

STAGES THÉORIQUES PPL

**LES INSTRUMENTS DE BORD
CONTRÔLE DU PILOTAGE ET DU GMP**

**LES INSTRUMENTS RADIO
COMMUNICATION – NAVIGATION**



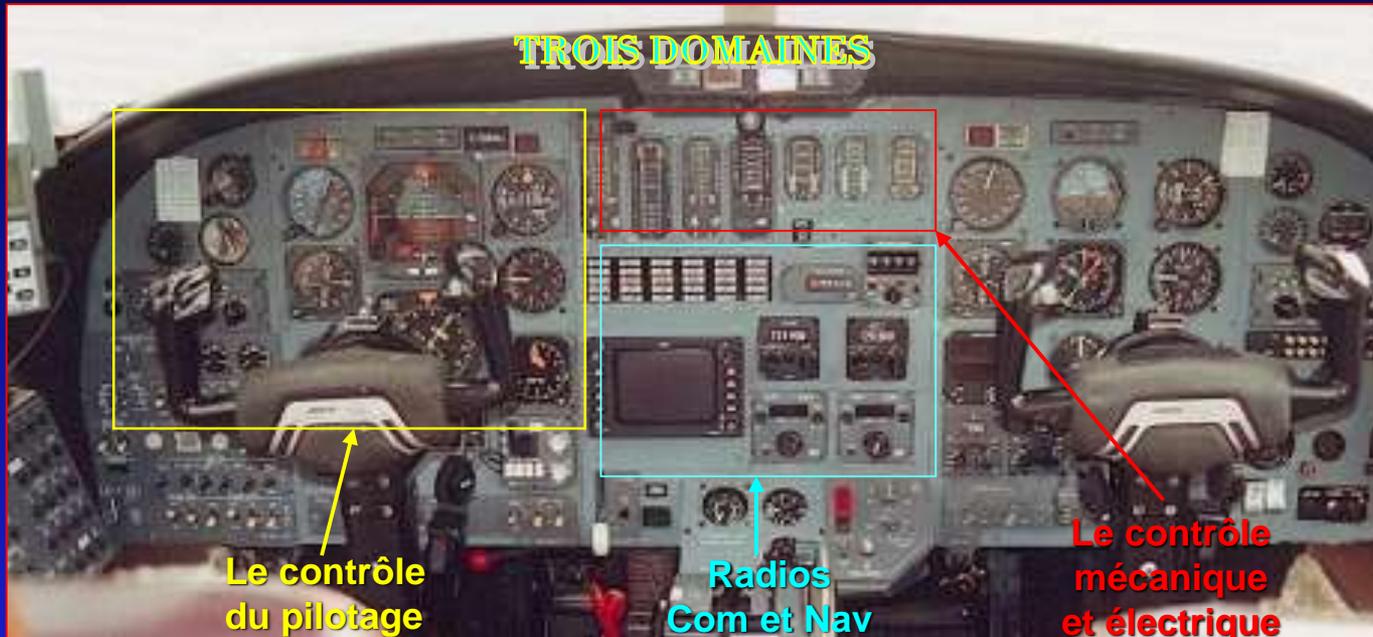


- Organisation des tableaux de bord
- Le compas et ses imperfections
- Les instruments dédiés au pilotage
- Les circuits de pression statique et totale
- L'anémomètre
- Les erreurs instrumentales de l'anémomètre
- Les vitesses caractéristiques
- L'altimètre
- L'interprétation de l'information altimétrique
- Le variomètre
- Le circuit de dépression
- Les gyroscopes
- L'horizon artificiel
- Le conservateur de cap
- Le coordinateur de virage et la bille
- Les vérifications séquentielles



LES INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

Aides à la décision et autocontrôle de l'action



Objectifs :

- faciliter l'action
- permettre un autocontrôle rapide
- accroître la réaction
- limiter l'ambiguïté
- destresser donc favoriser l'efficacité

Les points-clés de son efficacité :

- organisation structurée et banalisée
- fonds d'indicateur colorés
- utilisation séquentielle
- limitation aux informations pertinentes
- possibilité de croisement des informations

LES INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

Aides à la décision et autocontrôle de l'action



Prise en compte du facteur humain et de la relation homme-machine :

- organisation similaire sur tous les avions
 - reconnaissance de son domaine
 - réconfort moral et efficacité accrue
 - actions et réactions amplifiées
- emplacement des indicateurs identique
- fonds d'indicateur colorés



MONOMOTEUR LÉGER

LE TABLEAU DE BORD



L'auvent supérieur pilote regroupe :

- des témoins indicateurs de fonctionnement,
- la commande de la balise de détresse,
- les rhéostats d'éclairage de la planche de bord,
- les interrupteurs de feux et phares.

LE TABLEAU DE BORD



La partie gauche du tableau central regroupe les instruments de pilotage et de navigation.

LE TABLEAU DE BORD

La partie droite du tableau central regroupe les récepteurs radiocommunication, radionavigation, GPS ainsi que l'horamètre et le thermomètre extérieur.



LE TABLEAU DE BORD

La partie basse du tableau de bord regroupe les instruments et commandes relatives au fonctionnement du moteur et des circuits qui lui sont associés.



LE TABLEAU DE BORD

La console centrale située entre les deux sièges accueille les commandes d'équipements complémentaires comme le frein de parc, le levier de manœuvre des volets ou du compensateur, le sélecteur de réservoir...



LE TABLEAU DE BORD

Instruments de pilotage



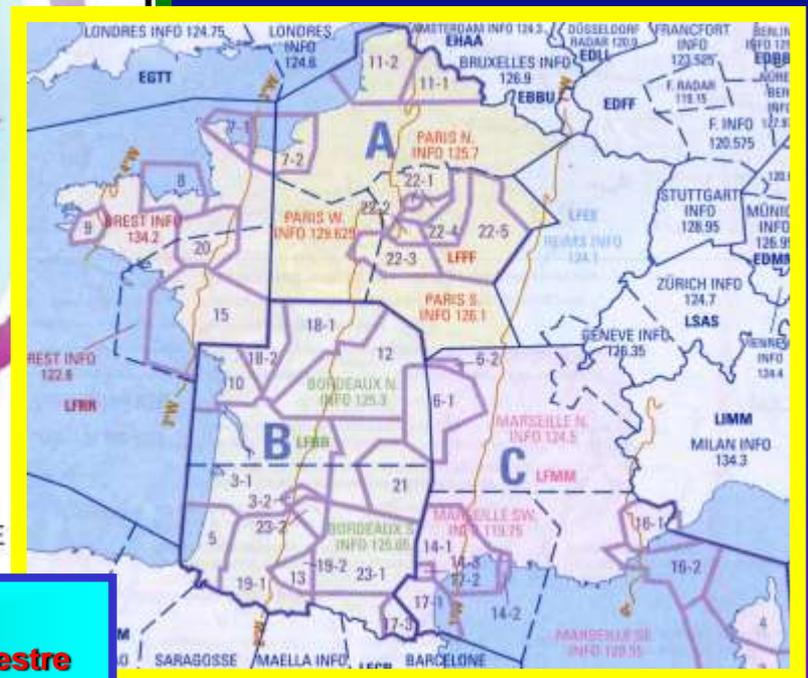
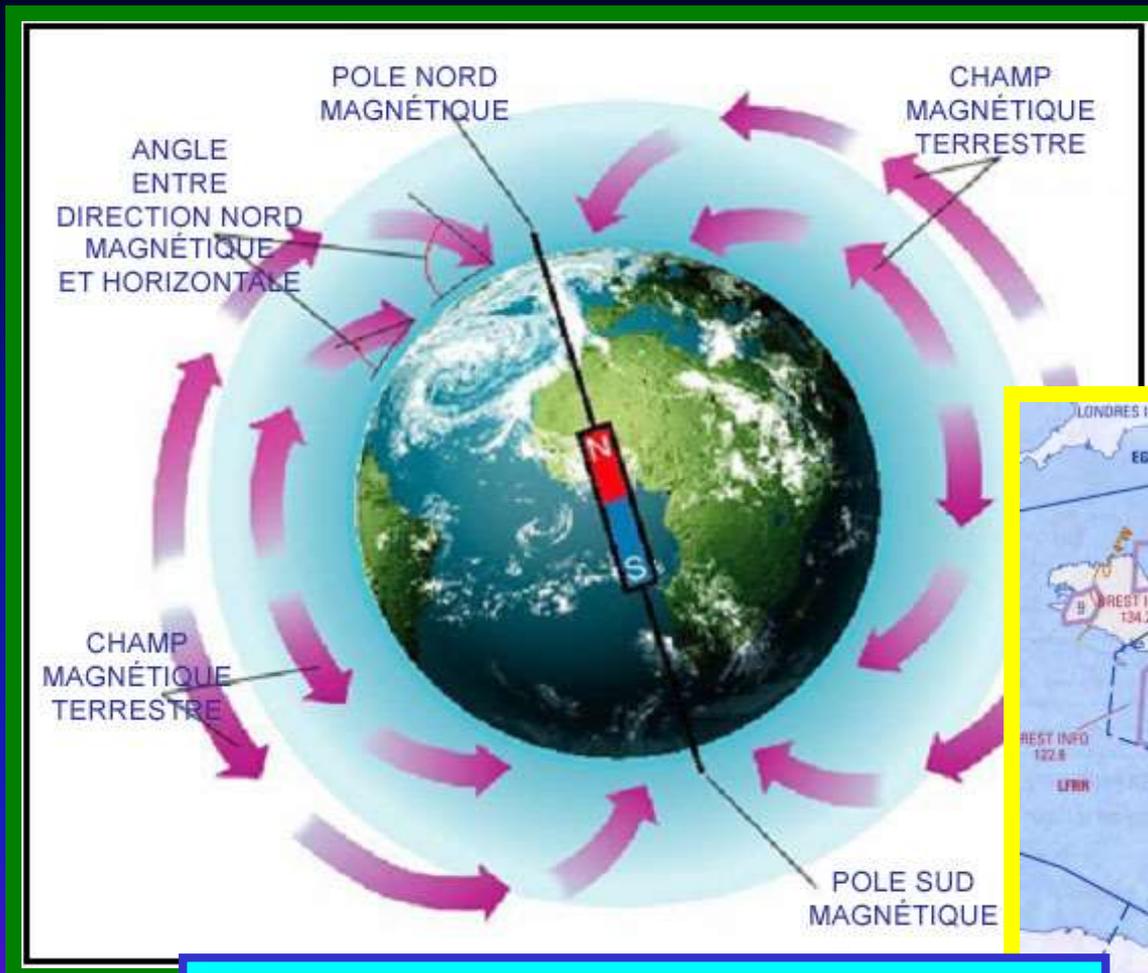
LE COMPAS



Réglage
du conservateur de cap
en fonction de l'indication
du compas



LE CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE

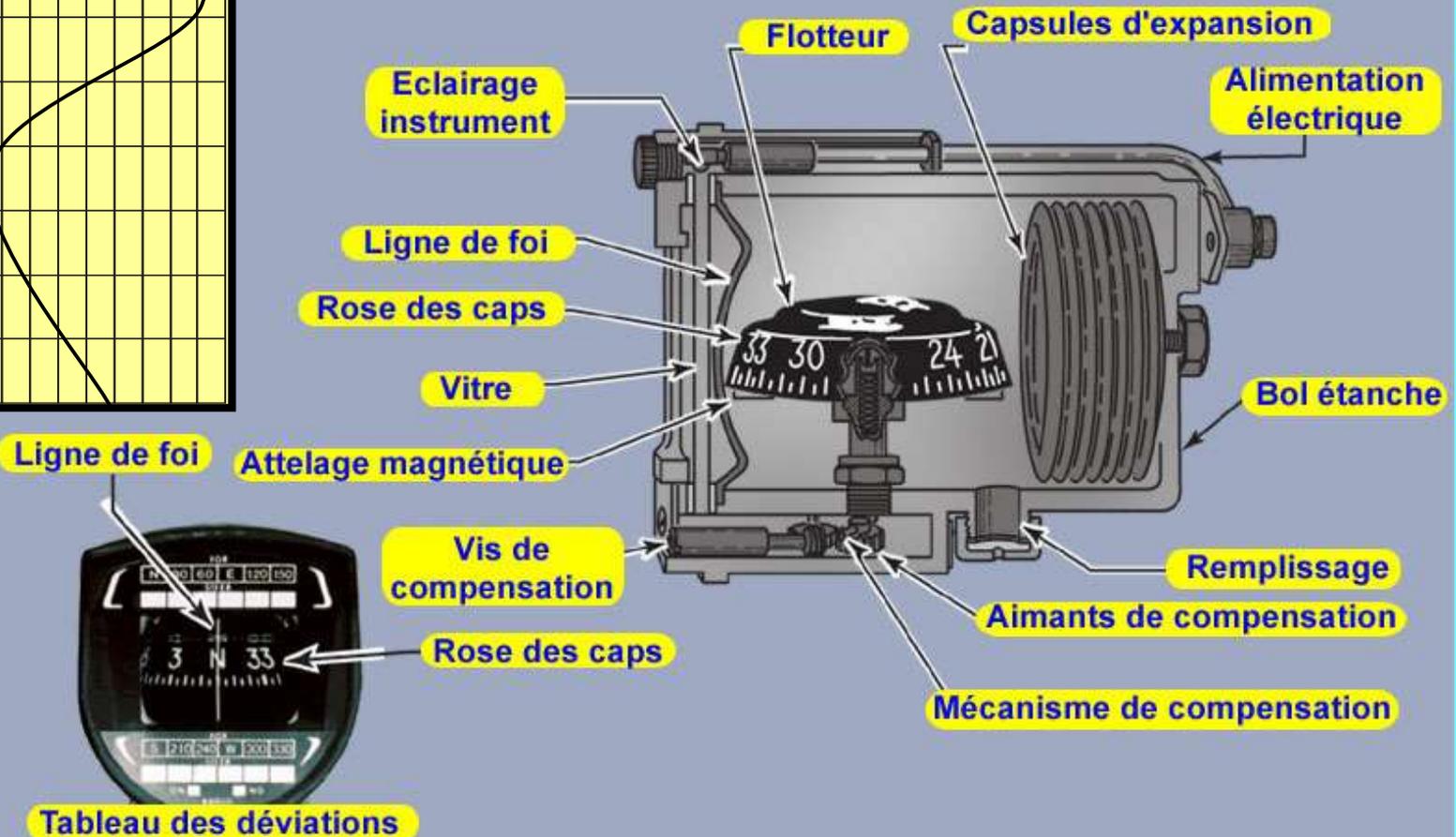
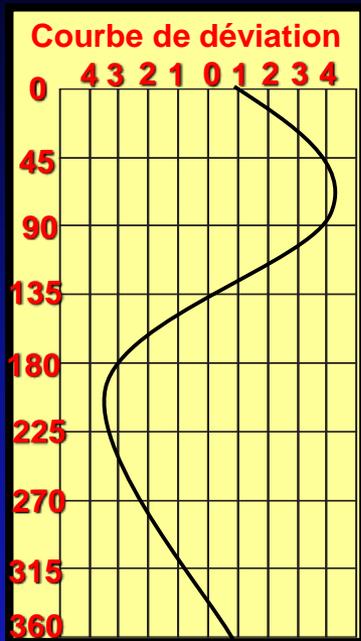


Particularités :

- **Champ magnétique non parallèle à la surface terrestre**
- **Valeur du champ magnétique terrestre variable**
- **Déclinaison magnétique variable**
(décroissance annuelle de l'ordre de 7 minutes d'angle.)

Lignes d'égal déclinaison : ISOGONES

LE COMPAS MAGNÉTIQUE



LE COMPAS MAGNÉTIQUE

PROBLEMES FONDAMENTAUX LIÉS AU FONCTIONNEMENT DU COMPAS

- Champ magnétique terrestre non parallèle à l'horizontalité (En France, inclinaison magnétique = 64 °).

Solution : Mise en place d'un contrepoids (balourd) sur le côté sud du barreau aimanté, (correspondant au Nord affiché de la rose des caps).

- Champ magnétique perturbateur à proximité du compas, influence des masses métalliques de l'avion (fers durs et fers doux) et des équipements électriques (radios, alimentation, etc).

Solution : Compensation du compas (courbe de déviation)
Blindage et position de l'appareillage électrique.

- Difficulté d'optimiser la sensibilité et le milieu turbulent ambiant

Solution : Faire évoluer l'attelage magnétique sur un pivot (sensibilité)
Amortissement du flotteur dans une enceinte remplie d'un liquide autolubrifiant, incongelable et transparent.

LE COMPAS MAGNÉTIQUE

L'ERREUR INSTRUMENTALE

Erreurs dues aux variations de vitesse longitudinales

Erreurs dues aux variations de vitesse transversales

Erreurs dues aux changements de cap et de nord

Erreurs dues aux variations de déclinaison magnétique

Erreurs dues aux champs magnétiques perturbateurs

Erreur due au phénomène de parallaxe

LE COMPAS MAGNÉTIQUE

Erreurs dues aux variations de vitesse

Le balourd entraîne
la rose vers l'arrière

Aimant
Balourd de compas

Décélération

Le balourd entraîne
la rose vers l'avant

Accélération

Vitesse
stabilisée



AU CAP EST

En accélération,
le cap compas diminue
(balourd entraîné
vers l'arrière)

AU CAP EST

En décélération,
le cap compas augmente
(balourd entraîné
vers l'avant)

AU CAP OUEST

Accélération,
cap compas augmente
Décélération
cap compas diminue

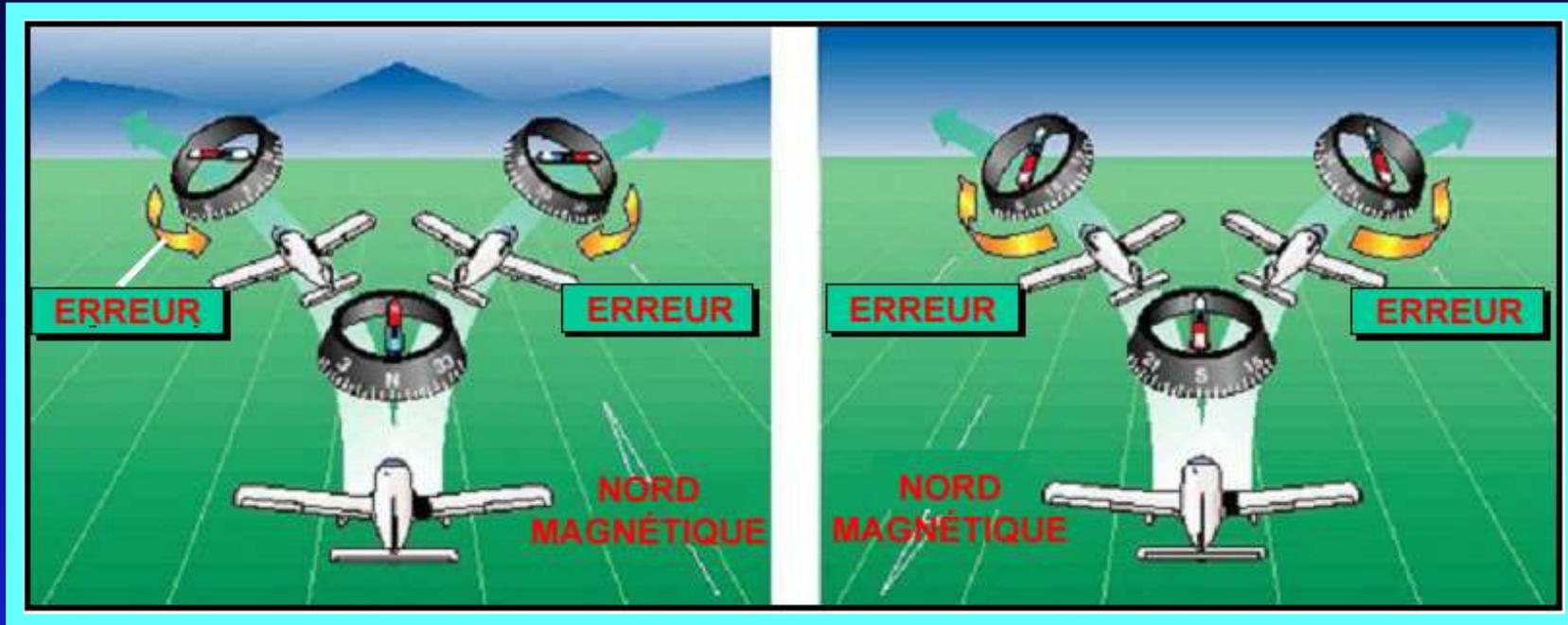
AU CAP NORD ET SUD

Pas d'altération significative
du cap compas

En variation de vitesse transversale (rafales),
on dit que la rose est paresseuse au cap nord
et nerveuse au cap sud

LE COMPAS MAGNÉTIQUE

Erreurs dues aux changements de cap et de nord



**En virage, le flotteur est soumis au problème de poids apparent.
Le plan de la rose des caps reste parallèle au plan des ailes
et le balourd est entraîné par la force centrifuge.**

**Vers le Nord
pour un virage à gauche
la rose va au-delà**

**Vers le Nord
pour un virage à droite
la rose va en deça**

**Vers le Sud
pour un virage à gauche
la rose va en deça**

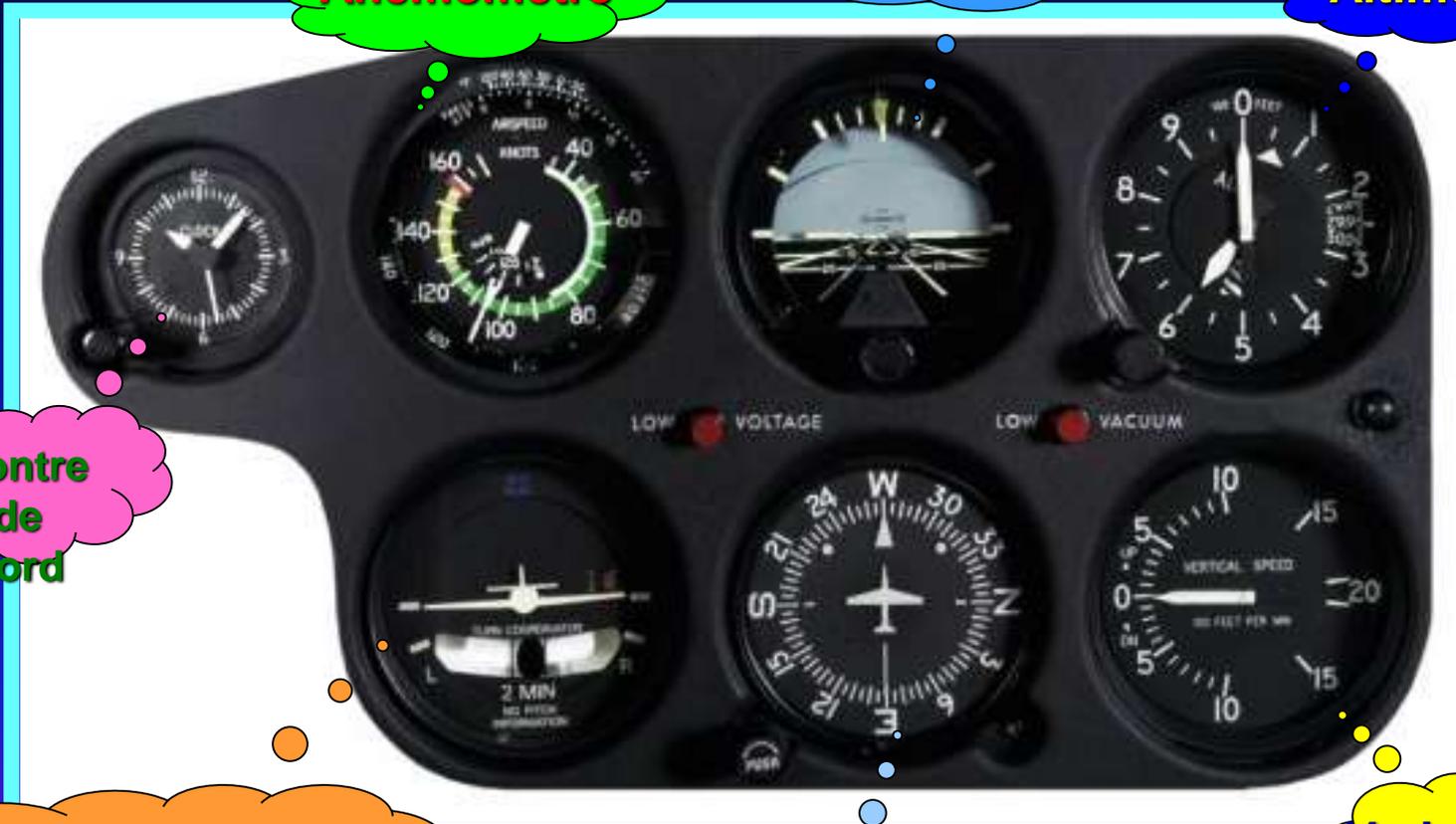
**Vers le Sud
pour un virage à droite
la rose va au delà**

LES INSTRUMENTS DÉDIÉS AU PILOTAGE

Anémomètre

Horizon artificiel

Altimètre



Montre de bord

Coordinateur de virage et Bille

Conservateur de cap

Variomètre

INSTRUMENTS ANÉMO-BAROMÉTRIQUES

Ils utilisent les propriétés liées à la pression de l'air.

Une sonde (appelée tube Pitot) disposée sur l'avant du fuselage ou de la voilure permet de mesurer une pression totale à un endroit où l'écoulement de l'air autour de l'avion est arrêté.

Des prises disposées dans des orifices sur le fuselage de l'avion permettent de mesurer une pression statique à un endroit où l'air a une vitesse nulle.

