

TECHNOLOGIE DES AERONEFS

Instruments de bord



Instruments de bord

- I L'altimètre

- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

I L'altimètre

- I-1 Principe de fonctionnement
- I-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

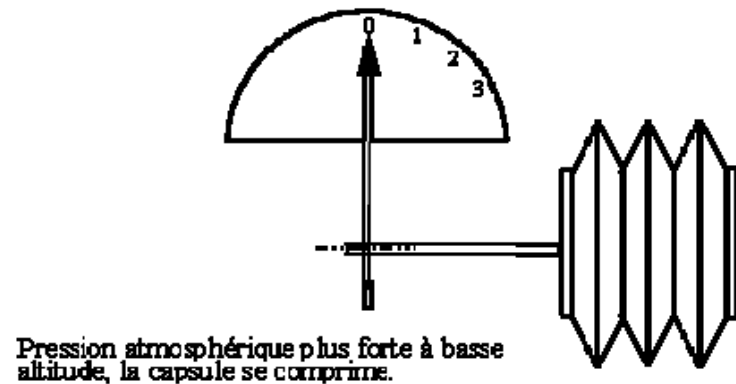
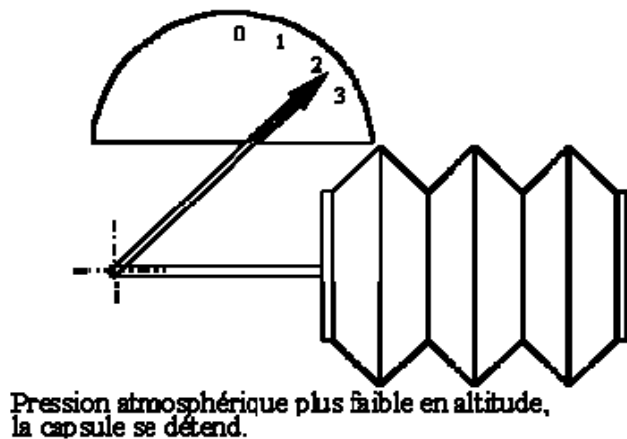
I L'altimètre

I-1 Principe de fonctionnement



VI.4.2. - [Altimètre](#)

L'altimètre fournit une information de distance verticale par rapport à une référence choisie par le pilote (niveau de la mer, de l'aérodrome, de référence standard, etc...). Il faut interpréter ses indications, car ce n'est qu'un baromètre qui indique la pression extérieure sur un cadran gradué en pieds ou en mètres.



L'altimètre est un baromètre constitué d'une capsule anéroïde. La pression diminuant avec l'altitude, cette capsule se déforme plus ou moins selon l'altitude de l'avion.

Instruments de bord

I L'altimètre

I-1 Principe de fonctionnement

- L'altimètre est un baromètre, gradué en altitude.
- Il se base sur l'atmosphère standard:
 $T=15^{\circ}\text{C}$ et $P=1013,25\text{ Hpa}$

Ses indications sont dépendantes des conditions météorologiques réelles.

- Pour s'adapter aux conditions du jour, on doit régler le calage de l'altimètre (QNH).

Instruments de bord

I L'altimètre

I-1 Principe de fonctionnement

- Les instruments les plus modernes utilisent un capteur de pression électronique au lieu de la capsule anéroïde.
- L'affichage est parfois digital ou peut être répété dans les systèmes de visualisation tête haute.

Instruments de bord

I L'altimètre

- I-1 Principe de fonctionnement
- I-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument

- L'altimètre comprend trois aiguilles (en général):
 - une pour les dizaines de pieds
 - une pour les centaines de pieds
 - une pour les milliers de pieds
- $Z \text{ (en m)} = Z \text{ (en ft)} \times \frac{3}{10}$ (ex: 1000ft => 300m).
- $Z \text{ (en ft)} = Z \text{ (en m)} \times \frac{10}{3}$ (ex: 1500m => 5000ft).

Instruments de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument

Affichage
pression en
Hpa



Affichage pression
en pouce de
mercure

Instruments de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument

- Sur les instruments les plus modernes, l'affichage peut être digital.
- Certains altimètres ne comprennent que 2 aiguilles et une fenêtre dans laquelle s'affichent les centaines et les milliers de pieds.

Instruments de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument



Instruments de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument

Les calages altimétriques:

- **Le QFE** = affiche 0ft sur l'altimètre, au seuil de la piste utilisée.
- Le pression indiquée dans la fenêtre est celle régnant au sol.
- **L'altimètre indique alors des hauteurs (par rapport à la piste).**
- Ce calage s'utilisait autrefois, dans le circuit de piste, au départ et à l'arrivée.

Instruments de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument

Les calages altimétriques:

- **Le QNH** = afficher la pression régnant au niveau de la mer, dans la fenêtre de l'instrument.
- L'altimètre indiquerait 0ft au niveau de la mer.
- **L'altimètre indique des altitudes (par rapport au niveau de la mer).**
- Ce calage s'utilise partout aujourd'hui, sauf, si le calage 1013.25 doit être utilisé comme référence
- (Exemple) vol en niveau (FL)

Instrument de bord

I L'altimètre

I-2 Présentation de l'instrument

Les calages altimétriques:

- **Le 1013** = afficher 1013,25 Hpa) dans la fenêtre de l'altimètre.
- C'est la référence mondiale pour les vols en niveau
- **L'altimètre indique des niveaux de vol.** On les exprime en 100^{aines} de ft par rapport à l'altitude où la pression est de 1013,25 Hpa : FL 115 = 11500ft
- Ce calage s'utilise rarement dans le circuit de piste au départ et à l'arrivée.(la référence est le QNH)

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

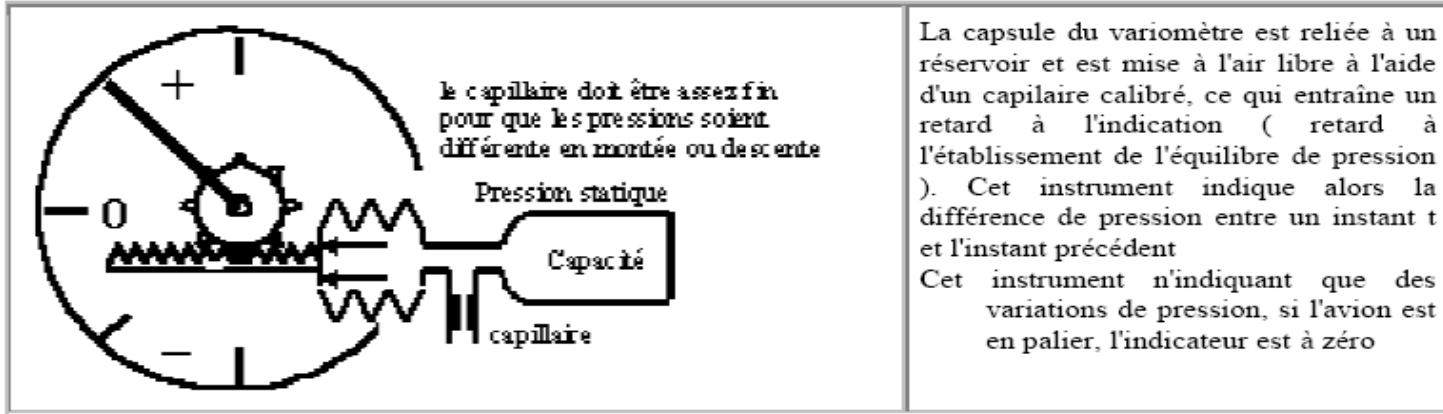
II Le variomètre

- II-1 Principe de fonctionnement
- II-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

II Le variomètre

II-1 Principe de fonctionnement



ATTENTION, cet instrument possédant un retard à l'indication ne doit pas être considéré comme un instrument de pilotage mais seulement comme un instrument de tendance (le maintien d'altitude en vol en palier doit être vérifiée à l'altimètre et non au variomètre)



Instruments de bord

II Le variomètre

II-1 Principe de fonctionnement

- Le variomètre est un baromètre différentiel gradué en ft/min ou en m/s.
- Il présente un retard de réponse qui peut être de 1 à 5 secondes, par construction.
- Pour cela, il ne doit pas suivi aveuglément, mais lu comme un résultat recherché

Instruments de bord

II Le variomètre

- II-1 Principe de fonctionnement
- II-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

II Le variomètre

II-2 Présentation de l'instrument



Instruments de bord

II Le variomètre

II-2 Présentation de l'instrument

- Les valeurs + indiquent une montée et les valeurs – indiquent une descente.
- Les instruments les plus modernes présentent un affichage digital.
- Cet instrument est très important pour les vélivoles et des modèles autonomes existent pour les parapentistes et les deltistes.

