

**STAGES THÉORIQUES PPL**

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

**LES INSTRUMENTS RADIO  
COMMUNICATION – NAVIGATION**



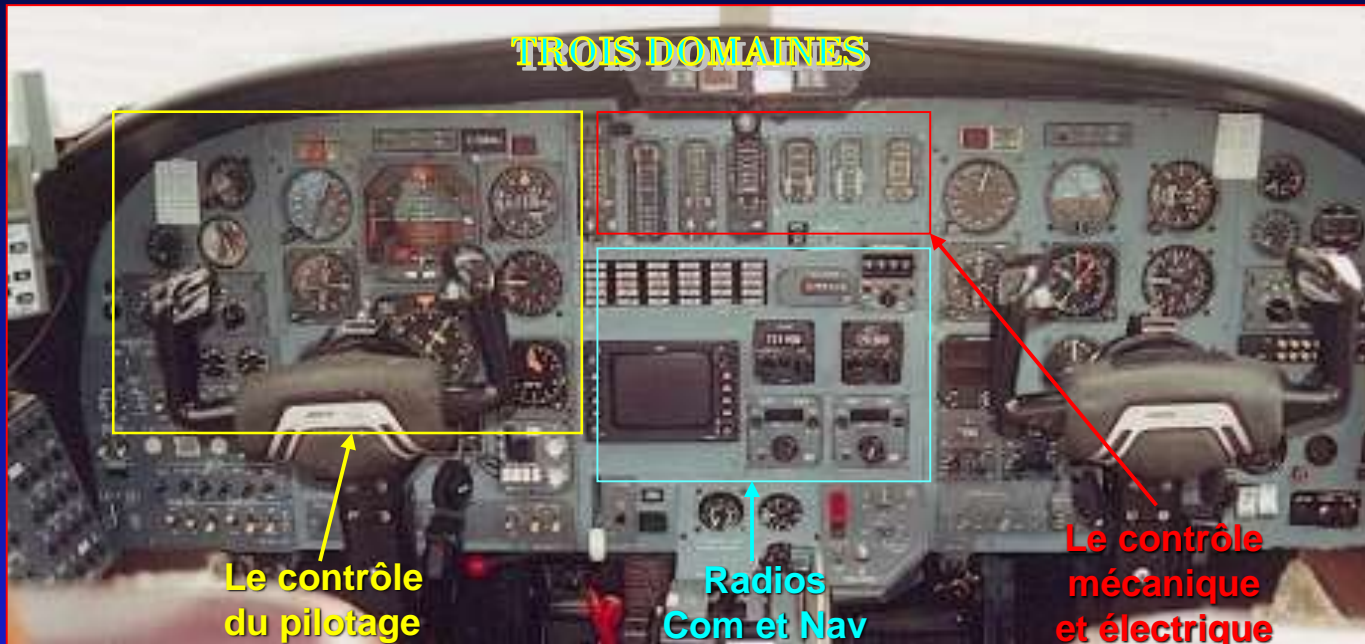


- Organisation des tableaux de bord
- Le compas et ses imperfections
- Les instruments dédiés au pilotage
- Les circuits de pression statique et totale
- L'anémomètre
- Les erreurs instrumentales de l'anémomètre
- Les vitesses caractéristiques
- L'altimètre
- L'interprétation de l'information altimétrique
- 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

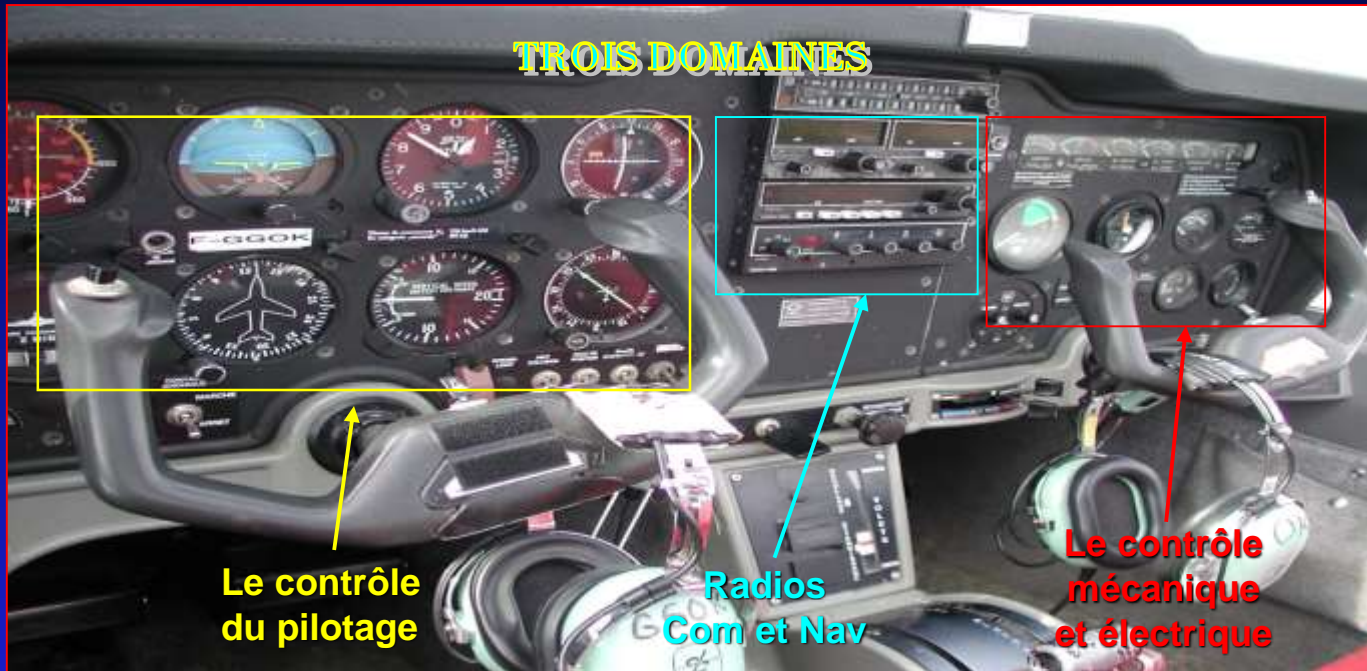
### Les points-clés de son efficacité :

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

# LES INSTRUMENTS DE CONTRÔLE

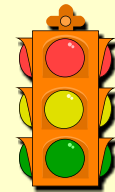
Aides à la décision et autocontrôle de l'action

TROIS DOMAINES



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



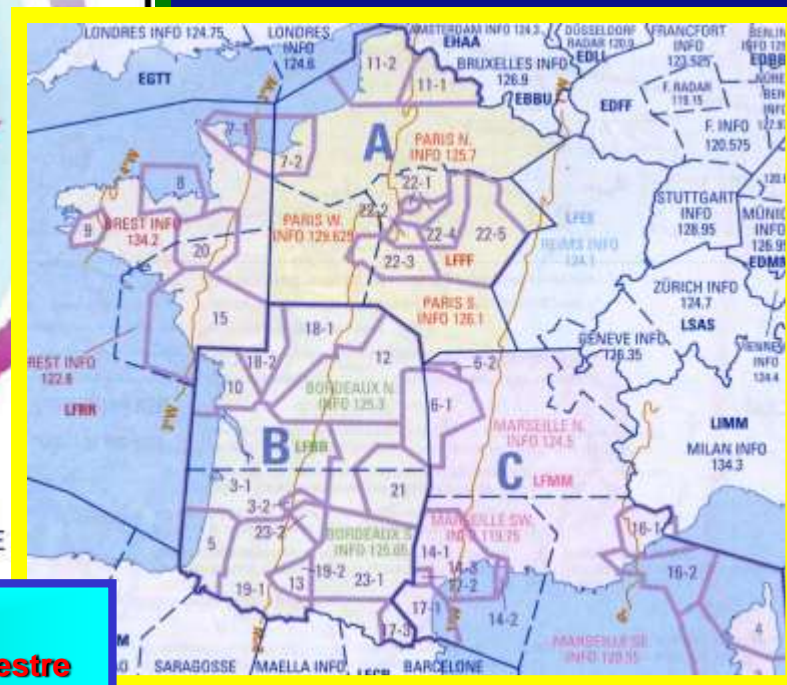
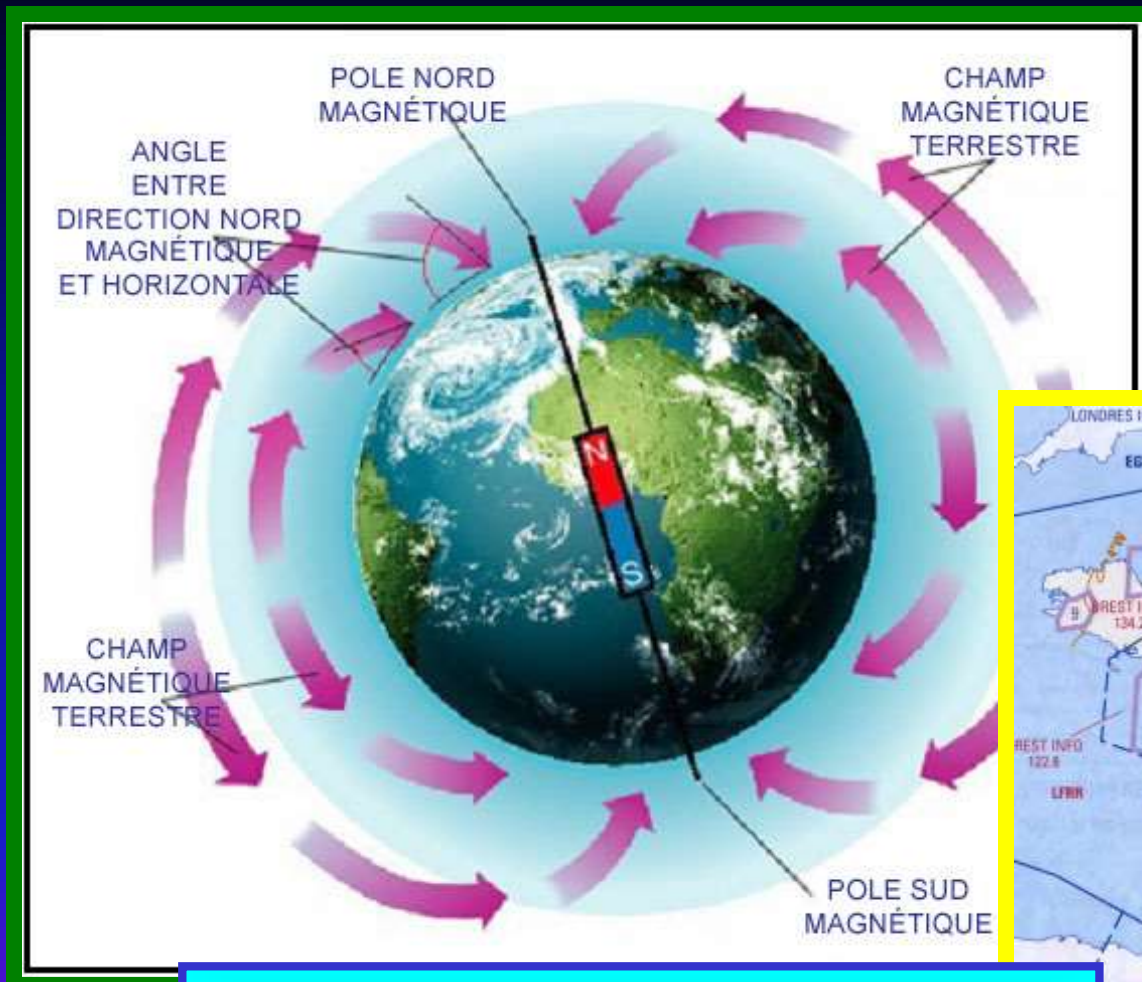
**LE COMPAS**



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



# LE CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE

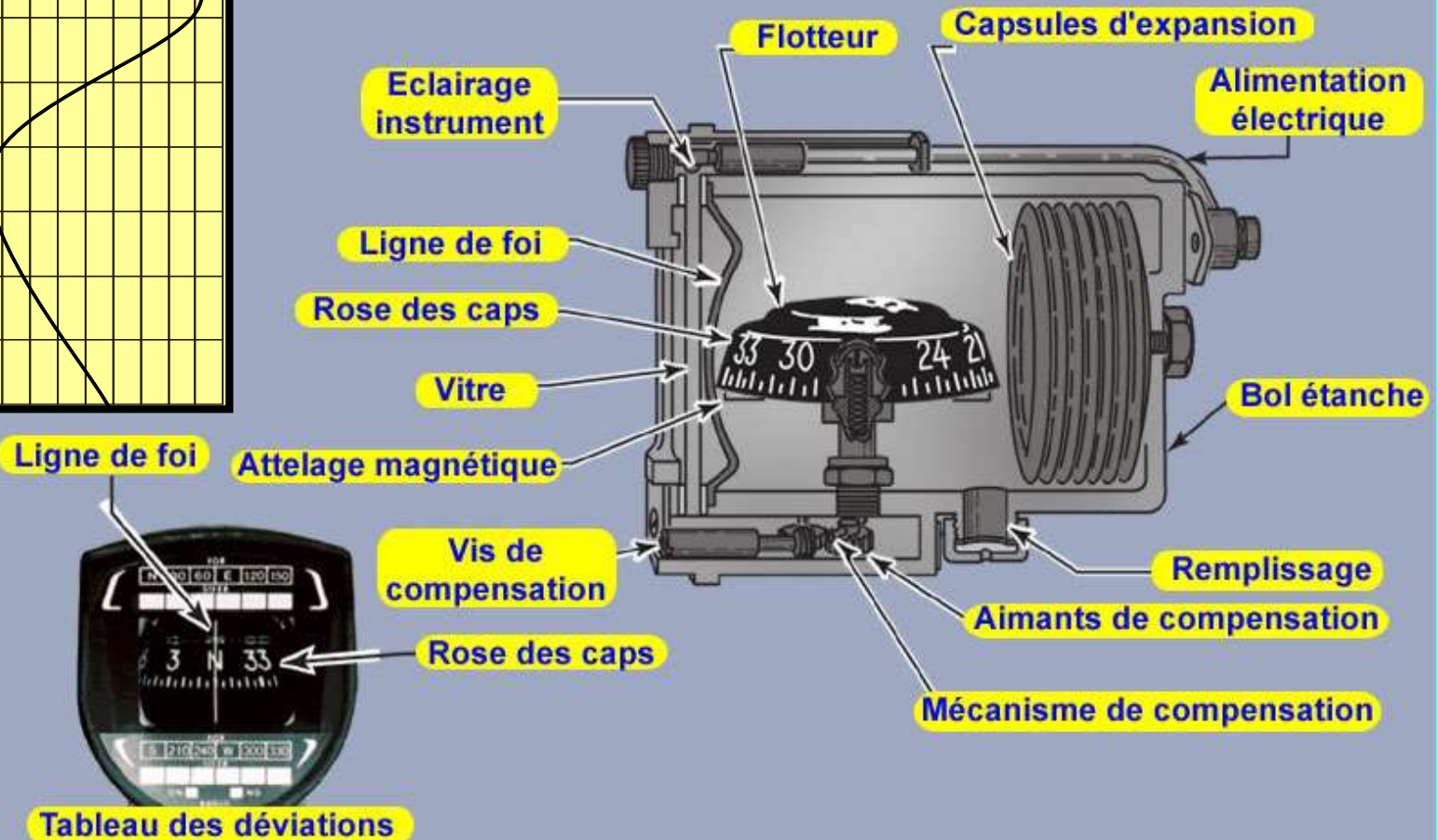
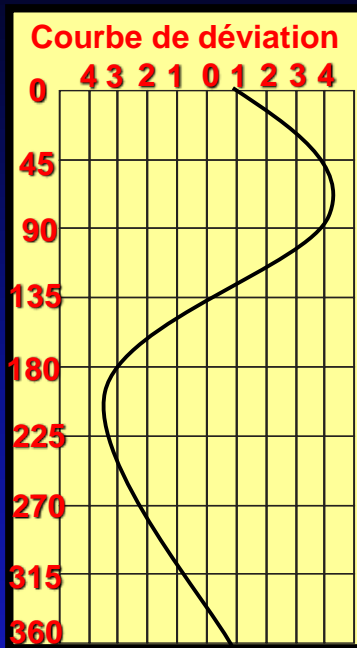


## Particularités :

- **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



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

### 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

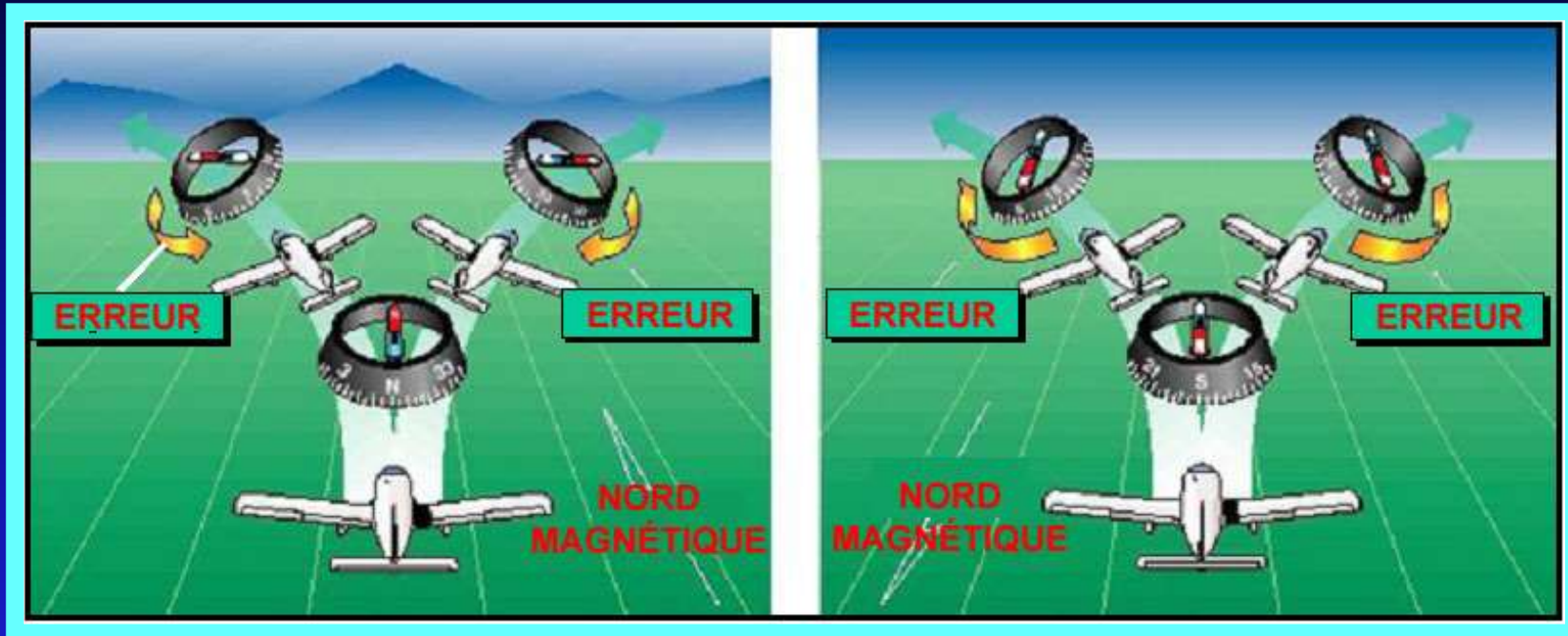
Accélération,  
cap compas augmente  
Décélération  
cap compas diminue

