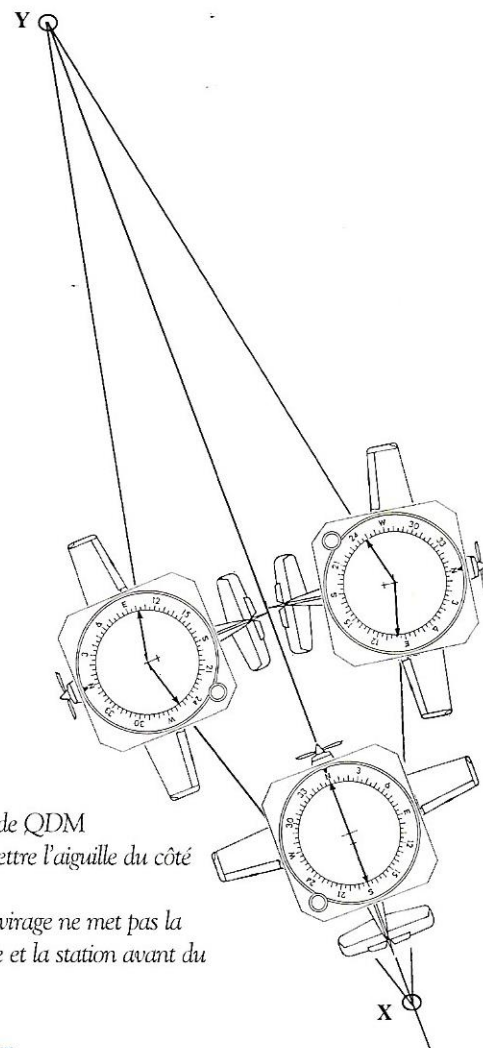


Figure 5 :

La variation de QDM

Virer pour mettre l'aiguille du côté
souhaité.

Attention, le virage ne met pas la
station arrière et la station avant du
même côté.

Conclusion

Vous connaissez probablement déjà la facilité avec laquelle la panique peut s'installer si un instrument ne répond pas à votre attente. La connaissance de la limite des émetteurs peut vous aider, en matière de radionavigation, à ne pas y céder. Plus le pilote avance dans sa formation, plus il se rend compte que la maîtrise du pilotage procède de l'anticipation. C'est par la connaissance du sens des corrections et des manœuvres, sans en retarder l'exécution par des calculs, que vous pourrez l'acquérir : il est préférable de faire une correction de dérive imprécise du bon côté que de faire la modification de cap précise mais dans le mauvais sens. Vous conserverez ainsi votre disponibilité pour surveiller les autres instruments ou mieux, en VMC, regarder dehors et assurer la sécurité.