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

III L'anémomètre

- III-1 Les vitesses d'un aéronef
- III-2 Principe de fonctionnement
- III-3 Présentation de l'instrument

Instrument de bord

III L'anémomètre

II-1 Les vitesses d'un aéronef

En avion il y a plusieurs vitesses à prendre en compte:

La vitesse indiquée ou vitesse calibrée (V_i ou CAS) = vitesse lue sur l'instrument.

La vitesse vraie (V_v ou TAS) = vitesse de l'avion dans l'air.

Ces deux vitesses ne sont pas trop éloignées pour nos avions volant en basse ou moyenne altitude.

Instrument de bord

III L'anémomètre

II-1 Les vitesses d'un aéronef

Pour la navigation il faut prendre en compte 2 autres vitesses:

- **La vitesse propre (V_p)** = composante horizontale de la vitesse vraie.
- **La vitesse sol (V_s)** = vitesse horizontale de l'appareil par rapport au sol.

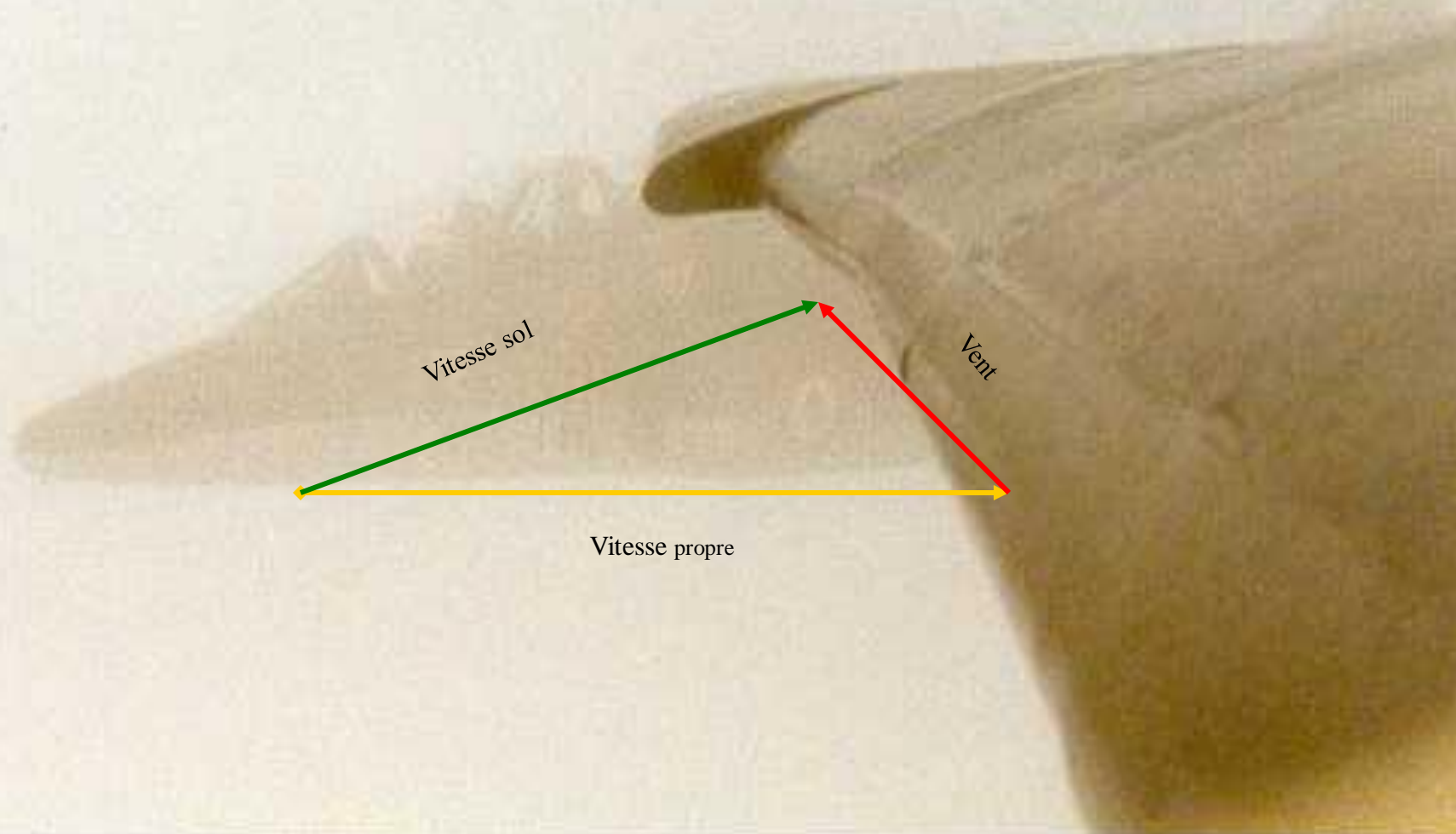
La **différence** entre ces deux dernières vitesses, est liée à la force (vitesse) et direction du vent (V_w) que nous subissons sur la route suivie

.

Instruments de bord

III L'anémomètre

II-1 Les vitesses d'un aéronef



Instruments de bord

III L'anémomètre

- III-1 Les vitesses d'un aéronef
- III-2 Principe de fonctionnement
- III-3 Présentation de l'instrument

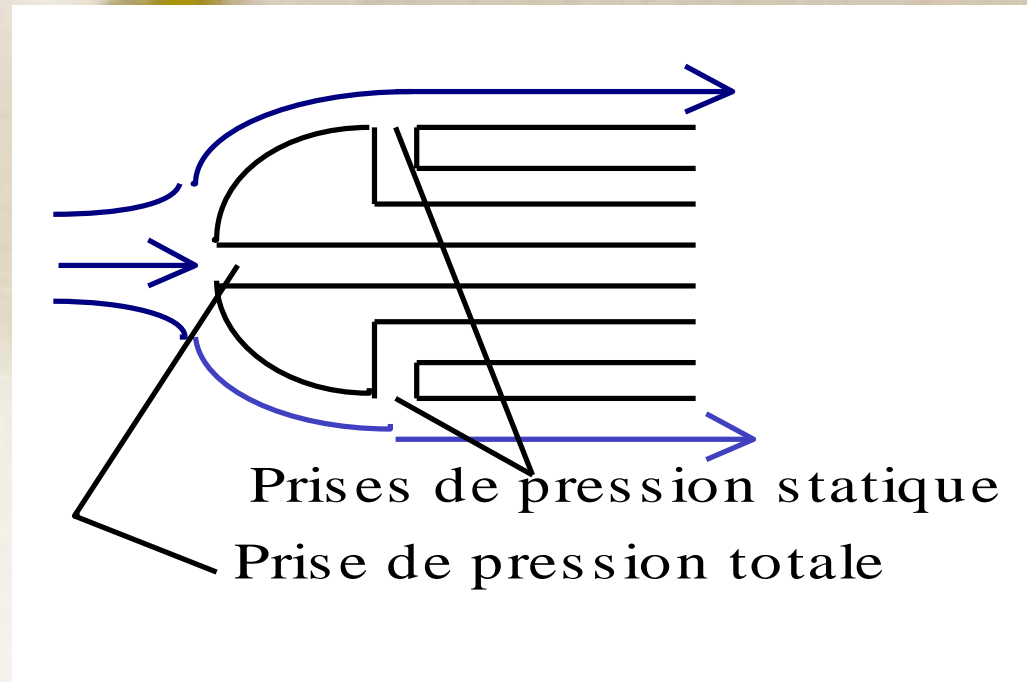
Instruments de bord

III L'anémomètre

III-2 Principe de fonctionnement

L'anémomètre détermine la vitesse vraie à partir d'une sonde de PITOT.