La vitesse de l'avion par rapport au vent relatif peut alors être déduite de la différence entre pression totale et pression statique.

TROIS PRINCIPAUX INSTRUMENTS UTILISENT CES PROPRIÉTÉS



ANÉMOMÈTRE

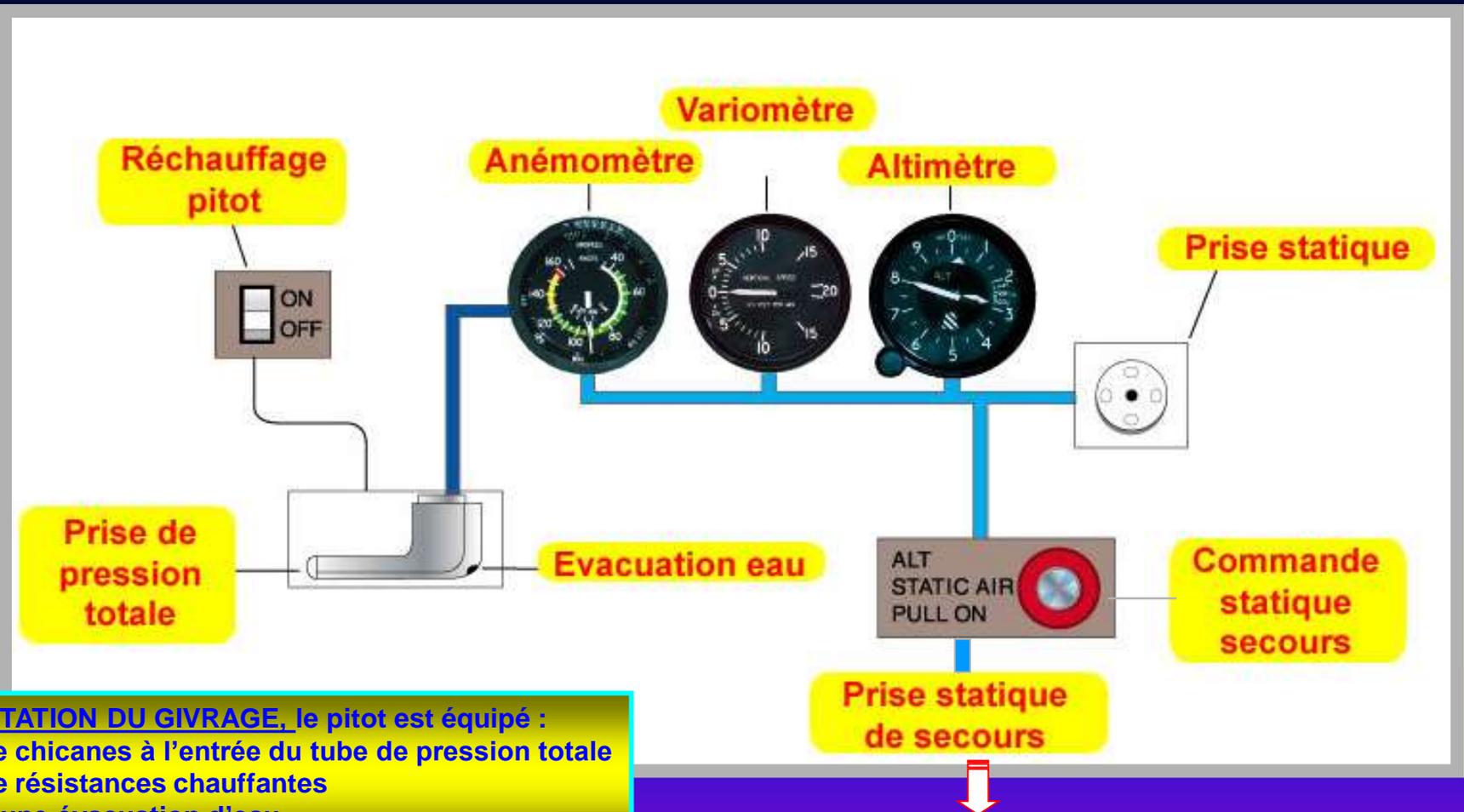


ALTIMÈTRE



VARIOMÈTRE

CIRCUITS DE PRESSION STATIQUE ET TOTALE



LIMITATION DU GIVRAGE, le pitot est équipé :

- de chicanes à l'entrée du tube de pression totale
- de résistances chauffantes
- d'une évacuation d'eau

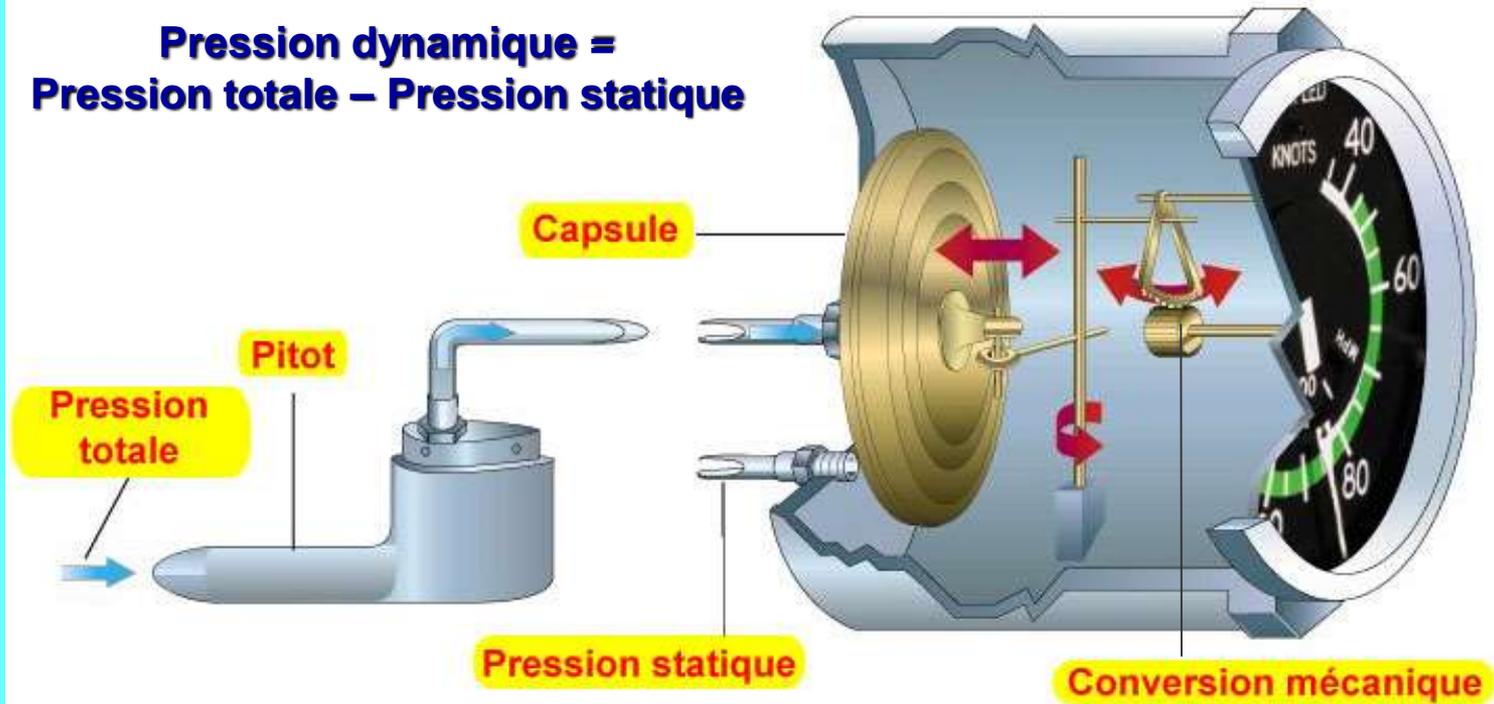
L'utilisation du statique de secours entraîne (cabine en surpression) :

- Indication alti plus faible que réelle
- Indication vario accuse momentanément une amorce de descente
- Indication badin plus faible que réelle

L'ANÉMOMETRE

FONCTIONNEMENT BASÉ SUR LA MESURE
D'UNE DIFFÉRENCE DE PRESSION CONVERTIE EN VITESSE

**Pression dynamique =
Pression totale – Pression statique**



CONVERSION DE PRESSION EN VITESSE

jusqu'à 500 km/h : Loi de Bernoulli

Domaine compressible : Loi de Saint Venant

En supersonique : Loi de Rayleigh

L'ANÉMOMETRE

Index de pression / température

VNE

VNO

Réglage
de la compensation d'erreur
température / pression



VSO

VS

Vitesse indiquée (IAS)

VFE

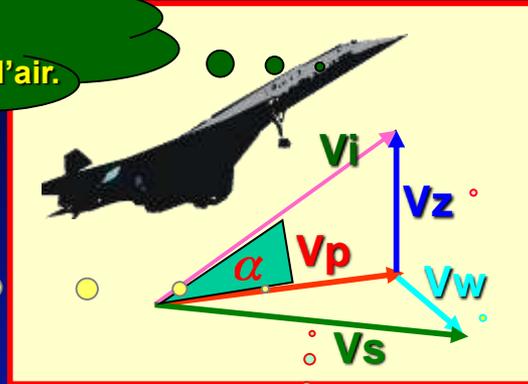
Vitesse
vraie (TAS)



VITESSES CARACTÉRISTIQUES

V_i = vitesse aérodynamique de l'avion par rapport à la masse d'air.

V_p = vitesse horizontale de l'avion



V_z = vitesse verticale de l'avion

V_w = vitesse du vent

V_s = vitesse sol

De l'information lue
à l'information réelle...
MÉMO = ICE Tea

VI Vitesse indiquée
IAS Indicated Air Speed

Correction
d'installation
(1 à 2 Kt)

VC Vitesse conventionnelle
CAS Calibrated Air Speed

Correction de
compressibilité
($V > 250$ Kt)

EV Equivalent de vitesse
EAS Equivalent Air Speed

Vv Vitesse vraie
TAS True Air Speed

Correction
de densité
(1% par 600 ft
1% par 5°C)

Vp Vitesse propre

Correction
de pente
($V_p = V_v \cdot \cos \alpha$)



VITESSES CARACTÉRISTIQUES

ANÉMOMÈTRE AVEC CORRECTION MANUELLE DE LA VITESSE INDIQUÉE EN VITESSE VRAIE (TAS)



Exemple :

Vol à 6000 ft ,

Tempé ext = + 25°C, $V_i = 175$ MPH

Le calcul de la vitesse vraie donnerait :
CORRECTION DÙE A LA DENSITÉ

1% / 600 ft donc pour 6000 ft = $6000/600 = 10\%$

CORRECTION DÙE A LA TEMPÉRATURE

1% par 5° C de différence

Tempé standard à 6000 ft = $+ 15° - (2° \times 6) = + 3°$ C

Tempé ext (OAT) = + 26°C,

Différence de tempé = $26 - 3 = 23°$ C (soit 25° environ)

Correction tempé = $25 / 5 = 5 \%$.

La vitesse vraie (TAS) = $175 + (10\%) + (5\%) = 202$ MPH

Corrections

+ 1% par 600 ft

+ 1% par 5°(standard)

Le simple réglage par la molette de l'arc blanc supérieur (mettre le 6 de l'altitude en face de +26 la tempé extérieure) indique directement la vitesse vraie dans l'arc blanc inférieur soit : 202 MPH, alors que la vitesse non corrigée $V_i = 175$ MPH. Précision : ces corrections de vitesse sont valables en Kt, MPH ou km/h.



VITESSES CARACTÉRISTIQUES

VNE Vitesse maxi à ne jamais dépasser

VNO Vitesse maxi en air turbulent

VFE Vitesse maxi volets tous sortis

VS Vitesse de décrochage avion lisse

VSO Vitesse de décro config atterrissage

V1 Vitesse de décision

V2 Vitesse de sécurité au décollage

VMC Vitesse minimum de contrôle

Vx Vitesse de meilleure pente de montée

Vy Vitesse de meilleure taux de montée

Vz Vitesse verticale de montée

VA Vitesse de calcul en manoeuvre

VB Vitesse de calcul en air turbulent

VC Vitesse de calcul en piqué

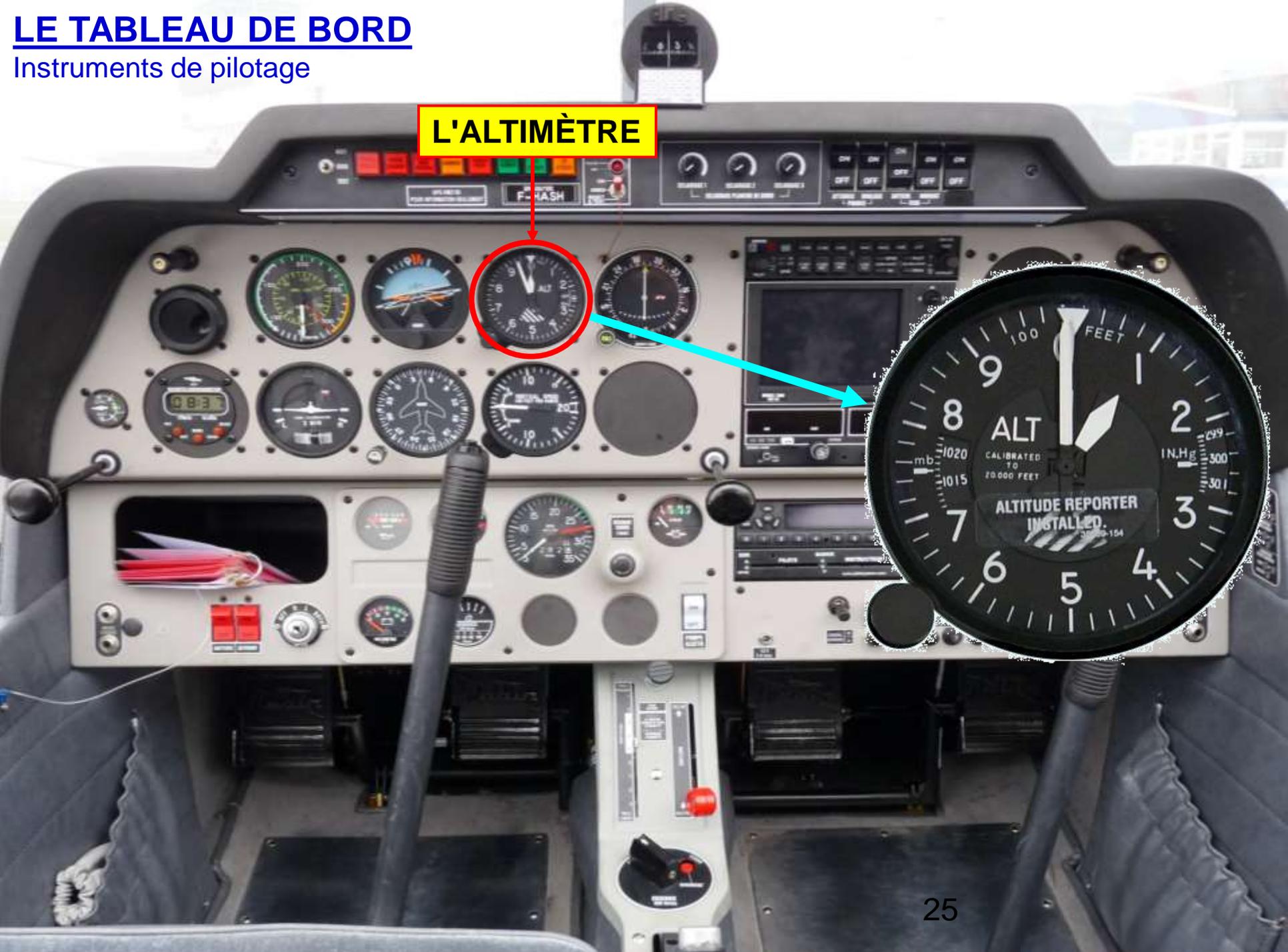
VLE Vitesse maxi train sorti

VLO Vitesse maxi de sortie du train

LE TABLEAU DE BORD

Instruments de pilotage

L'ALTIMÈTRE



L'ALTIMETRE

L'altimètre est un baromètre gradué en mesure de distance.



Aiguille des
dizaines
de milliers
de pieds

Aiguille des
milliers
de pieds

Aiguille des
centaines
de pieds

Molette de
réglage de
la référence

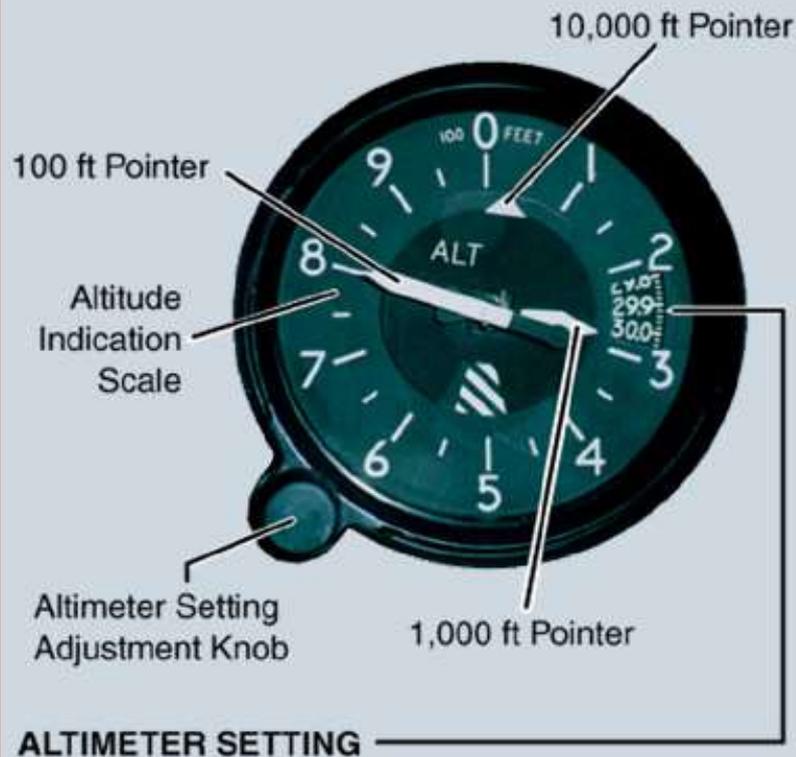
Témoin
altitude
< 10000 ft

Pression de référence
29,92 In Hg = 1013 hPa

La référence de mesure est réglable (calage altimétrique) et peut prendre par exemple comme point de référence :

- la pression standard
- la pression au niveau de la mer
- la pression au sol.

L'ALTIMETRE

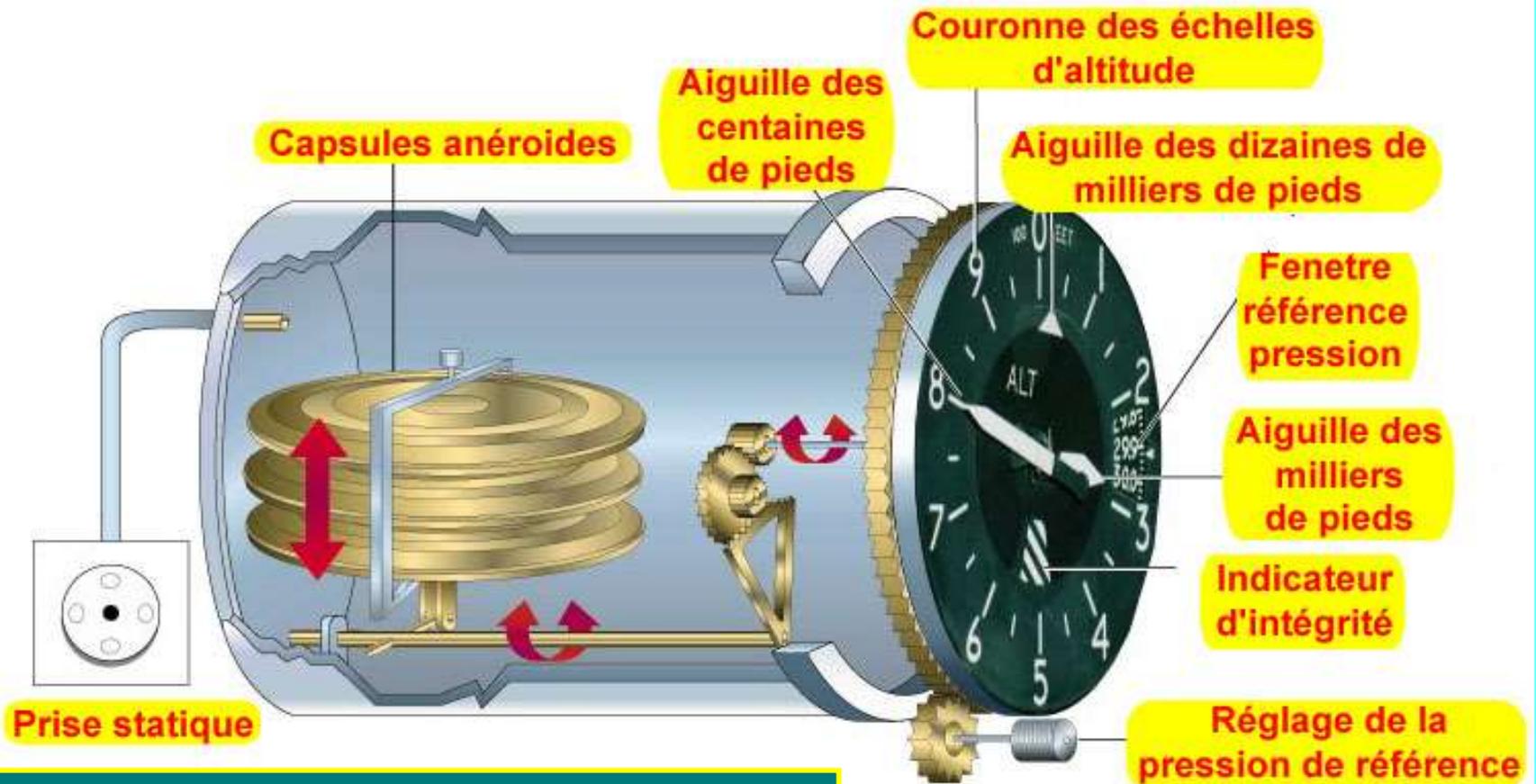


Altimètre à 3 aiguilles

Altimètre à tambour



L'ALTIMETRE



IMPERFECTIONS DE L'ALTIMETRE :

- Erreurs instrumentales (hystérésis, mobilité, justesse, ...)
- Erreurs dues aux conditions extérieures (pression, tempé)
- Erreurs de statique (choix de la position de la prise, ...).

