





# NDB / ADF

A partir du grade  et programme examen du grade  et supérieurs  
A partir du grade  et programme examen du grade  et supérieurs

## 1. Introduction

Un NDB (Non Directional Beacon) est une balise de radionavigation non directionnelle. Cela signifie que l'émetteur au sol émet le même signal, avec la même force, dans toutes les directions. Pour pouvoir connaître la direction vers laquelle se trouve un NDB, il faut que l'aéronef soit équipé d'un ADF (Automatic Direction Finder) qui n'est autre qu'un système de réception utilisant les principes de la radiogoniométrie.

Ne pas confondre NDB (station au sol) et ADF (équipement à bord de l'aéronef)

Les avantages du NDB sont les suivants :

- **Installation et maintenance peu onéreuse**
- Son utilisation est possible à basse hauteur
- La matérialisation de la position de l'avion par rapport à la balise est simple

Les inconvénients du NDB sont les suivants :

- L'ADF est très sensible aux parasites atmosphériques tels que les orages
- Les ondes peuvent être réfléchies par le relief
- **La précision angulaire est médiocre**, de l'ordre de 5 à 10°
- Le pilote ne dispose pas d'alarme indiquant automatiquement au pilote que la réception n'est pas possible
- L'ADF peut recevoir de nuit une onde directe de surface et une onde réfléchiée par les couches ionosphériques. Dans certain cas, les interférences entre ces ondes rendent l'ADF inutilisable
- La conductibilité des ondes radio changent entre la mer et la terre. Il en résulte des déviations d'ondes et donc de direction quand l'avion est au dessus la mer

Jusqu'ici, les approches NDB étaient parfois les seuls disponibles sur beaucoup de petits aérodromes. Elles sont progressivement désinstallées au profit des approches

## 2. Station au sol (NDB)

### 2.1 Principe de fonctionnement

Il existe deux types de stations :

- Les balises NDB de faible portée que l'on appelle «**Locator**» ayant une portée de 25NM. Ces balises servent à effectuer des percées IFR et/ou à définir des circuits attentes. Leur indicatif est généralement composé de 2 lettres (*TY 320*)
- Les balises NDB à longue portée. Elles font parties, le plus souvent, des voies aériennes. Leur indicatif est en général à 3 lettres (*HOL 315*)

Les fréquences exploitées sont comprise entre 190 KHz et 1750 Khz (avec un espace libre entre 495kHz et 505kHz, afin de protéger la fréquence d'appel de détresse internationale maritime de 500kHz).

Cette longueur d'onde possède l'avantage particulier de permettre au signal de suivre la courbure terrestre et ainsi, d'offrir un rayon d'action relativement étendu. Cependant, elle est très sensible aux perturbations climatiques, ainsi qu'à l'environnement géographique. De nuit, elle est sujette à des phénomènes de propagation ionosphérique.

La porteuse est émise en continu, seulement interrompue à intervalles réguliers par l'identification en code Morse de la balise. Ceci impose alors la présence d'un oscillateur interne au récepteur ("BFO" : Beat Frequency Oscillator) qui va créer la «note» de cette identification par «battement» de phase avec la porteuse. L'identité peut aussi être transmise par un signal de 400 ou de 1020Hz modulant la porteuse en amplitude. Dans ce cas, le BFO n'est pas nécessaire à l'identification du code Morse de la balise.



Antenne NDB

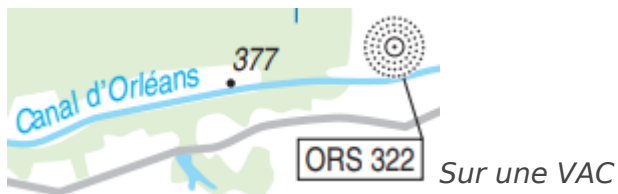
## 2.2 Représentation sur les cartes

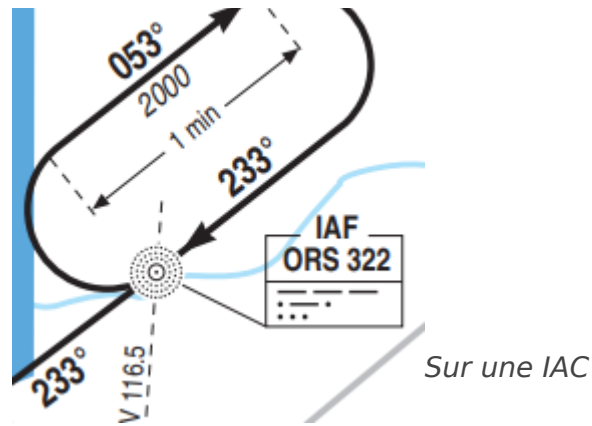
Le symbole utilisé afin de représenter un NDB sur les cartes du SIA est le suivant :



Selon les cartes, sont indiqués :

- Indicatif ;
- Fréquence ;
- Code Morse.