Celle-ci mesure la pression statique et la pression totale.



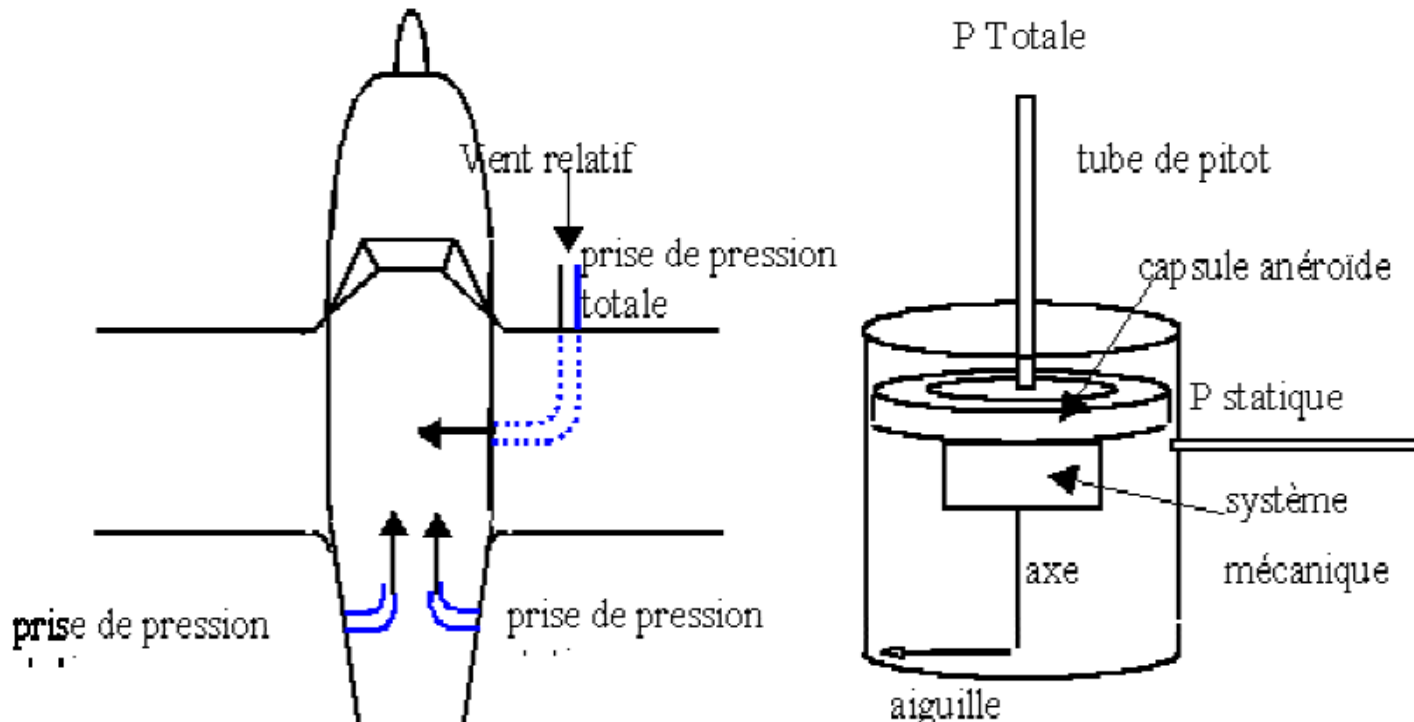
Instruments de bord

III L'anémomètre

III-2 Principe de fonctionnement

VI.4.1 - Anémomètre

L'anémomètre encore dénommé **badin** est l'indicateur de vitesse relative de l'avion par rapport à la masse d'air qui l'entoure (V_p vitesse propre) Il peut être gradué en noeuds (kt), en MPH ou en Km/h.



Instruments de bord

III L'anémomètre

III-2 Principe de fonctionnement

- A partir des mesures effectuées par la sonde on détermine la pression dynamique: $P_{\text{dyn}} = P_{\text{tot}} - P_{\text{stat}}$
- En appliquant le théorème de BERNOULLI on relie ces pressions et la vitesse:

$$\bullet P_{\text{dyn}} = \rho \cdot v^2 / 2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{P_t - P_s}{\rho} \right)}$$

Instruments de bord

III L'anémomètre

III-2 Principe de fonctionnement

- L'anémomètre est donc un instrument barométrique (qui mesure une pression) mais il est gradué en vitesse.
- En altitude et à haute vitesse il faut corriger son indication pour avoir une valeur fiable.
- Les modèles plus évolués effectuent une correction en fonction de la température et donnent des indications plus fiables.

Instruments de bord

III L'anémomètre

- III-1 Les vitesses d'un aéronef
- III-2 Principe de fonctionnement
- III-3 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

III L'anémomètre

III-3 Présentation de l'instrument



Instruments de bord

III L'anémomètre

III-3 Présentation de l'instrument



VNE Velocity Never Exceed
VNO Velocity Normal Operation
VFE Velocity Flaps Extended
VLE Velocity Landing-gear Extended

Arc vert zone d'utilisation normale limitée par VS1 et VNO

VS1 vitesse de décrochage en lisse

VNO vitesse à ne pas dépasser en atmosphère agitée

Arc jaune zone interdite en atmosphère turbulente, limité par VNO et VNE

VNE vitesse à ne jamais dépasser

Arc blanc zone d'utilisation normale en configuration d'atterrissage entre VSO et VFE et / ou VLE

VFE vitesse max d'utilisation des volets

VLE vitesse max d'utilisation du train

VSO vitesse de décrochage volets et train sortis

Trait rouge limite de vitesse du domaine de vol

Instruments de bord

III L'anémomètre

III-3 Présentation de l'instrument

L'anémomètre présente des arcs colorés indiquant des plages de vitesse:

- **Arc blanc:** plage de manœuvre des volets et du train.
- **Arc vert:** vitesses utilisables en toutes circonstances.
- **Arc jaune:** vitesses à ne pas utiliser en air turbulent.
- **Trait rouge:** vitesse à ne pas dépasser (VNE).

Instrument de bord

III L'anémomètre

III-3 Présentation de l'instrument

- Les prise de pression totale et statique peuvent être séparées.
- Les anémomètres (badins) modernes peuvent présenter un affichage digital et un rappel en VTH (viseur tête haute) pour les avions qui en sont munis (surtout dans les avions plus importants)

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

- IV-1 Principe de fonctionnement
- IV-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-1 Principe de fonctionnement

- L'indicateur de virage utilise un gyroscope à 1 degré de liberté.
- Le gyroscope est une pièce métallique mise en rotation rapide autour d'un axe. Elle est montée sur un cadre possédant de 1 à 3 axes de rotation (degrés de liberté).
- Lorsque l'avion tourne, le gyroscope tend à garder sa position initiale (comme une toupie). Celui d'un indicateur de virage tourne autour d'un axe horizontal. Un ressort de rappel permet d'obtenir une position d'équilibre qui dépend de la vitesse de rotation de l'avion autour de l'axe vertical.

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-1 Principe de fonctionnement

- Le cadre du gyroscope entraîne dans son mouvement une aiguille (ou une représentation de l'avion) dont la position à l'équilibre indique le sens et le taux de virage.
- Cet instrument gyroscopique est utile en vol sans visibilité (VSV) ou pour effectuer des virages en un temps donné (virages à taux constant).