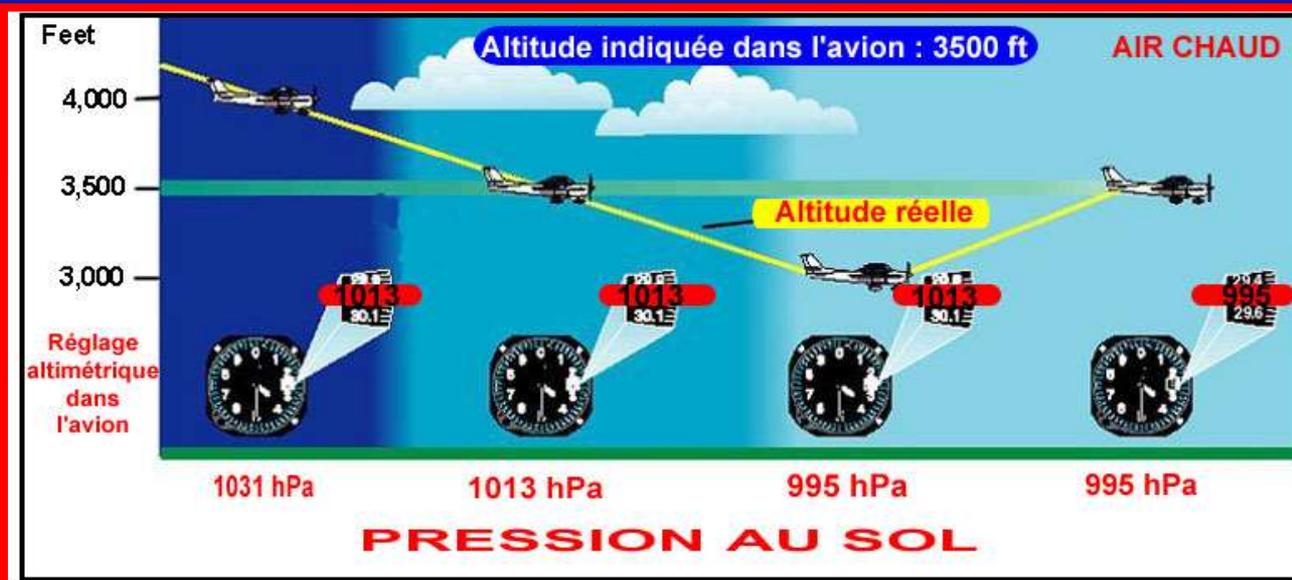
L'ALTIMETRE

IMPERFECTIONS DE L'INSTRUMENT



TEMPÉRATURE

Plus froid = plus bas

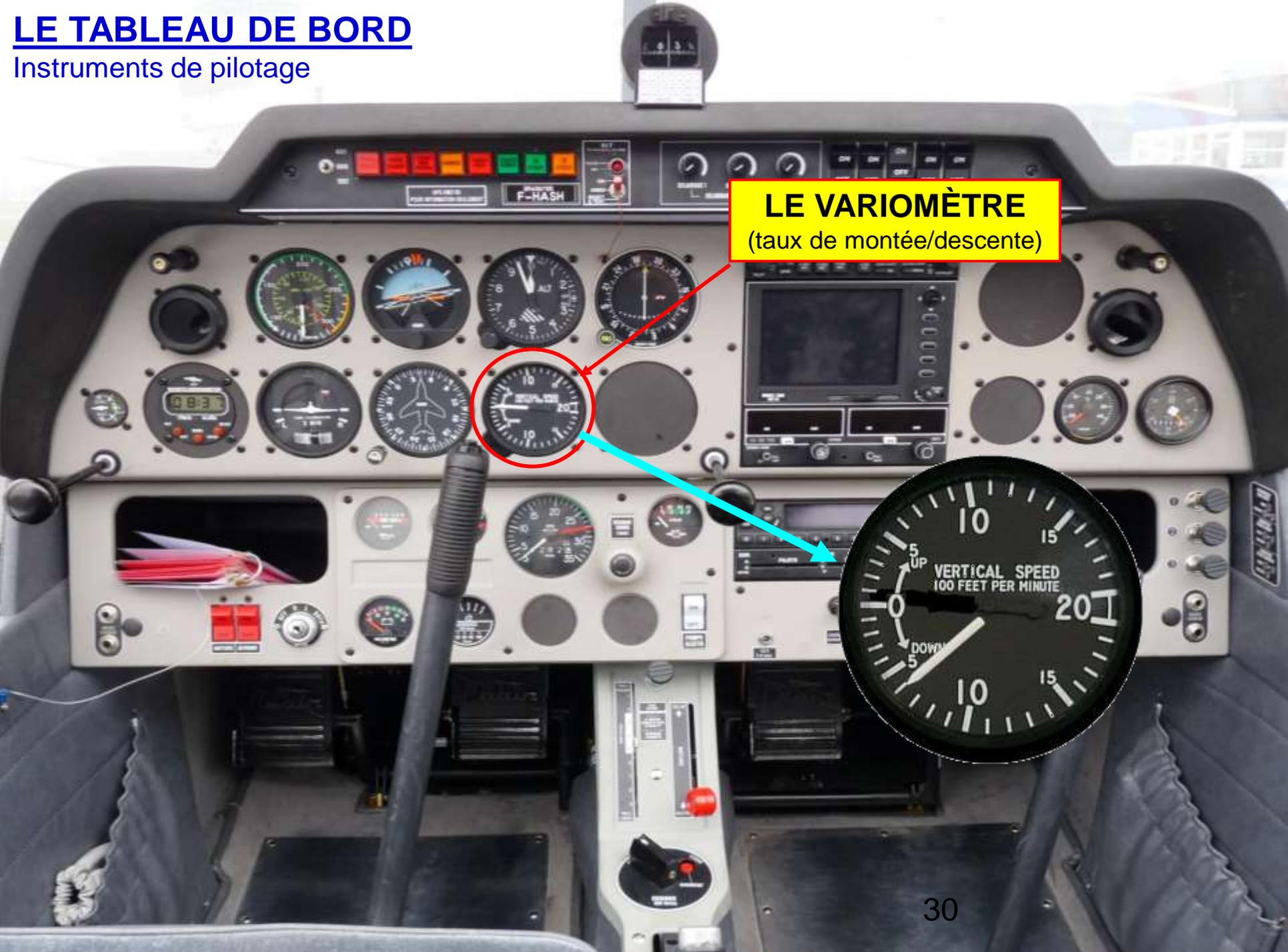


PRESSION

Plus faible = plus bas

LE TABLEAU DE BORD

Instruments de pilotage



LE VARIOMÈTRE
(taux de montée/descente)



LE VARIOMETRE



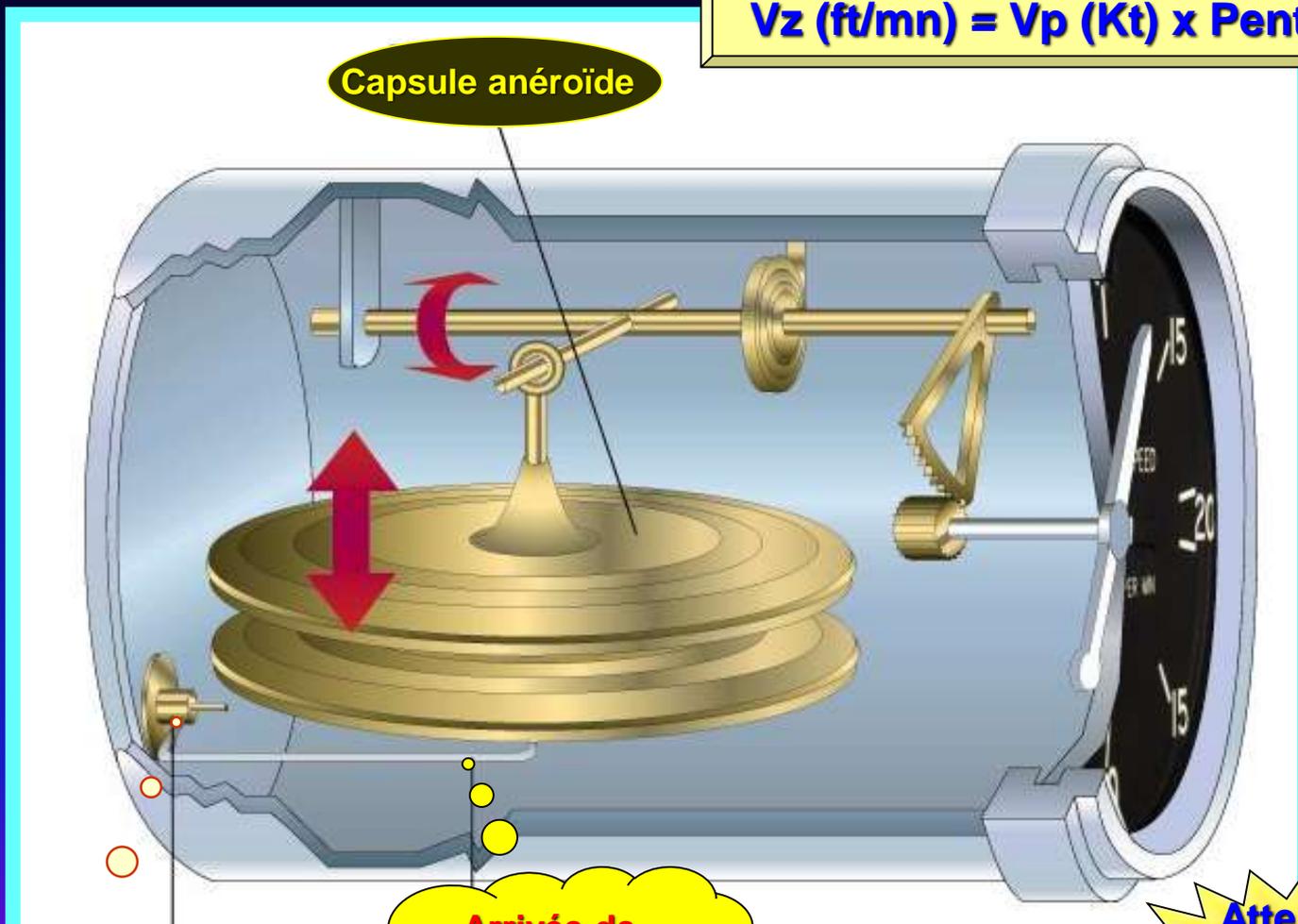
**A haute altitude,
le variomètre
est très imprécis.
Il ne doit avoir que
la valeur d'un
indicateur de tendance**

**Les échelles de lecture
peuvent être
linéaires ou dilatées
aux basses valeurs
de la vitesse verticale.**

Généralement en centaines de pieds par minute
Pour les planeurs, existe en mètres par seconde
1 mètre par seconde = 200 feet par minute

LE VARIOMETRE

$$V_z \text{ (ft/mn)} = V_p \text{ (Kt)} \times \text{Pente en \%}$$



Orifice
capillaire
d'équilibration

Arrivée de
la pression
statique

Attention
INFORMATION
affichée avec
retard

LES INSTRUMENTS GYROSCOPIQUES

Principe : solide de révolution animé d'un mouvement de rotation rapide autour de son axe de symétrie

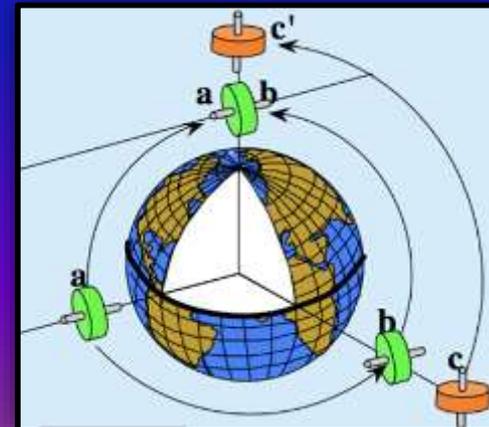
La principale propriété d'un gyroscope en rotation, soumis à aucune force perpendiculaire sur son axe de rotation, est sa **FIXITÉ DANS L'ESPACE ABSOLU**.



La propriété de fixité des gyroscopes permet de les utiliser comme des plateformes de référence stables, à bord des avions.

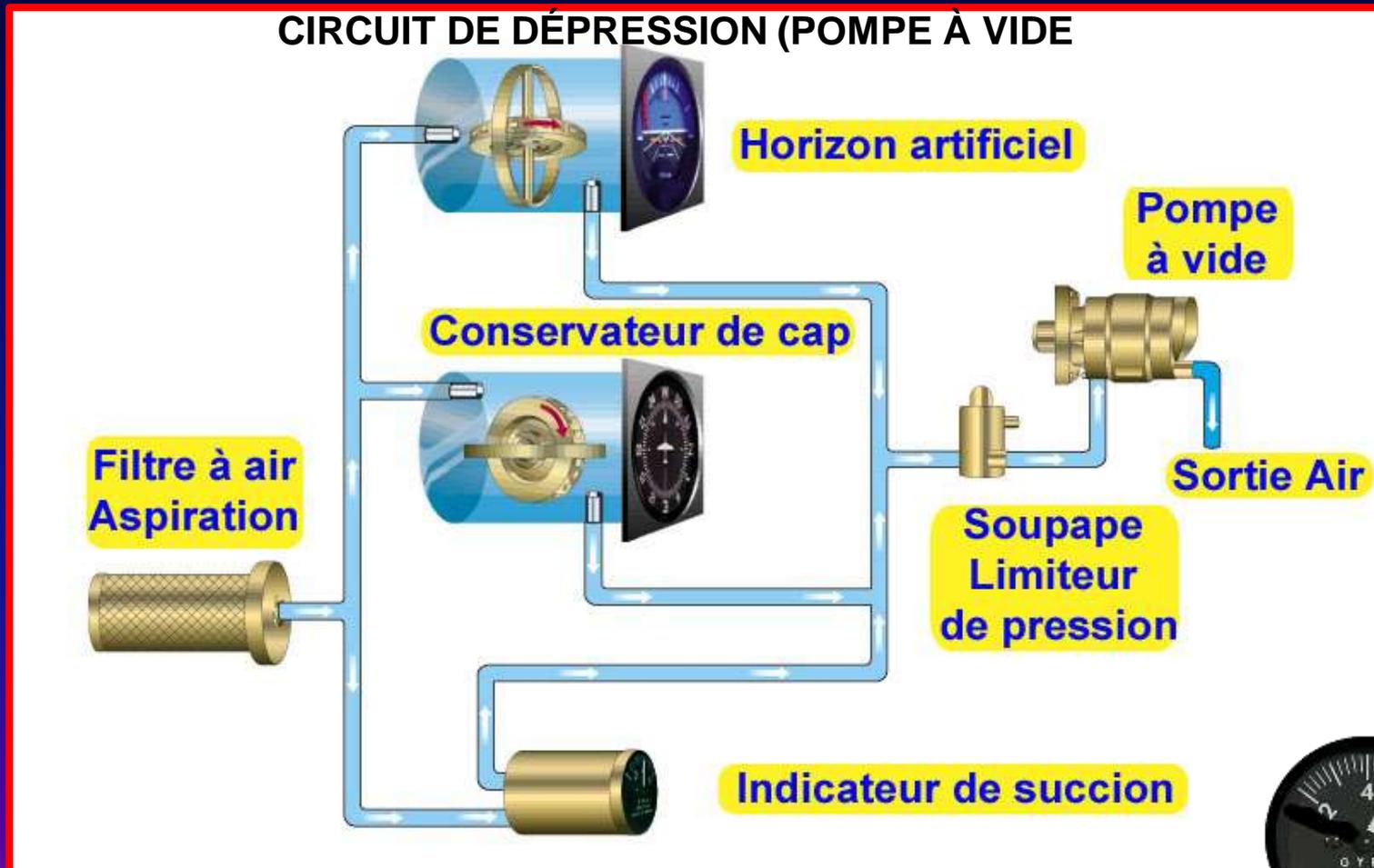
Trois types d'instrument utilisent cette propriété depuis longtemps :
Propriété du gyroscope développée par Léon FOUCAULT dès 1852

- Conservateur de Cap : 1908 (E.A.Sperry)
- Indicateur de virage : 1922 (R.Badin)
- Horizon artificiel gyroscopique : 1933.



LES SOURCES D'ÉNERGIE DES GYROSCOPES

Pour faire tourner ces gyroscopes deux solutions :
soit par flux d'air sur des ailettes ou turbines, soit par moteur électrique.

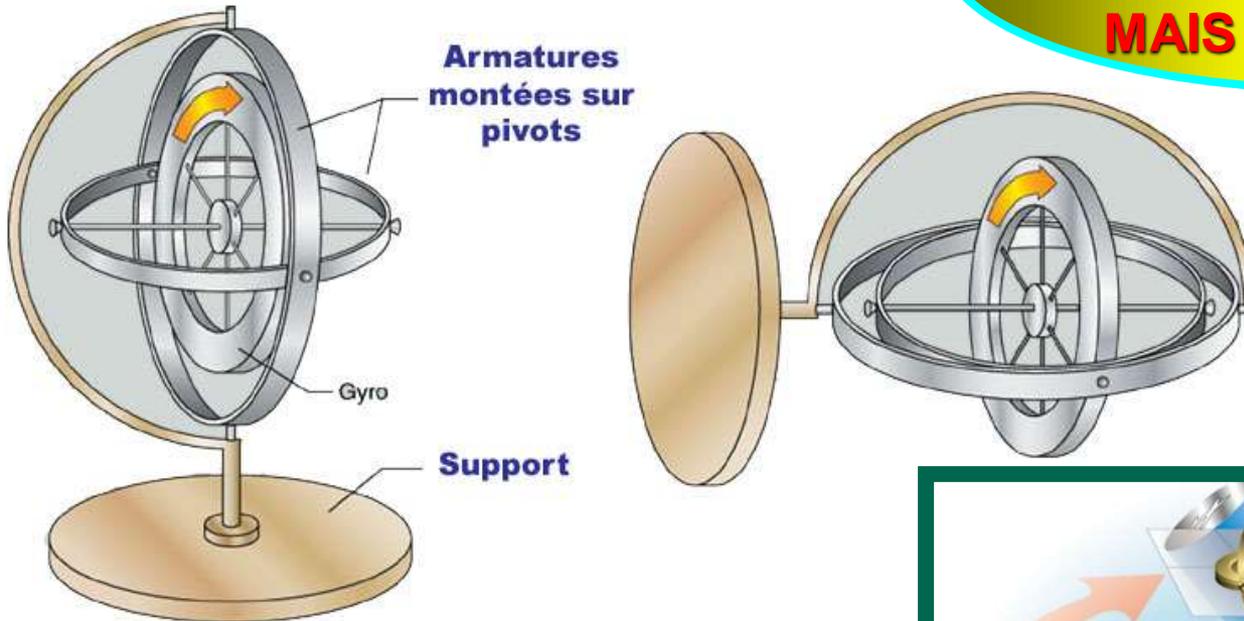


Ordre de grandeur de la dépression 4,6 à 5,4 In Hg



LES GYROSCOPES

Propriétés principales :
FIXITÉ DANS L'ESPACE
MAIS PRÉCESSION

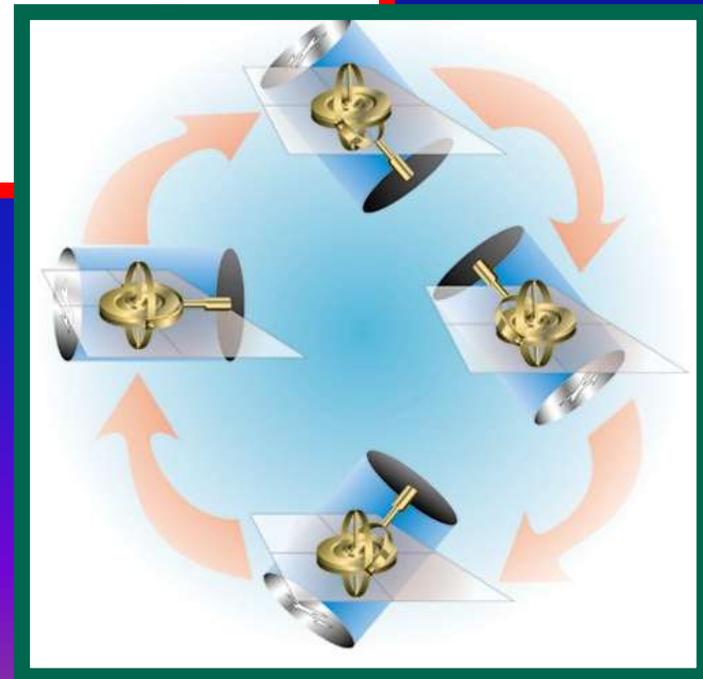


PRÉCESSION

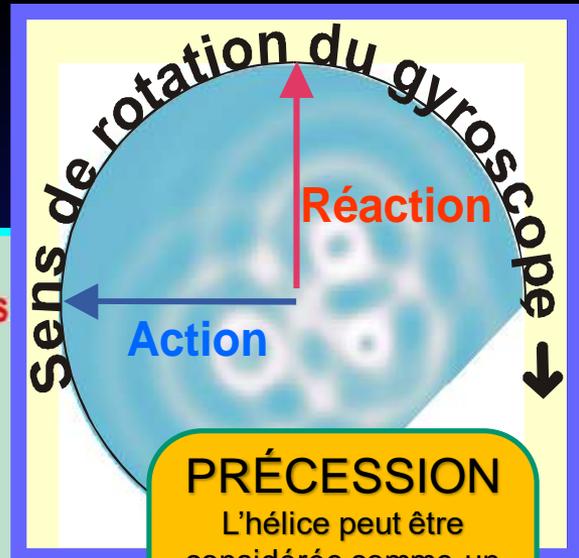
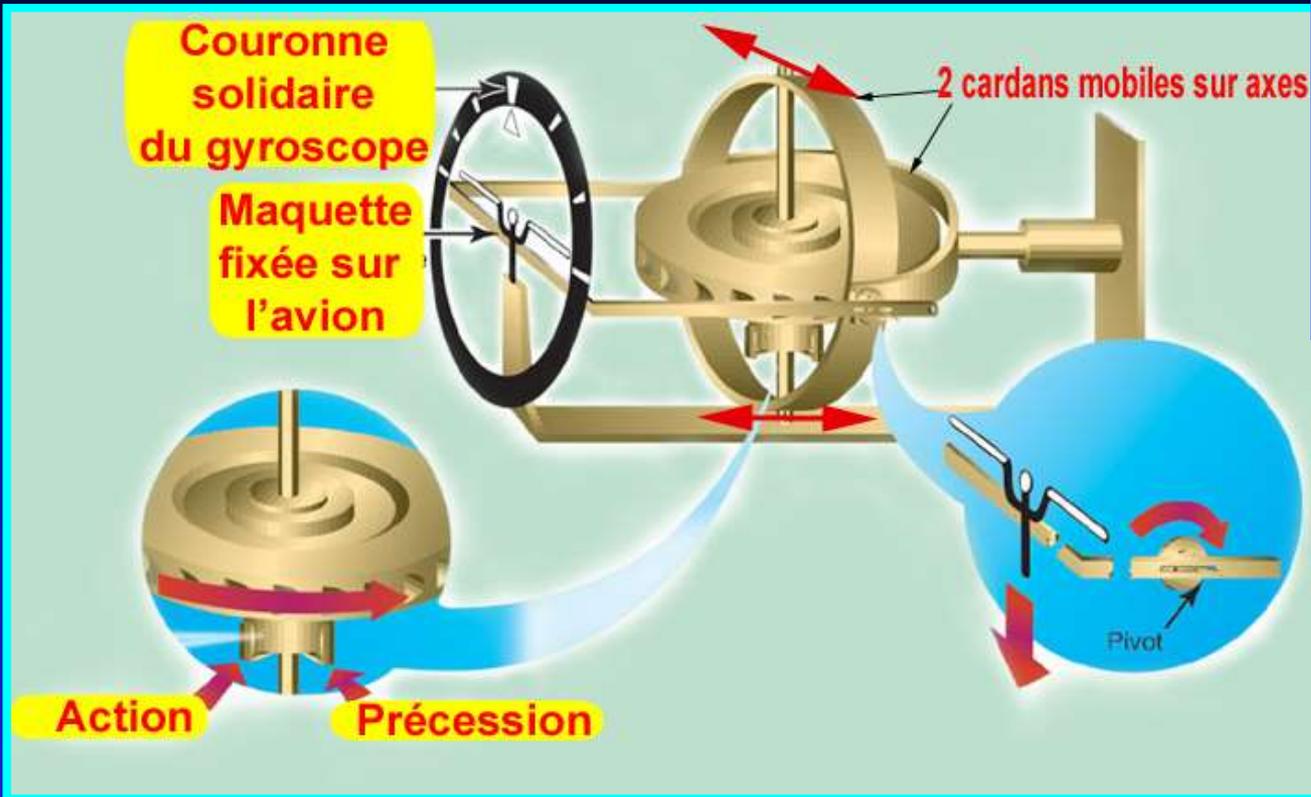
Effet secondaire du gyroscope lorsque l'on exerce une force sur l'axe de rotation. Perpendiculaire à cette force et dans le sens de la rotation.

QUALITÉ D'UN GYROSCOPE

- Grand moment cinétique, donc
- vitesse de rotation importante ;
 - masse élevée répartie le plus loin de l'axe de rotation.

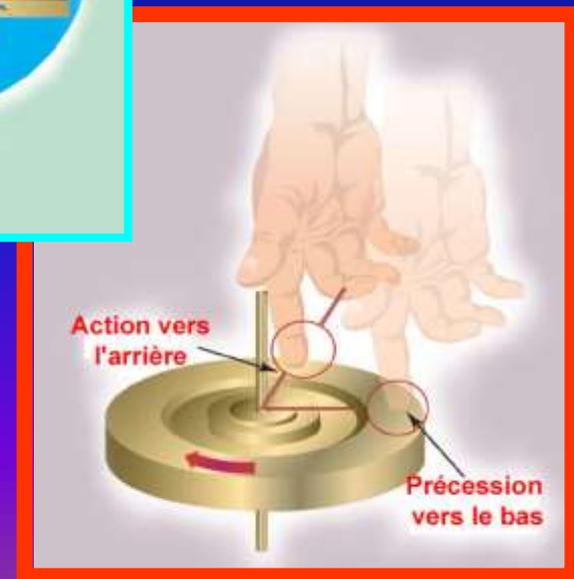


LES GYROSCOPES



PRÉCESSION

L'hélice peut être considérée comme un GYROSCOPE.
Virage par la gauche implique une force de cabrage.