### AU CAP NORD ET SUD

Pas d'altération significative  
du cap compas

# 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

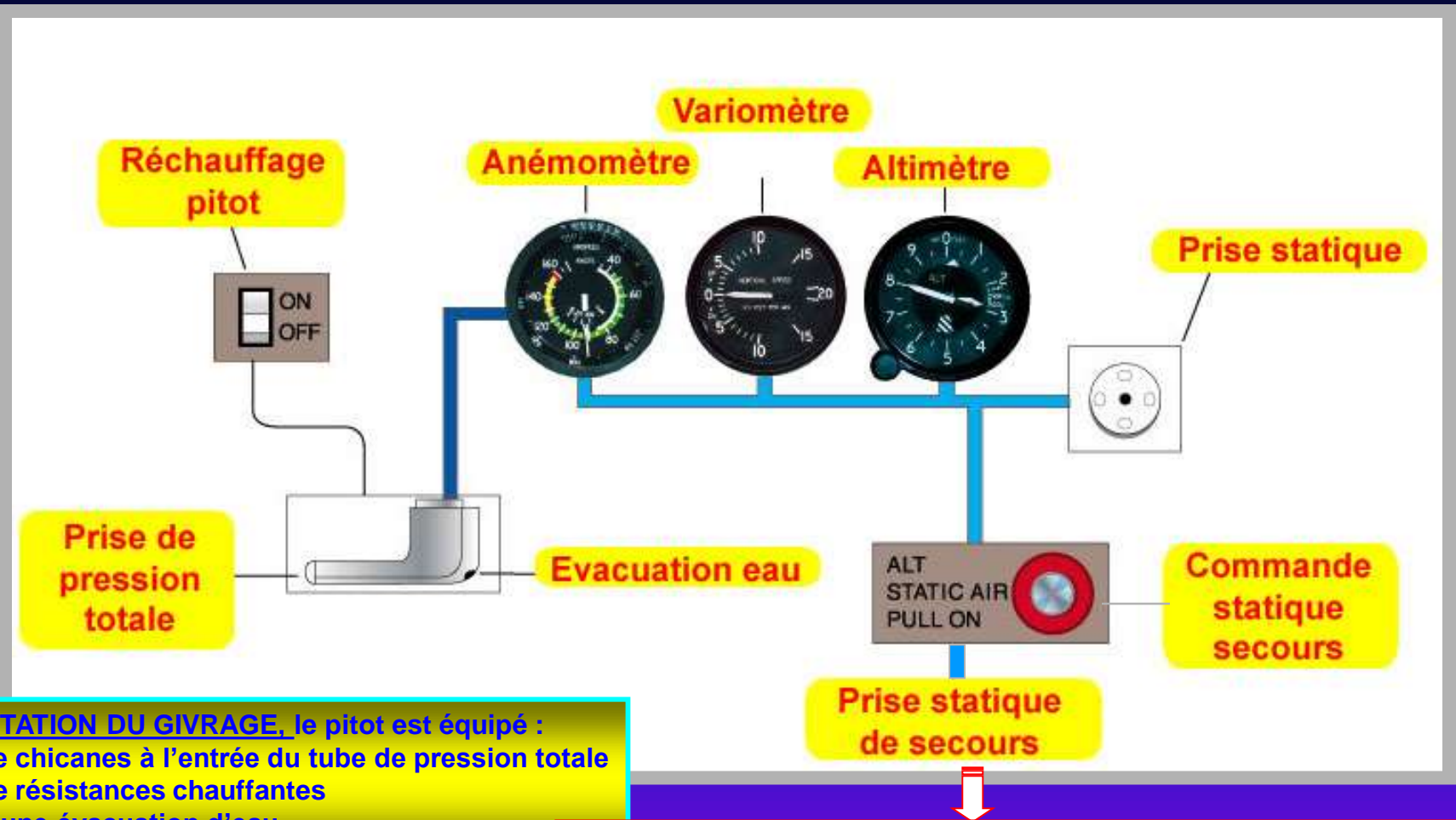


ALTIMÈTRE



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

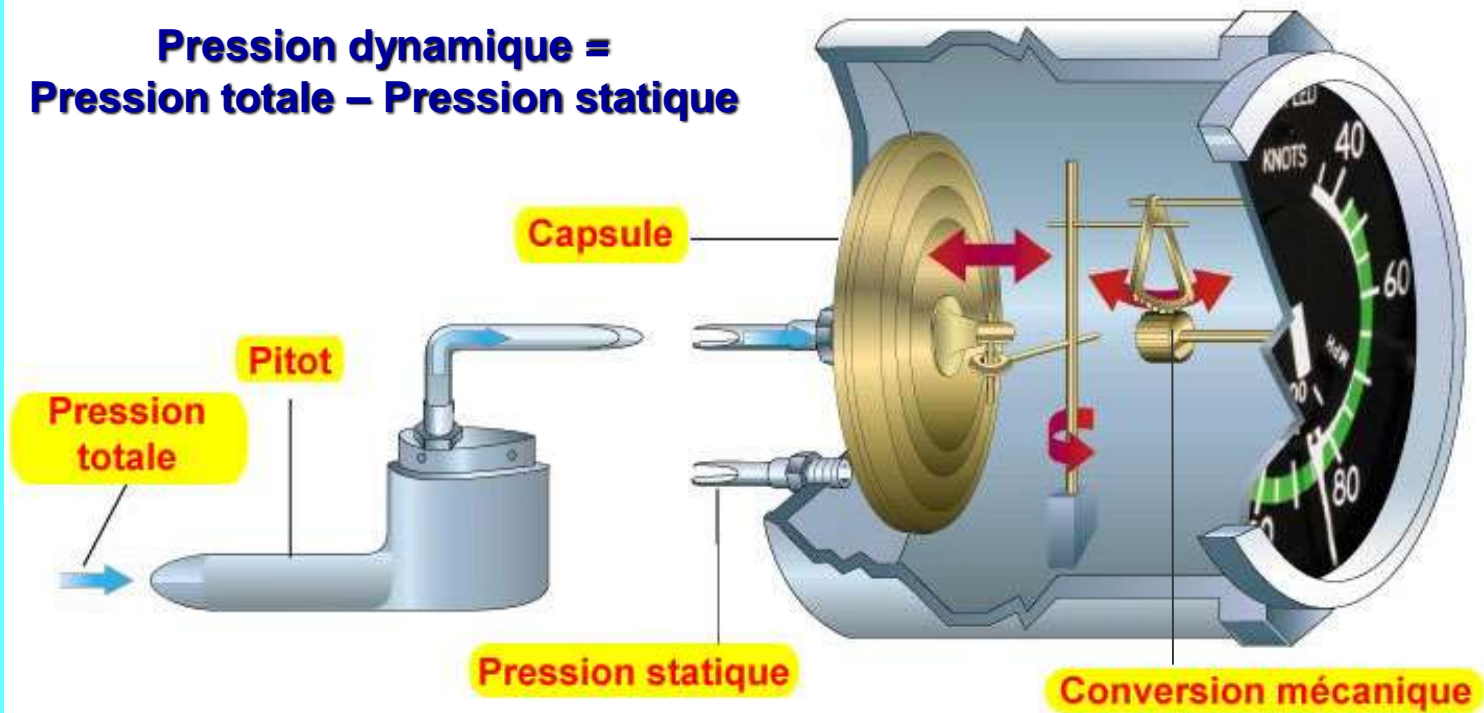
L'utilisation du statique de secours entraîne (cabine en surpression) :

- 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

Pression totale – Pression statique = Pression dynamique  
due à la vitesse convertie en vitesse.

jusqu'à 500 km/h : Loi de Bernoulli

Domaine compressible : Loi de Saint Venant

En supersonique : Loi de Rayleigh

# L'ANÉMOMETRE

## LES DYSFONCTIONNEMENTS POSSIBLES

**LA PANNE** : Comme tout appareil mécanique, ne pas exclure cette possibilité (rare)

### L'ANTENNE ANÉMOMÉTRIQUE OU TUBE PITOT BOUCHÉ :

- Soit par oubli de protection du tube au parking (insectes, poussières, ...),
- Soit par givrage en vol (conditions : hygrométrie forte, température faible, effet de peau).

**AU DÉCOLLAGE OU EN VOL EN PALIER** : Pas de changement de pression dans la capsule (pitot bouché) ni de pression statique, donc aucune variation de la vitesse :

- au décollage : vitesse reste à zéro,
- en vol en palier : indication de vitesse bloquée même si variation de puissance et donc de vitesse réelle.

**VOL EN MONTÉE** : Pas de changement de pression dans la capsule (pitot bouché) mais diminution de pression statique : différence  $P_t$  et  $P_s$  augmente donc  $V_i$  augmente.

### VITESSE RÉELLE CONSTANTE

**VOL EN DESCENTE** : Pas de changement de pression dans la capsule (pitot bouché) mais augmentation de pression statique : différence  $P_t$  et  $P_s$  diminue donc  $V_i$  diminue.

**LA PRISE STATIQUE BOUCHÉE** : les erreurs seront beaucoup plus faibles.

**EN PALIER** : Vitesse indiquée quasiment identique à la vitesse réelle.

**EN MONTÉE** : Vitesse indiquée plus faible que réelle ( $P_s$  diminue dans pitot mais pas dans la prise statique donc  $[P_{dyn} \text{ (constante)} + P_s \text{ diminue}] - P_s \text{ constant forte} = \text{différence plus faible donc vitesse plus faible que réelle.}$

**EN DESCENTE** : Vitesse indiquée plus forte que réelle (raisonnement inverse que ci-dessus)

# L'ANÉMOMETRE

Index de pression / température

VNE

VSO

VS

Vitesse indiquée (IAS)

VNO

Réglage  
de la compensation d'erreur  
température / pression

Vitesse  
vraie (TAS)

VFE

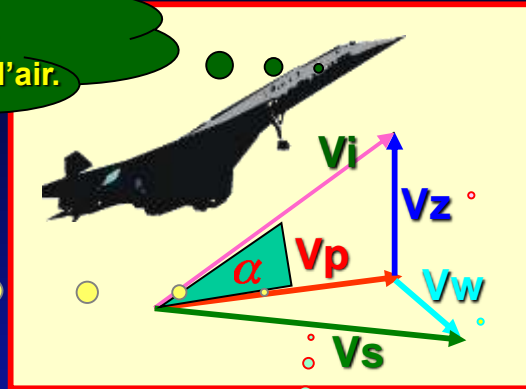




# VITESSES CARACTÉRISTIQUES

$V_i$  = 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

**Vp** Vitesse propre

Correction  
d'installation  
(1 à 2 Kt)

**VC** Vitesse conventionnelle  
**CAS** Calibrated Air Speed

**Vv** Vitesse vraie  
**TAS** True Air Speed

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

Correction de  
compressibilité  
( $V > 250$  Kt)

**EV** Equivalent de vitesse  
**EAS** Equivalent Air Speed

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



# VITESSES CARACTÉRISTIQUES

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



Exemple :

Vol à 6000 ft ,

Tempé ext = + 25°C, Vi = 175 MPH

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

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

**CORRECTION DÛE 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) =  $175 + (10\%) + (5\%) = 202 \text{ MPH}$

### 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 Vi = 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

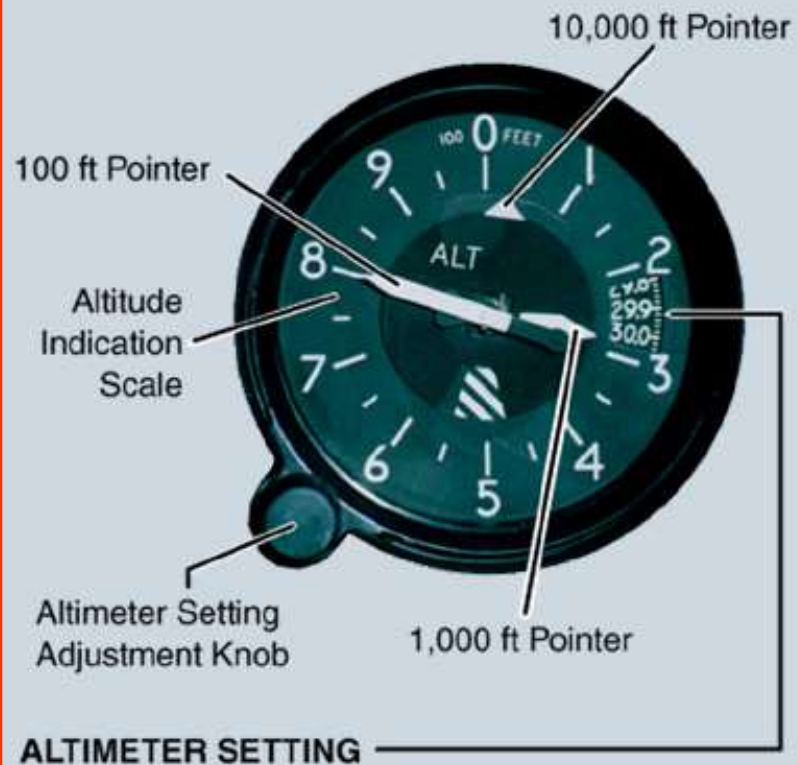
Témoin  
altitude  
< 10000 ft

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

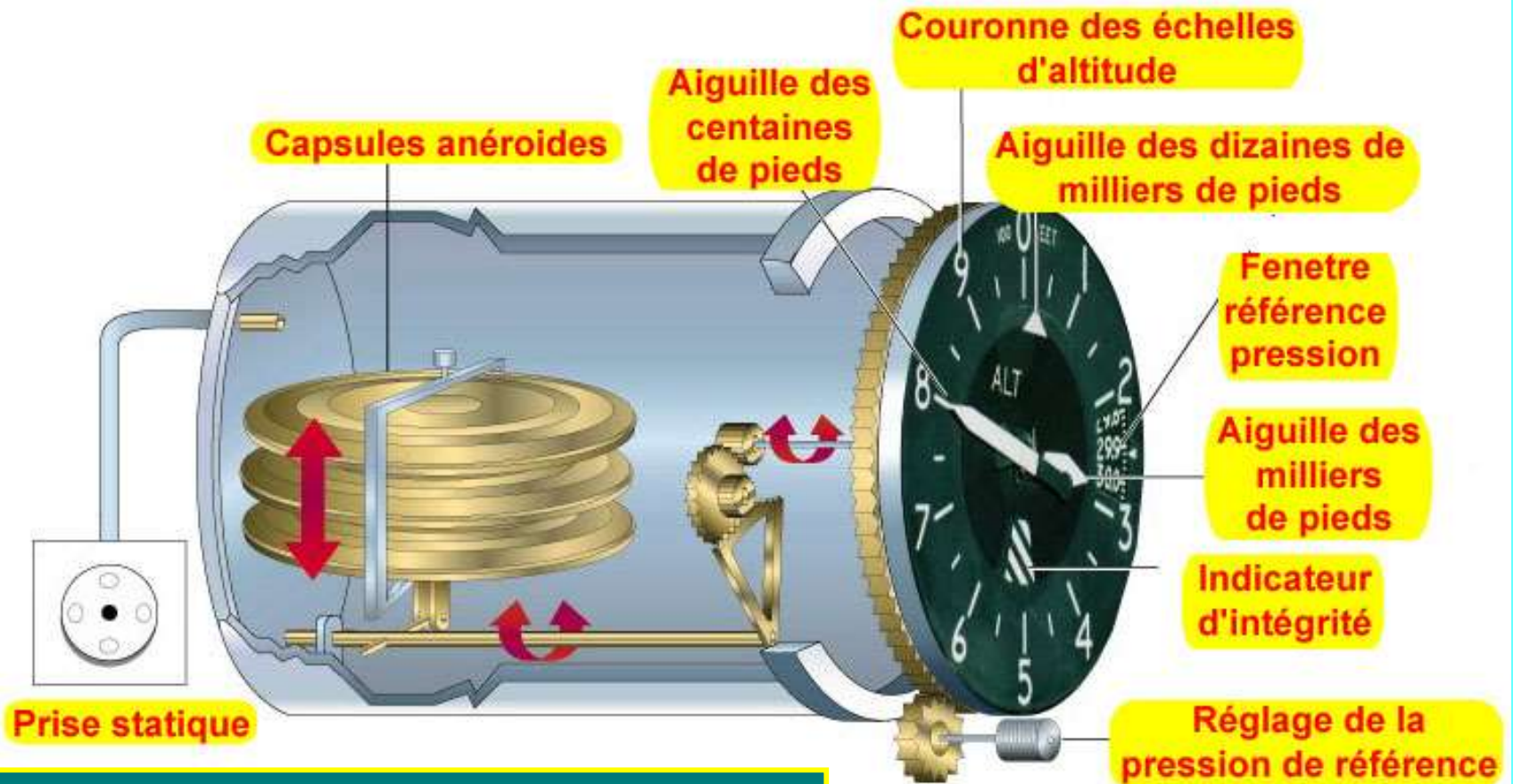


**Altimètre à 3 aiguilles**

**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.**

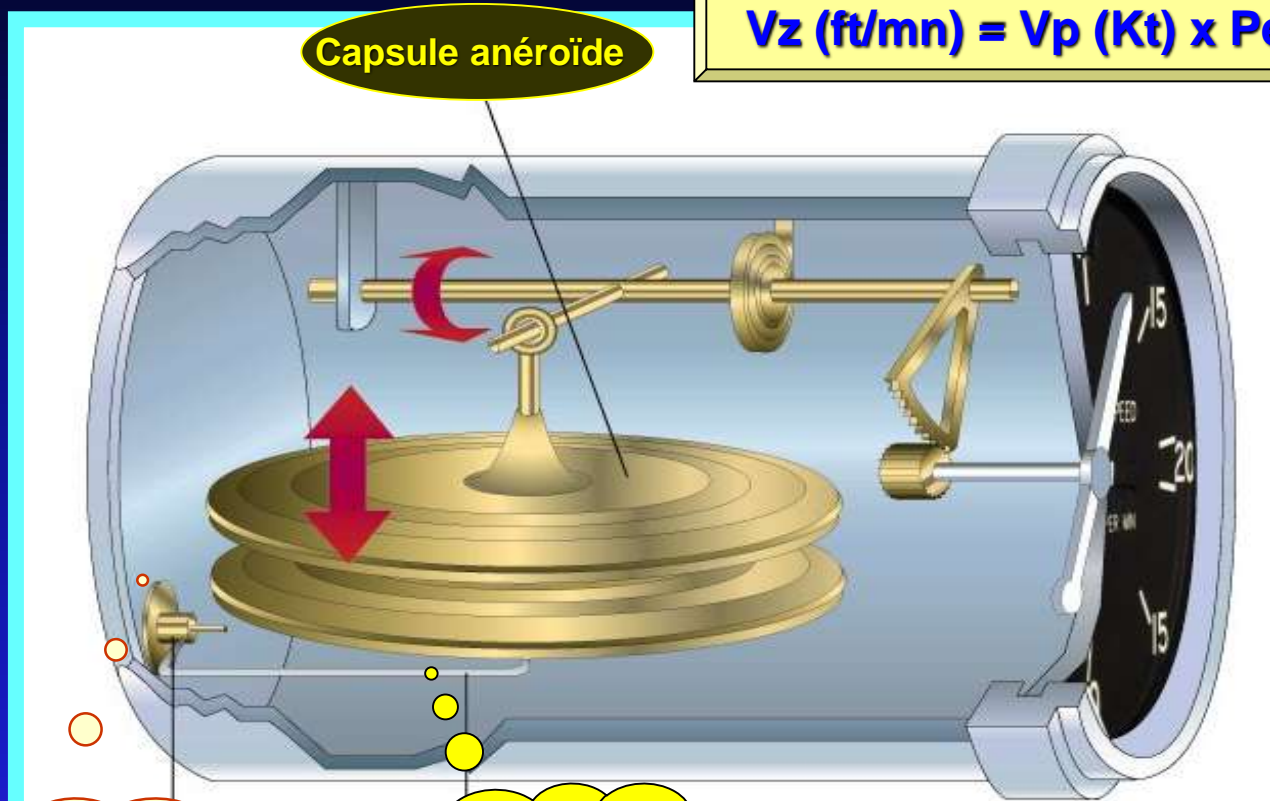
Généralement en centaines de pieds par minute  
Pour les planeurs, existe en mètres par seconde  
1 mètre par seconde = 200 feet par minute



# LE VARIOMETRE

Mesure d'un débit d'air par mn du à l'équilibration des pressions statiques lors de changements d'altitude et conversion en ft/mn

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



Capsule anéroïde

Orifice  
capillaire  
d'équilibration

Liaison avec  
la pression  
statique

Attention  
INFORMATION  
affichée avec  
retard

Ne jamais suivre l'indication du variomètre immédiatement, attendre 5 secondes afin qu'il stabilise un débit moyen donc une vitesse verticale.