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-1 Principe de fonctionnement

- La bille est constituée d'un tube légèrement courbé contenant une petite bille d'acier immergée dans un liquide visqueux.
- En l'absence de dérapage, la bille est en bas du tube (2 repères matérialisent cette position neutre).
- Lorsque l'avion est en dérapage, la bille est soumise à son poids et à une accélération transversale qui déplace la bille latéralement.
- Elle doit toujours être centrée

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-1 Principe de fonctionnement

Maintenir le **vol symétrique** est important pour plusieurs raisons :

- cela permet de **consommer moins d'essence** et donc de s'assurer une meilleure autonomie
- le dérapage augmente la vitesse de décrochage et peut engendrer un déclenché à basse vitesse.

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

- IV-1 Principe de fonctionnement
- IV-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-2 Présentation de l'instrument



Instrument de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-2 Présentation de l'instrument

L'indicateur de virage:

- Se présente sous la forme d'une maquette d'avion ou d'une aiguille.
- **S'incline dans le sens du virage.**
- Comprend en général 2 graduations par côté pour les taux de virages standards:
 - taux 1: 360° en 2 min (3° /seconde)
 - taux $\frac{1}{2}$: 360° en 4 min

Instrument de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-2 Présentation de l'instrument

La bille permet de s'assurer de la symétrie du virage:

- La **bille** est au **centre**: le vol est **symétrique**.
- La bille est à gauche: l'avion est en dérapage à droite.
- La bille à droite: l'avion est en dérapage à gauche.

Pour ramener la bille au centre, il faut " pousser " la bille avec le pied.

Instruments de bord

IV L'indicateur de virage et de symétrie

IV-2 Présentation de l'instrument

Lors d'un **virage**, si la bille est:

- **Au centre:** le virage est symétrique.
- **A l'extérieur du virage:** le virage est **dérapé**. Le nez de l'avion est à l'intérieur de la trajectoire (danger!! Risque de déclenché).
- **A l'intérieur du virage:** le virage est **glissé**. Le nez de l'avion est à l'extérieur du virage.

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

V L'horizon artificiel

- V-1 Principe de fonctionnement
- V-2 Présentation de l'instrument

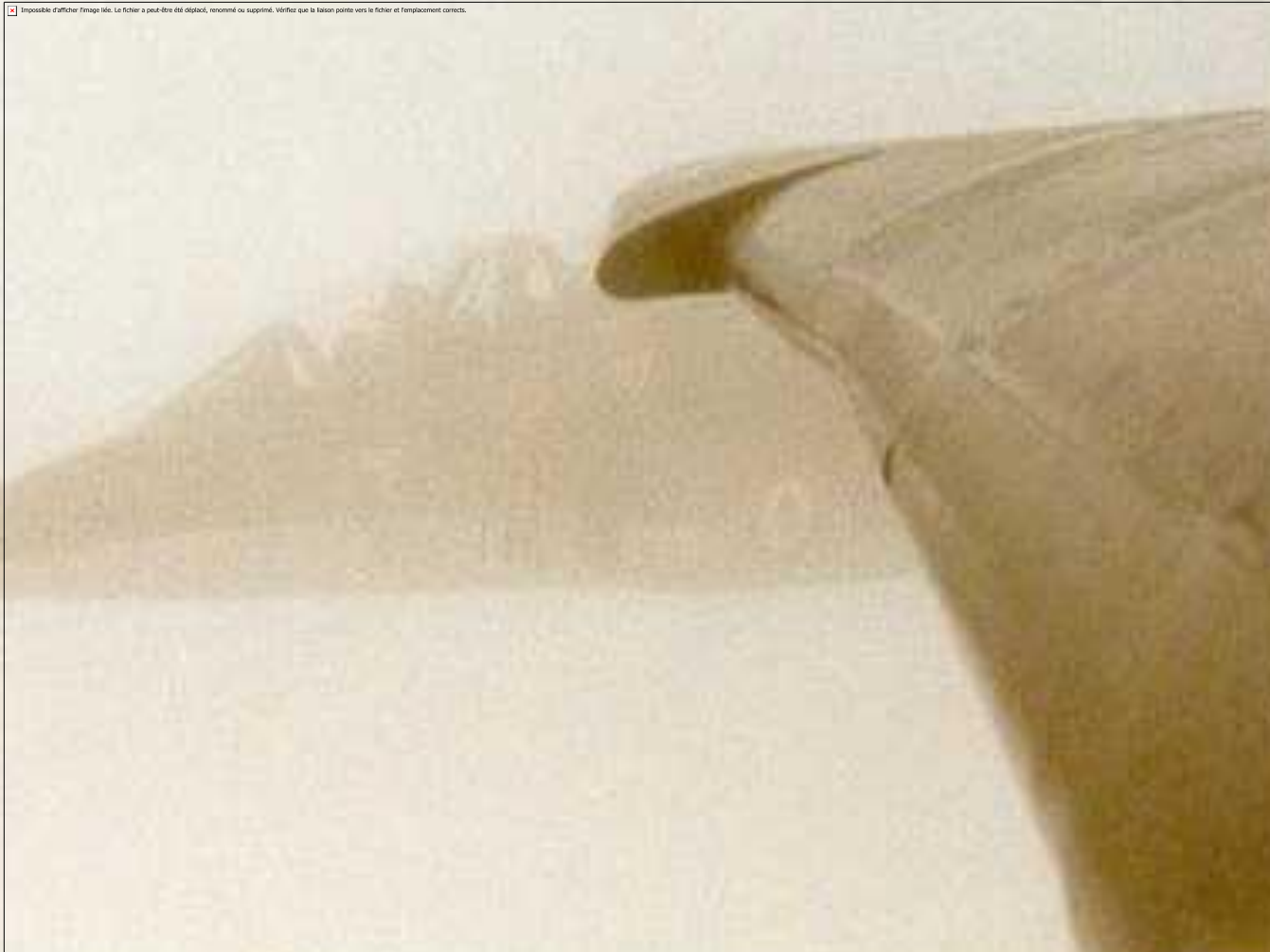
Instruments de bord

V L'horizon artificiel

V-1 Principe de fonctionnement

- L'horizon artificiel est l'instrument essentiel du PSV.
- Il est constitué d'un gyroscope à 3 degrés de liberté relié à une représentation de l'horizon.
- Lorsque l'avion bouge, le gyroscope maintient la direction de son axe de rotation (la verticale) et la représentation de l'horizon bouge par rapport à l'avion.

Instruments de bord
V L'horizon artificiel
V-1 Principe de fonctionnement



Instruments de bord

V L'horizon artificiel

V-1 Principe de fonctionnement

- Une maquette liée à l'avion permet de visualiser la position de l'aéronef dans l'espace.
- Le pilote en vol sans visibilité, se sert de cet instrument, comme de l'horizon en vol à vue.
- Le gyroscope précessionne (se décale). Il faut le recalibrer régulièrement et surtout éviter les manœuvres trop brusques.

Instrument de bord

V L'horizon artificiel

V-1 Principe de fonctionnement

- Les instruments les plus modernes utilisent des gyrolasers ne comprenant plus de parties mobiles.
- Ceux ci sont plus fiables dans le temps et lors des évolutions serrées mais restent très chers actuellement.
- Tous les avions, y compris en aéroclub, sont munis de l'horizon artificiel.