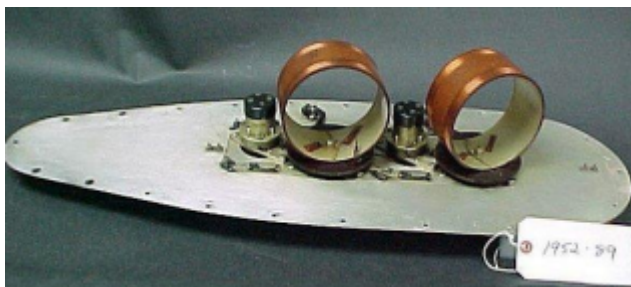


Sur une carte de navigation à l'échelle 1:500 000

### 3. Fonctionnement de la détection

Pour exploiter le signal d'un NDB, l'aéronef doit être équipé d'un récepteur ADF (Automatic Direction Finder). Le récepteur utilise deux antennes. L'une, de type « cadre » (ou loop), hautement directive, orientée par un moteur et une seconde, fixe, omnidirectionnelle et appelée « antenne de levée de doute ».

Alors qu'une antenne accordée classique utilise principalement la composante électrique, d'une onde électromagnétique, une antenne cadre sera plutôt sensible à sa composante magnétique. La réception est maximale quand les spires de l'antenne cadre sont alignées dans l'axe de direction de l'émetteur et nulle dans le plan du cadre. Un synchro-transmetteur, solidaire du cadre, transmet sa position à l'indicateur qui affiche la direction vers laquelle se trouve l'émetteur.



Antenne à double loop démontée

Les ADF modernes n'utilisent plus de cadre rotatif, mais des groupes de petits dipôles ou d'unipôles, dont on analyse la phase ou l'amplitude (les deux principes coexistent) des signaux reçus. La direction est calculée et transmise à l'indicateur par le biais de microprocesseurs. Ne plus avoir de pièces en mouvement apporte un gros avantage sur la fiabilité.

## 4. Récepteur (ADF)

### 4.1 Principe de fonctionnement

Pour exploiter le signal d'un NDB, l'aéronef doit être équipé d'un récepteur ADF (Automatic Direction Finder).

Le récepteur utilise deux antennes. L'une, de type « cadre » (ou loop), hautement directive, orientée par un moteur et une seconde, fixe, omnidirectionnelle et appelée « antenne de levée de doute ». Alors qu'une antenne "classique" utilise principalement la composante électrique d'une onde électromagnétique, une antenne cadre sera plutôt sensible à sa composante magnétique. La réception est maximale quand les spires de l'antenne cadre sont alignées dans l'axe de direction de l'émetteur et nulle dans le plan du cadre. Un synchro-transmetteur, solidaire du cadre, transmet sa position à l'indicateur qui affiche la direction vers laquelle se trouve l'émetteur.

Les ADF modernes n'utilisent plus de cadre rotatif, mais des groupes de petits dipôles ou d'uni-pôles, dont on analyse la phase ou l'amplitude des signaux reçus. La direction est calculée et transmise à l'indicateur par le biais de microprocesseurs. Ne plus avoir de pièces en mouvement apporte un avantage conséquent sur la fiabilité.

### 4.2 Instrumentation de bord

Le boîtier de commande ADF permet la mise en route, la sélection de la fréquence et des différents modes.



Relèvement magnétique : Route magnétique nécessaire pour rejoindre la station

Cap magnétique : Angle entre l'axe longitudinal de l'aéronef et le nord magnétique

Gisement : Angle que fait l'axe longitudinal de l'aéronef avec la station

Il existe plusieurs instruments permettant l'affichage, en voici quelques un :

- **Carte fixe ou «RBI» (Relative Bearing Indicator)**

L'aiguille indique le gisement, c'est-à-dire la direction de la station au sol par rapport à l'axe longitudinal de l'avion.