# LES INSTRUMENTS GYROSCOPIQUES

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

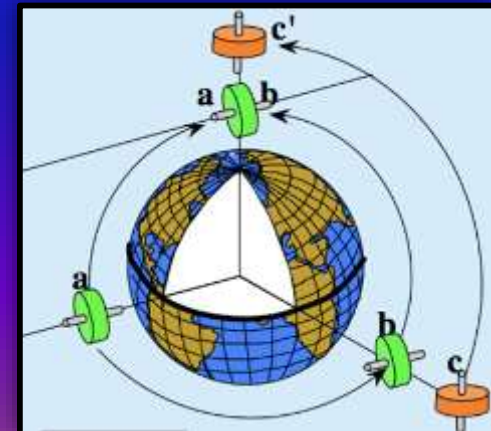
La principale propriété d'un gyroscope en rotation, soumis à aucune force perpendiculaire sur son axe de rotation, est sa **FIXITÉ DANS L'ESPACE ABSOLU**.



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

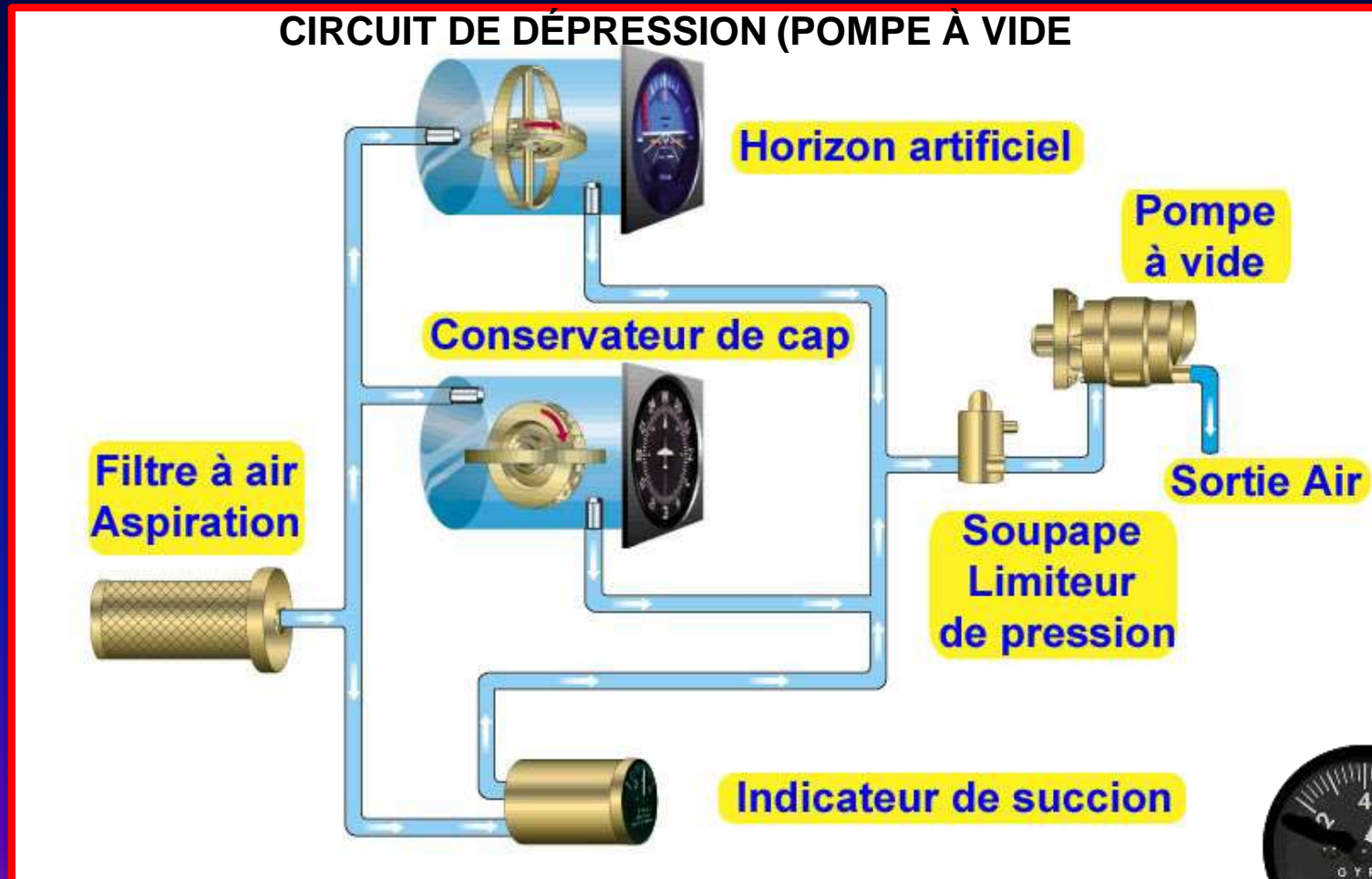
Trois types d'instrument utilisent cette propriété depuis longtemps :  
Propriété du gyroscope développée par Léon FOUCAULT dès 1852

- 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.

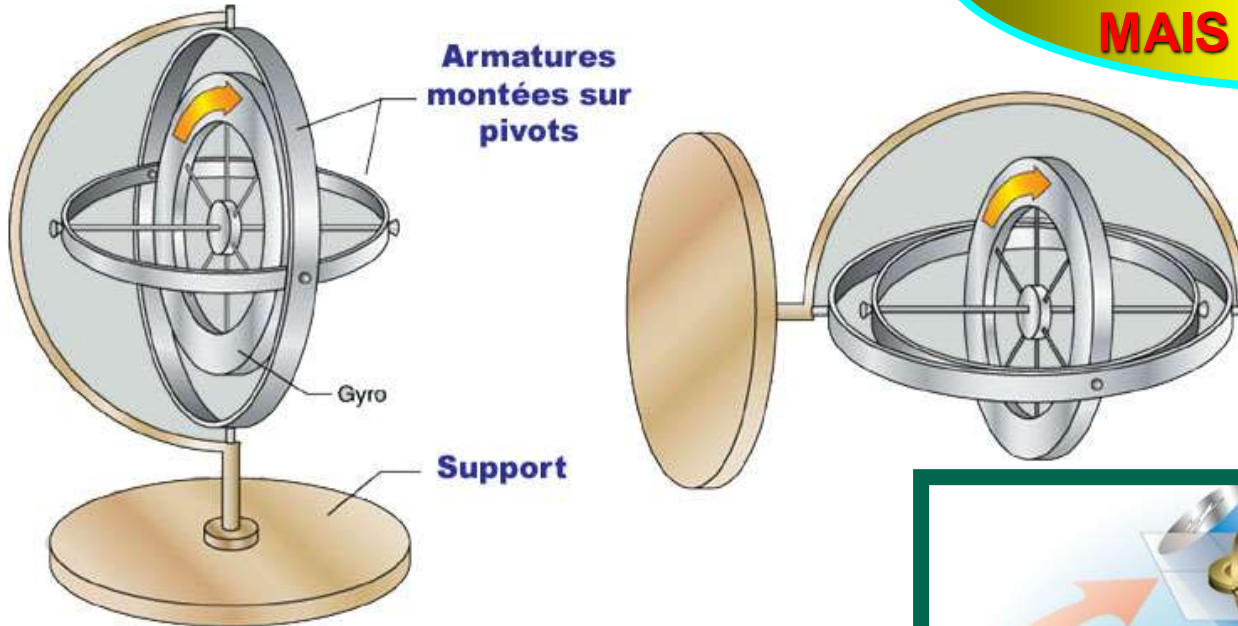


Ordre de grandeur de la dépression 4,6 à 5,4 In Hg



# LES GYROSCOPES

**Propriétés principales :**  
**FIXITÉ DANS L'ESPACE**  
**MAIS PRÉCESSION**

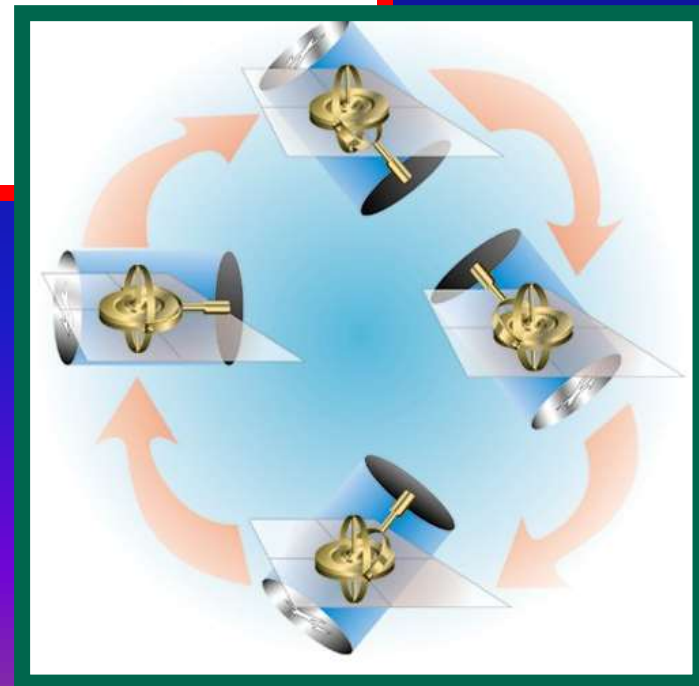


## PRÉCESSION

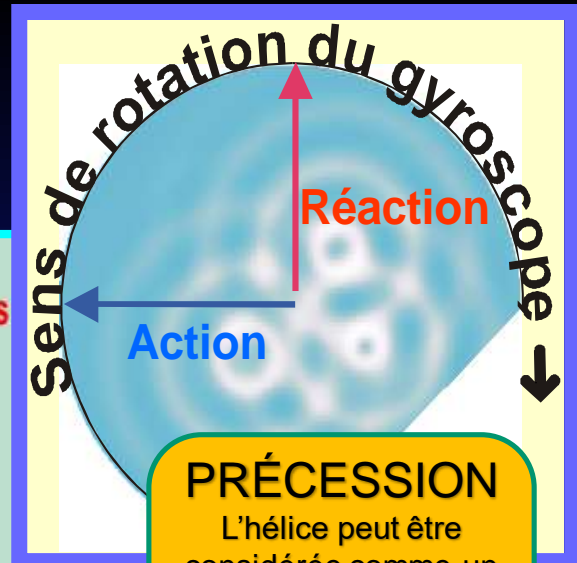
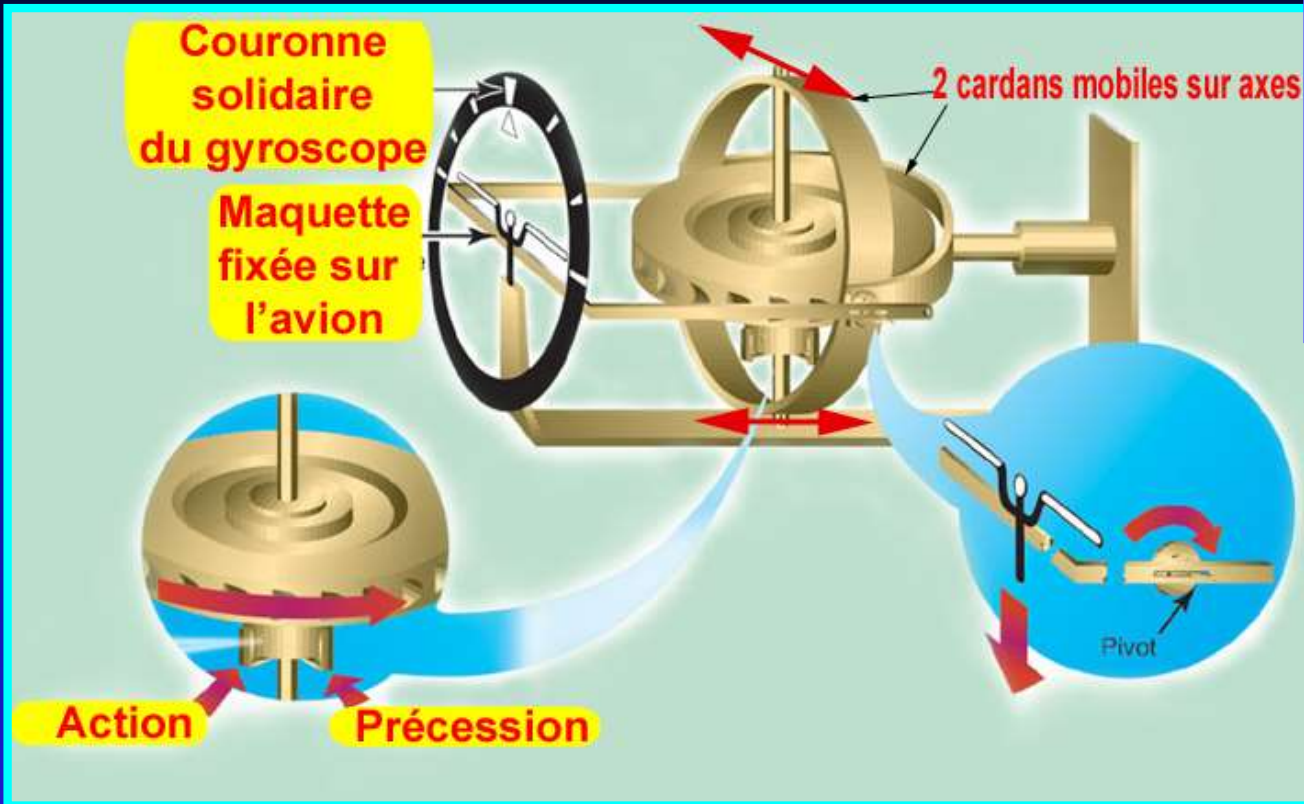
Effet secondaire du gyroscope lorsque l'on exerce une force sur l'axe de rotation. Perpendiculaire à cette force et dans le sens de la rotation.