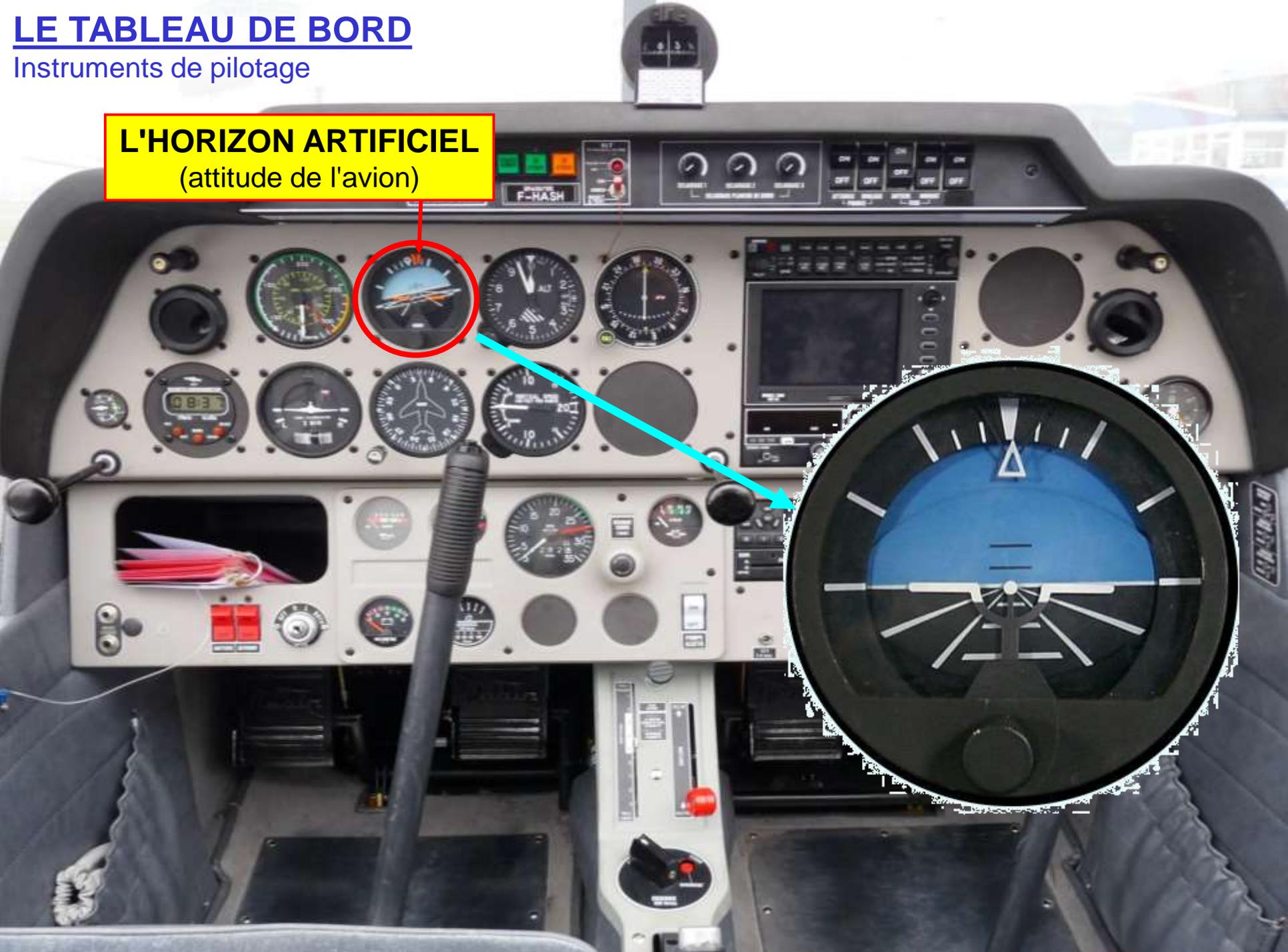
VITESSE DE ROTATION DES GYROSCOPES

- 12 000 tours par minute (flux d'air en dépression)
- 24 000 tours par minute (moteur électrique)

LE TABLEAU DE BORD

Instruments de pilotage

L'HORIZON ARTIFICIEL
(attitude de l'avion)



L'HORIZON ARTIFICIEL

MESURES D'INCLINAISON

- 10° droite
- 20° gauche
- 30° gauche



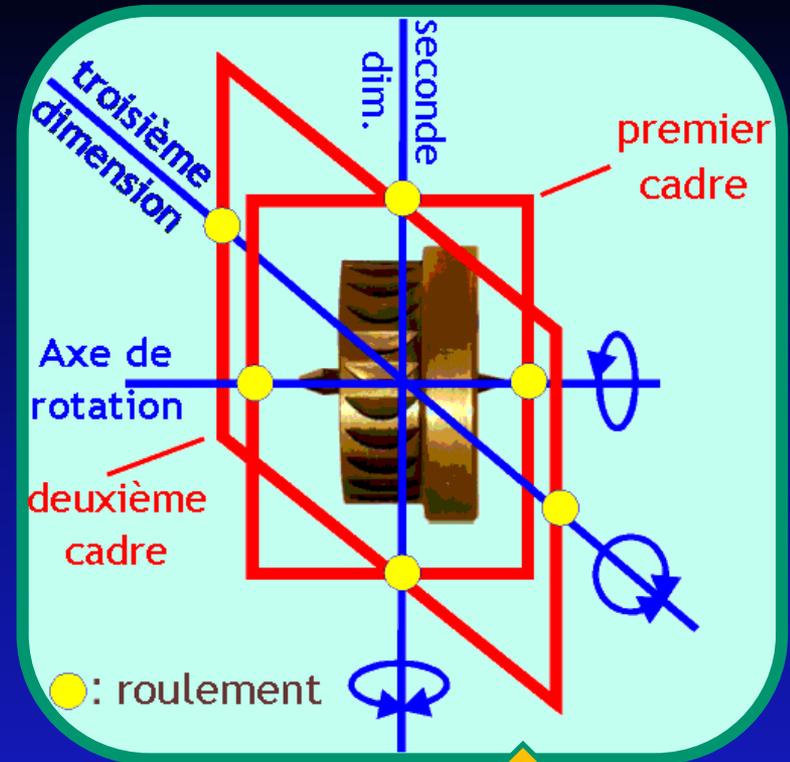
Inclinaison nulle

Indication de l'assiette

- assiette à "cabrer"
- assiette à "piquer"

Réglage maquette

Gyroscope à 2 degrés de liberté



TOUTE MODIFICATION (tangage, roulis ou lacet) implique par précession une interaction sur le gyroscope.

L'HORIZON ARTIFICIEL



BILLE

HORIZON ARTIFICIEL

ALTIMETRE

VARIOMETRE

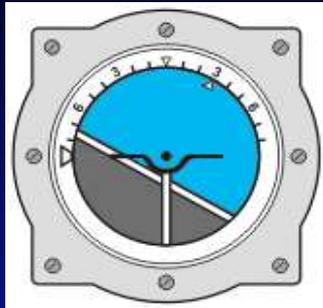
ANÉMOMÈTRE

NAVIGATION

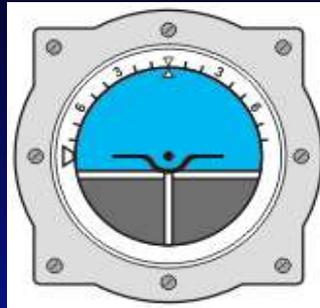
ECRAN EFIS

CONSERVATEUR DE CAP

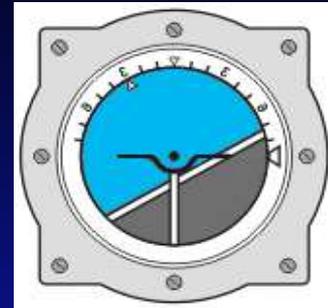
L'HORIZON ARTIFICIEL



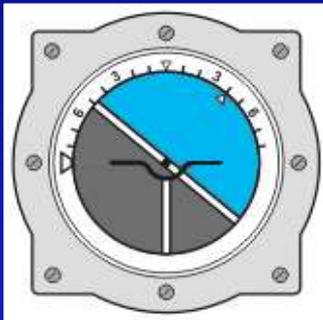
Montée Virage Gauche



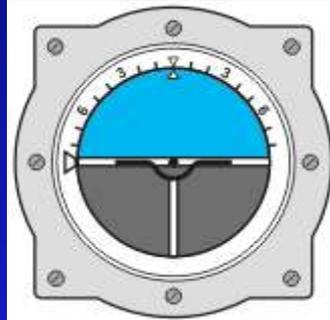
Montée Incli nulle



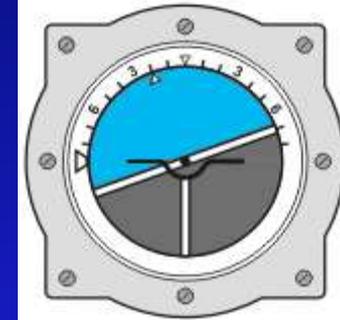
Montée Virage Droite



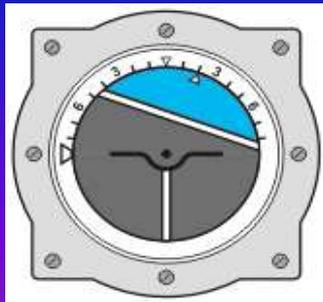
Palier Virage Gauche



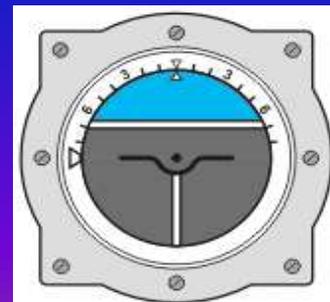
Palier Incli nulle



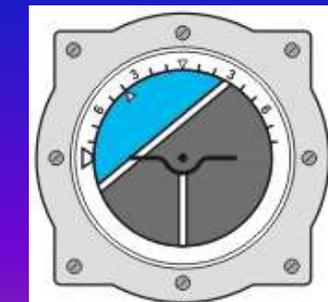
Palier Virage Droite



Descente Virage Gauche



Descente Incli nulle



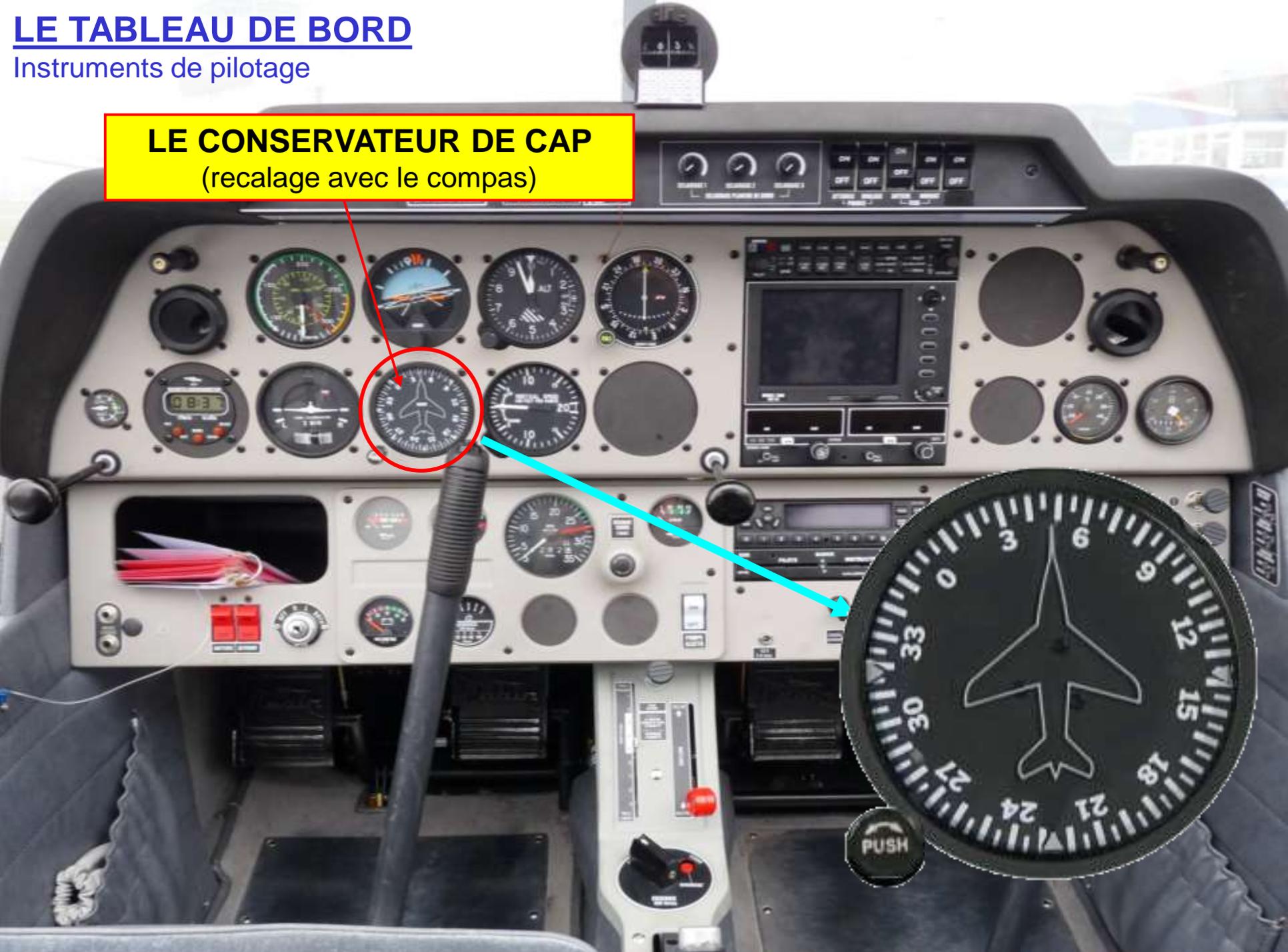
Descente Virage Droite

LE TABLEAU DE BORD

Instruments de pilotage

LE CONSERVATEUR DE CAP

(recalage avec le compas)



LE CONSERVATEUR DE CAP

INFO DONNÉE PAR LE GYRO DIRECTIONNEL : LA MESURE D'UN ANGLE .

EN DÉBUT DE VOL IL EST NÉCESSAIRE DE RECALER LE CONSERVATEUR DE CAP PAR RÉFÉRENCE AVEC LE COMPAS OU UN AXE CONNU (AXE DE PISTE). UN RECALAGE FRÉQUENT EST NÉCESSAIRE.

POUR FACILITÉ DE LECTURE :

suppression des unités

- Une grande graduation remplace le 0

- Une petite graduation remplace le 5

Donc → 6 lu correspond au cap 060°

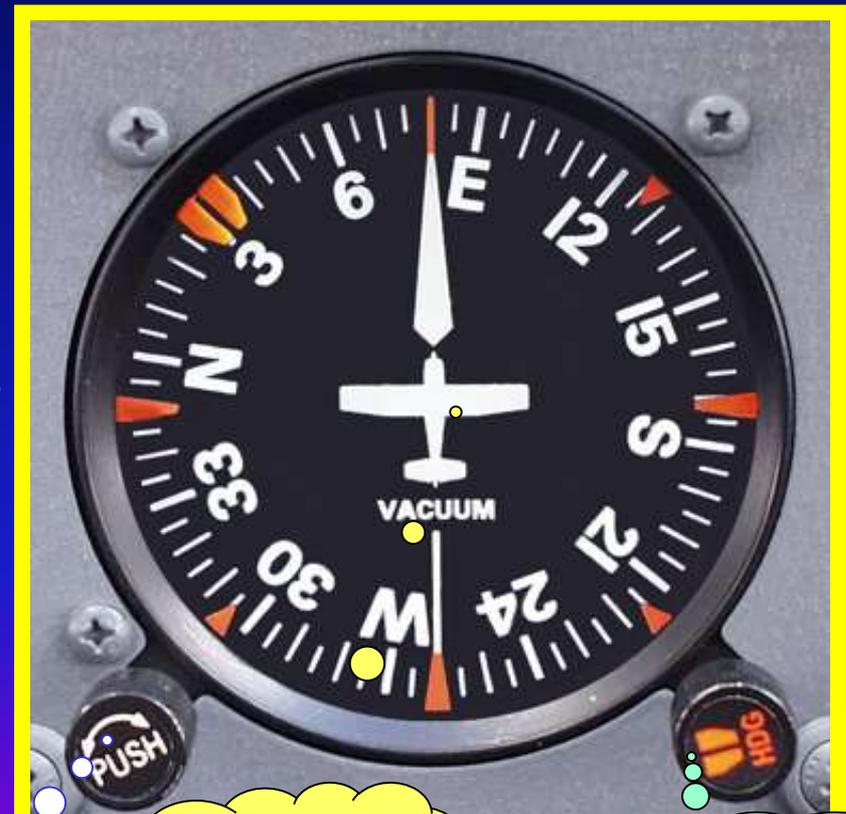
→ 33 lu correspond au cap 330°

Le GYROSCOPE SE DÉCALE DANS LE TEMPS

Cette "précession" du conservateur de cap est due :

- aux frottements internes qui le dévient dans le temps,
- à la précession astronomique due à la rotation terrestre.

Ces recalages doivent s'effectuer toutes les 10 à 15 minutes de vol ou après une série d'évolutions ce qui permettra d'éliminer également la précession de frottement.

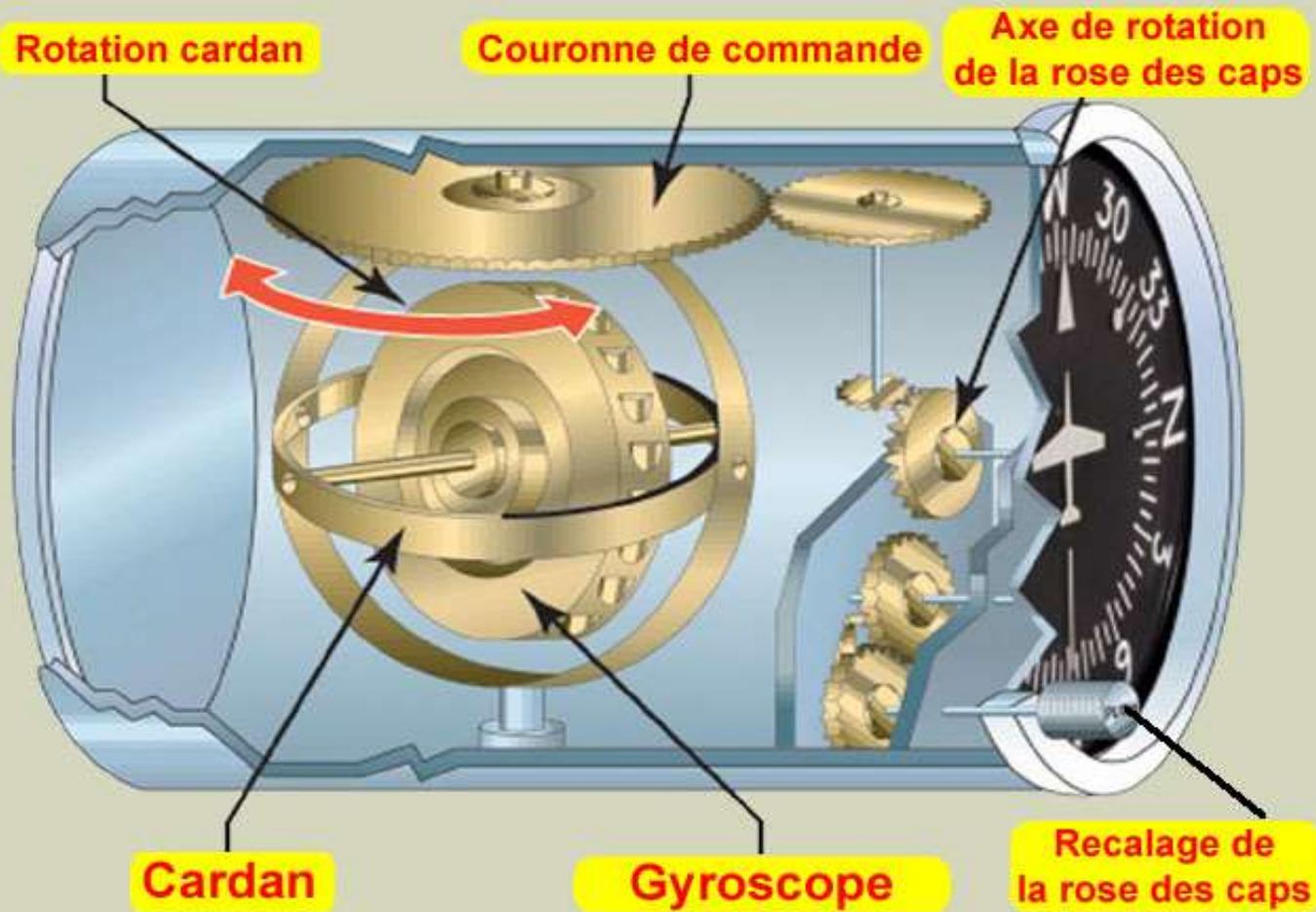


Molette de recalage

Type d'énergie (Air)

Réglage de l'index-mémo de suivi d'un cap

LE CONSERVATEUR DE CAP



LE CONSERVATEUR DE CAP



Le compas



Instable durant les accélérations et en virage

Le contrôle et l'utilisation du compas ne peut être efficace qu'en palier et à inclinaison nulle.

Ces 2 instruments sont complémentaires : l'un servant au recalage de l'autre encore faut-il l'utiliser dans les conditions énumérées ci-dessus.

LE TABLEAU DE BORD

Instruments de pilotage

LE COORDINATEUR DE VIRAGE

(mesure du taux de changement de direction par seconde)



LA BILLE
(symétrie du vol)



LE COORDINATEUR DE VIRAGE ET LA BILLE



Taux standard
360° en 2 minutes

Inclinaison =
VITESSE en Kt x 15%

Pas
d'information
d'intégrité

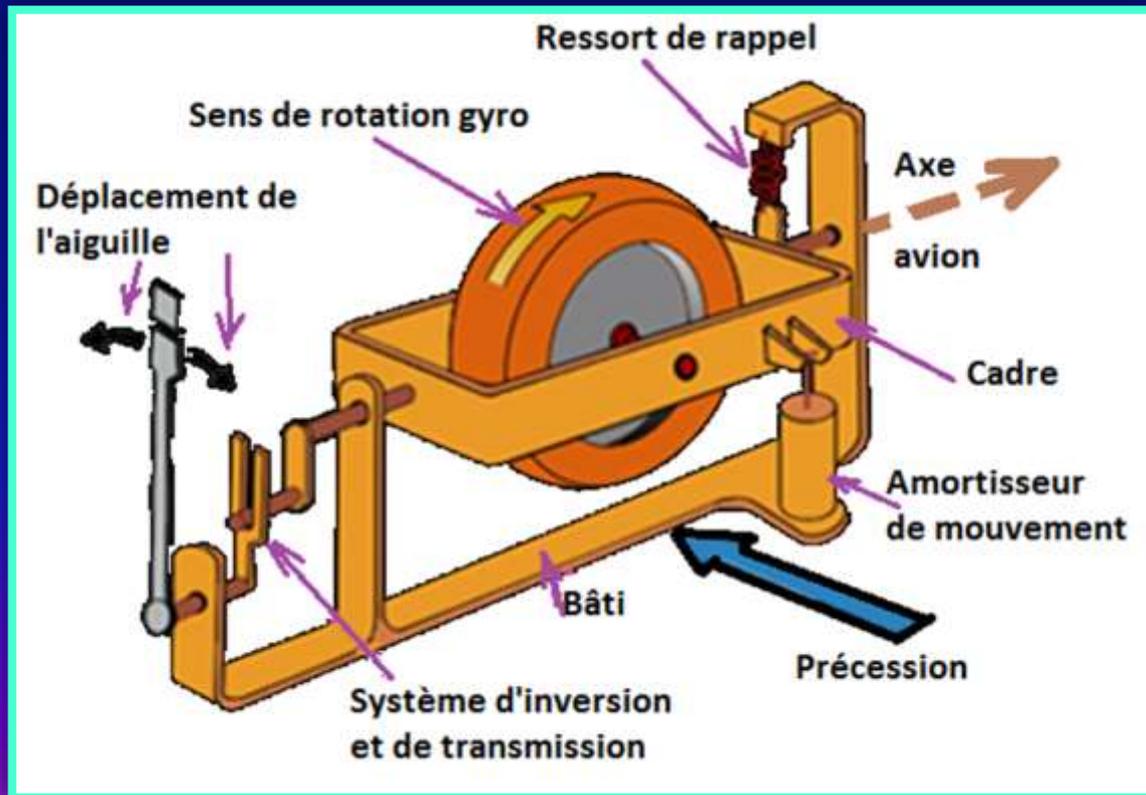
Au taux standard
360° en 2 minutes

MESURE DU TAUX DE VIRAGE

ATTENTION : CET INSTRUMENT NE MESURE NI L'INCLINAISON NI LE CAP.

LE COORDINATEUR DE VIRAGE ET LA BILLE

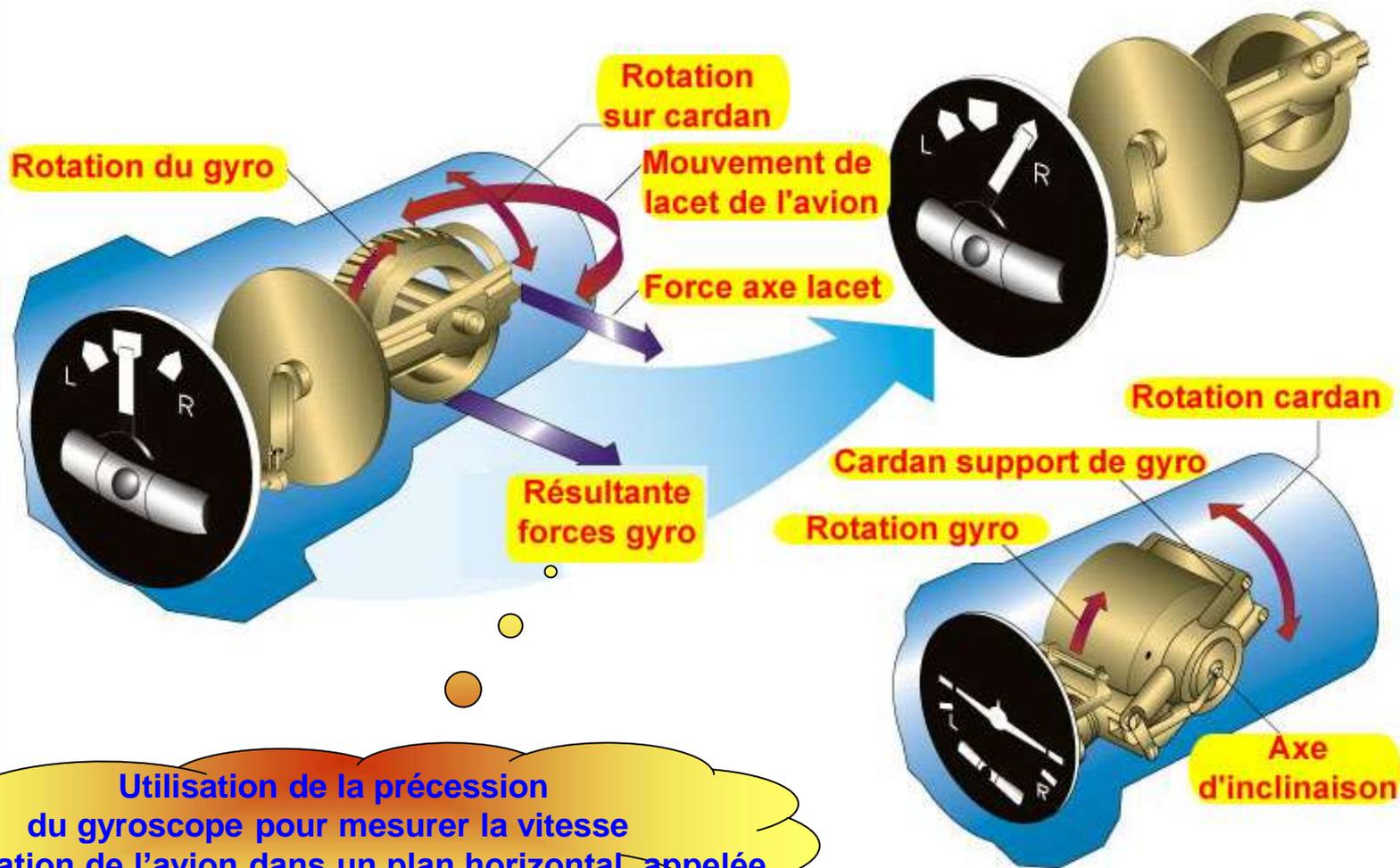
Durant le virage, un couple de forces s'exerce perpendiculairement à l'axe du gyroscope, tendant à faire tourner le gyroscope de la même manière. Du fait de la précession, se crée un basculement à 90° de décalage dans le sens de rotation gyroscopique.