Instruments de bord

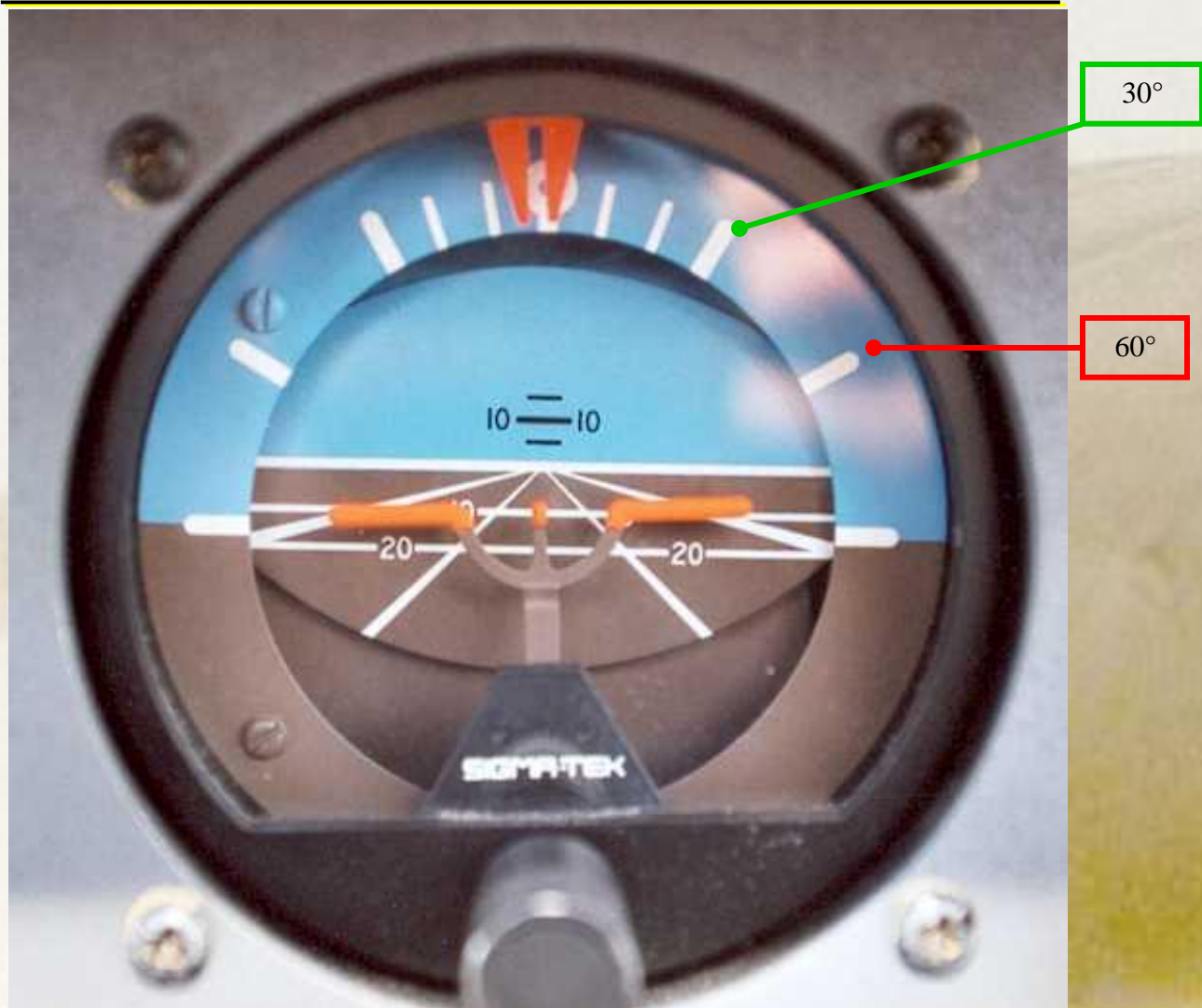
V L'horizon artificiel

- V-1 Principe de fonctionnement
- V-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