## QUALITÉ D'UN GYROSCOPE

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

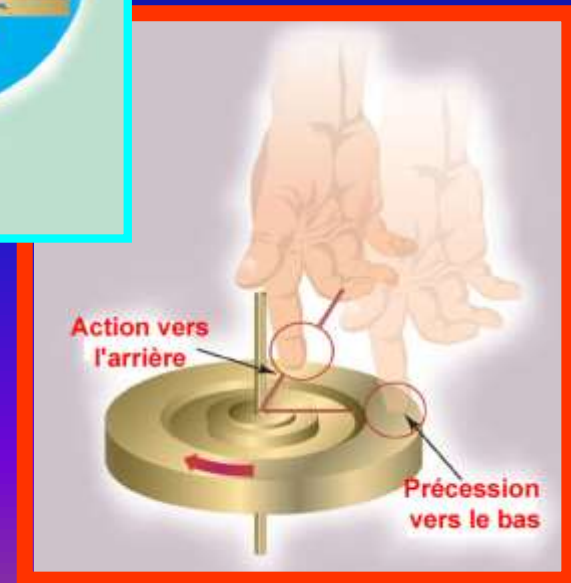


# LES GYROSCOPES



## 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



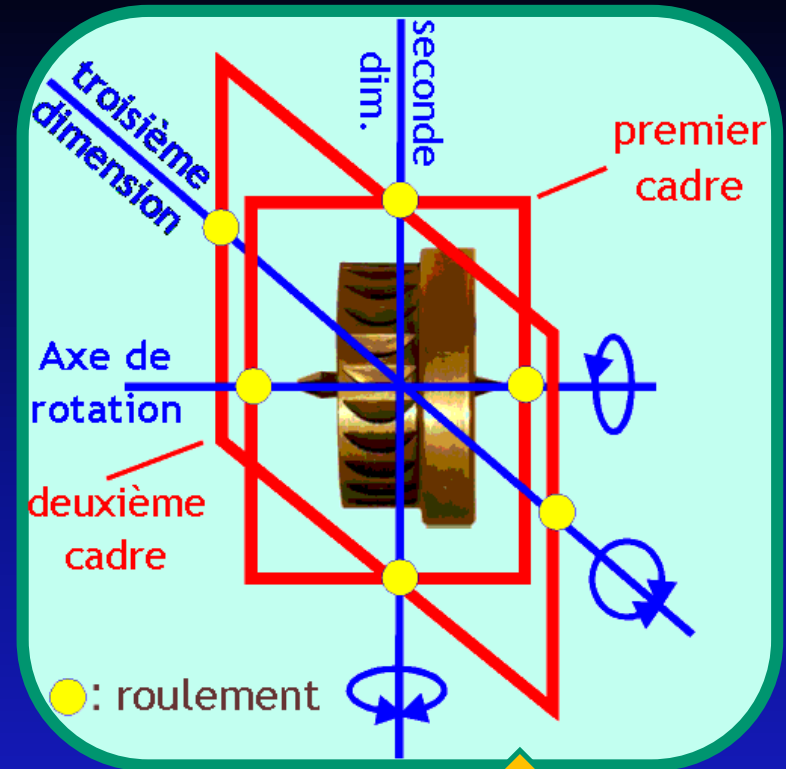
Inclinaison nulle

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

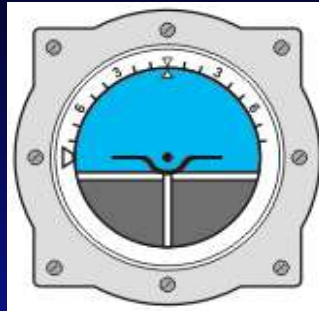
CONSERVATEUR  
DE CAP



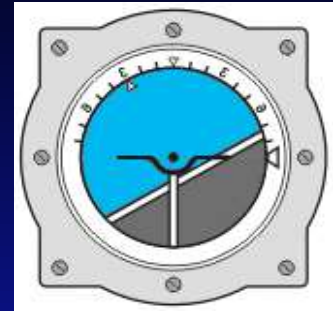
# L'HORIZON ARTIFICIEL



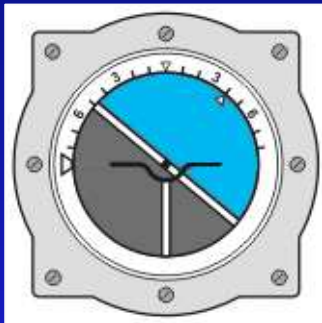
Montée Virage Gauche



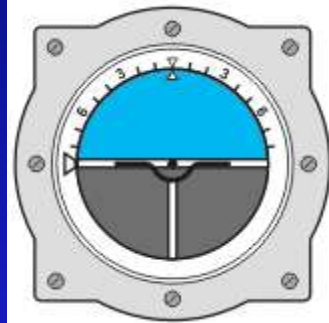
Montée Incli nulle



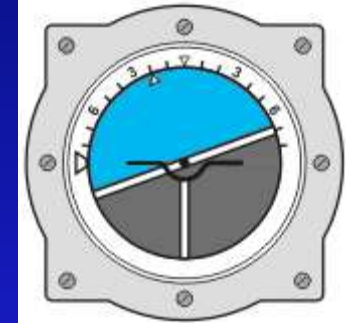
Montée Virage Droite



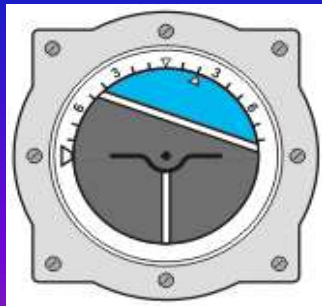
Palier Virage Gauche



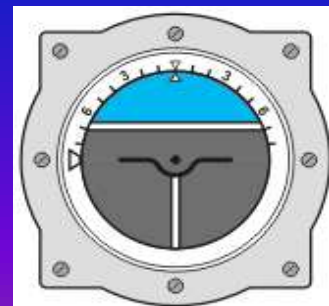
Palier Incli nulle



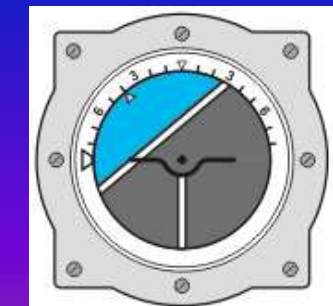
Palier Virage Droite



Descente Virage Gauche



Descente Incli nulle



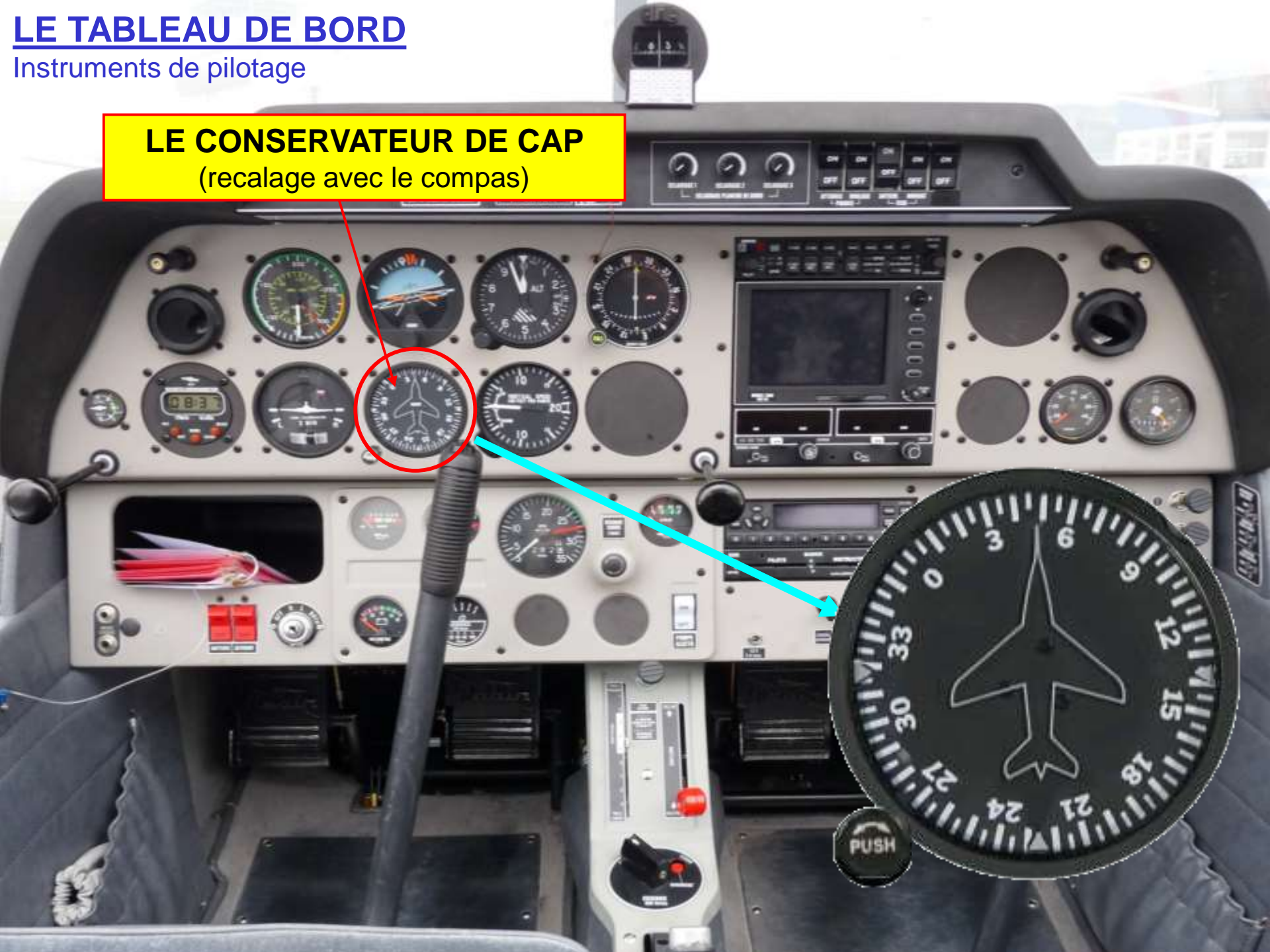
Descente Virage Droite

# 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°

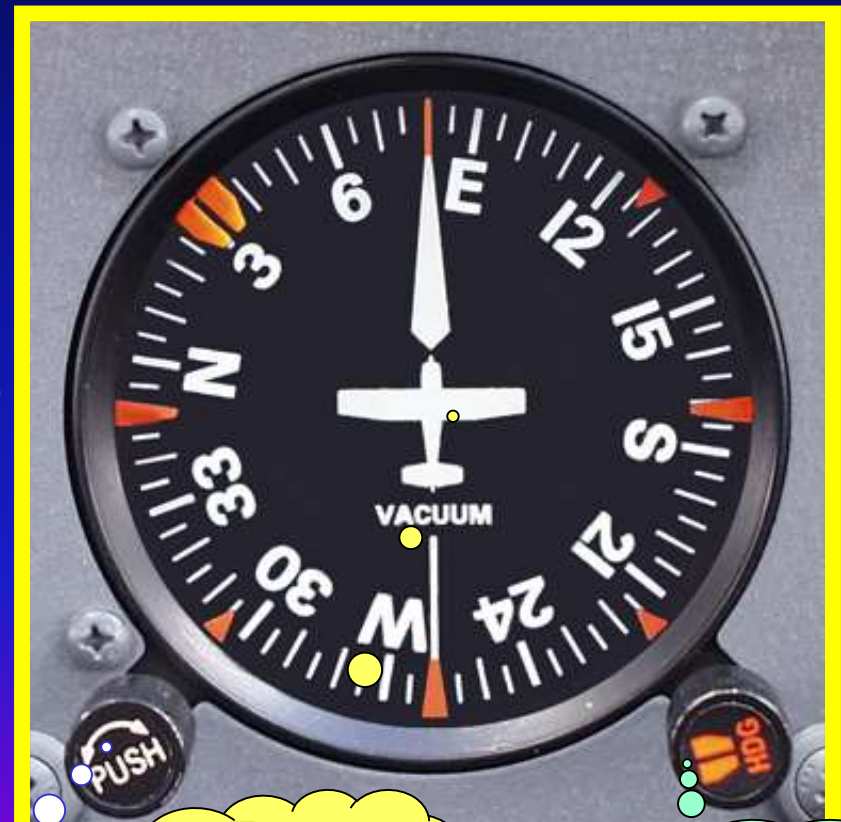
→ 33 lu correspond au cap 330°

**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.

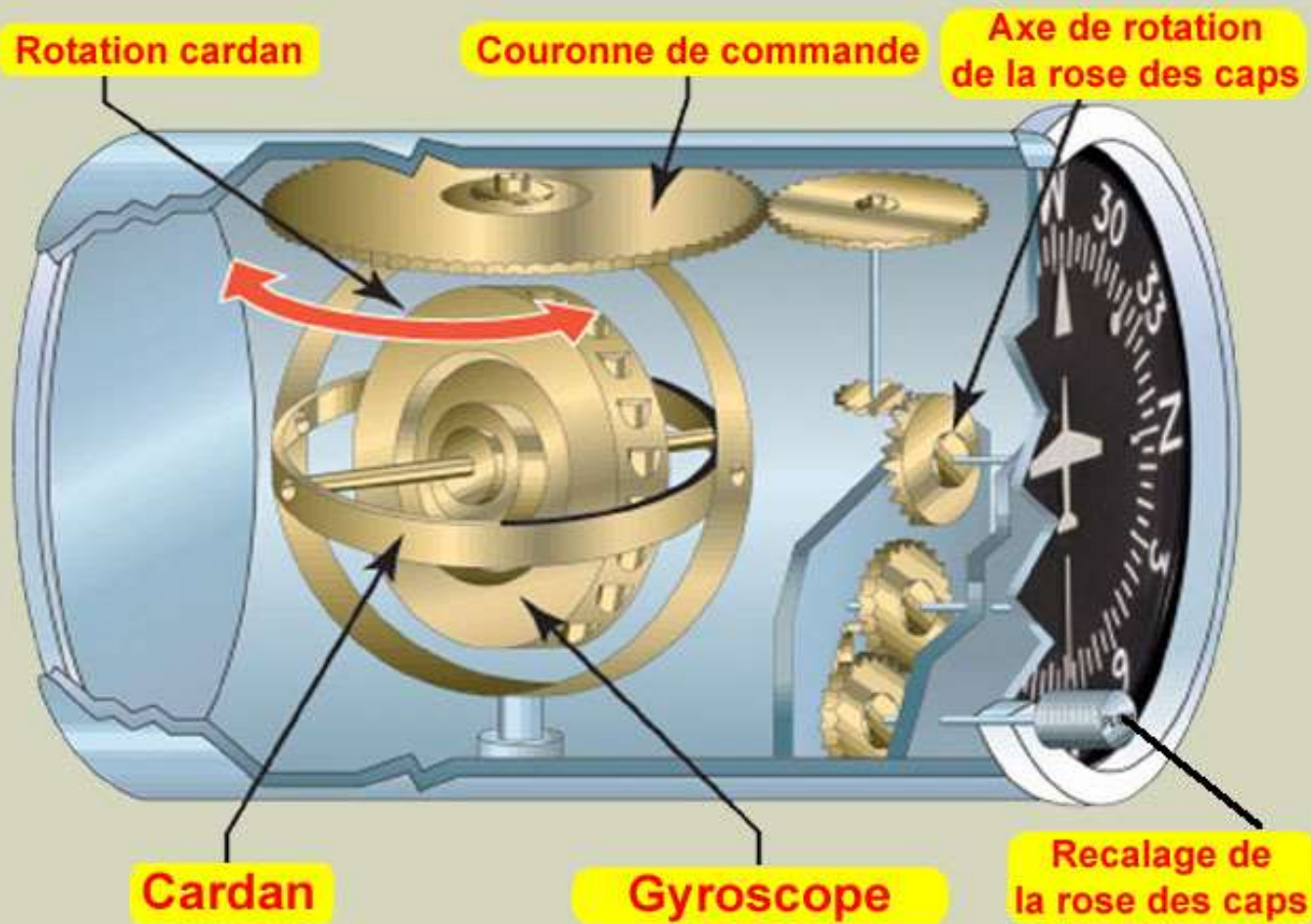


Molette de recalage

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

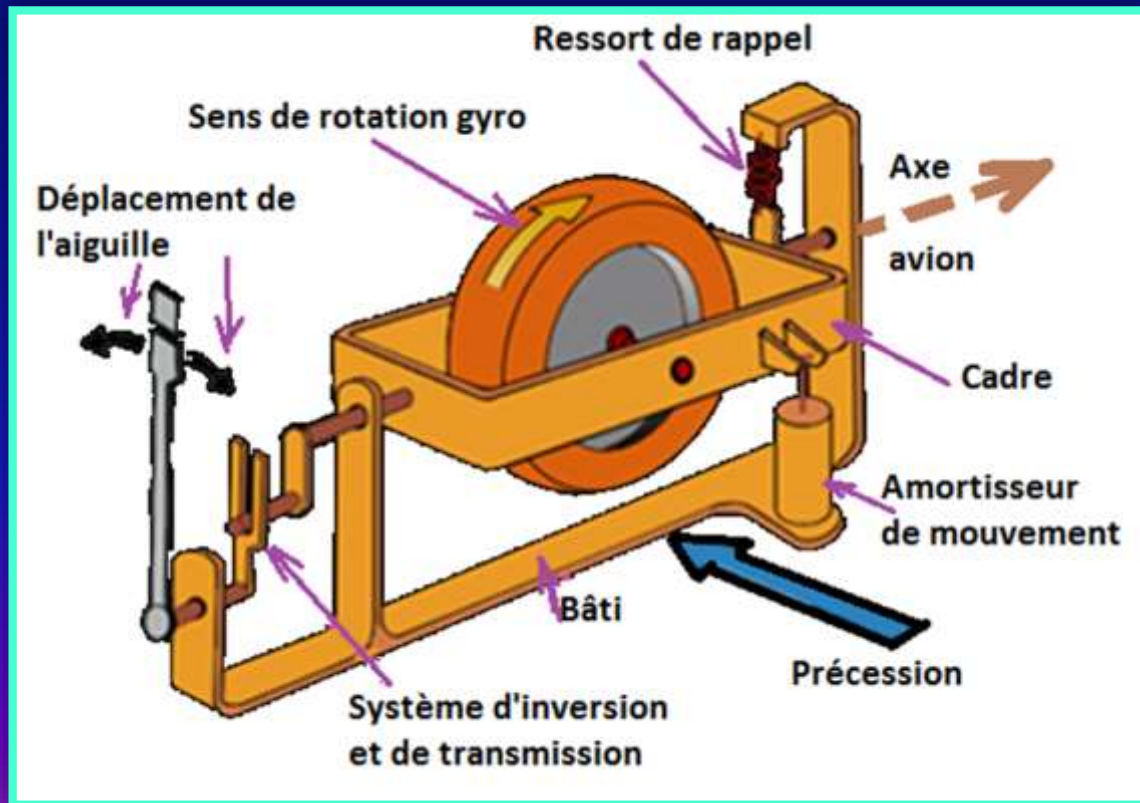
Au taux standard  
360° en 2 minutes

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.

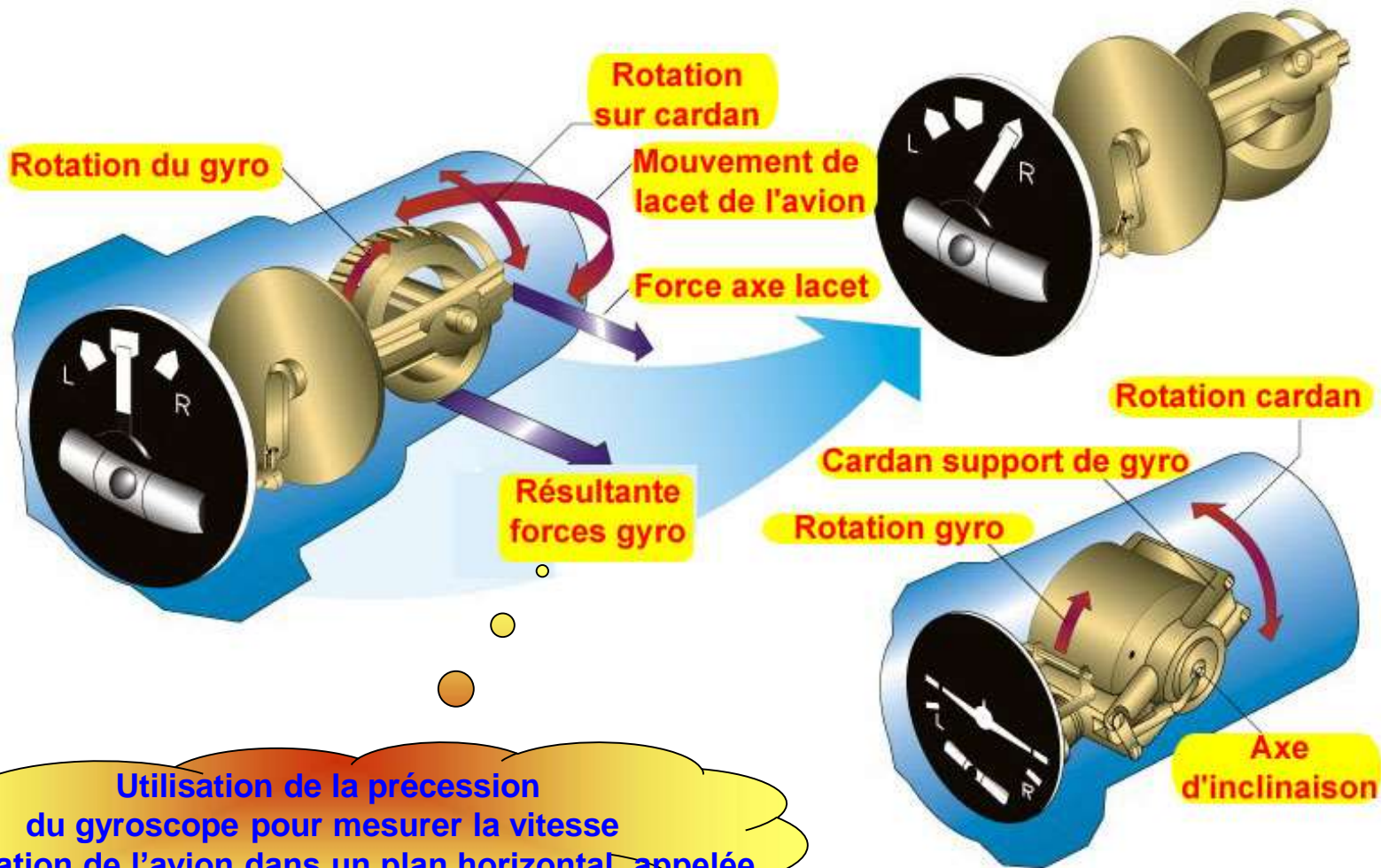


Le système d'inversion transmet ce déplacement à l'indicateur.