Le système d'inversion transmet ce déplacement à l'indicateur.

L'aiguille indique le sens du virage et son taux.

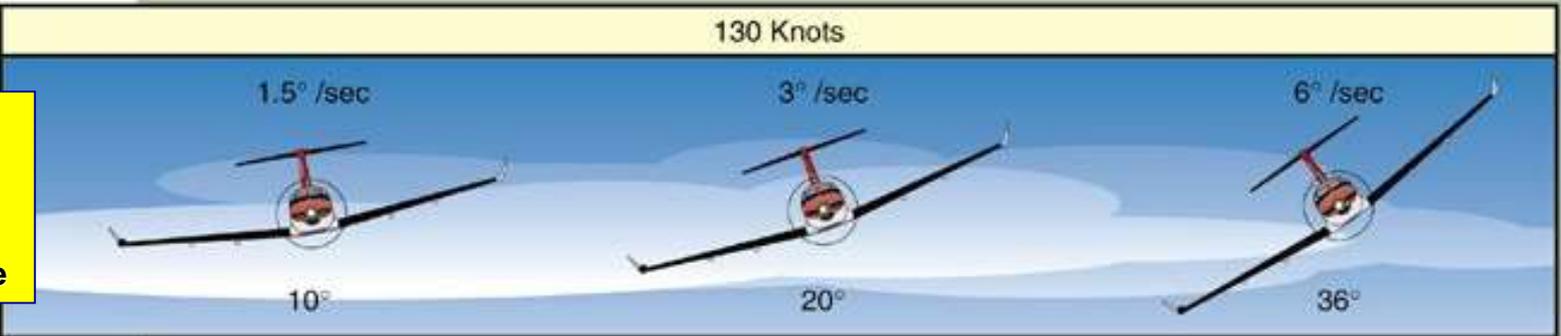
LE COORDINATEUR DE VIRAGE ET LA BILLE



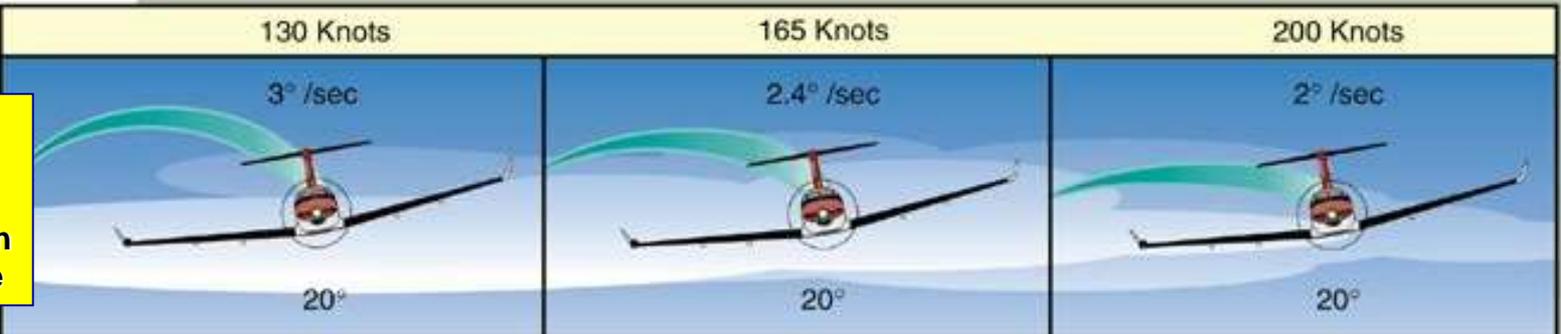
Utilisation de la précession du gyroscope pour mesurer la vitesse de rotation de l'avion dans un plan horizontal, appelée également « TAUX DE VIRAGE »

LE COORDINATEUR DE VIRAGE ET LA BILLE

Taux de virage à vitesse constante



Taux de virage à inclinaison constante



Calcul du virage standard (3° / s) Inclinaison = V en Kt x 15%

LA BILLE, TÉMOIN DE LA SYMÉTRIE DE VOL

LA PORTANCE
est perpendiculaire
au plan des ailes.

LE POIDS APPARENT
doit l'être
également

Pour que le virage soit symétrique,
ce poids apparent doit être
de sens opposé à la portance et
d'une direction perpendiculaire
au plan des ailes

Solution :
Augmenter l'inclinaison
+ palonnier droit

DÉRAPAGE

**LA BILLE INDIQUE
LA DIRECTION DU
POIDS APPARENT
donc de
L'ÉQUILIBRE DU VOL**

**VIRAGE
SYMÉTRIQUE**

GLISSADE

Solution :
Diminuer l'inclinaison
+ palonnier gauche

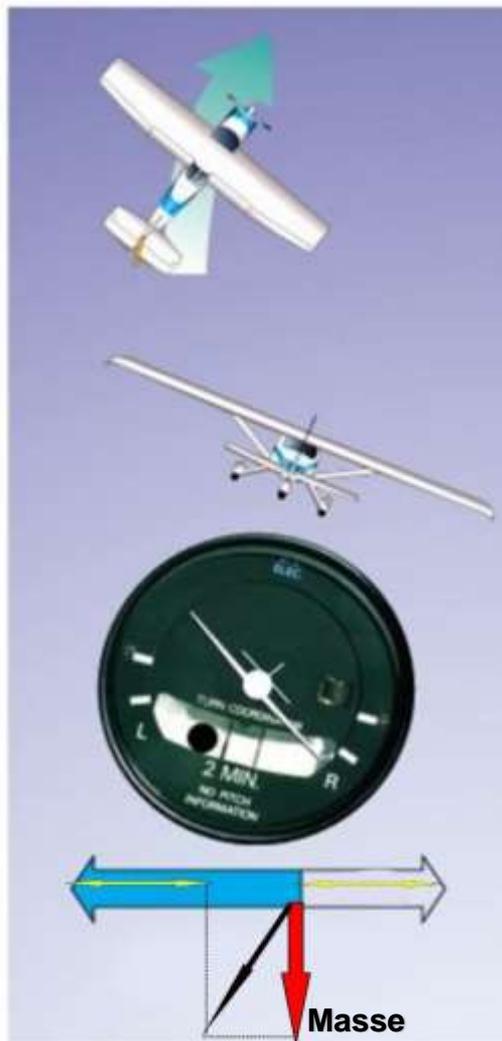
Composantes du poids apparent : Pesanteur (mg) et Force centrifuge (mV^2 / R)

LA BILLE, TÉMOIN DE LA SYMÉTRIE DE VOL



GLISSADE

Force centrifuge



DÉRAPAGE

CAS DU VIRAGE A DROITE



VIRAGE SYMÉTRIQUE

Force centripète

LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur



COMPTE TOURS
(ATTENTION : Il n'indique qu'un nombre de tours par mn et non la puissance du moteur dépendant de l'altitude et du type de croisière choisi : rapide, économique ou autonomie max, ...).

LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur



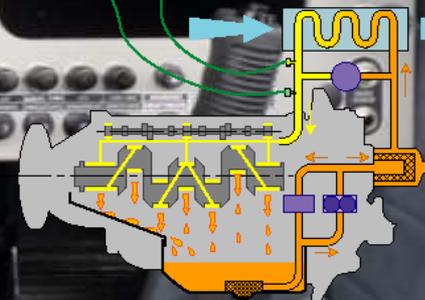
COMPTE TOURS

(ATTENTION : Il n'indique qu'un nombre de tours par mn et non la puissance du moteur dépendant de l'altitude et du type de croisière choisi : rapide, économique ou autonomie max, ...).

LE TABLEAU DE BORD

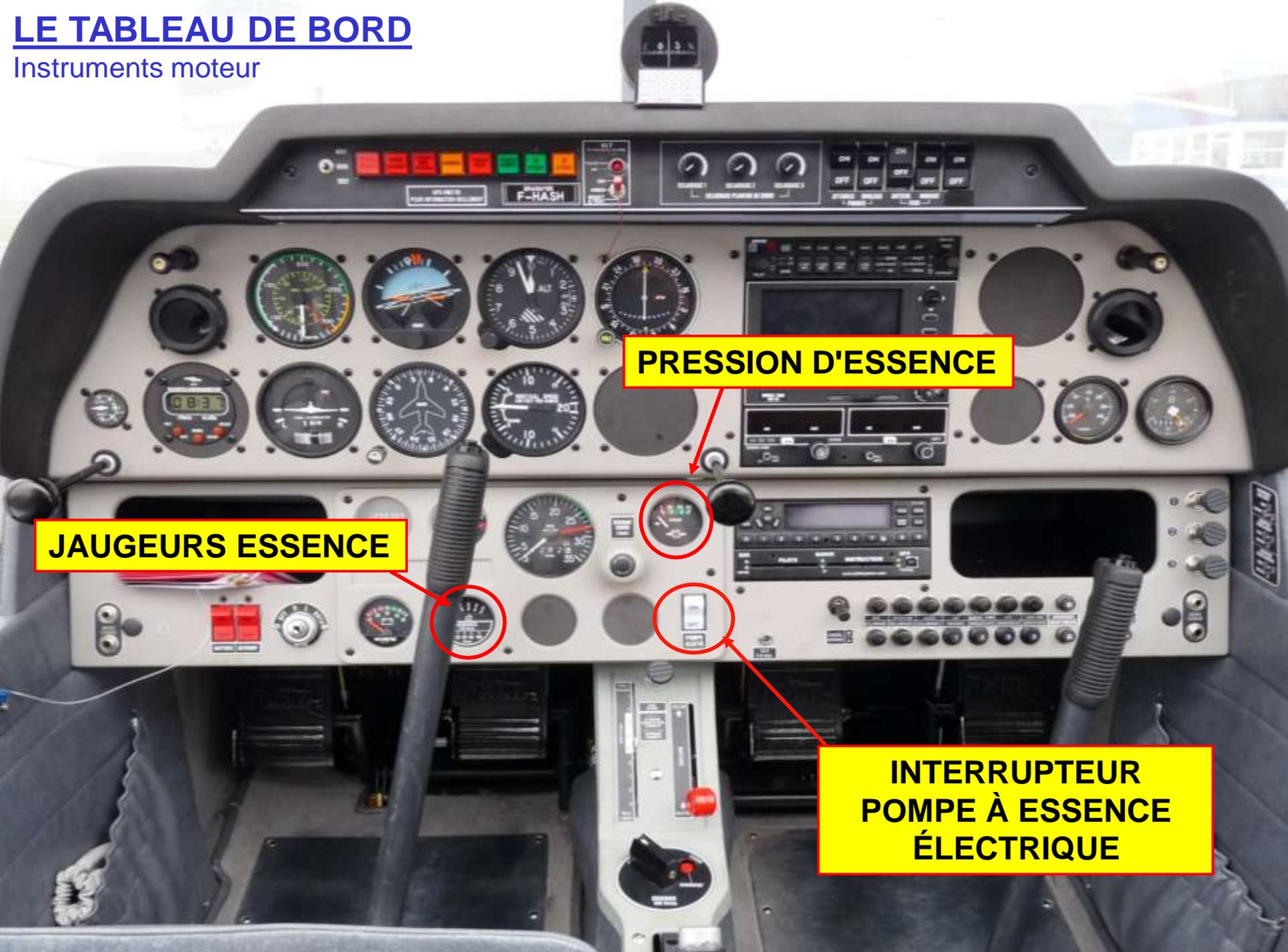
Instruments moteur

PRESSIION ET TEMPÉRATURE D'HUILE



LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur



JAUGEURS ESSENCE

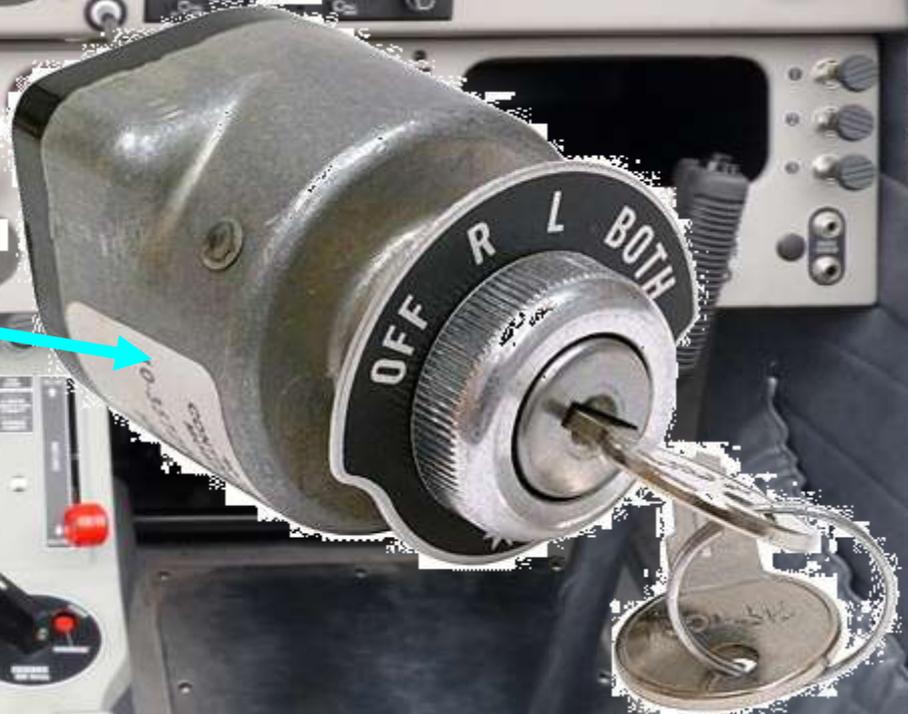
PRESSION D'ESSENCE

**INTERRUPTEUR
POMPE À ESSENCE
ÉLECTRIQUE**

LE TABLEAU DE BORD

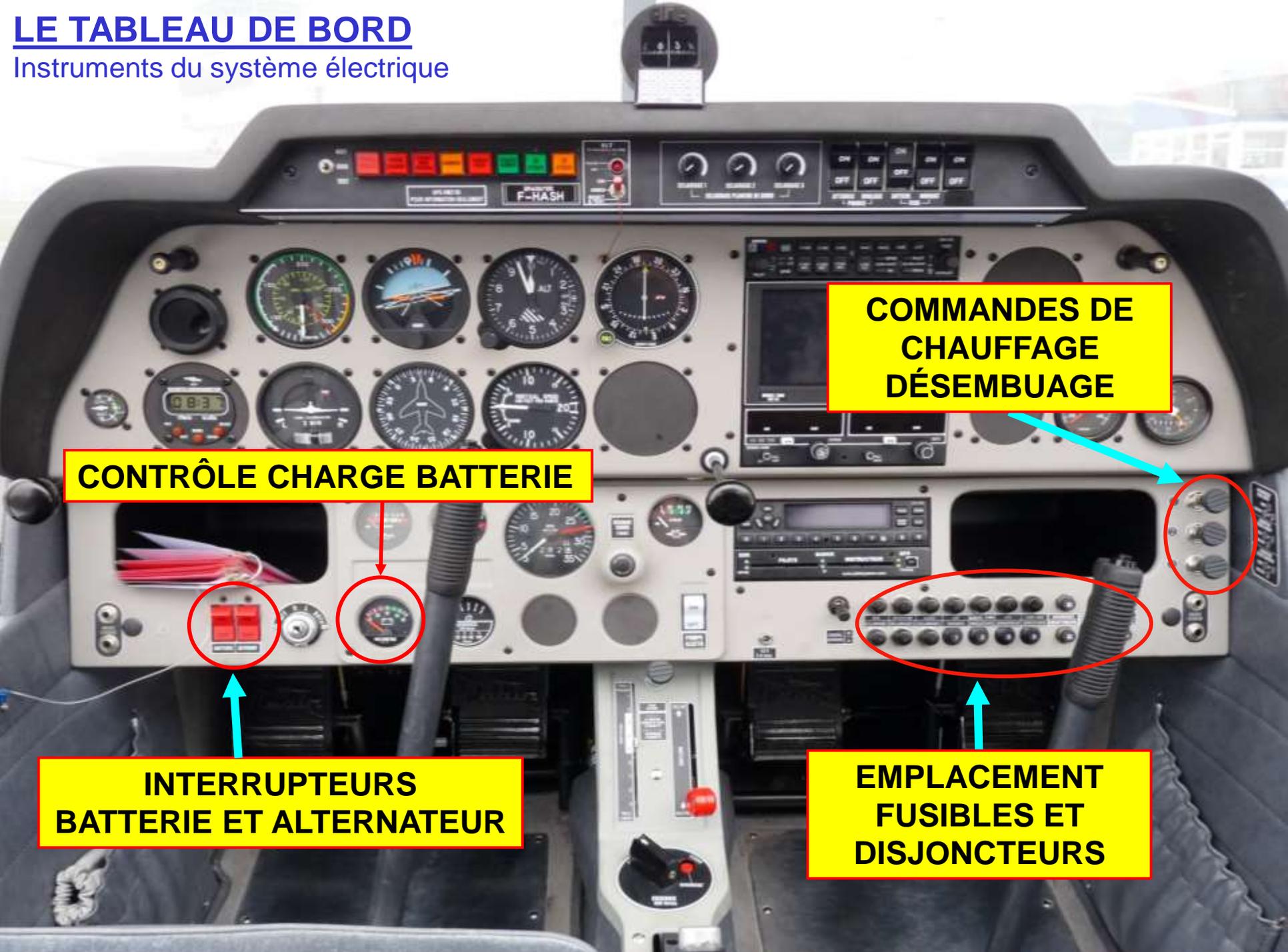
Instruments moteur

SÉLECTEUR D'ALLUMAGE



LE TABLEAU DE BORD

Instruments du système électrique



**COMMANDES DE
CHAUFFAGE
DÉSEMBUAGE**

CONTRÔLE CHARGE BATTERIE

**INTERRUPTEURS
BATTERIE ET ALTERNATEUR**

**EMPLACEMENT
FUSIBLES ET
DISJONCTEURS**

LA VÉRIFICATION SÉQUENCIÉE EN PALIER



Anémomètre – Altimètre - Variomètre

LE JUGE DE PAIX DE L'ATTITUDE : L'HORIZON ARTIFICIEL

Autocontrôle séquencé par trois instruments : Vitesse, Altitude, Vario
Si besoin d'une action de correction des paramètres (agir l'un après par l'autre).

LA VÉRIFICATION SÉQUENCIÉE VIRAGE EN MONTÉE



LE JUGE DE PAIX DE L'ATTITUDE : L'HORIZON ARTIFICIEL

Autocontrôle montée : Anémomètre – Altimètre – Variomètre

Autocontrôle virage : Horizon – Conservateur cap – Coordinateur virage

COURS THÉORIQUES BIA

LES INSTRUMENTS RADIO COMMUNICATION - NAVIGATION





SECONDE PARTIE

- Les appareils de radiocommunication
- Les appareils de radionavigation
- Le VHF Omni Range (VOR)
- Les Markers
- L'Instrument Landing System (ILS)
- Le Global Position System (GPS)
- Le Transpondeur



LE TABLEAU DE BORD

Instruments de radiocommunication



LA BOITE DE MÉLANGE



LA VHF



UTILISATION DE LA RADIOCOMMUNICATION

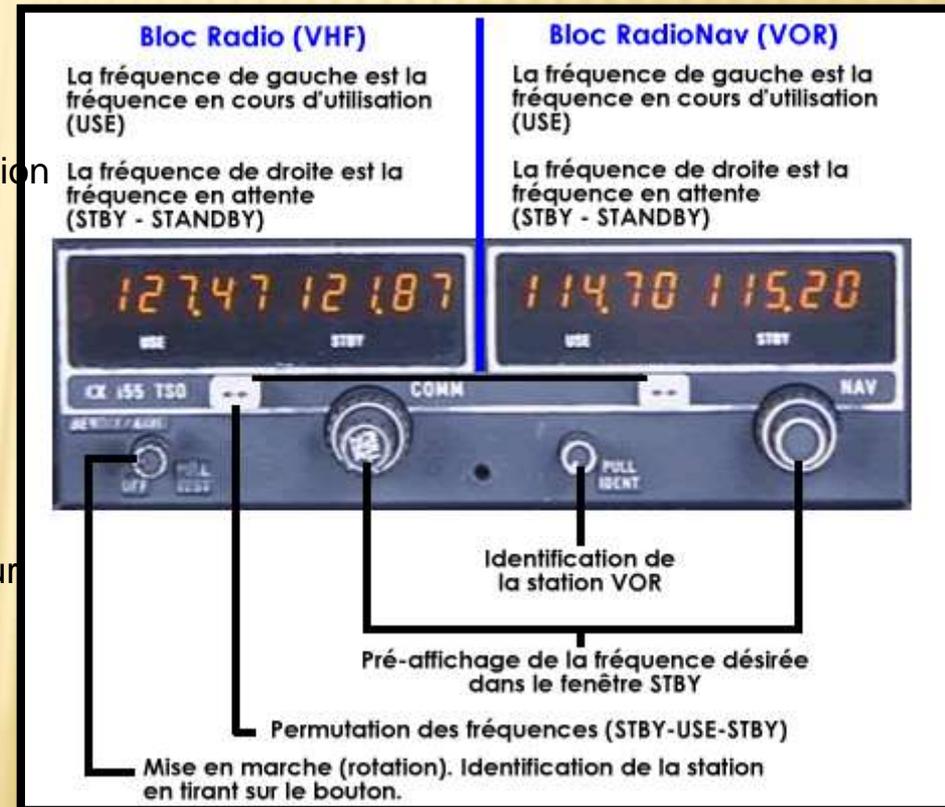
LES FRÉQUENCES DE RADIOCOMMUNICATION

Gamme de fréquences exclusive comprise aéronautique :
108 à 136,975 MHz (VHF : Very High Fréquence).

Dans cet espace radioélectrique, on réserve le secteur 108 à 118 MHz pour la radionavigation (VOR et ILS) et le secteur 118 à 136,975 MHz pour la radiocommunication (Air/Air et Air/Sol).

Actuellement, afin d'éviter des interférences ou recouvrements entre chaque fréquence allouée, les écarts sont de **25 KHz en radiocommunication** et de **50 kHz en radionavigation**, on dispose donc d'une possibilité de **760 canaux de transmission en communication** (118 MHz, 118,025, 118,050, 118,075, 118,100, ...) et de **198 canaux en Navigation** (158 pour les VOR et 40 pour les ILS).

Dès le **1^{er} janvier 2018**, l'espacement entre canaux de communication passera de **25 kHz à 8,33 kHz** afin de multiplier par 3 le nombre de canaux de transmission en communication.



UTILISATION DE LA RADIOCOMMUNICATION

Les échelles de lisibilité des messages reçus par la radio VHF

Pour exprimer la qualité de la transmission et notamment de la réception du message, on évalue celle-ci par un nombre compris entre 1 et 5 compris. Ce code est l'échelle de lisibilité :

1	équivalent à :	illisible
2		lisible par instant
3		difficilement lisible
4		lisible
5		parfaitement lisible

N.B: Par principe, les lisibilités 1 et 2 ne sont pas admises pour un vol au départ d'un environnement contrôlé. Les lisibilités 3 et plus sont approuvées par l'ATC, pour permettre un vol en espace contrôlé.