L'instrument est entouré d'une carte de directions magnétiques, non mobile, graduée de 0 à 359°. Pour déterminer le relèvement magnétique, il faut alors effectuer le calcul suivant : **Relèvement magnétique = cap magnétique + gisement**

- **Carte mobile ou «RMI» (Relative Magnetic Indicator)**



Afin d'éviter les calculs en vol, la carte est une rose des vents mobile et une molette (HDG) permet de faire coïncider la carte avec le cap actuel de l'aéronef. La lecture donne alors directement le relèvement magnétique de la balise au sol

- **EHSI (Electronic Horizontal Situation Indicator)**



L'ADF est inclus dans un EHSI, qui est un afficheur électronique qui permet de cumuler les réception des ILS, VOR, NDB, DME, la route suivie par l'aéronef et le cap de ce dernier.

# 5. Utilisation

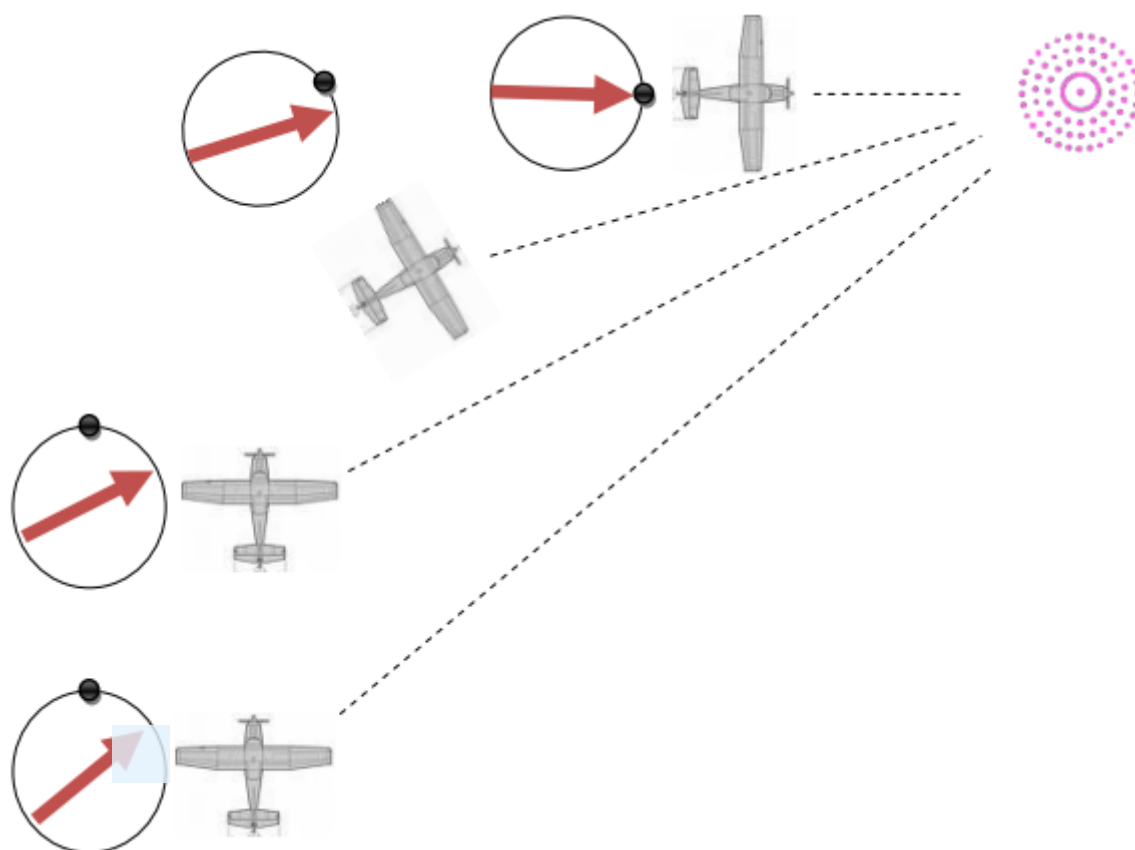
## 5.1 Positionnement

Pour utiliser un ADF afin de se diriger sur vers NDB, il faut :

- Allumer le récepteur ADF
- Régler la fréquence de l'ADF sur la fréquence du NDB choisi
- Vérifier l'identification audio de la station en écoutant de code Morse
- Ajuster le cap de l'aéronef jusqu'à ce que l'aiguille de l'ADF pointe dans la même direction

Un ADF pointe toujours en direction de la balise quelque soit le cap de l'aéronef

Le schéma suivant présente l'affichage de l'ADF tel que le pilote peut le voir en fonction de l'emplacement de l'aéronef et du NDB :



Notez que la flèche de l'ADF suit exactement la trajectoire directe vers la balise. Le point noir représente le haut de l'instrument dans le cockpit.