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



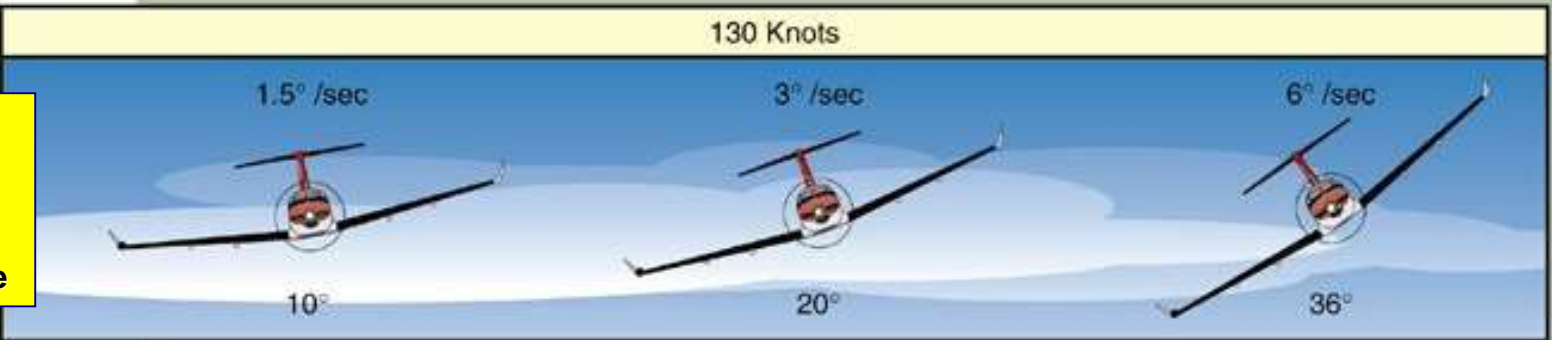
# LE COORDINATEUR DE VIRAGE ET LA BILLE



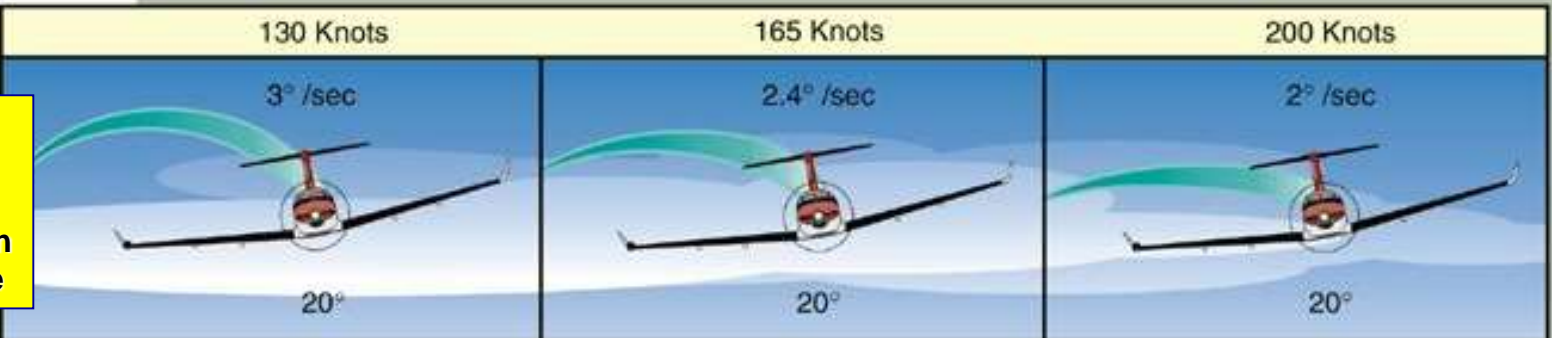
Utilisation de la précession du gyroscope pour mesurer la vitesse de rotation de l'avion dans un plan horizontal, appelée également « TAUX DE VIRAGE »

# 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

**Solution :**  
Augmenter l'inclinaison  
+ palonnier droit

**DÉRAPAGE**

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

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

**VIRAGE  
SYMÉTRIQUE**

**GLISSADE**

**Solution :**  
Diminuer l'inclinaison  
+ palonnier gauche

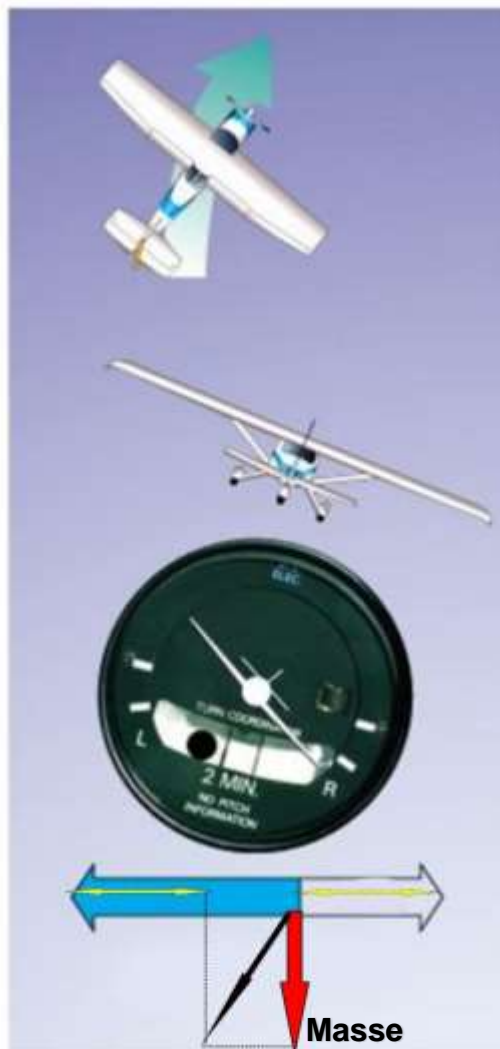
Composantes du poids apparent : Pesanteur ( $mg$ ) et Force centrifuge ( $mV^2 / R$ )

# 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

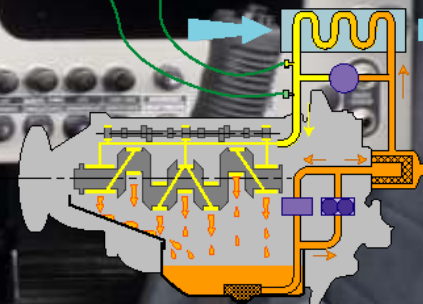


**COMPTE TOURS**  
(ATTENTION : Il n'indique qu'un nombre de tours par mn et non la puissance du moteur dépendant de l'altitude et du type de croisière choisi : rapide, économique ou autonomie max, ...).

# LE TABLEAU DE BORD

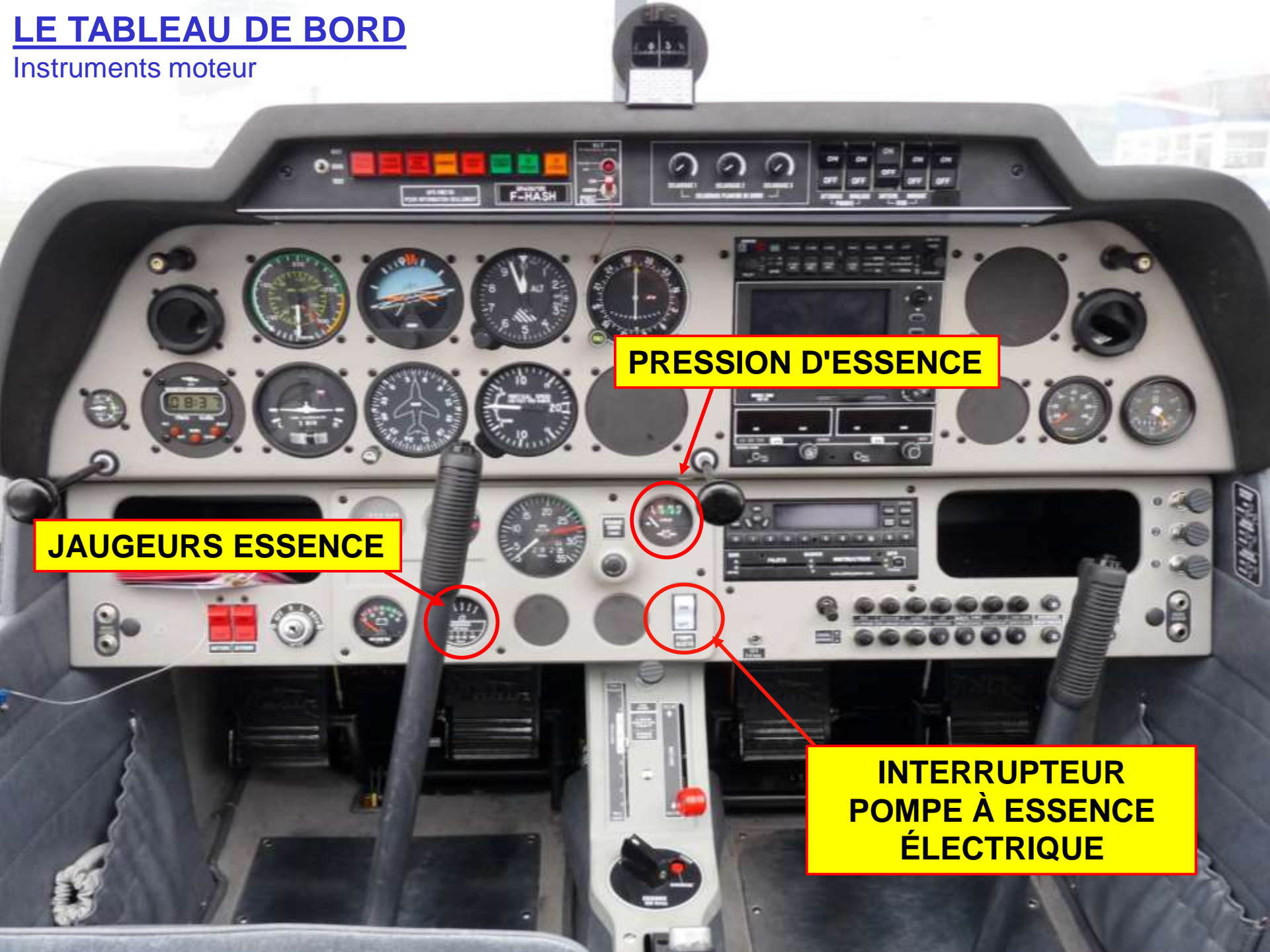
Instruments moteur

**PRESSIION ET TEMPÉRATURE D'HUILE**



# LE TABLEAU DE BORD

Instruments moteur



**JAUGEURS ESSENCE**

**PRESSION D'ESSENCE**

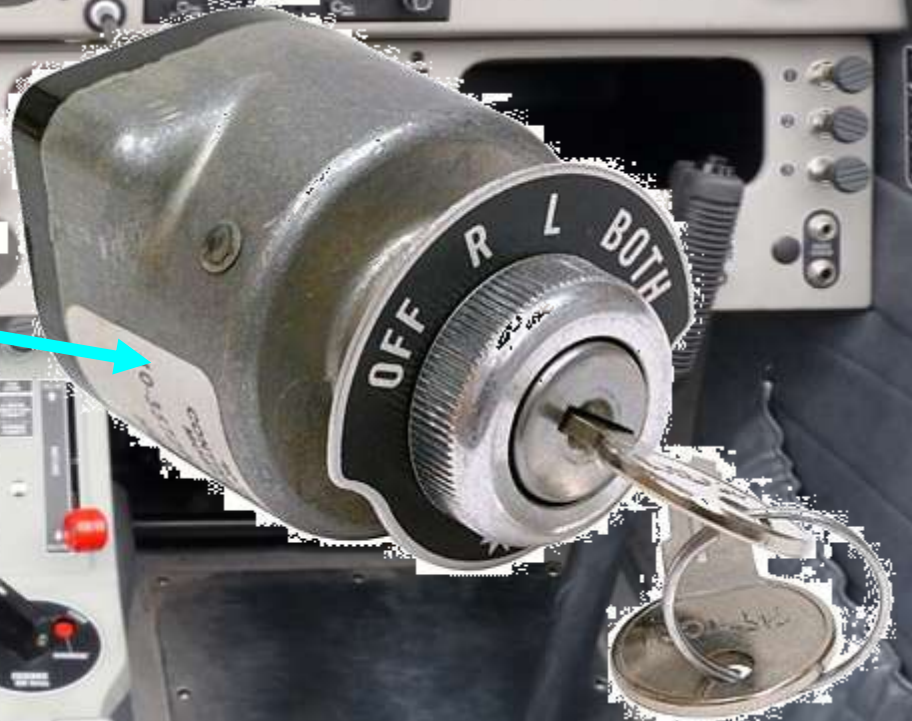
**INTERRUPTEUR  
POMPE À ESSENCE  
ÉLECTRIQUE**



# 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**

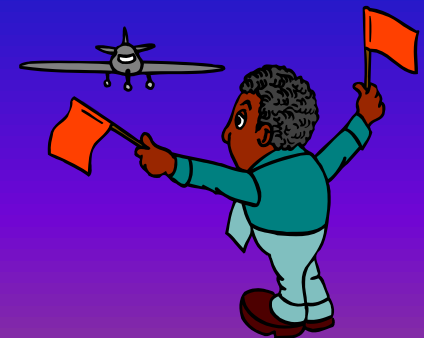
# **LES INSTRUMENTS RADIO COMMUNICATION - NAVIGATION**





## 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

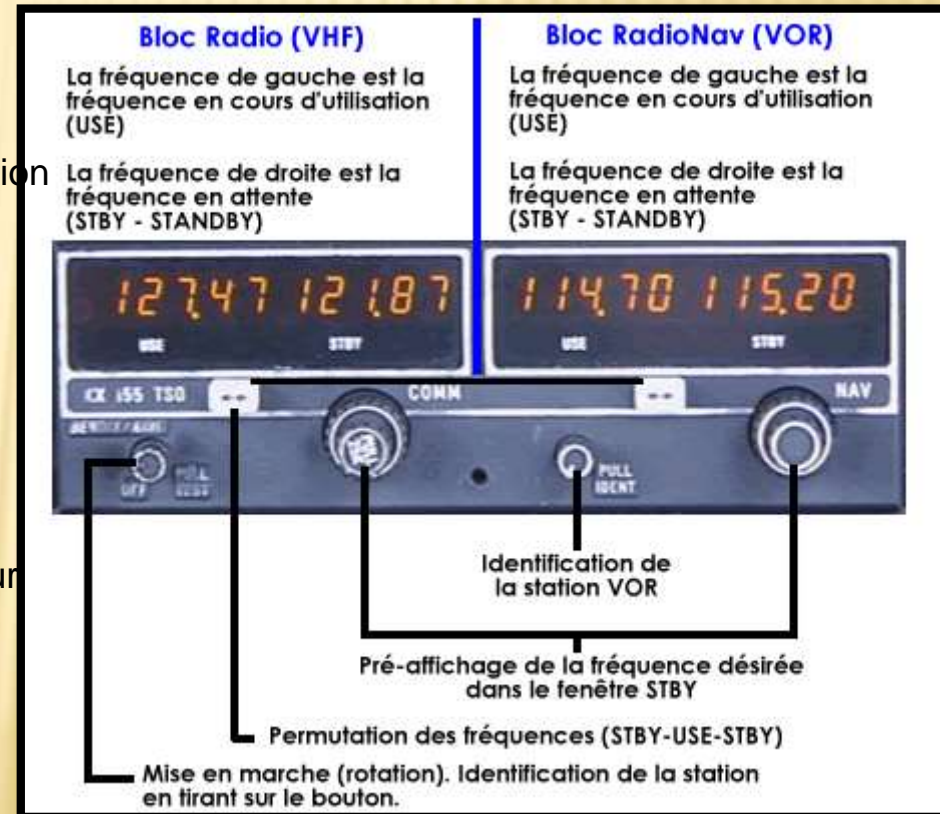
## LES FRÉQUENCES DE RADIOCOMMUNICATION

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<sup>er</sup> 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 :

<b>1</b>	<b>équivalent à :</b>	<b>illisible</b>
<b>2</b>		<b>lisible par instant</b>
<b>3</b>		<b>difficilement lisible</b>
<b>4</b>		<b>lisible</b>
<b>5</b>		<b>parfaitement lisible</b>

**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



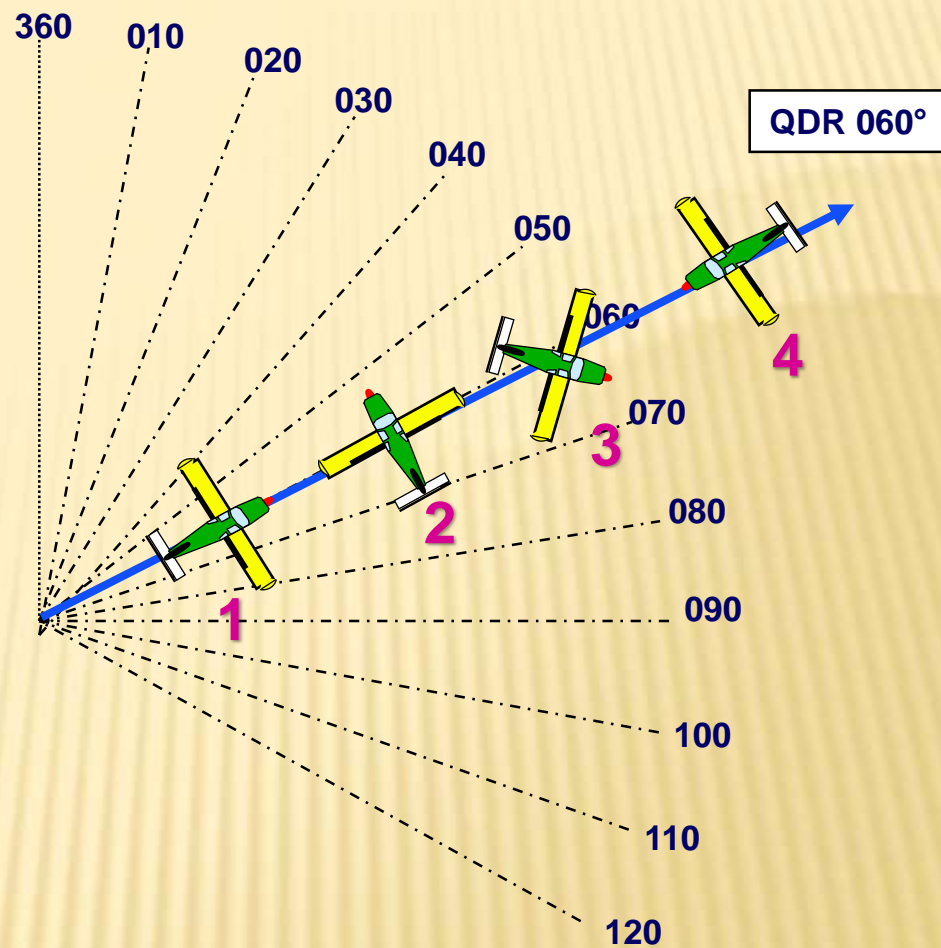
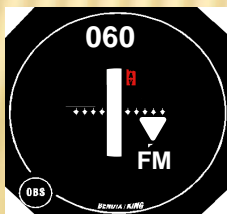
AVION 2



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.

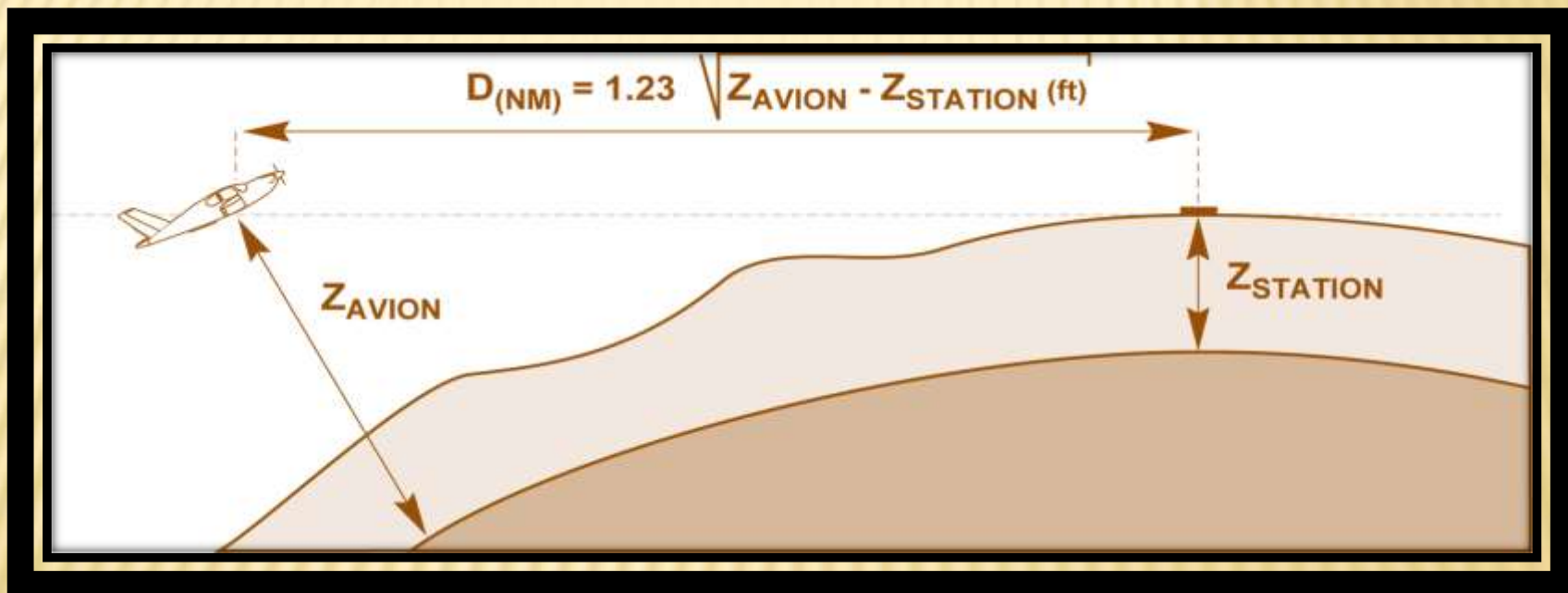
➤ **Inconvénients :** Portée optique donc limitation due aux obstacles, mauvaise réception à basse altitude.