L'ALPHABET PHONÉTIQUE INTERNATIONAL ET LE LANGAGE UTILISABLE

A = Alpha
B = Bravo
C = Charlie
D = Delta
E = Echo
F = Fox ou Fox Trot

G = Golf
H = Hotel
I = India
J = Juliett
K = Kilo
L = Lima

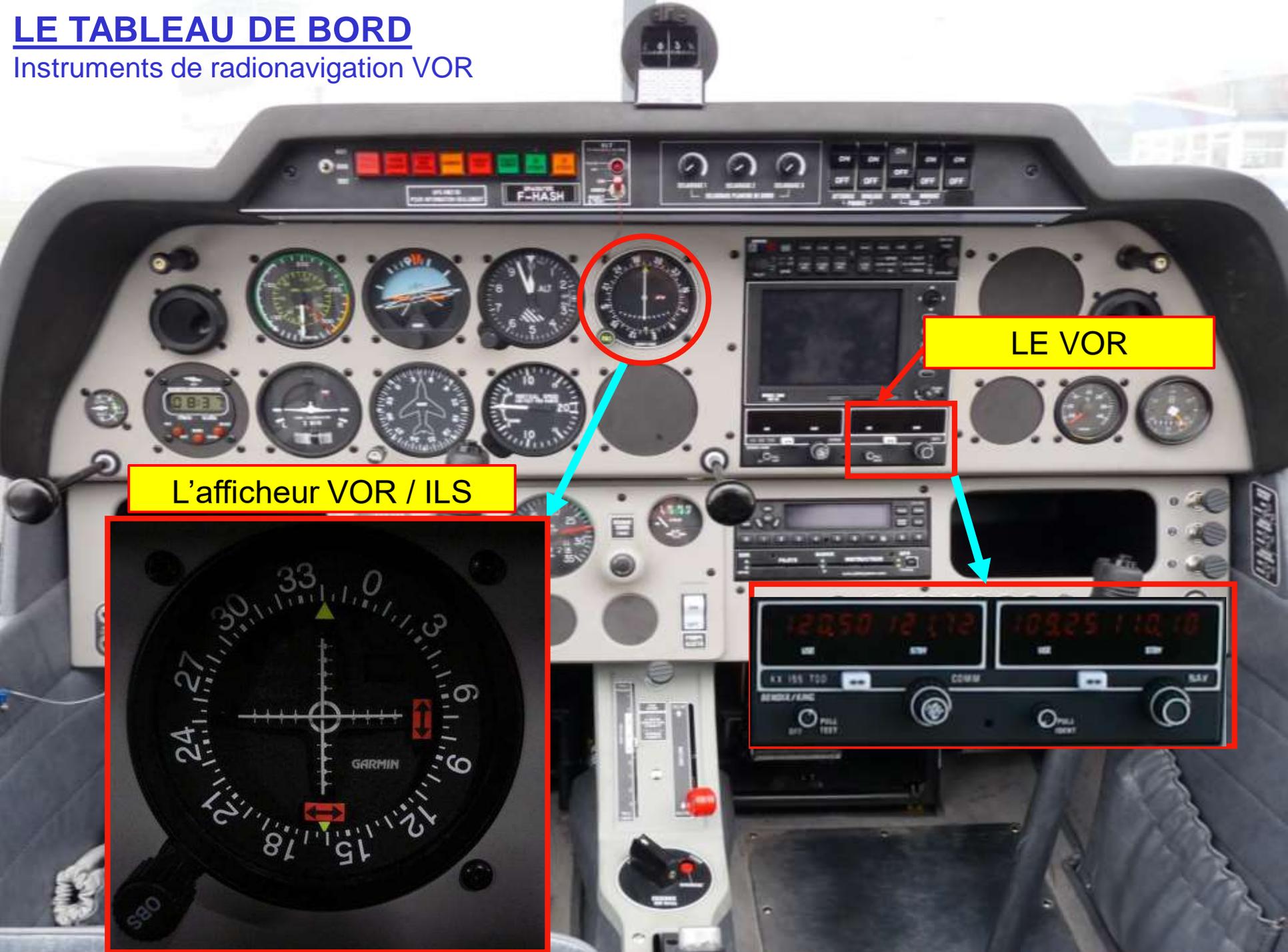
M = Mike
N = Novembre
O = Oscar
P = Papa
Q = Quebec
R = Roméo

S = Sierra
T = Tango
U = Uniform
V = Victor
W = Wisky
X = X-ray

Y = Yankee
Z = Zoulou

LE TABLEAU DE BORD

Instruments de radionavigation VOR



LE VOR

L'afficheur VOR / ILS



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



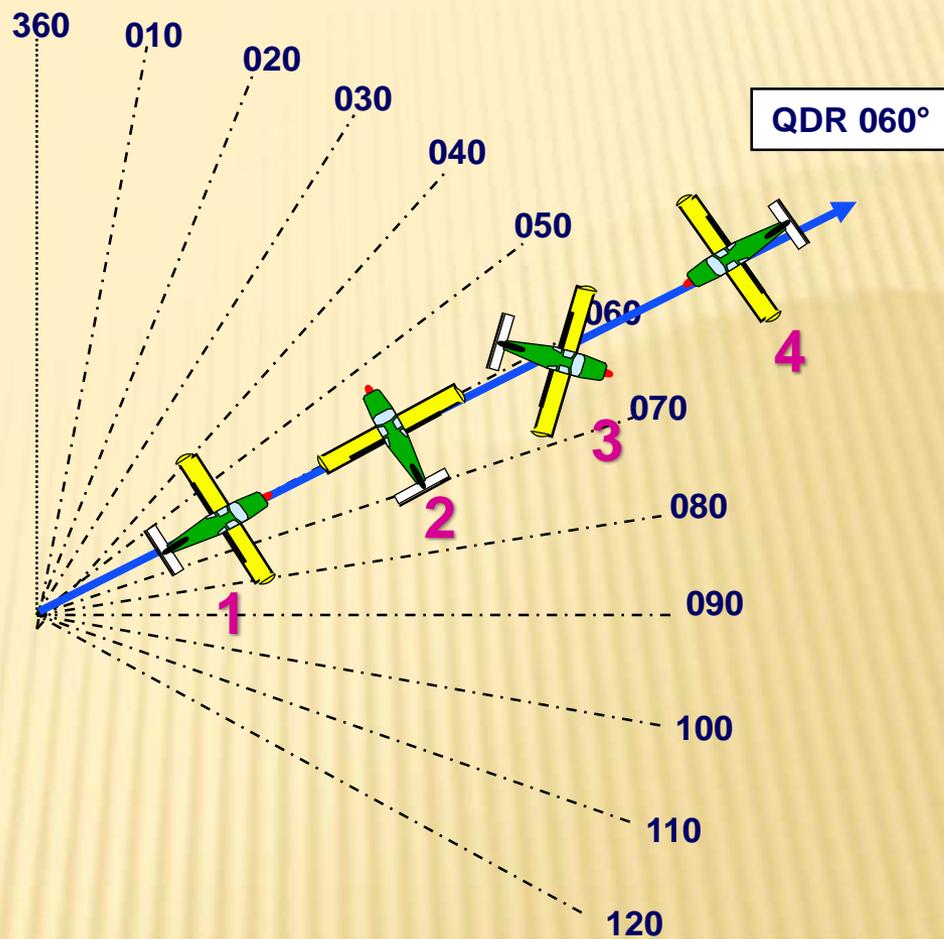
AVION 2



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** (espacement des canaux 50 kHz)

VOR : 108 à 112 MHz, 38 canaux (décimales pair uniquement)

Ne sont pas utilisés : les fréquences 108,0 et 108,05, risque d'interférence avec bande FM)

Dans cette gamme on trouve également les ILS (décimales impair) :

40 canaux disponibles : 108,1 108,3 108,5 108,7 etc.

VOR : 112 à 118 MHz, 120 canaux (112,0 ; 112,05 ; 112,1 ; 112,15).

➤ **Précision :** entre 2 et 4°

➤ **Portée :** optique et fonction de l'altitude, limitée à 200 Nm pour les VOR dits en route (gamme de 108 à 117,95 Mhz, puissance 200 watts) et à 25 Nm pour les TVOR dits d'aérodrome (gamme de 108,1 à 111,75 Mhz, décimale pair uniquement, puissance 50 watts).

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

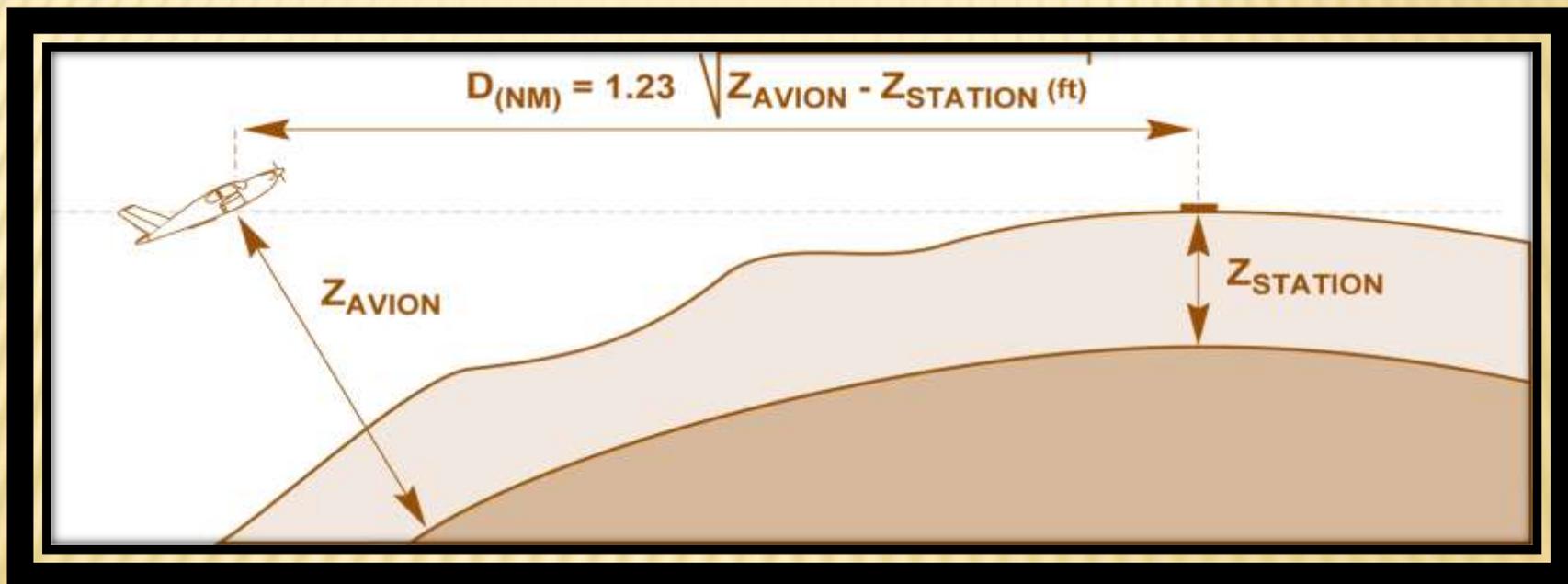
➤ **Inconvénients :** Portée optique donc limitation due aux obstacles, mauvaise réception à basse altitude.

Systeme angulaire necessitant 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.

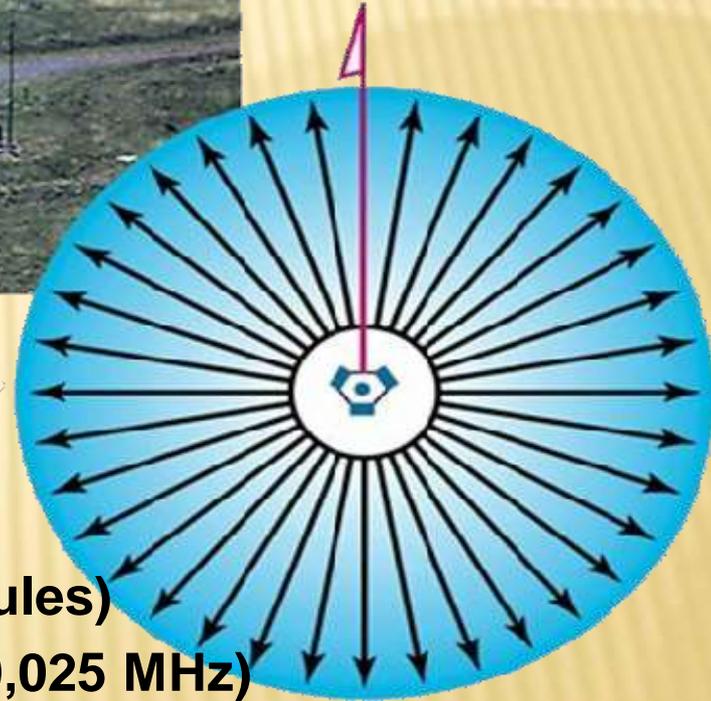


CALCUL DE LA PORTÉE OPTIQUE

$$D \text{ en Nm} = 1,23 \sqrt{\text{hauteur en ft}}$$

$$D \text{ en km} = 4,1 \sqrt{\text{hauteur en m}}$$

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉQUIPEMENT SOL



- ◆ Une position géographique
- ◆ Une fréquence
 - 108.00 à 111.85 pour TVOR ou utilisation pour ILS (décimales pairs seules) 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

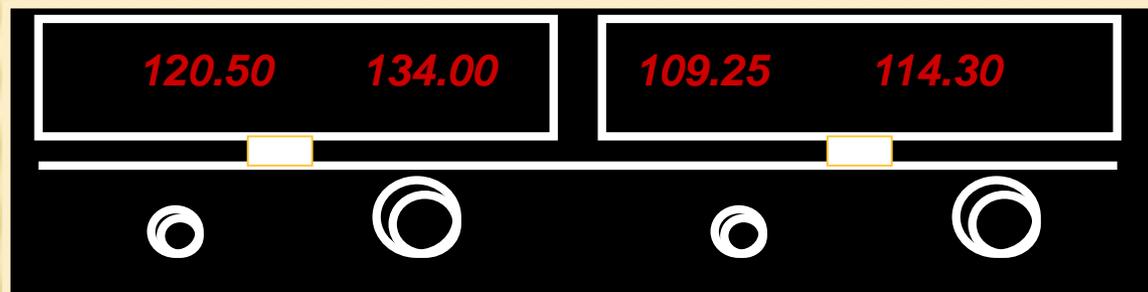
TROIS ÉLÉMENTS :

➤ L'ANTENNE DE RÉCEPTION

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

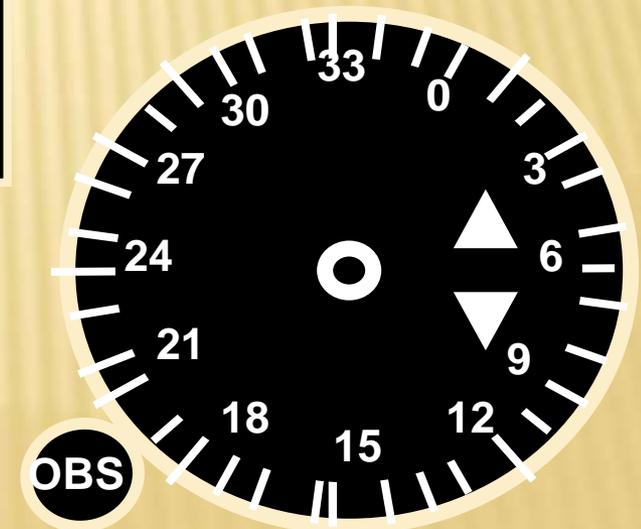
➤ Le RÉCEPTEUR DE BORD

- 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)



V.O.R

VHF OMNI RANGE

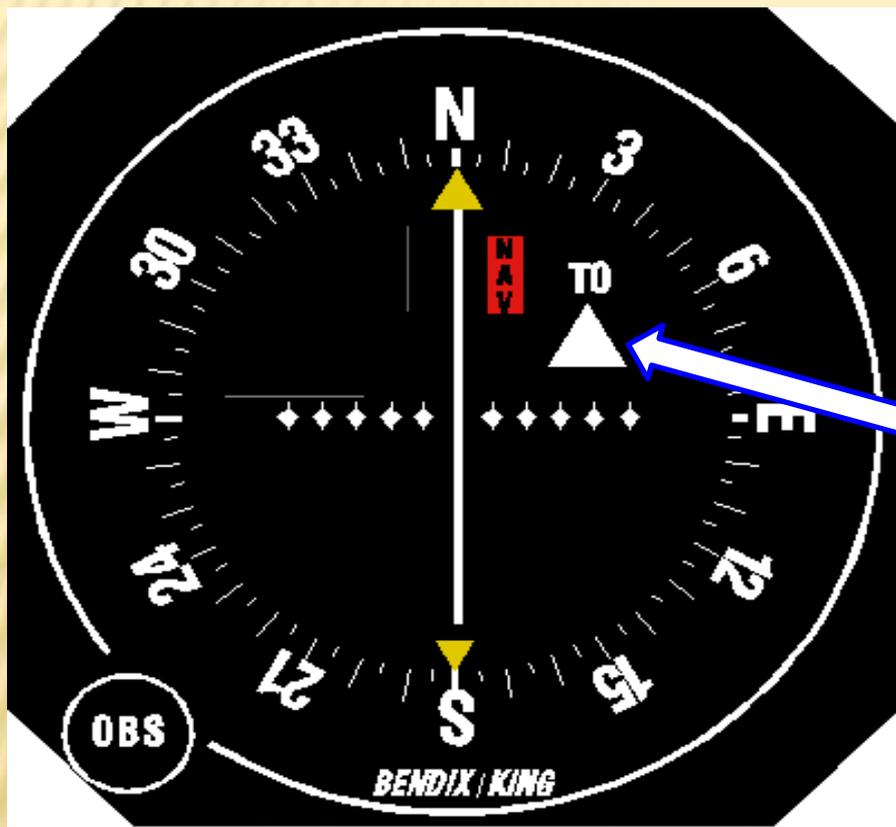


UTILISATION DU VOR :

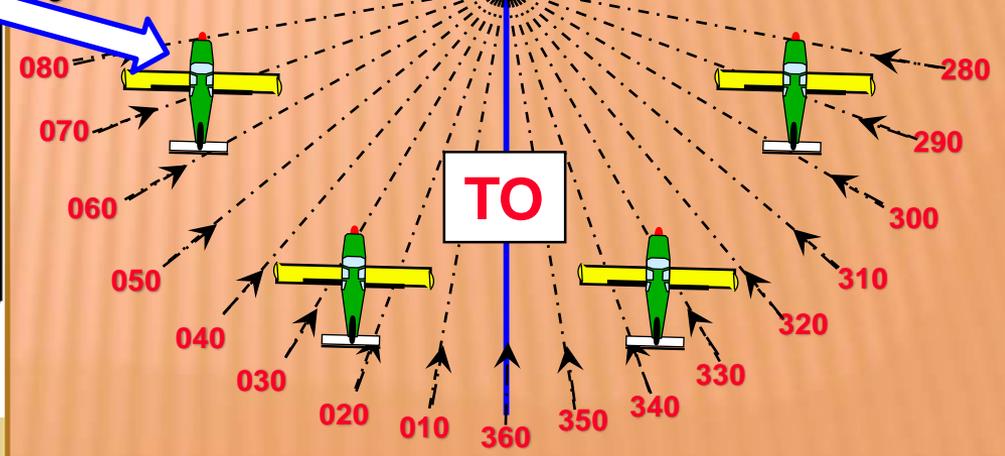
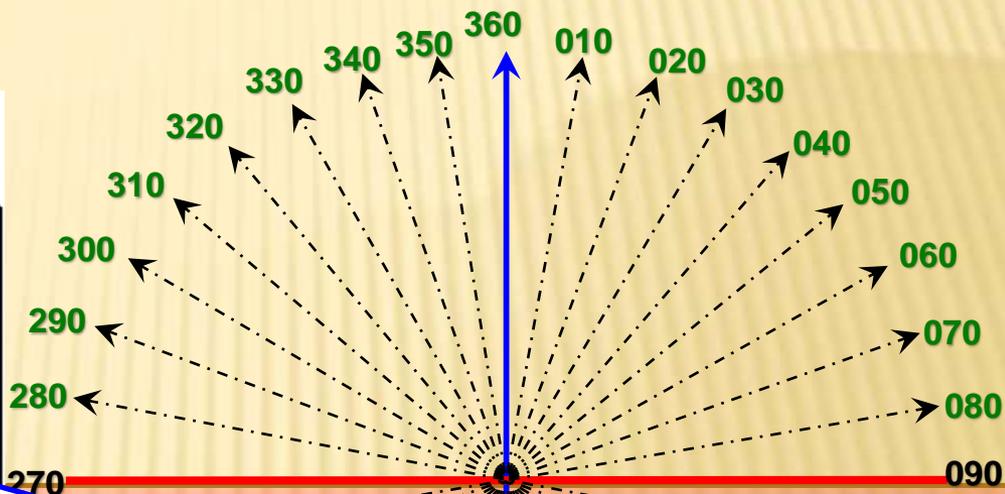
- en homing, c'est-à-dire en se dirigeant vers la balise (indication TO)
- en s'en éloignant (indication FROM),
ou en
- flanquement, pour matérialiser un point, une entrée ou une sortie de zone.

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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



Rose des QDR (secteur FROM)



Rose des QDM (secteur TO)

TO = RÉFÉRENCE ROSE DES QDM

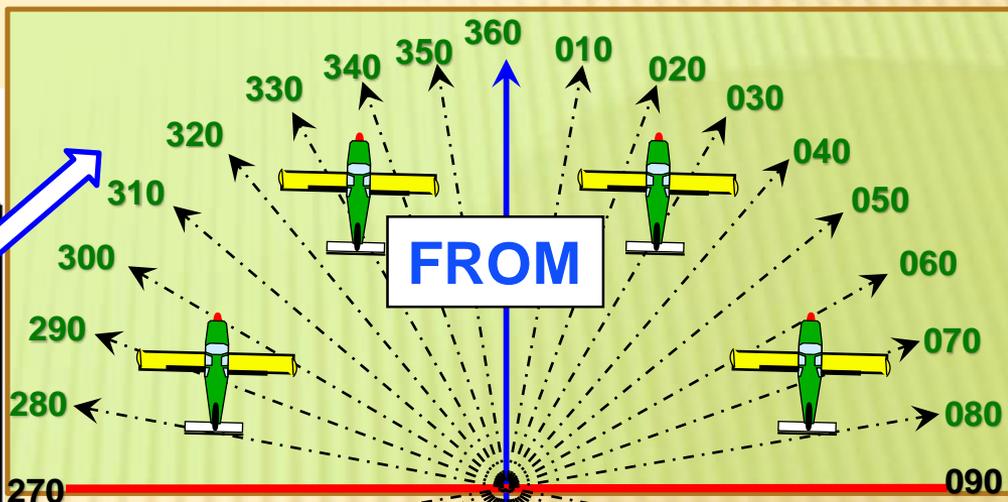
FROM = RÉFÉRENCE ROSE DES QDR

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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

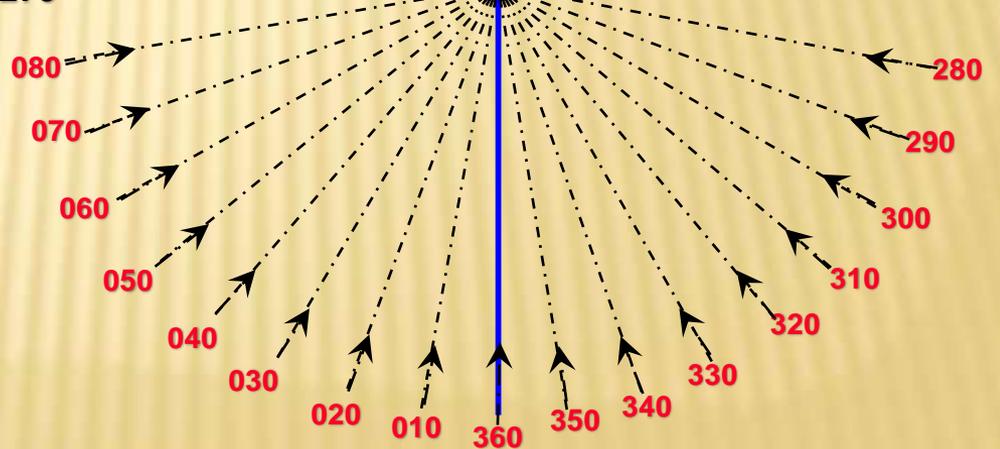


Rose des QDR (secteur FROM)



TO = RÉFÉRENCE ROSE DES QDM

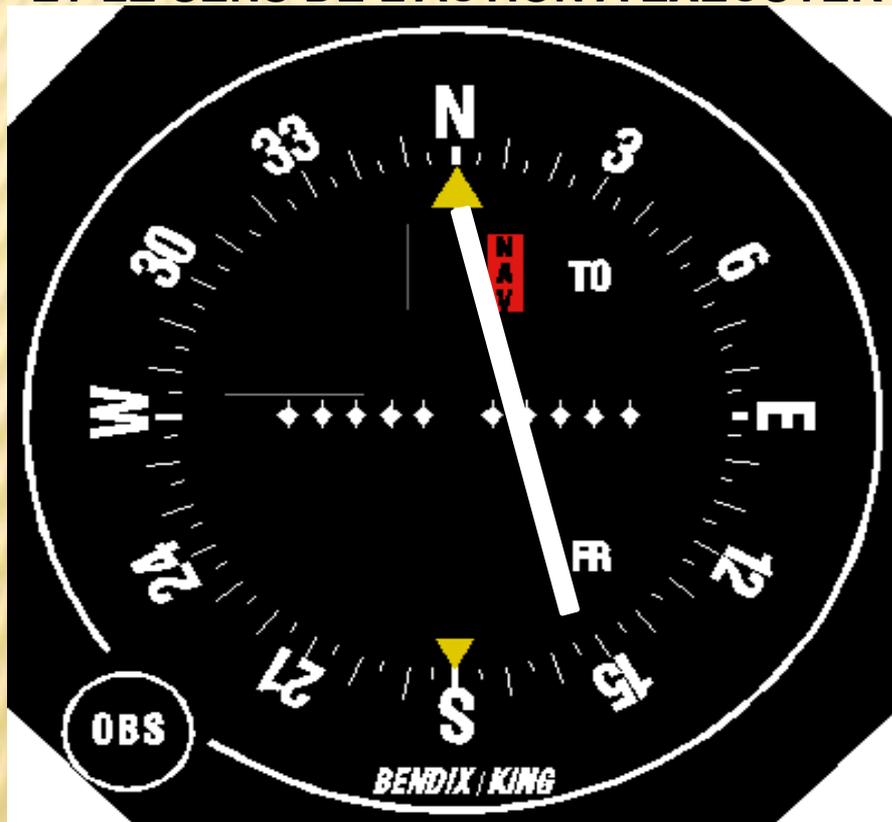
FROM = RÉFÉRENCE ROSE DES QDR



Rose des QDM (secteur TO)