V L'horizon artificiel

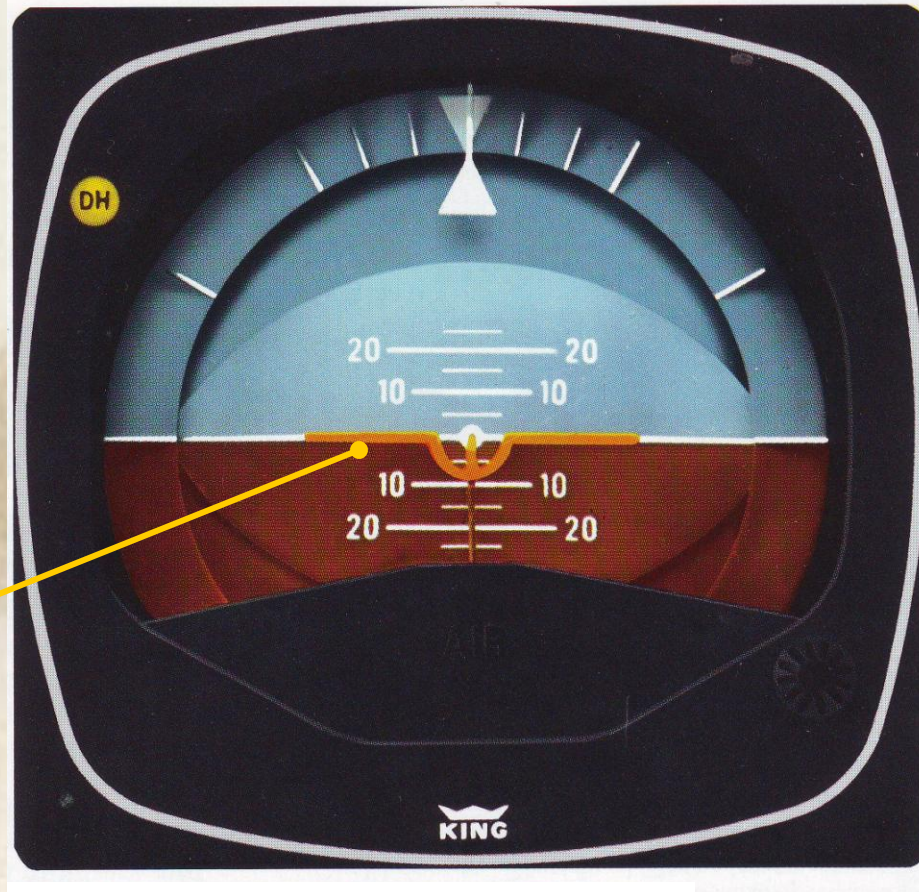
V-2 Présentation de l'instrument



Instruments de bord

V- L'horizon artificiel

V-2 Présentation de l'instrument



Maquette
symbolisant l'avion

Instrument de bord

V L'horizon artificiel

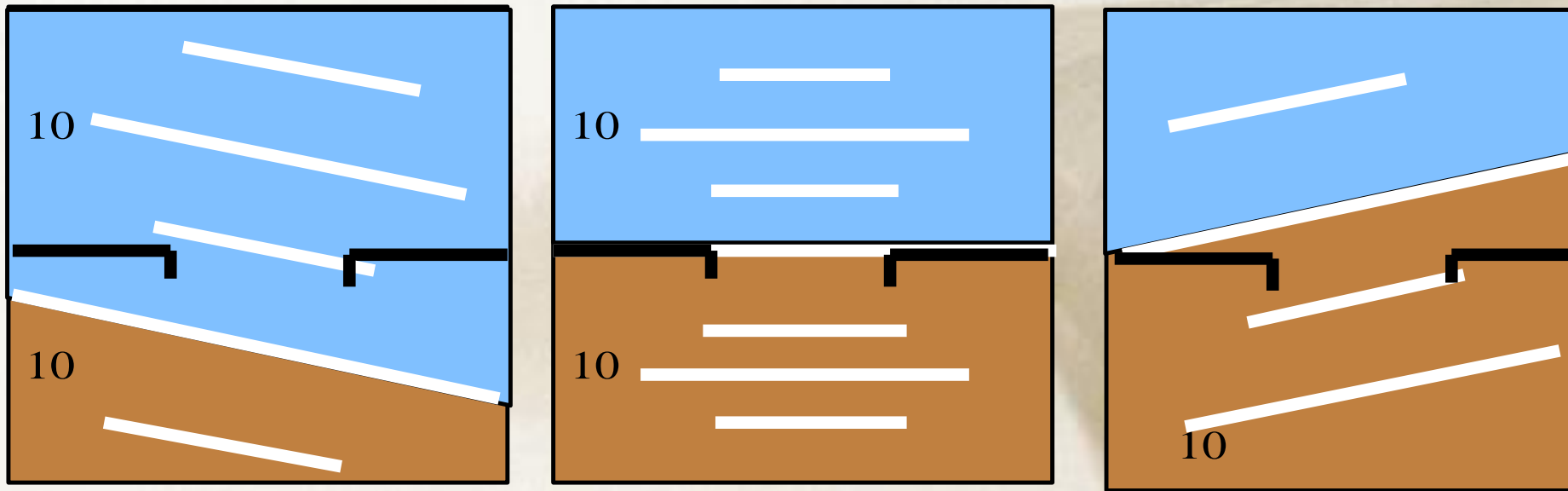
V-2 Présentation de l'instrument

- La partie bleue représente le ciel et la partie marron ou noire représente la terre.
- L'horizon est muni de graduations verticales (tous les 1°) pour contrôler l'assiette.
- Il possède aussi des graduations latérales pour contrôler l'inclinaison des ailes (10, 20, 30 et 60°). En VSV normalement, on ne doit pas dépasser 30° d'inclinaison.

Instruments de bord

V L'horizon artificiel

V-2 Présentation de l'instrument



Quelques positions maquettes, sur l'horizon artificiel.

Instruments de bord

V L'horizon artificiel

V-2 Présentation de l'instrument

- Les instruments les plus récents ont un affichage digital.
- Dans les avions équipés pour le vol aux instruments on développe des instruments sur écran LCD regroupant autour de l'horizon artificiel les indications de vitesse, d'altitude, de cap et de vitesse verticale.
- L'horizon artificiel est également représenté sur la VTH des avions qui en sont équipés.

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

VI Le compas magnétique

- VI-1 Principe de fonctionnement
- VI-2 Présentation de l'instrument

Instrument de bord

VI Le compas magnétique

VI-1 Principe de fonctionnement

- Le **compas magnétique** est une **boussole**.
- Il indique le nord magnétique.
- Les cartes faisant référence au nord géographique, il faut tenir compte de la **déclinaison** (angle entre le nord vrai et le nord magnétique) pour suivre un route tracée sur la carte.
- Le compas magnétique est présent à bord de tous les avions comme moyen de secours, et de recalage, de moyens plus évolués.

Instruments de bord

VI Le compas magnétique

VI-1 Principe de fonctionnement

- Le compas magnétique est très sensible aux perturbations de l'environnement radioélectrique d'un cockpit. Il faut en partie les compenser.
- Selon le cap auquel vole l'aéronef, il subsiste une erreur, appelée **déviati**on du compas. Une courbe des déviations est toujours présente à côté de l'instrument pour effectuer la correction à la lecture.

Instruments de bord

VI Le compas magnétique

- VI-1 Principe de fonctionnement
- VI-2 Présentation de l'instrument

Instrument de bord

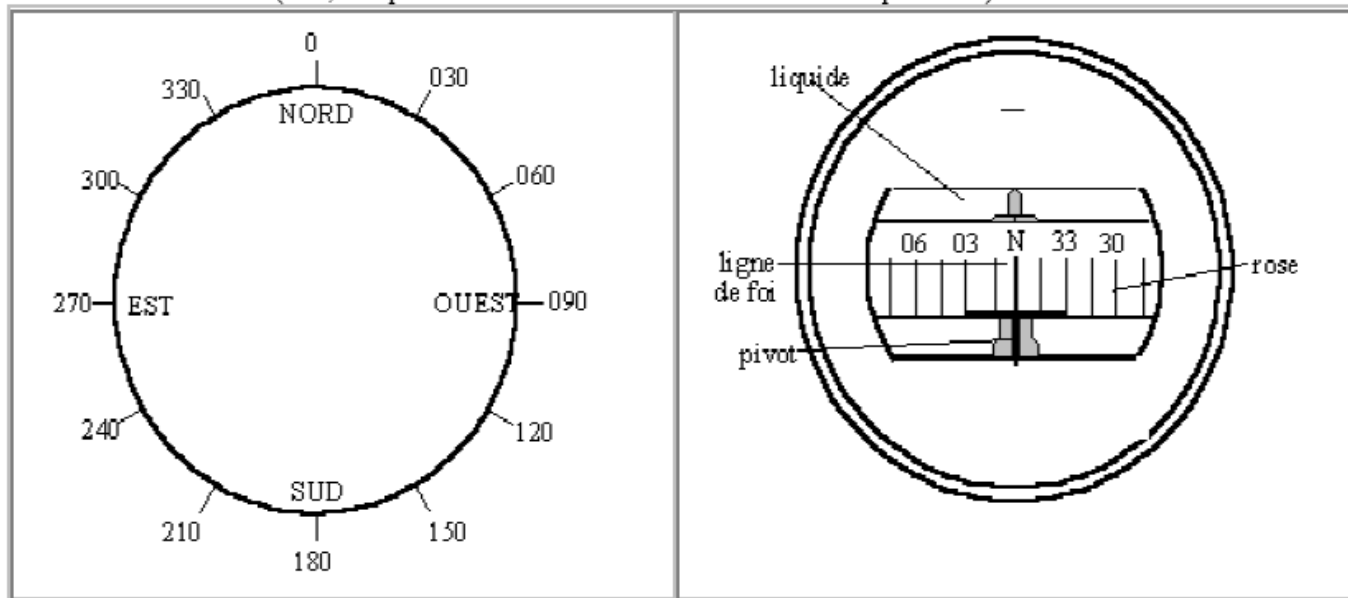
VI Le compas magnétique

VI-2 Présentation de l'instrument

VI.5.1 - Compas

Cet instrument permet de mesurer l'orientation magnétique de la trajectoire. Il s'agit d'une boussole élaborée dont l'élément indicateur est une rose des caps associée à un barreau aimanté.

La rose des caps est divisée en 360°, l'information de cap est donnée par le déplacement de la ligne de foi, liée à l'avion, devant la rose graduée. Cet instrument donne des indications erronées en virage, en air agité et lors des variations de vitesses (bref, lorsque l'accélération est différente de celle de l'apesanteur).



L'instrument se présente comme une boussole boule ou plate.

Instruments de bord

VI Le compas magnétique

VI-2 Présentation de l'instrument

- La lecture en vol rectiligne en palier est fiable.
- Le compas permet de recalibrer régulièrement un conservateur de cap (gyrocompas).
- **La lecture en virage est faussée:**
 - à 20° d'inclinaison l'erreur de cap indiqué peut être de 45° .
 - à 30° d'inclinaison elle peut atteindre $180^\circ!!$

Les changements de cap au compas doivent s'effectuer en prenant des repères sur l'horizon.

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

VII Le conservateur de cap

- VII-1 Principe de fonctionnement
- VII-2 Présentation de l'instrument

Instrument de bord

VII Le conservateur de cap

VII-1 Principe de fonctionnement

- Le conservateur de cap (ou gyrocompas) utilise le principe de fixité d'un gyroscope, à 2 degrés de liberté, et permet une lecture plus stable du cap affiché.
 - Le gyroscope permet de garder une indication beaucoup plus fiable que celle du compas magnétique en virage:
 - écart de 4° maximum à 20° d'inclinaison
 - écart de 10° maximum à 30° d'inclinaison
- L'écart est négligeable jusqu'à 30° d'inclinaison.