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

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

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

# 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

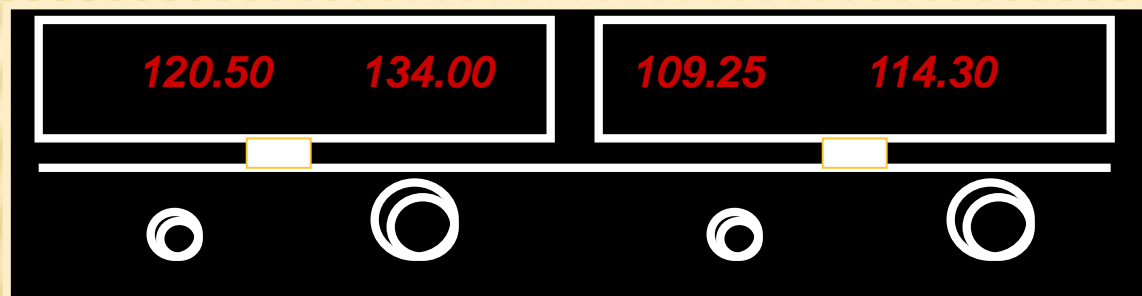
## TROIS ÉLÉMENTS :

### ➤ L'ANTENNE DE RÉCEPTION

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

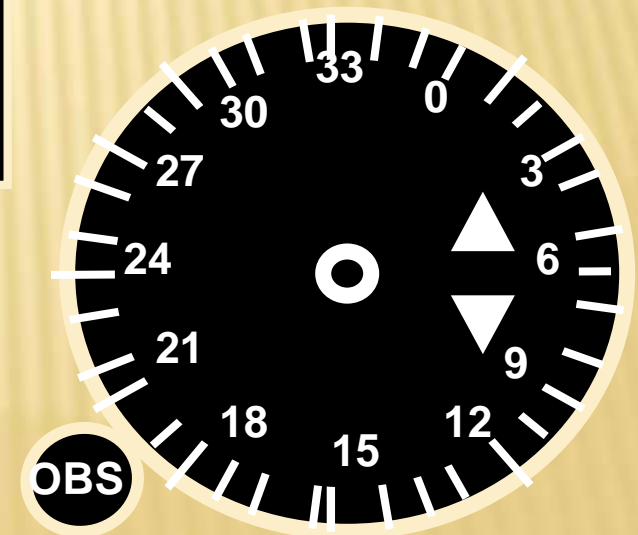
### ➤ Le RÉCEPTEUR DE BORD

- 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

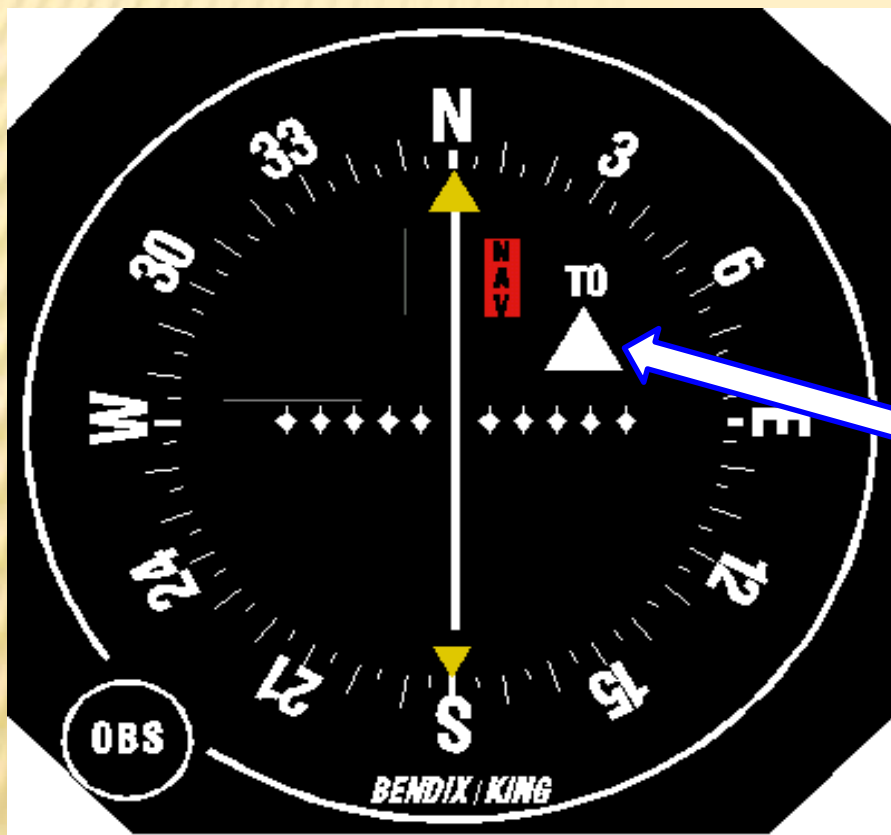


## UTILISATION DU VOR :

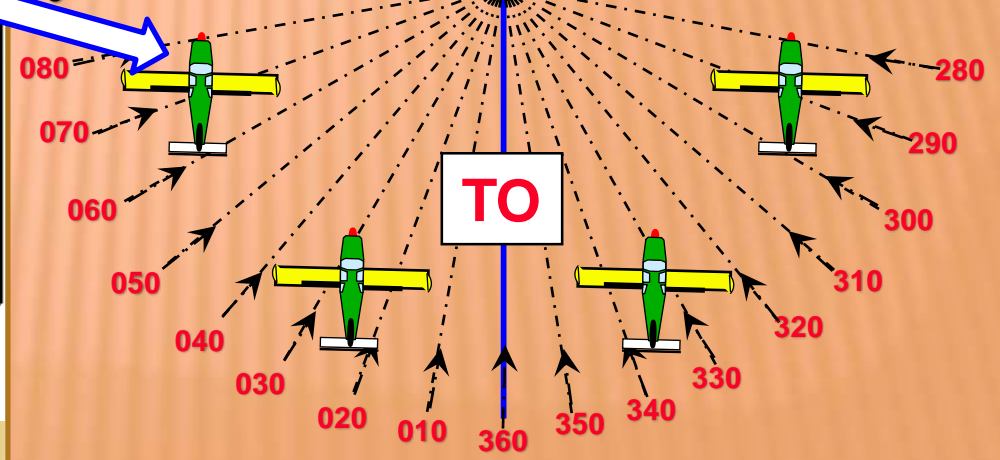
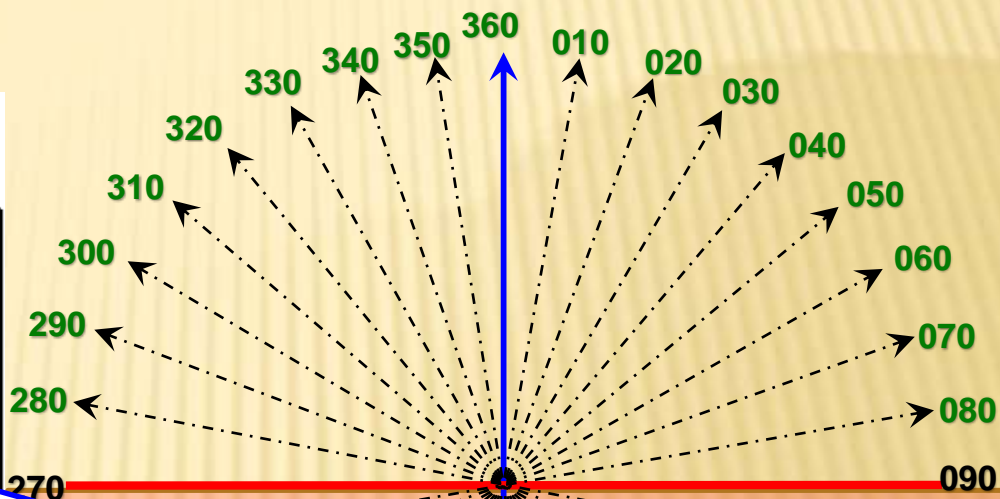
- en homing, c'est-à-dire en se dirigeant vers la balise (indication TO)
- en s'en éloignant (indication FROM),  
ou en
- flanquement, pour matérialiser un point, une entrée ou une sortie de zone.

# UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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



## Rose des QDR (secteur FROM)



## Rose des QDM (secteur TO)

TO = RÉFÉRENCE ROSE DES QDM

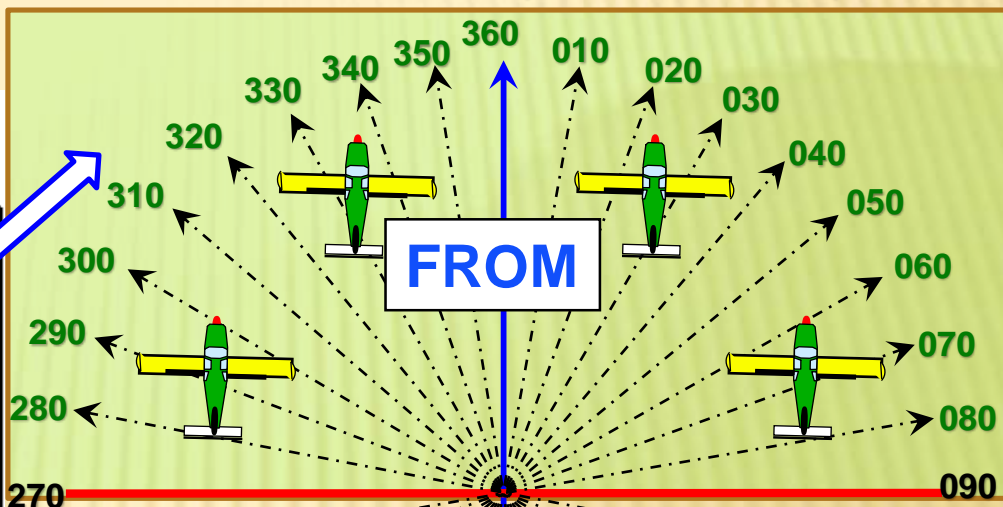
FROM = RÉFÉRENCE ROSE DES QDR

# UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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



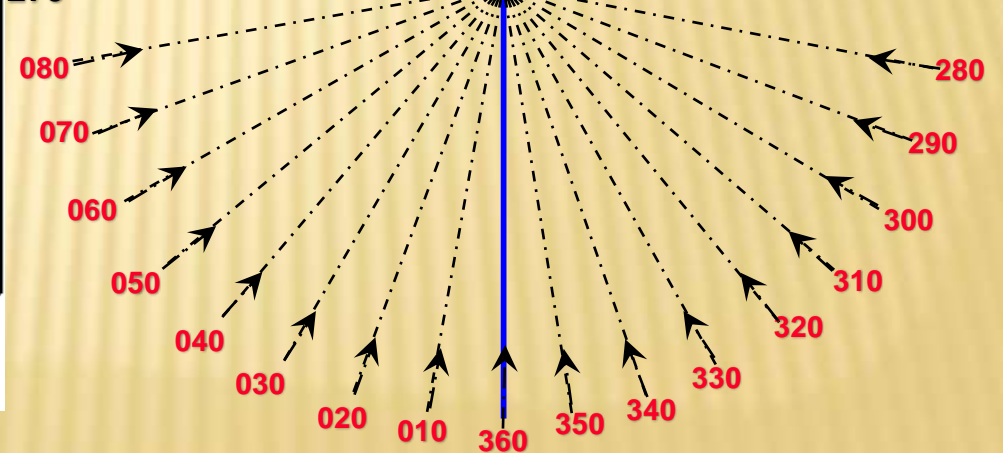
## Rose des QDR (secteur FROM)



TO = RÉFÉRENCE ROSE DES QDM

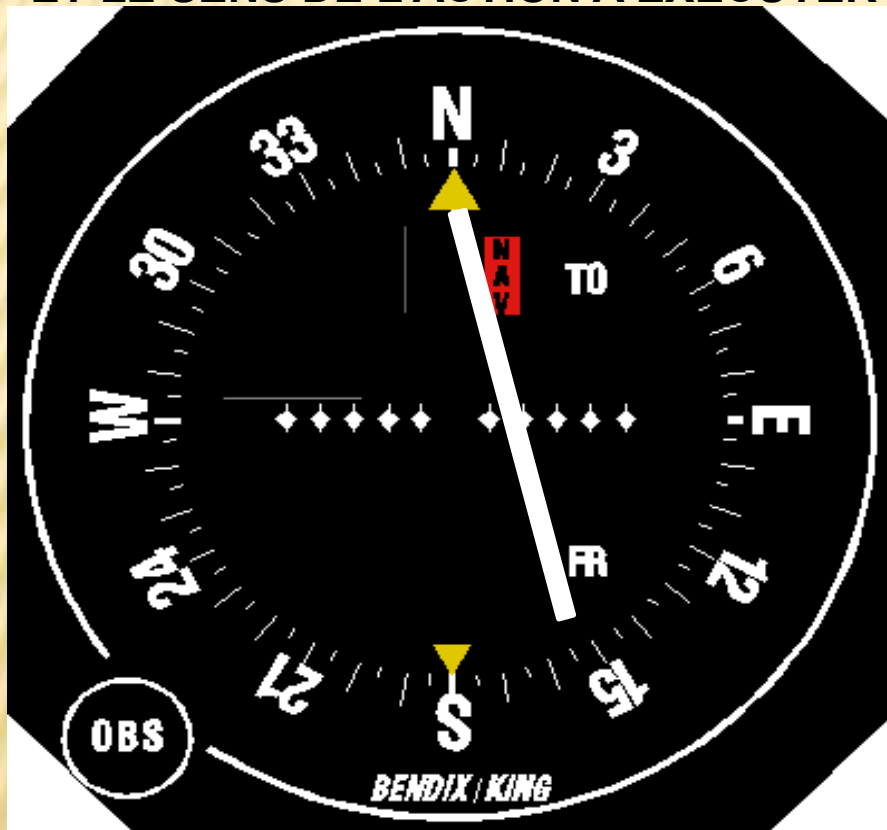
FROM = RÉFÉRENCE ROSE DES QDR

## Rose des QDM (secteur TO)



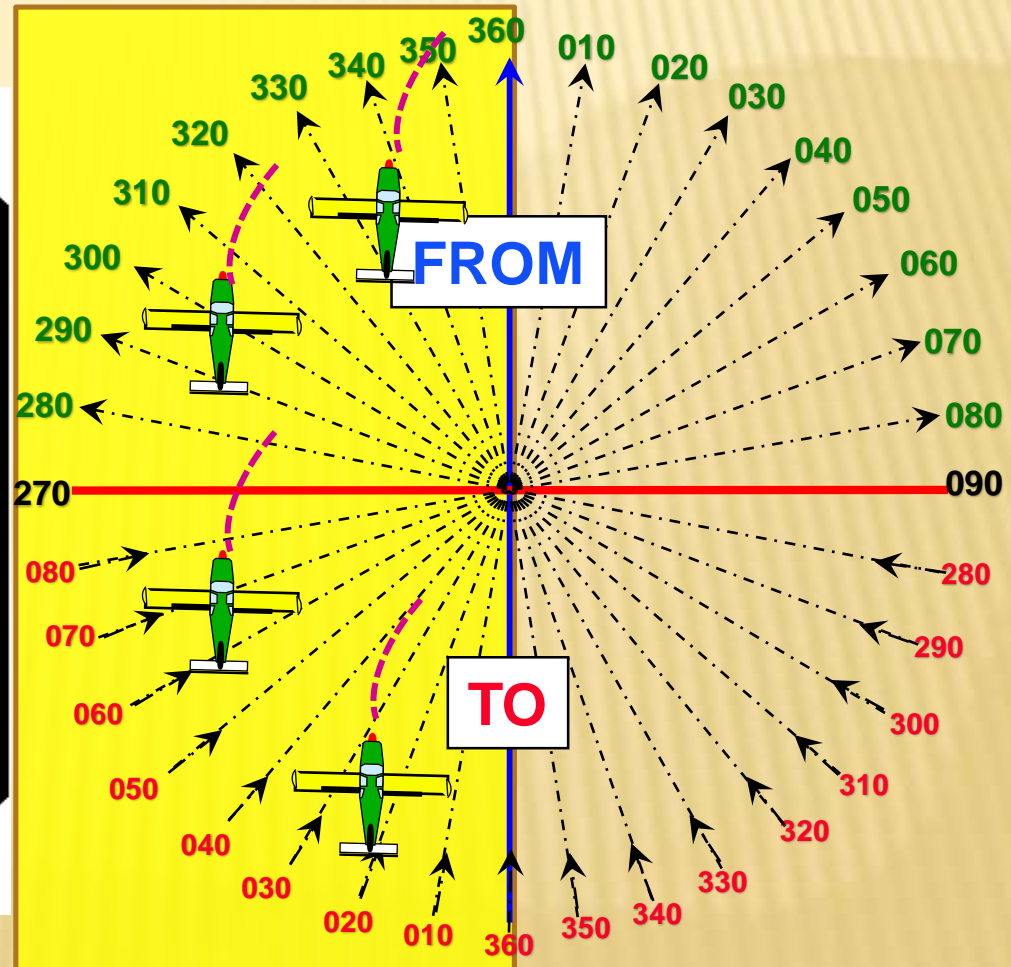
# UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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

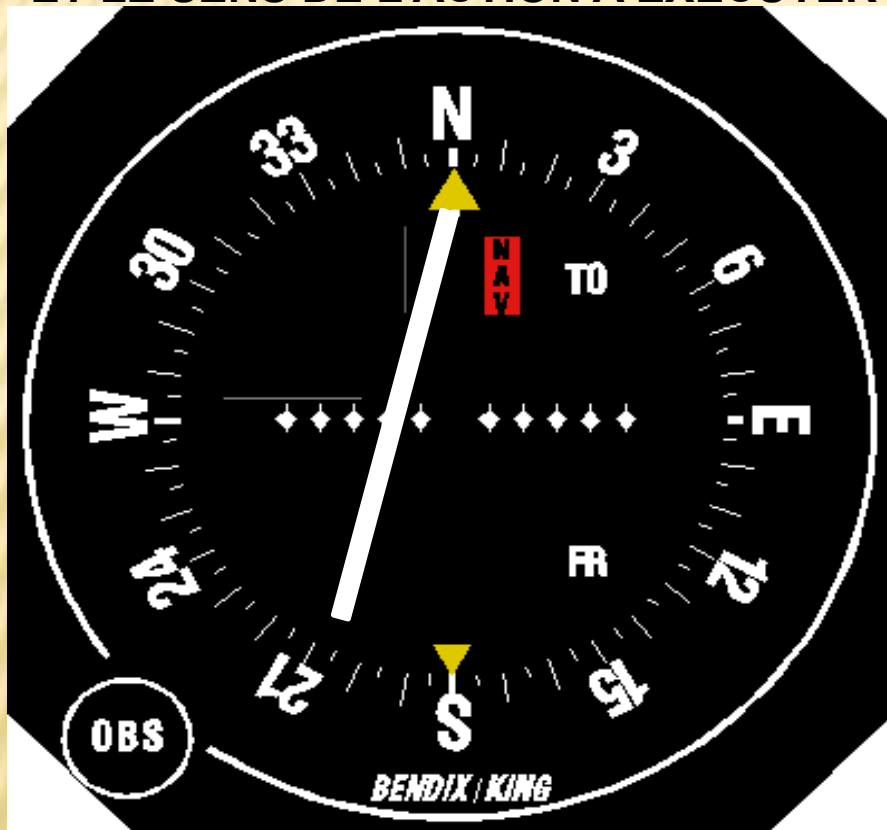
## Rose des QDR (secteur FROM)