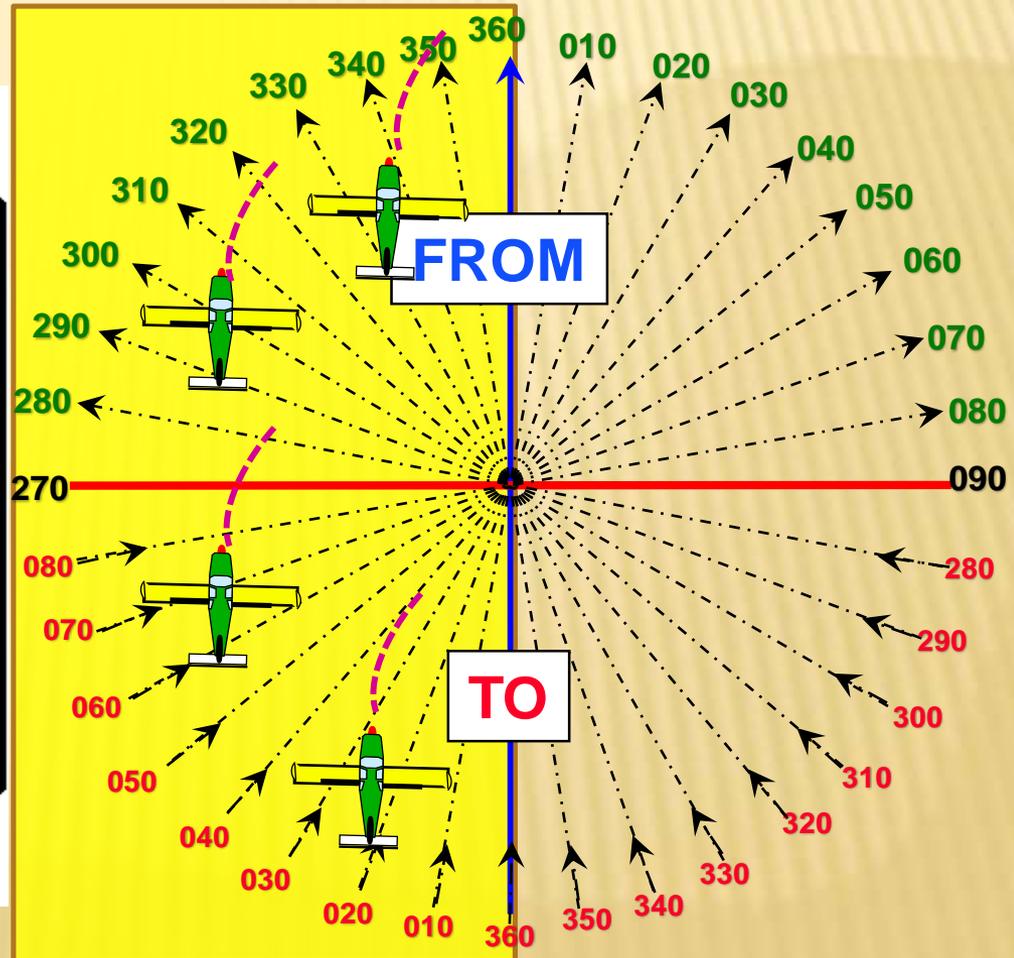
UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

L'INDICATEUR 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

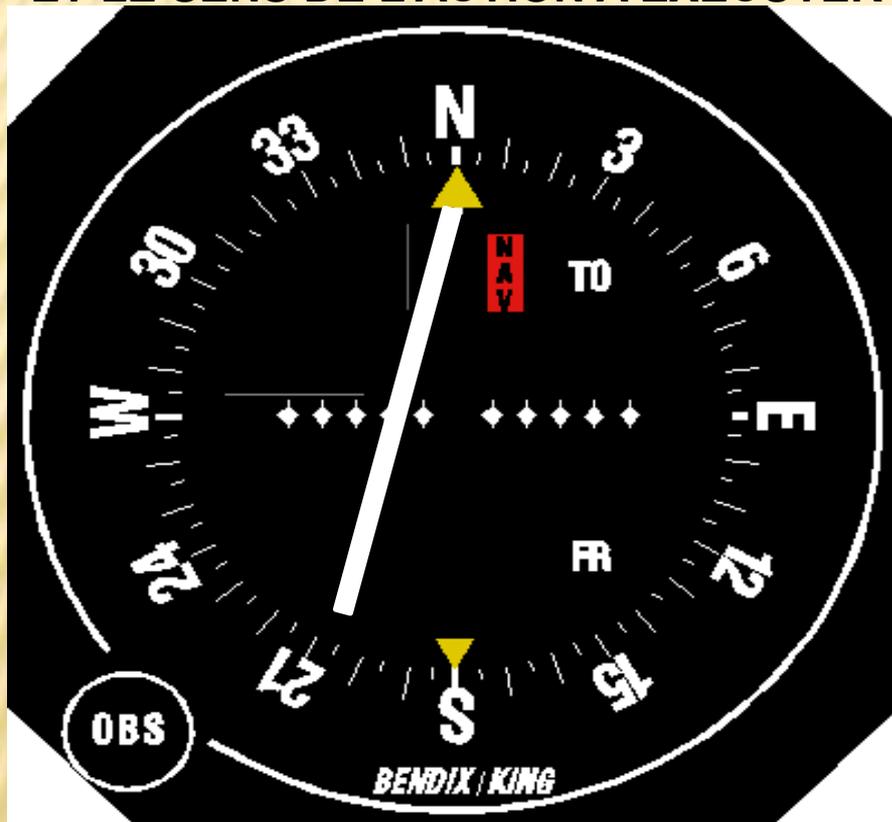
Rose des QDR (secteur FROM)



Rose des QDM (secteur TO)

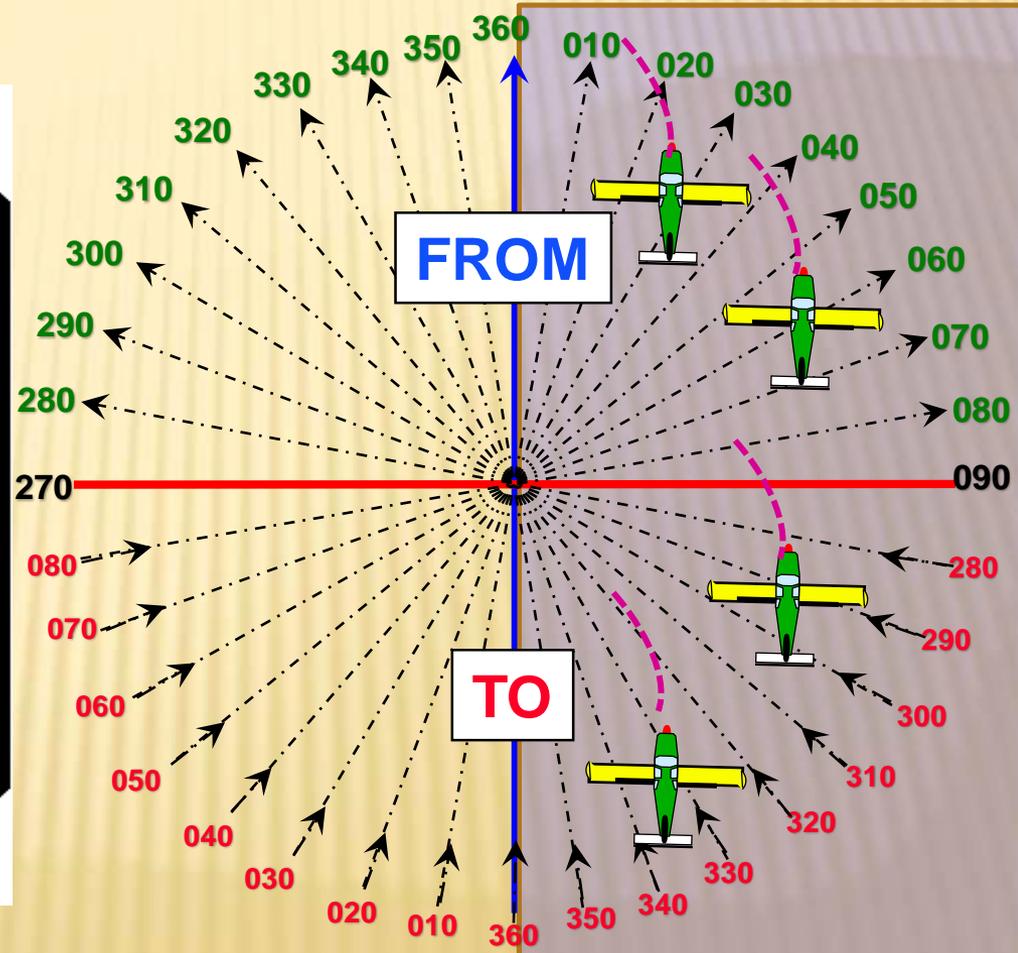
UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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



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

Rose des QDR (secteur FROM)

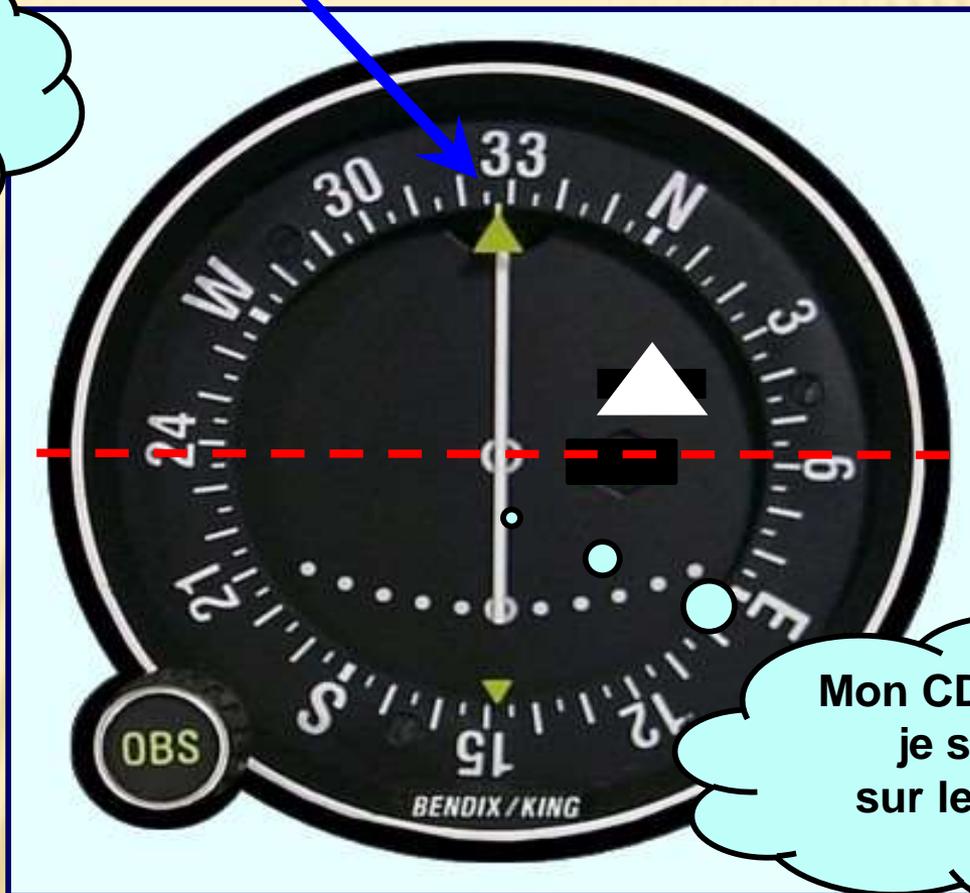


Rose des QDM (secteur TO)

UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

Radial sélectionné 327

« J'ai
l'indication TO
... »



AXE 057 - 237
LIMITE DES SECTEURS
TO - FROM

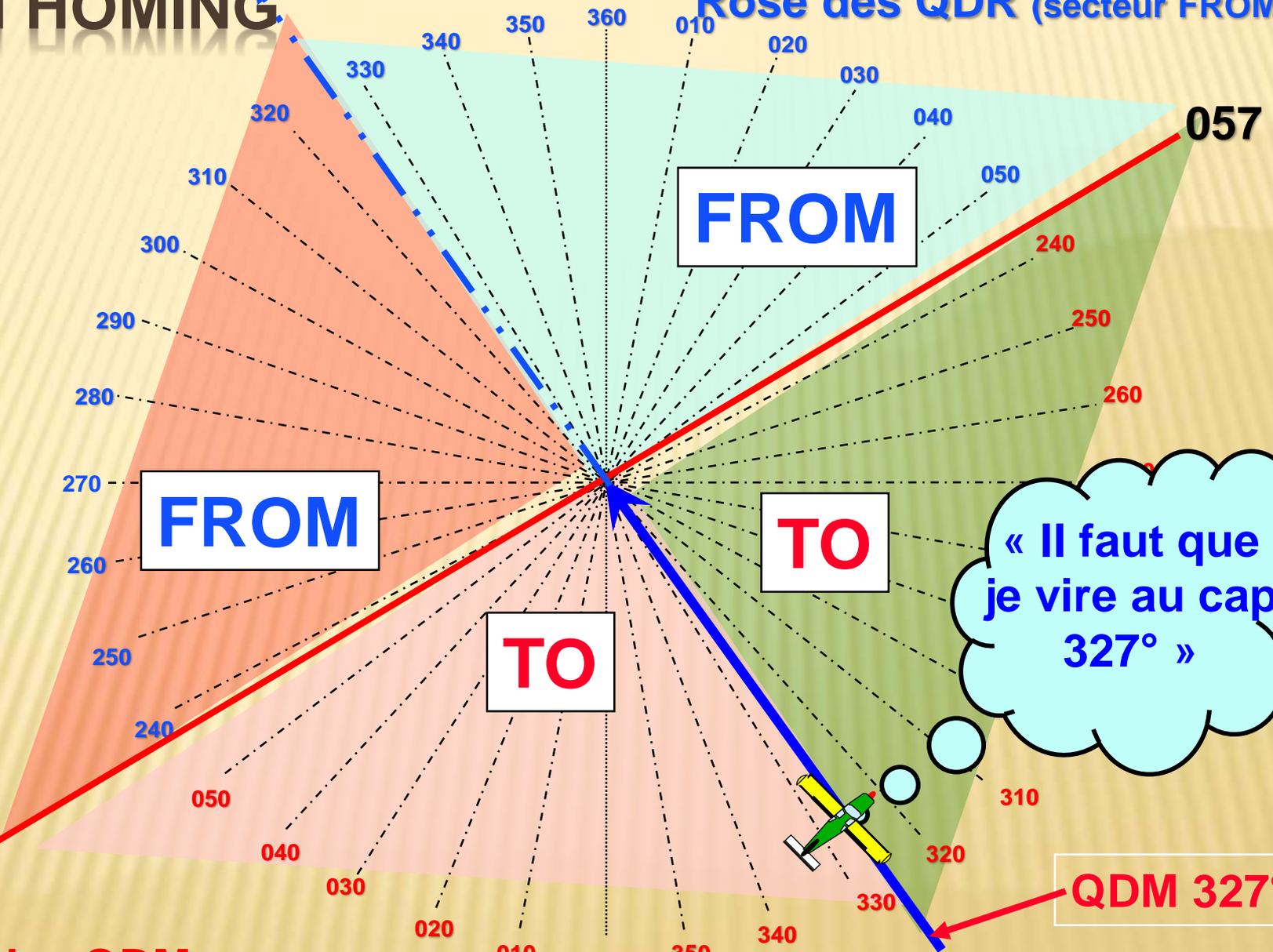
Mon CDI est centré,
je suis donc
sur le QDM 327°



EN HOMING

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

Rose des QDR (secteur FROM)



FROM

FROM

TO

TO

« Il faut que je vire au cap 327° »

QDM 327°

Rose des QDM (secteur TO)

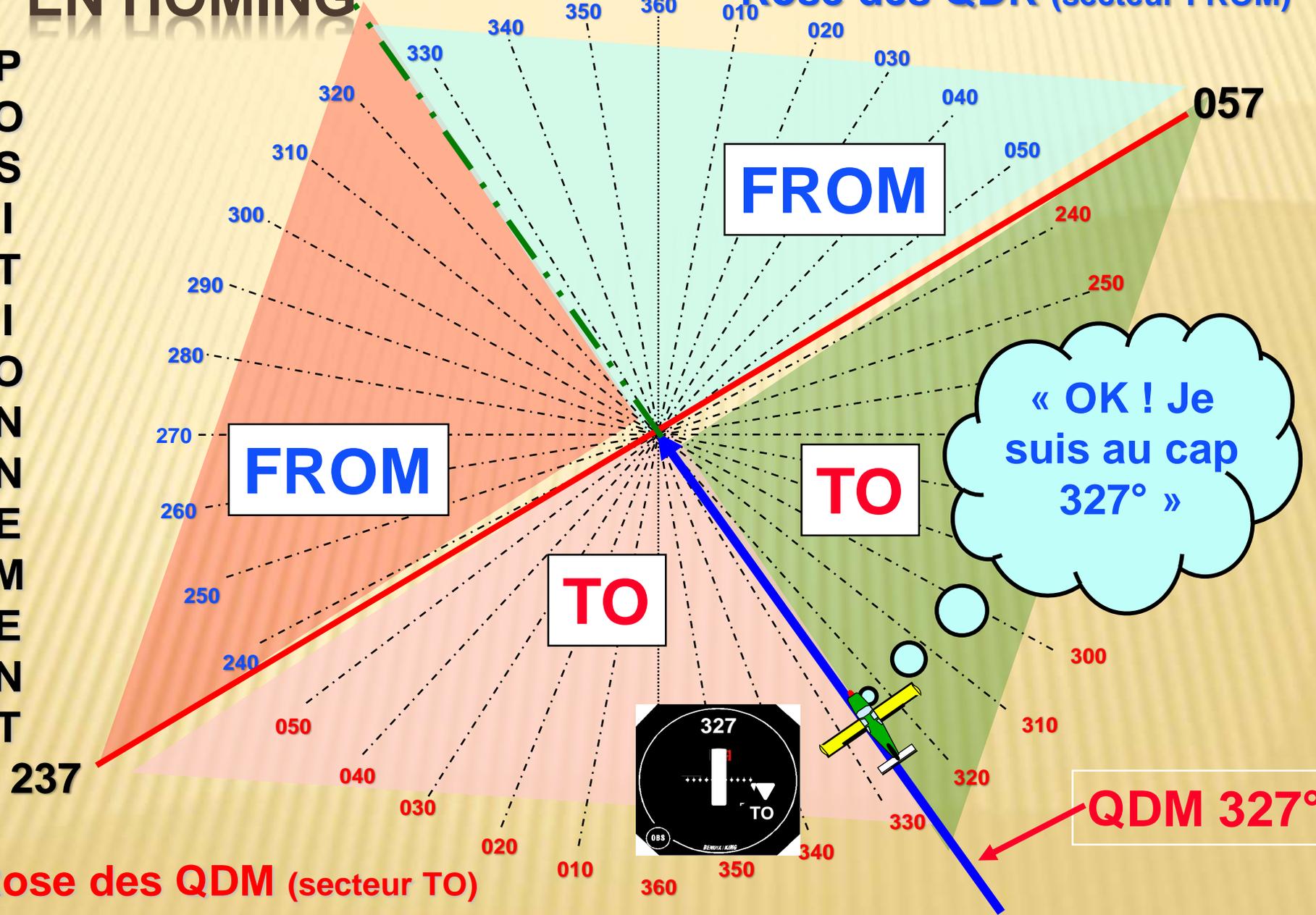
237

057

EN HOMING

Rose des QDR (secteur FROM)

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

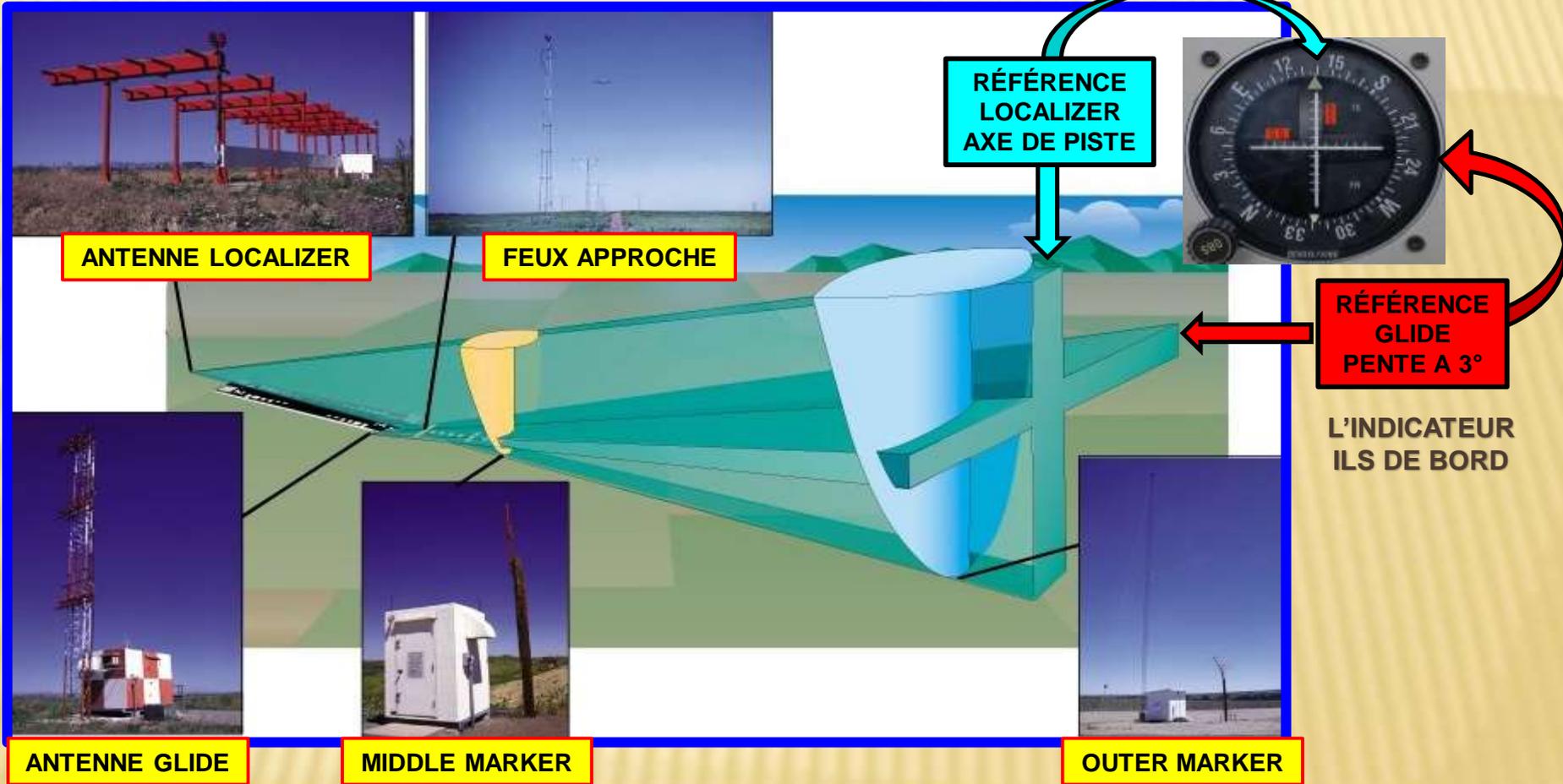


« OK! Je suis au cap 327° »

QDM 327°

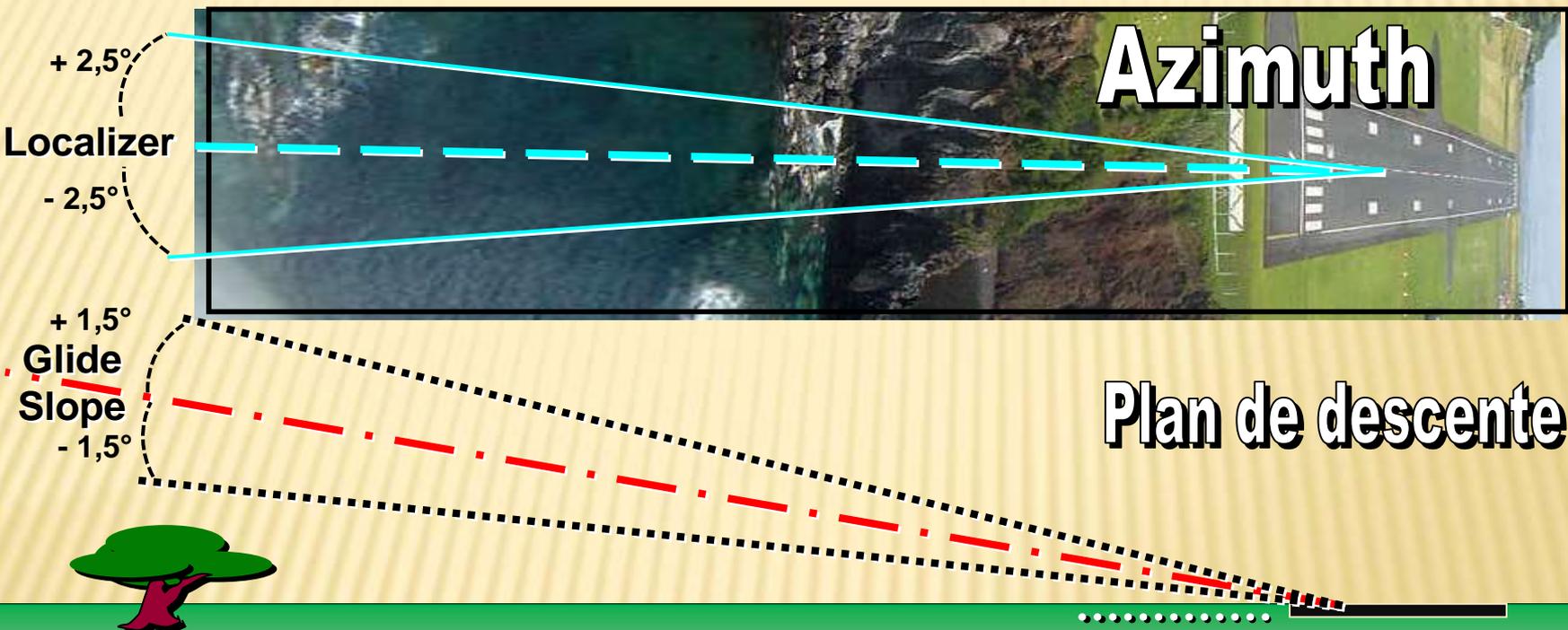
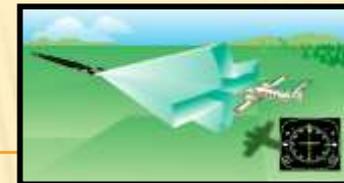
Rose des QDM (secteur TO)