Instruments de bord

VII Le conservateur de cap

VII-1 Principe de fonctionnement

- Comme tout instrument gyroscopique il nécessite des recalages réguliers.
- On le recale sur le compas magnétique en vol rectiligne en palier.
- Le gyroscope précessionne lentement, mais se décale plus rapidement si on exécute des évolutions serrées. (effectuer dans ce cas un recalage, après les évolutions)

Instruments de bord

VII Le conservateur de cap

- VII-1 Principe de fonctionnement
- VII-2 Présentation de l'instrument

Instruments de bord

VII Le conservateur de cap

VII-2 Présentation de l'instrument



Instruments de bord

VII Le conservateur de cap

VII-2 Présentation de l'instrument

- Sur les avions équipés pour le vol aux instruments, on peut trouver des aides de radionavigation couplées au conservateur de cap (VOR, ADF, ILS,...).

Instruments de bord

- I L'altimètre
- II Le variomètre
- III L'anémomètre
- IV L'indicateur de virage et de symétrie
- V L'horizon artificiel
- VI Le compas magnétique
- VII Le conservateur de cap
- VIII Les instruments de radionavigation

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

- VIII-1 La radio
- VIII-2 Le radiocompas
- VIII-3 Le VOR
- VIII-4 Le DME
- VIII-5 L'ILS
- VIII-6 Le transpondeur
- VIII-7 Le GPS

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-1 La radio

La gamme de fréquences utilisée est de la VHF
(Very High Frequency: de 118 à 136.975 Mhz

Fréquences spécifiques:

Détresse: 121.5

Terrains sans radio: 123.5

Vélicoles: 122.5

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

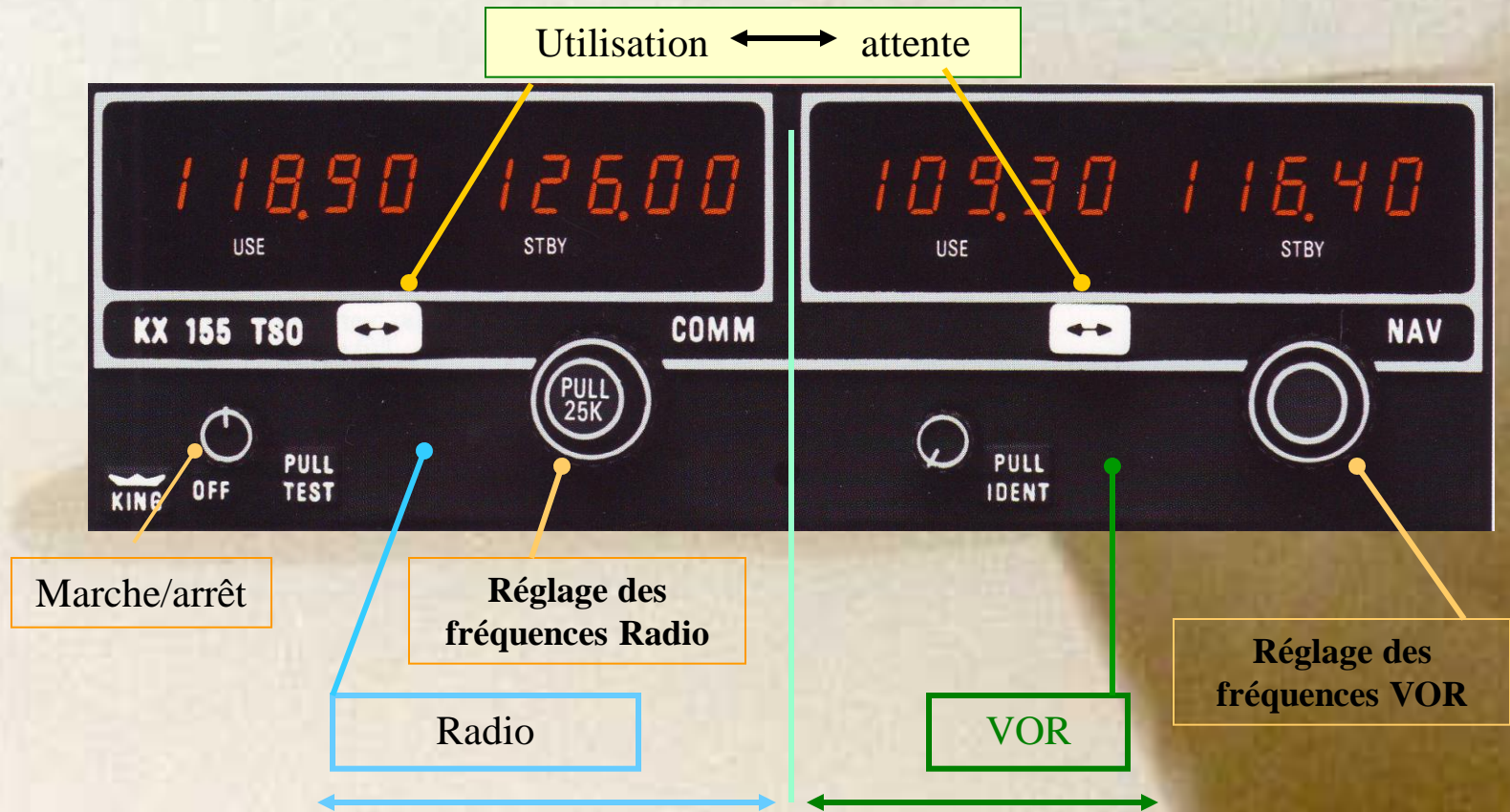
VIII-1 La radio

- Principe d'utilisation:
- Être bref et concis:
- Un langage plus ou moins codé (la phraséologie) est utilisée afin de rendre plus efficaces les échanges de messages radio

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-1 La radio



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-2 Le radiocompas

- Le radiocompas est encore appelé ADF (Automatic Direction Finder) ou NDB (Non Directional Beacon).
- Il se compose de deux parties:
 - une **balise au sol** émettant dans toutes les directions
 - Un **récepteur embarqué**, couplé à un indicateur, donnant le gisement de la balise

Instrument de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-2 Le radiocompas

- L'ADF est assez fiable et bon marché. Il est donc très répandu (y compris dans les avions d'aéroclub).
- Son utilisation est très simple: pour atteindre une balise il suffit de placer la flèche de l'indicateur dans l'axe de l'avion.
- L'indicateur peut être couplé à un gyrocompas (on parle de RMI).

Instrument de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-2 Le radiocompas

- Il existe 2 types de balises radiocompas:
 - les NDB pour la navigation
 - Les Locators pour baliser les axes des pistes sur les aéroports
- Caractéristiques typiques des balises:

Type	Fréquence	Puissance (W)	Portée (Nm)	Précision
L	200-1750 kHz (MF)	< 50	30	2
NDB	idem	50 à 5000	50 à 200	3 à 5

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-2 Le radiocompas



Automatic Direction Finder

Ecoute indicatif de la balise

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-2 Le radiocompas

- La précision du radiocompas est assez moyenne et pour une navigation de précision il faut un moyen additionnel.
- En cas de présence de cumulonimbus, l'indicateur pointe vers ces nuages plutôt que les balises.
- De plus la nuit, la réflexion des ondes moyennes sur la haute atmosphère, peut engendrer des surprises (on peut capter des balises très éloignées de même fréquence que celle désirée).