Lors du survol du NDB, l'aiguille de l'ADF va tout simplement pivoter d'avant vers l'arrière

## 5.2 Distance à la station

Il peut arriver qu'un NDB soit associé à un DME. Ceci est assez rare et concerne principalement les approches NDB/DME. Néanmoins il est possible de calculer la distance qui sépare l'aéronef d'un NDB.

- Placer l'aéronef à 90° avec la balise et voler dans cette direction durant quelques minutes,
- Noter le temps de vol effectué : t en minutes
- Noter le nombre de degrés d'angle franchis : N en degré

$$D \text{ (Nm)} = t \times \text{vitesse sol} / N$$

Le temps nécessaire pour rejoindre le NDB peut être calculé avec la formule suivante :

$$\text{Temps} = 60 \times t / N$$

## 5.3 Utilisation avec vent de travers

Ces opérations ne posent aucun problème quand il n'y a pas de vent ou très peu. Mais en présence de vent fort de travers, il faudra corriger la dérive. Dans ce cas, procéder comme indiqué de façon générale pour le suivi de toute radiobalise, par la méthode de la « double erreur de route », afin d'estimer et d'ajuster correctement l'angle de dérive vis à vis du vent.

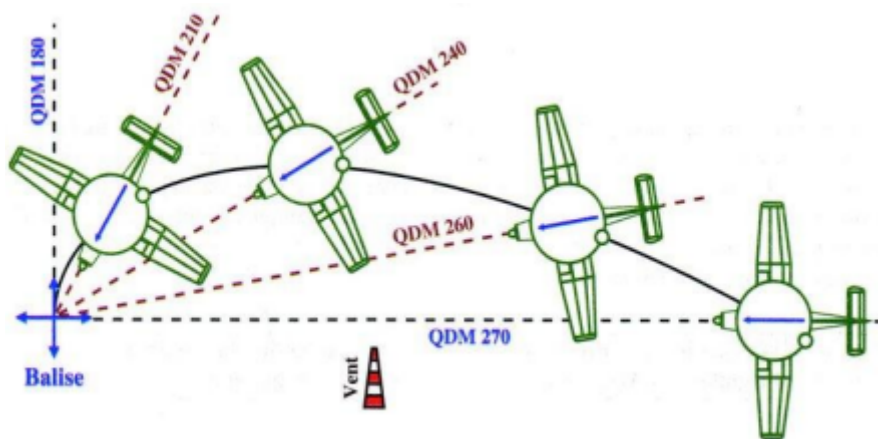
Quand le pilote s'aperçoit d'une dérive trop importante, il n'applique pas la correction de cap inverse mais une correction double de cap inverse.



Représentation graphique de la méthode de la double erreur de route



Dans le cas, où le pilote se contente de recentrer l'aiguille de l'ADF en pointant dans la direction du nez de l'avion, il va suivre une courbe en spirale que l'on appelle la « courbe du chien ».



La « courbe du chien »

Cette courbe s'éloigne de l'axe de la route initiale peu à peu pour revenir sur la balise avec un cap complètement différent. Ce genre de trajectoire est très handicapante lors d'une approche de type NDB en IFR qui permet de ne plus pouvoir continuer l'approche.

## 6. Utilisation alternative

L'ADF a certaines autres propriétés physiques dans le cadre d'une utilisation réelle non simulable sur nos simulateurs favoris.

### 6.1 Écoute de la bande grandes ondes

La bande de fréquence d'émission des NDB est la même que celle exploitée par les stations commerciales radio en « Moyennes Ondes ». On peut donc facilement pointer dans la direction d'un émetteur broadcast connu. Il suffit de régler la fréquence du récepteur de l'ADF. Ceci peut s'avérer fort utile dans certaines contrées et accessoirement, permettre d'écouter des émissions radiophoniques en vol.

### 6.2 Détection des cellules orageuses

Les décharges d'électricité statique des orages font dévier l'aiguille de l'ADF. C'est pourquoi il a été ironiquement baptisé le « stormscope du pauvre ». Et en effet, l'ADF est tout à fait en mesure d'indiquer la direction de cellules orageuses en activité. Ce n'est pas son usage premier, mais bon nombre de pilotes de petits appareils utilisent cette propriété.