## Rose des QDM (secteur TO)

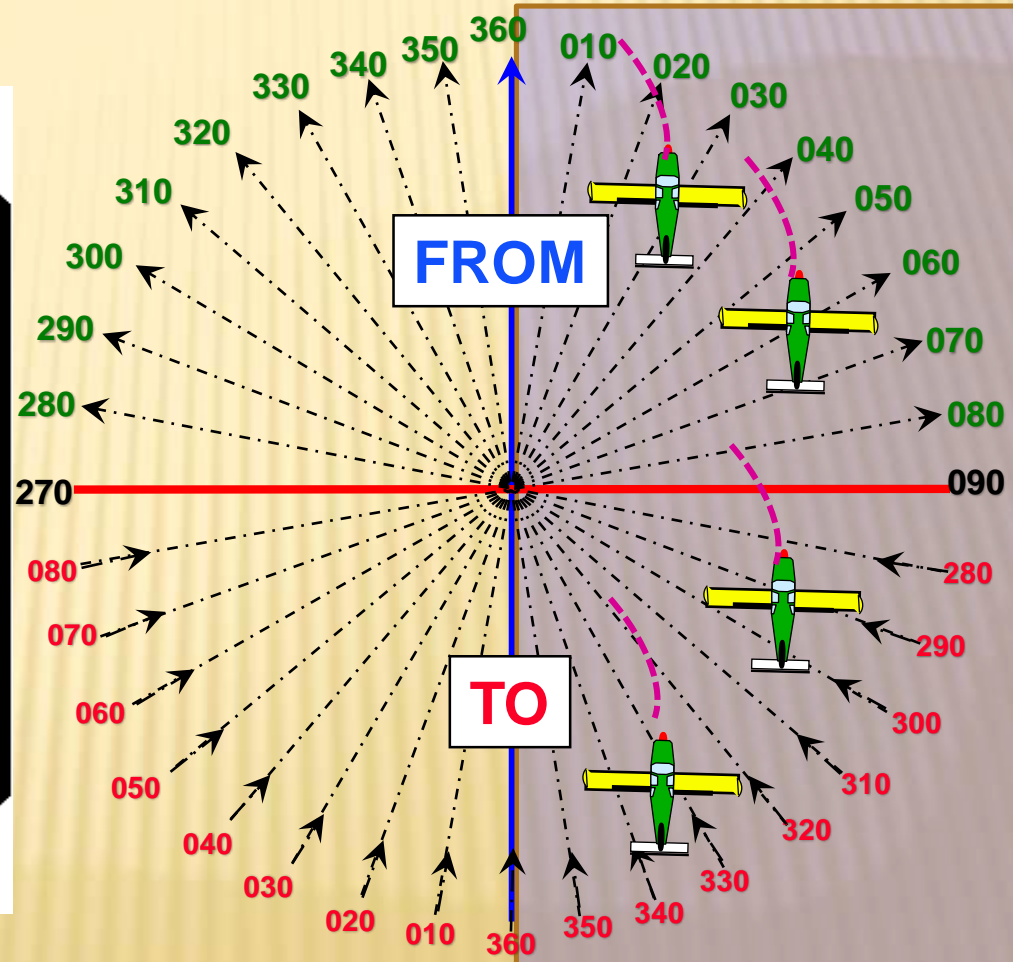
# UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

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)

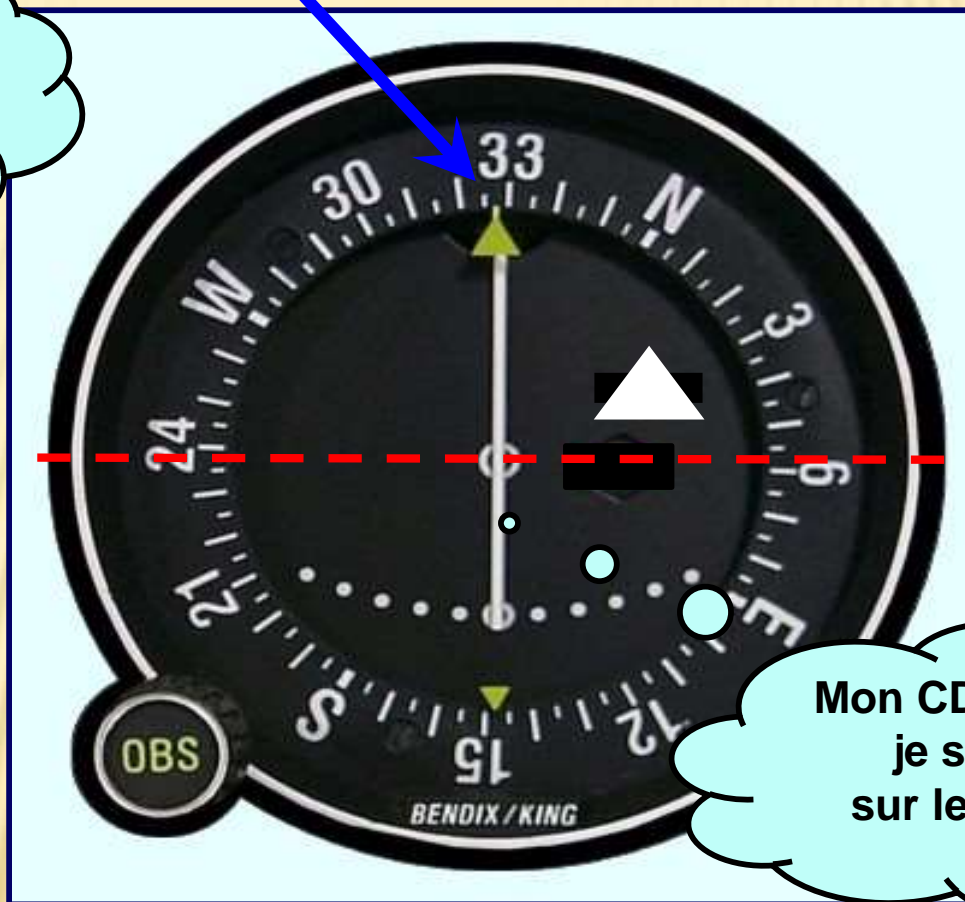


## Rose des QDM (secteur TO)

# UTILISATION DE L'INDICATEUR VOR

Radial sélectionné 327

« J'ai  
l'indication TO  
... »



**AXE 057 - 237  
LIMITE DES SECTEURS  
TO - FROM**

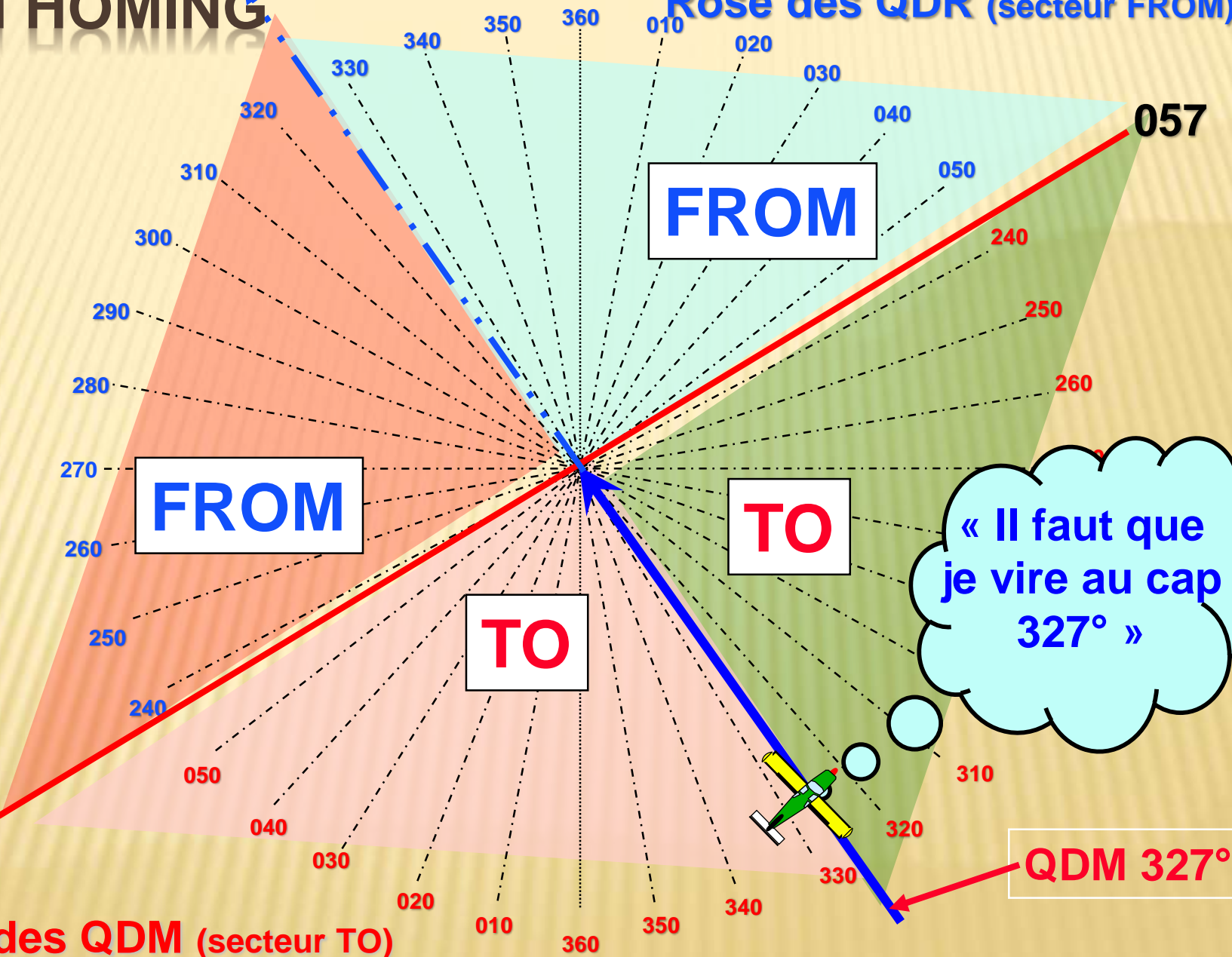
Mon CDI est centré,  
je suis donc  
sur le QDM 327°



# EN HOMING

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

## Rose des QDR (secteur FROM)



« Il faut que je vire au cap 327° »

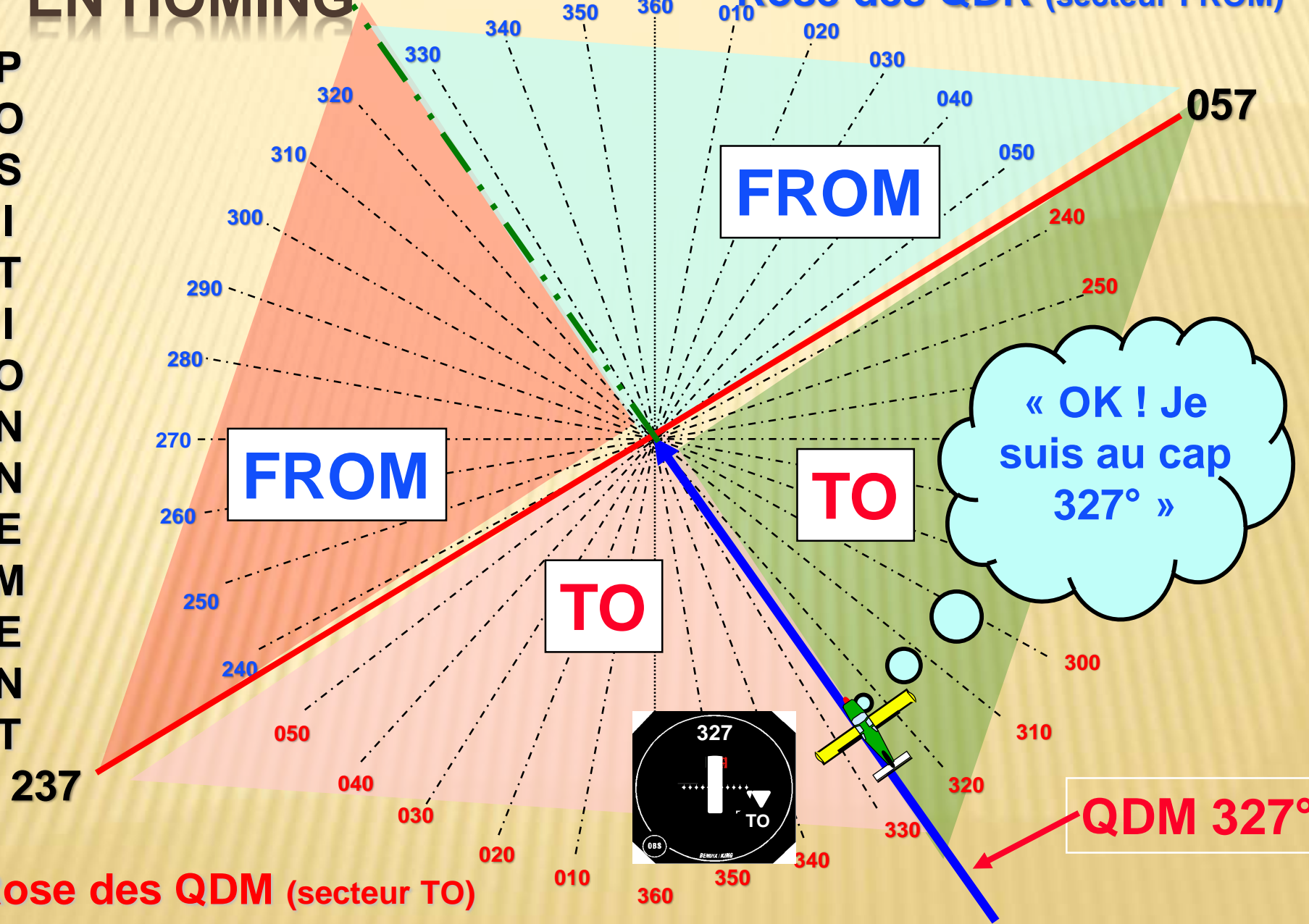
QDM 327°

## 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



**FROM**

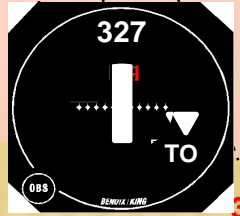
**FROM**

**TO**

**TO**

« OK ! Je suis au cap 327° »

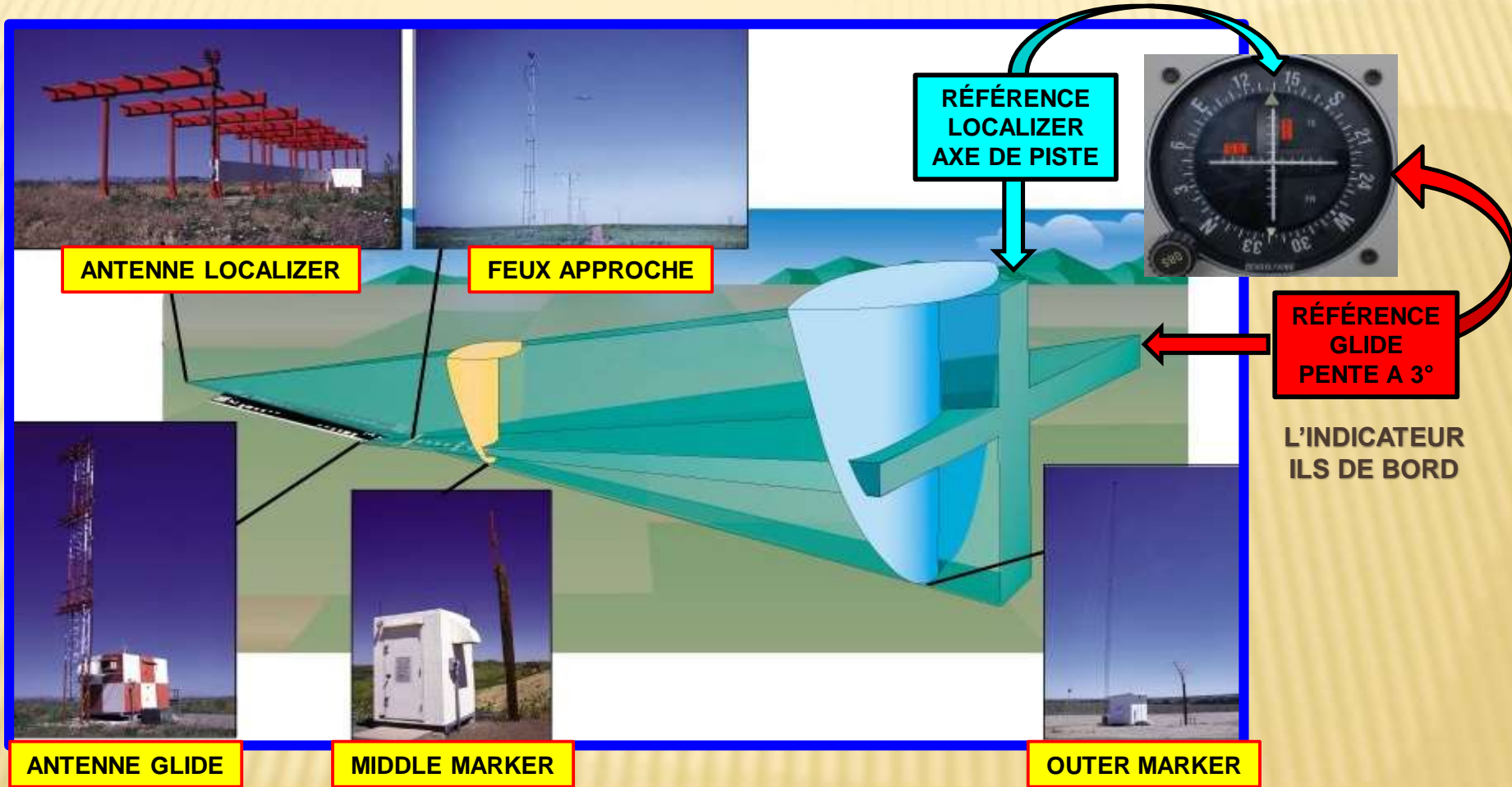
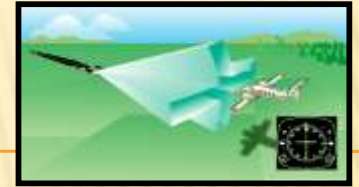
**QDM 327°**