L'INDICATEUR VOR avec ILS



L'ÉQUIPEMENT SOL

L'INDICATEUR VOR avec ILS

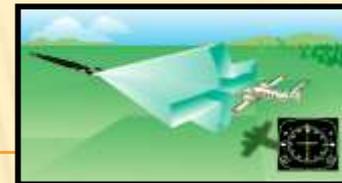


UN AXE, UN PLAN DE RÉFÉRENCE

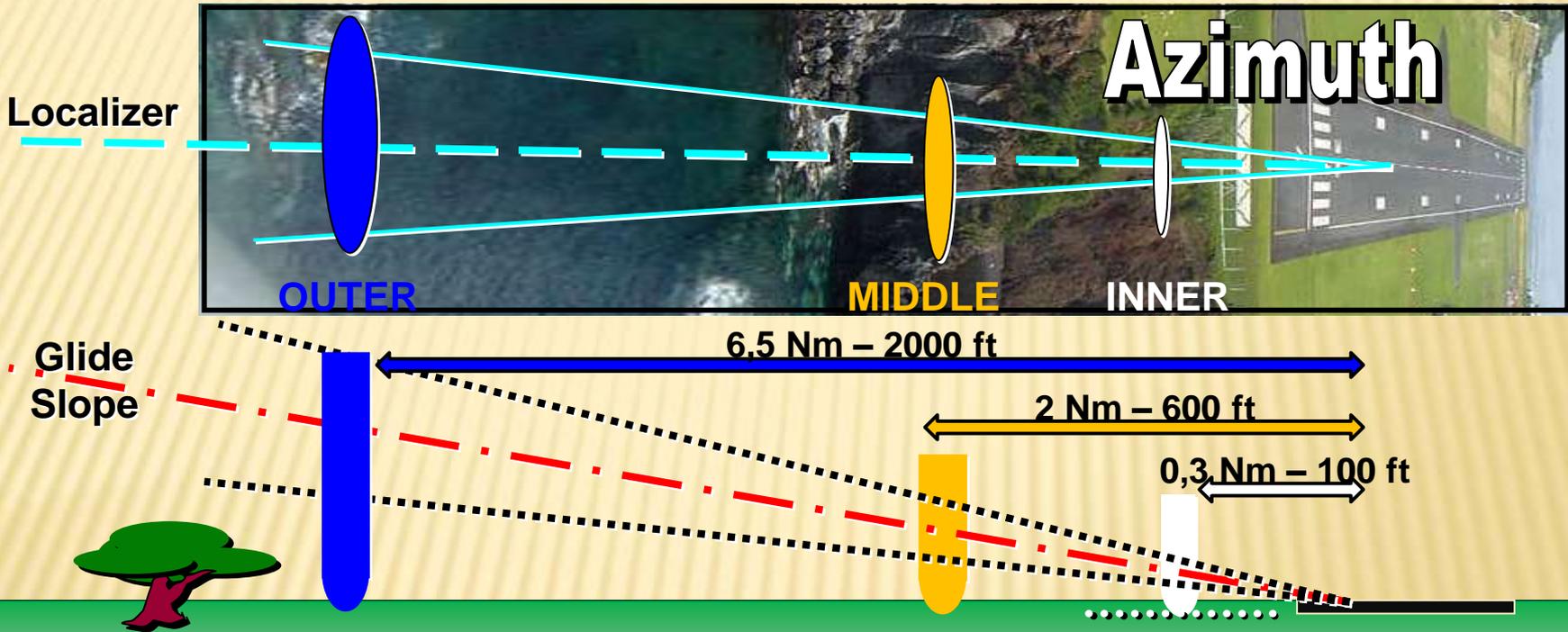
Particularités : Lorsque le récepteur VOR affiche une fréquence ILS, le radial de référence n'est plus réglable, il est automatiquement réglé sur l'axe de piste. De plus, la sensibilité de l'indicateur VOR est multipliée par 4 (+ 2,5° à - 2,5°)

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

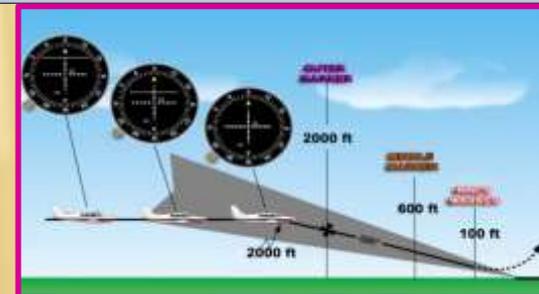


L'INDICATEUR VOR avec ILS



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

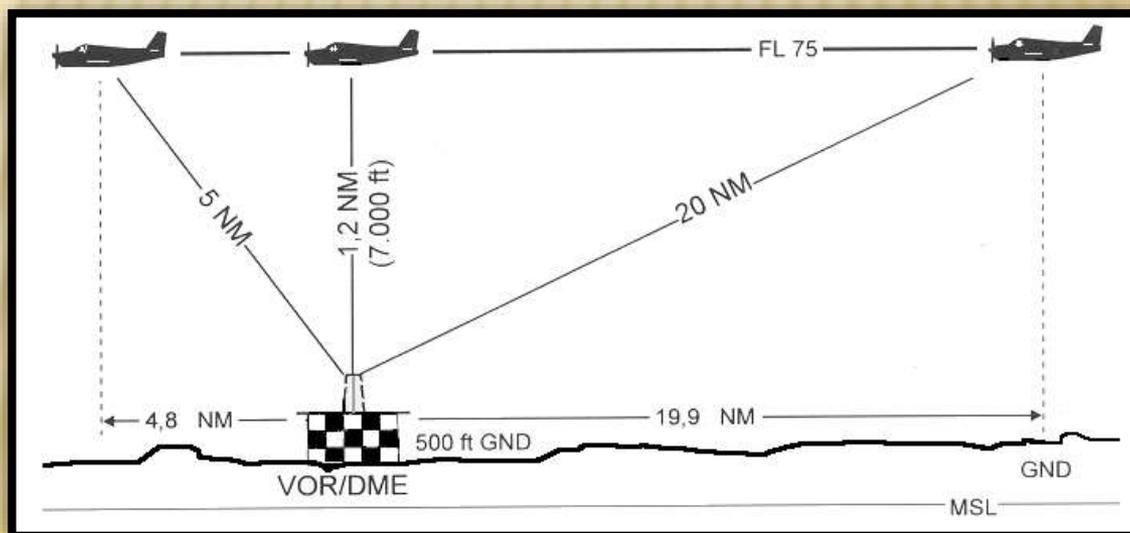
LE DME (Distance Measuring Equipment)

- ❑ 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.



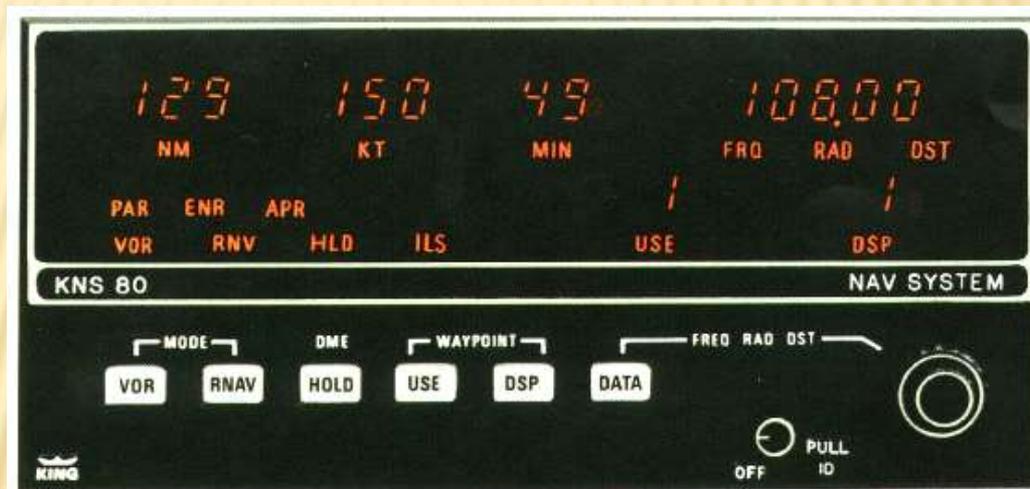
LE DME (Distance Measuring Equipment)

- ❑ 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 simultanément** (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.

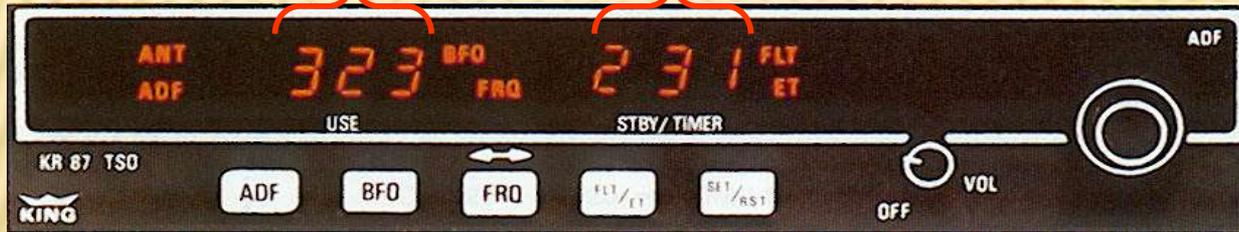
Si non équipé de ce système, un fil de cuivre est tendu (axe avion) pour délimiter le sens de la réception (lever de doute).



➤ LE RÉCEPTEUR

Fréquence active

Fréquence suivante



Boutons d'affichage de la fréquence des différents émetteurs

Boutons de sélection des différents modes

Un bouton marche/arrêt et de réglage du volume pour l'écoute de l'indicatif

➤ 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).

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 :

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

A.D.F

COMPOSITION DE L'ÉQUIPEMENT DE BORD

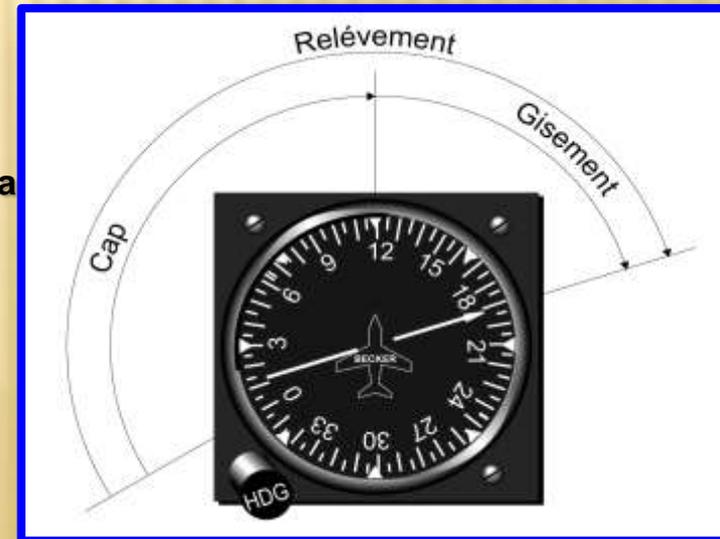
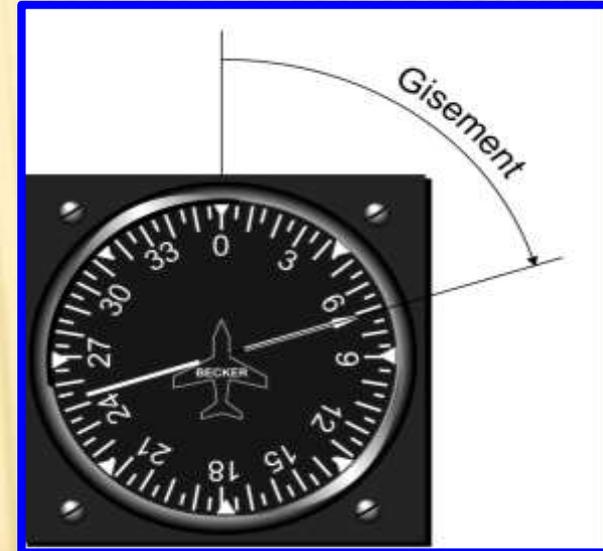
L'INDICATEUR

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 ca
- 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.



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

AVION 1



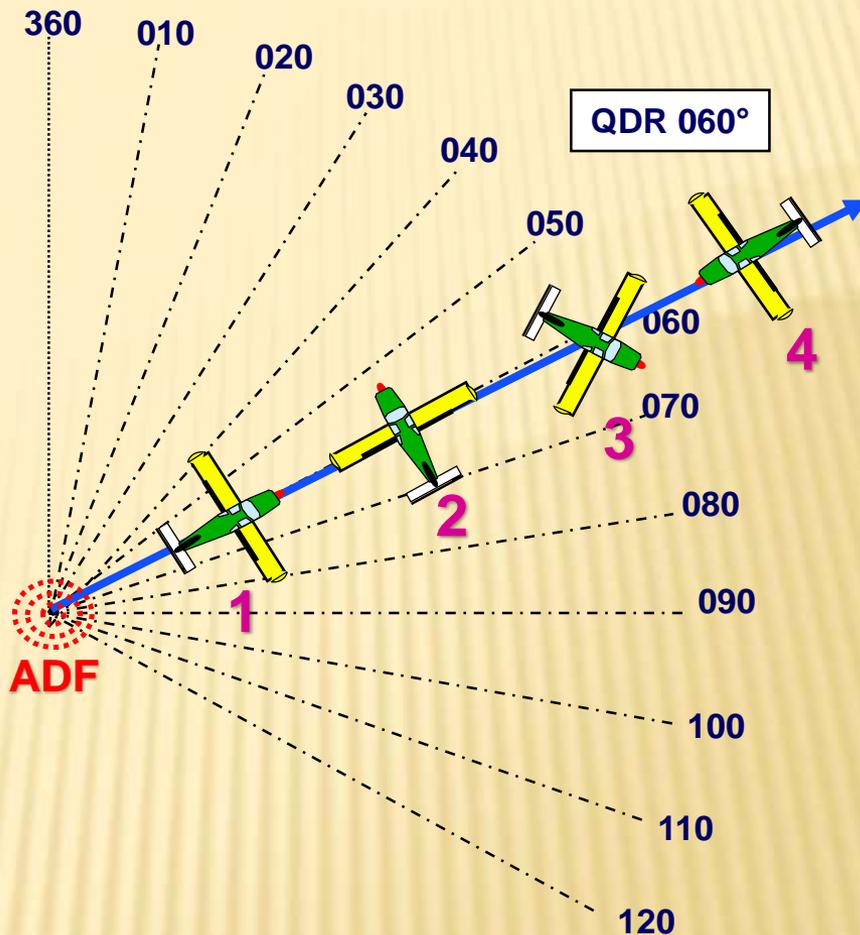
AVION 2



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 : $040^\circ + 025^\circ = 065^\circ$

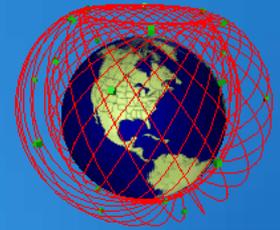
LE TABLEAU DE BORD

Instruments de radionavigation GPS



L'AFFICHEUR GPS

LE G.P.S.



HISTORIQUE ET OBJECTIFS DU SYSTÈME DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE

DATES REMARQUABLES

1965 Premier concept du NAVSTAR - GPS

1972 Études préliminaires

1974 - 1979 Validation du concept

1979 - 1986 Évaluation et développement

1986 – 1994 Mise en place opérationnelle

MESURES DÉLIVRÉES

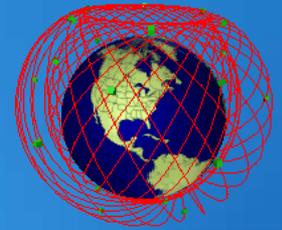
COORDONNÉES
GÉOGRAPHIQUES

DIRECTION
DÉPLACEMENT

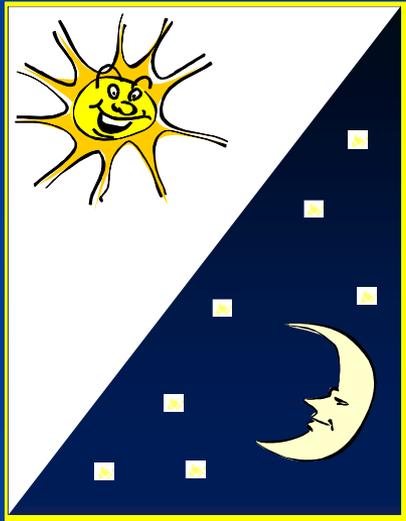
VITESSE
TEMPS

DISTANCE
ALTITUDE

LE G.P.S.

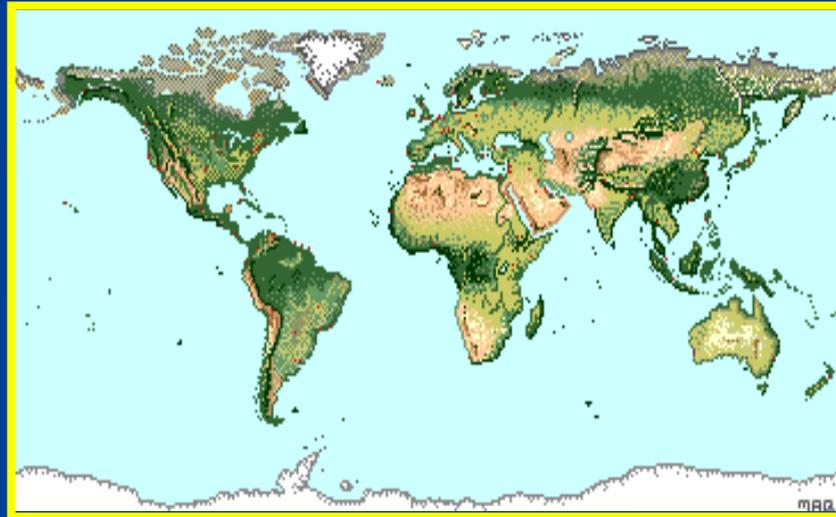


HISTORIQUE ET OBJECTIFS DU SYSTÈME DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE



24 Heures / 24

**Transmissions
continues**



Monde entier

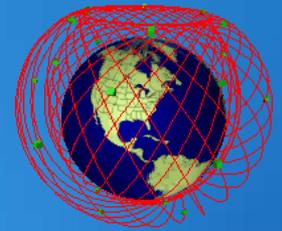
**Couverture complète
depuis avril 1995**



Tous temps

**Précisions
optimisées**

LE G.P.S.



HISTORIQUE ET OBJECTIFS DU SYSTÈME DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE

LA RADIONAVIGATION PAR SATELLITES

Regroupés sous l'appellation G.N.S.S (Global Navigation Satellite System) trois systèmes de navigation par satellite devraient se partager ce créneau

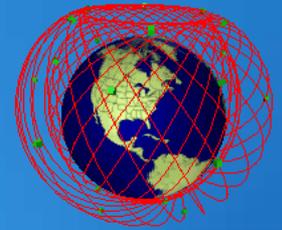
- 👉 Le NAVSTAR, système américain
- 👉 Le GLONASS, système russe
- 👉 Le GALILÉO, système européen (phase d'étude)

Par contre, le système de positionnement GPS est devenu universel et prend appui sur une modélisation de la terre suivant la norme WSG84 (World Géodetic System 1984). L'OACI recommande cette norme de positionnement comme standard mondial depuis 1998.

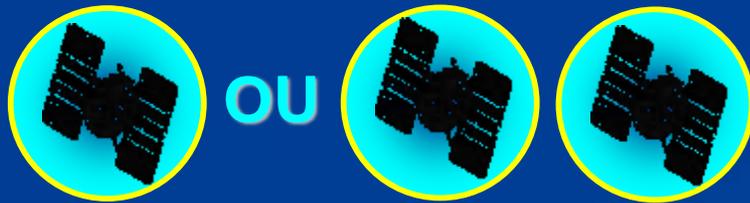
L'arrêté du 29 octobre 1996 (J.O.R.F. du 13/11/1996) introduit l'utilisation du GPS comme moyen de navigation secondaire à bord des avions dans l'espace aérien français.



LE G.P.S.

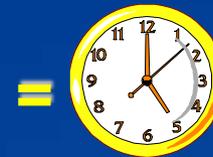


DONNÉES TRANSMISES EN FONCTION DU NOMBRE DE SATELLITES IDENTIFIÉES



OU

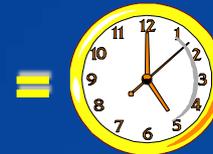
1 OU 2 SATELLITES



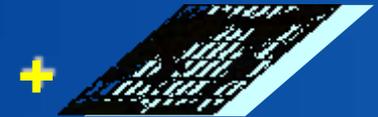
DATE



3 SATELLITES

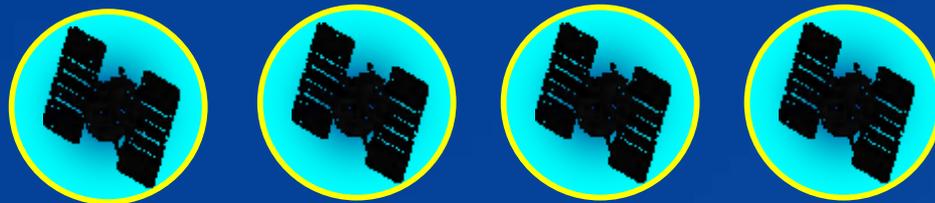


DATE

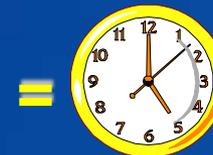


POSITION 2D

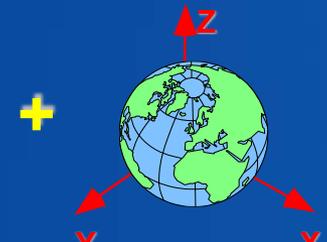
VITESSE



4 SATELLITES



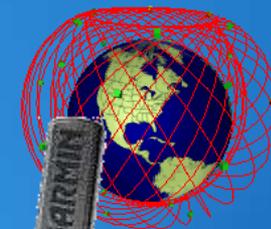
DATE



POSITION 3D

VITESSE

LE G.P.S.



LE SYSTÈME GPS EN AVIATION LÉGÈRE

LES PRINCIPALES INFORMATIONS

Données sur les aérodromes et les balises de navigation

Position, route à suivre, distance, vitesse sol, ... D.O.P. = qualité de la géométrie des satellites donc précision de la mesure [valeur de 1 (la meilleure) à 10]

Préparation et utilisation de Waypoints

Route entre position et le waypoint suivant

Distance avec prochain waypoint ou final

Heure estimée arrivée au prochain waypoint

Vitesse sol vers waypoint suivant

Tracé de la route déjà effectué

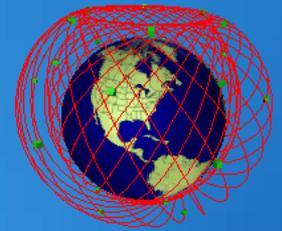
Direction de la navigation (Rv)

Affichage des distances et routes des terrains et waypoints les plus proches



E.T.E. = valeur de l'erreur estimé de position

LE G.P.S.



LE SYSTÈME GPS EN AVIATION LÉGÈRE

LES PRINCIPALES INFORMATIONS FOURNIES AU PILOTE

- Position, exprimée en coordonnées géographiques.
- Heure
- Vitesse de déplacement
- Route suivie
- Le récepteur calcule également la distance,
- L'heure de passage d'un point de report (waypoint) préalablement inséré
- Ainsi que la route à suivre pour rejoindre ce point et les écarts par rapport à cette route.



LE TABLEAU DE BORD

Instruments de positionnement
radar secondaire



**LE
TRANSPONDEUR**

UTILISATION DU TRANSPONDEUR



Afficher les codes transpondeurs assignés par l'organisme de la circulation aérienne ou portés à la connaissance des usagers par la voie de l'information aéronautique dès le lâcher des freins jusqu'à l'arrivée.

Afficher le cas échéant, selon les modalités définies pour son usage, le code spécifique approprié soit au cas de détresse et d'urgence (7700) soit à la panne de radiocommunications (7600) soit à l'intervention illicite (7500).





**Merci
de votre attention**