## Rose des QDM (secteur TO)

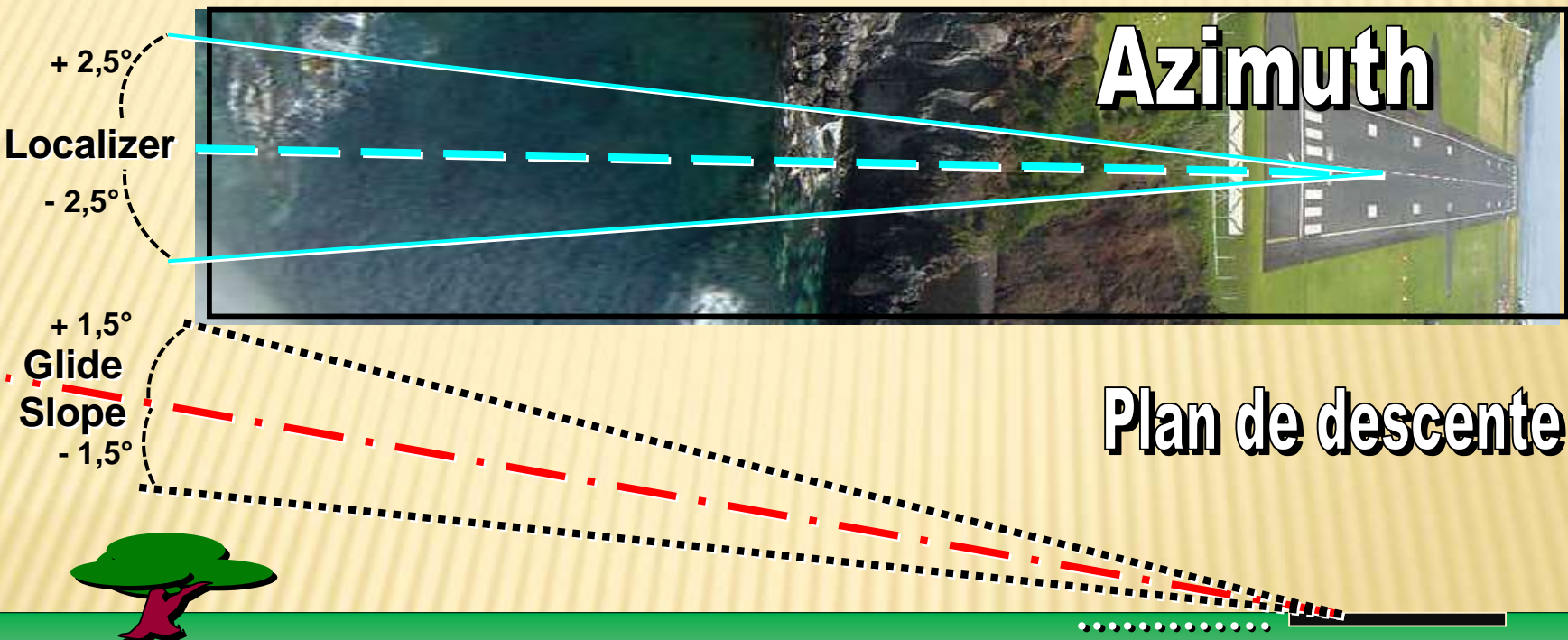


# L'INDICATEUR VOR avec ILS



L'ÉQUIPEMENT SOL

# L'INDICATEUR VOR avec ILS

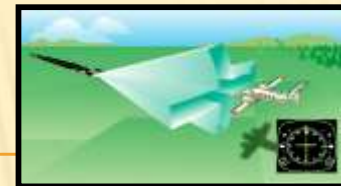


## UN AXE, UN PLAN DE RÉFÉRENCE

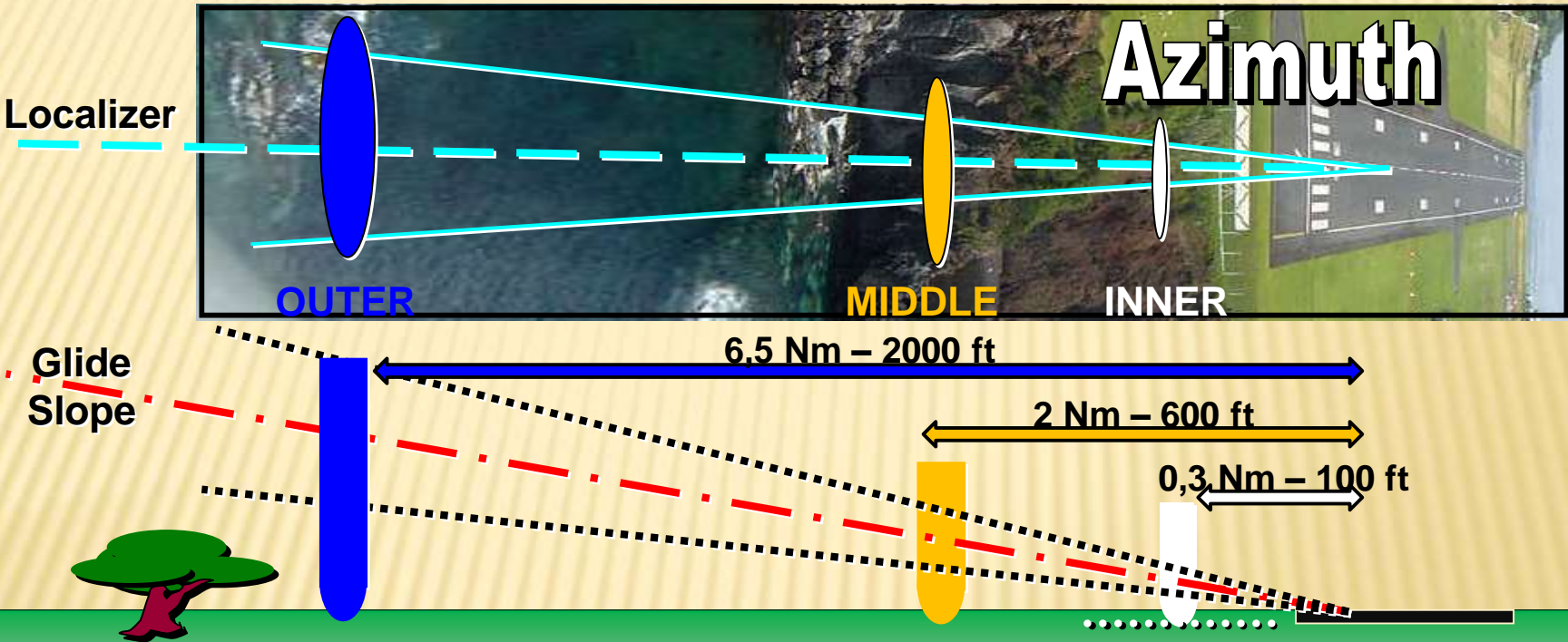
**Particularités :** Lorsque le récepteur VOR affiche une fréquence ILS, le radial de référence n'est plus réglable, il est automatiquement réglé sur l'axe de piste. De plus, la sensibilité de l'indicateur VOR est multipliée par 4 (+ 2,5° à - 2,5°)

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

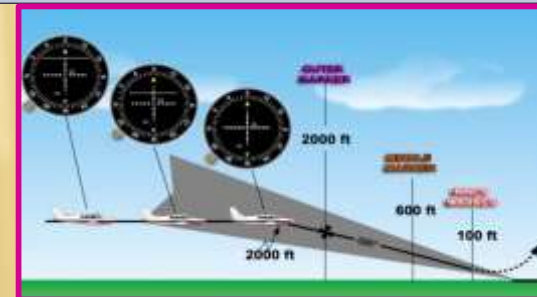


# L'INDICATEUR VOR avec ILS



## 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

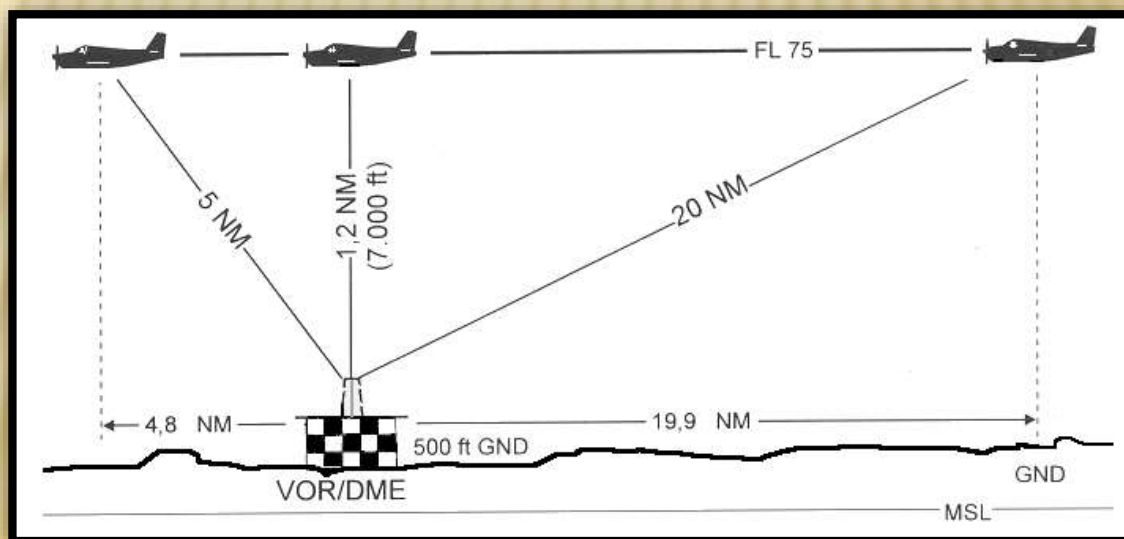
# LE DME (Distance Measuring Equipment)

- ❑ 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.

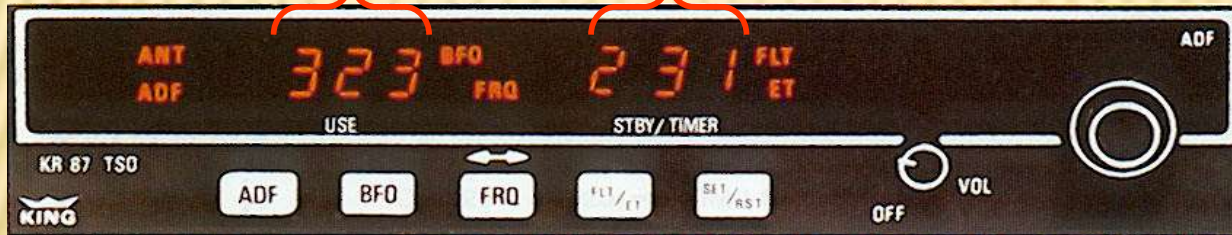
Si non équipé de ce système, un fil de cuivre est tendu (axe avion) pour délimiter le sens de la réception (lever de doute).



#### ➤ 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

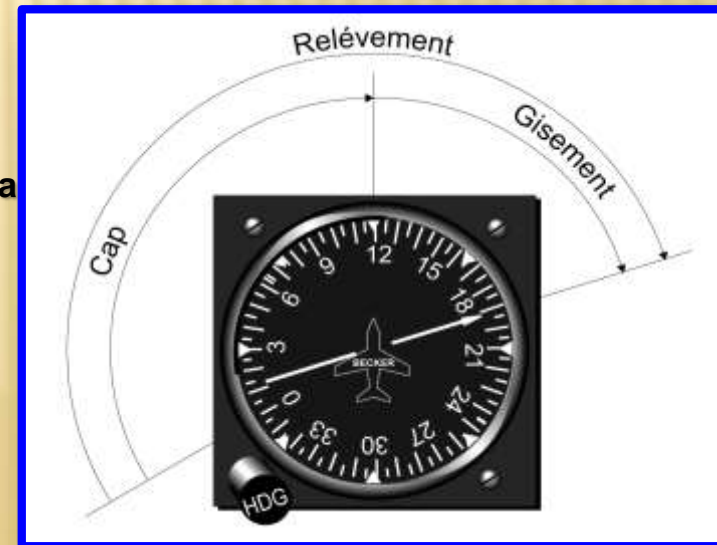
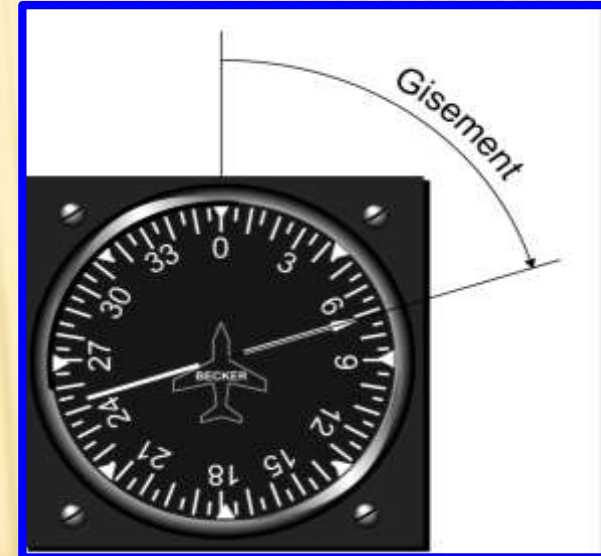
### L'INDICATEUR

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



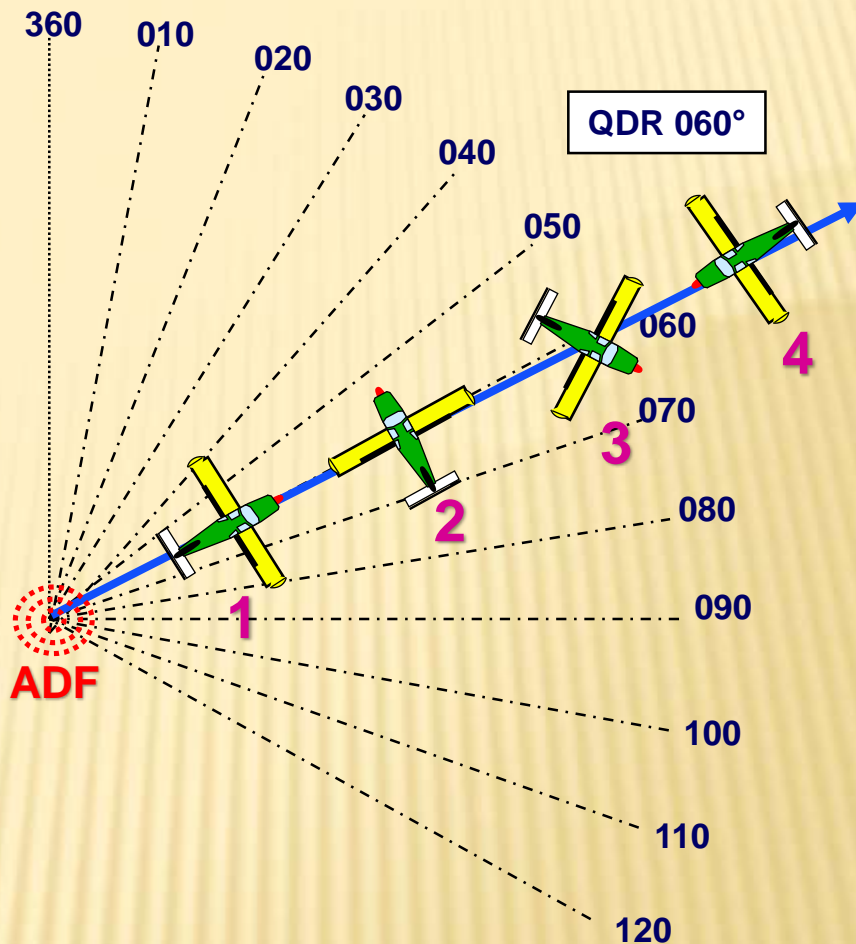
AVION 2



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

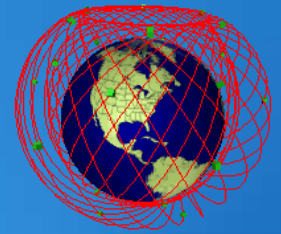
## Instruments de radionavigation GPS



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

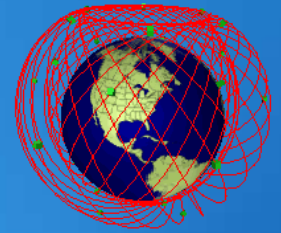
COORDONNÉES  
GÉOGRAPHIQUES

DIRECTION  
DÉPLACEMENT

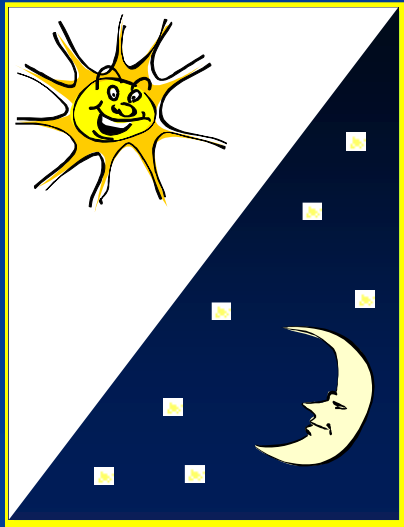
VITESSE  
TEMPS

DISTANCE  
ALTITUDE

# LE G.P.S.



## HISTORIQUE ET OBJECTIFS DU SYSTÈME DE POSITIONNEMENT PAR SATELLITE



**24 Heures / 24**

**Transmissions  
continues**



**Monde entier**

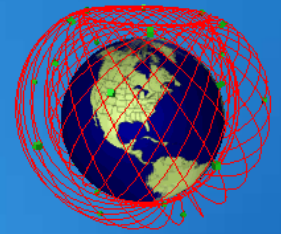
**Couverture complète  
depuis avril 1995**



**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

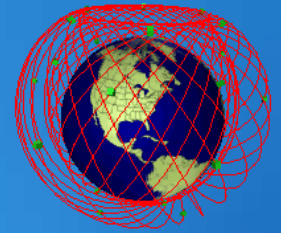
- 👉 Le NAVSTAR, système américain
- 👉 Le GLONASS, système russe
- 👉 Le GALILÉO, système européen (phase d'étude)

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.

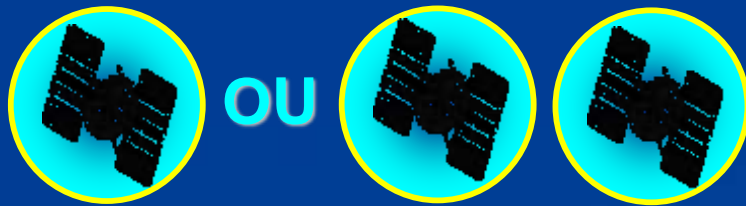
L'arrêté du 29 octobre 1996 (J.O.R.F. du 13/11/1996) introduit l'utilisation du GPS comme moyen de navigation secondaire à bord des avions dans l'espace aérien français.



# LE G.P.S.

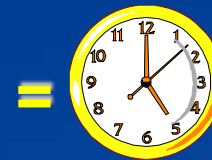


## DONNÉES TRANSMISES EN FONCTION DU NOMBRE DE SATELLITES IDENTIFIÉES



OU

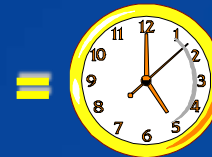
1 OU 2 SATELLITES



DATE



3 SATELLITES



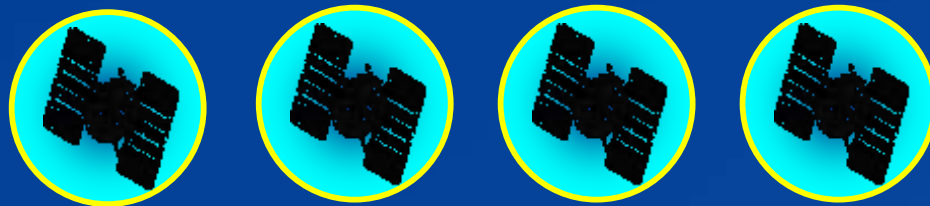
DATE

+

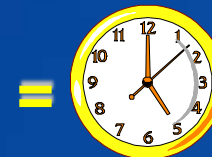


POSITION 2D

VITESSE

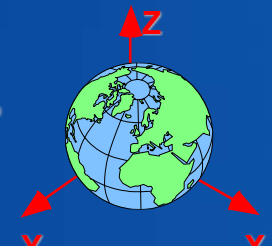


4 SATELLITES



DATE

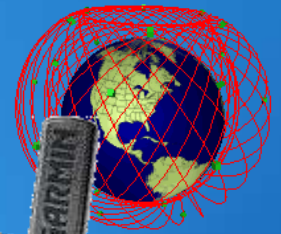
+



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

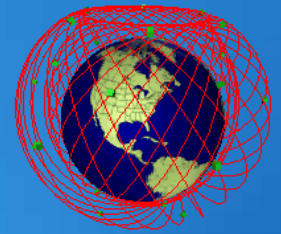
Direction de la navigation (Rv)

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**