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

- VIII-1 La radio
- VIII-2 Le radiocompas
- VIII-3 Le VOR
- VIII-4 Le DME
- VIII-5 L'ILS
- VIII-6 Le transpondeur
- VIII-7 Le GPS



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

Sélection fréquence: en Utilisation ou Attente



Marche / arrêt

écoute indicatif

Réglage des fréquences VOR

Partie VOR

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

- Le **VOR** (VHF Omni Range) est constitué d'une **balise au sol** et d'un **récepteur embarqué** couplé à un afficheur.
- L'afficheur ou OBS permet de sélectionner un **QDM** (route magnétique vers la balise) ou un **QDR** (radial) (route magnétique depuis la balise).
- Une barre verticale permet de se situer par rapport à la route sélectionnée.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

- Un indicateur To/From complète l'information de la barre verticale.
- Le VOR est très répandu à bord des avions
- (y compris en aéroclub) et de nombreuses balises couvrent la France et ses principaux terrains.
- Il existe 2 types de balises VOR:
 - les VOR de navigation (NAV)
 - Les VOR terminaux (T) sur les terrains

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

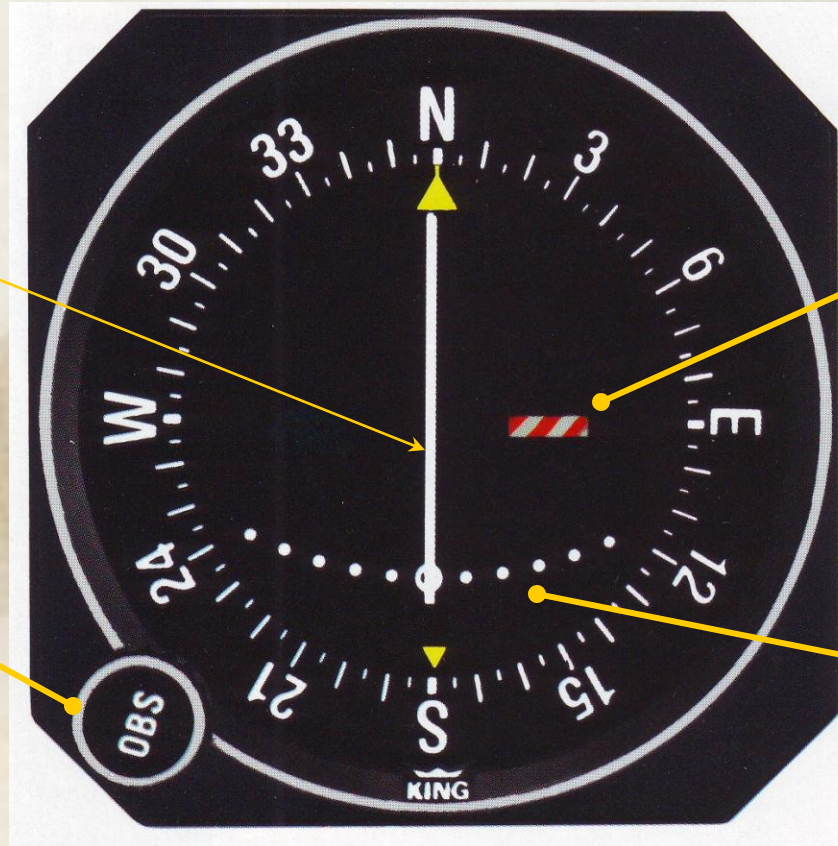
VIII-3 Le VOR



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR



Aiguille
indicatrice

TO / FROM
ou pas de réception

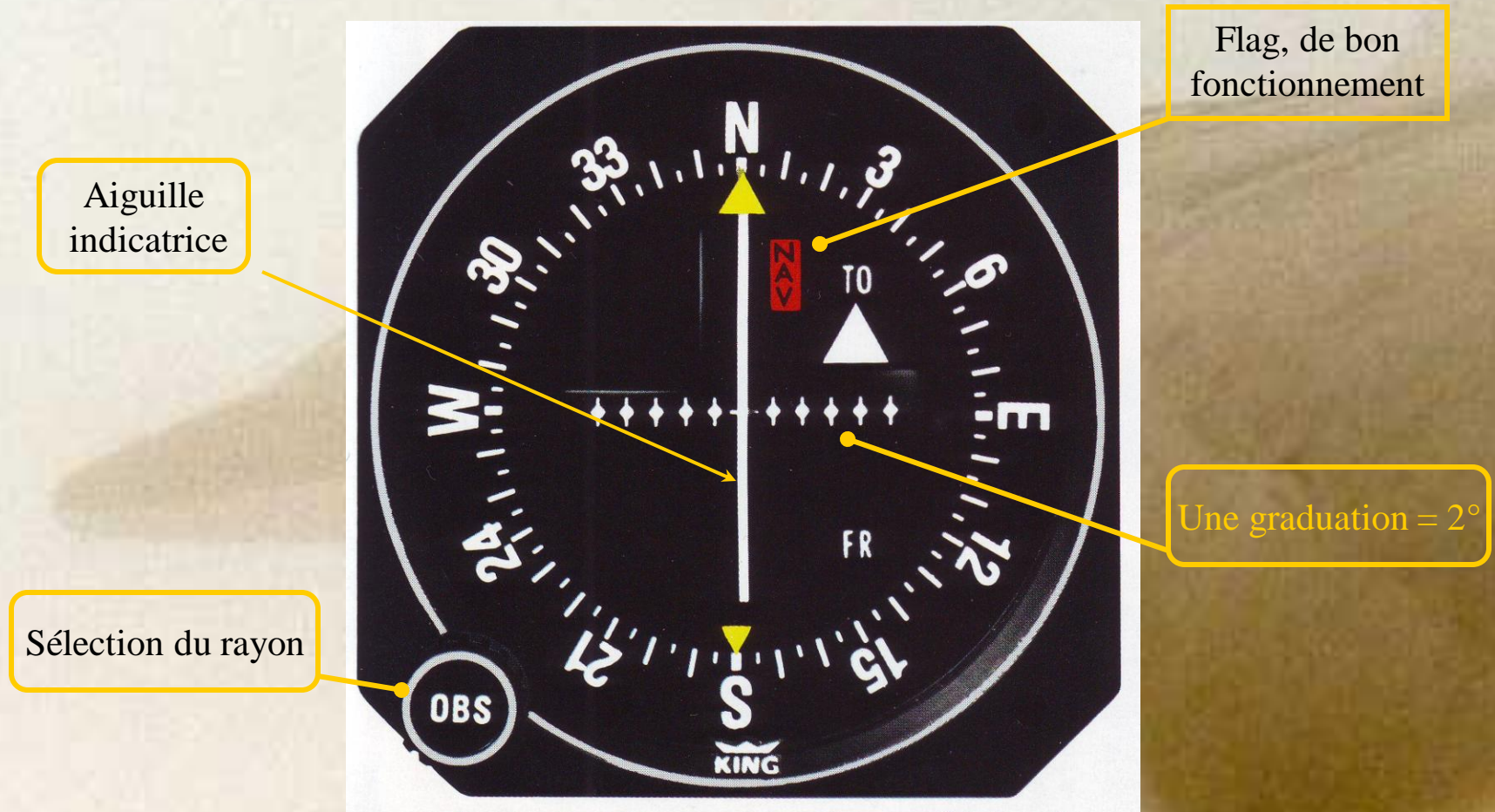
Sélection du
rayon

Une graduation = 2°

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-2 Le VOR

- Les performances de ces systèmes sont les suivantes:

Type	Fréquences	Puissance (W)	Portée (Nm)	Précision
NAV	112-118 MHz (VHF)	100	200	2 à 3
T	108-112 MHz (10 ièmes pairs)	10 à 50	25	2

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

- L'interprétation des indications du VOR n'est pas toujours élémentaire:
 - L'affichage de "**TO**" signifie que l'on a sélectionné un rayon allant vers la station
 - L'affichage de "**FROM**" signifie que l'on a sélectionné un rayon s'éloignant de la station
 - L'affichage de l'aiguille de l'indicateur est toujours directionnelle et indique où se trouve le rayon choisi par rapport à notre position réelle
 - mais son interprétation est facilitée si:
 - (# cap avion / rayon choisi est inférieure à 180°)

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

RADIAL

Les indications de déviation données par l'aiguille sont **TOTALEMENT INDEPENDANTES DE L'AXE DE L'AVION**

Elles ne dépendent que de la **POSITION AU SOL PAR RAPPORT A L'AXE SELECTIONNE**

L'aiguille de déviation est **TOUJOURS DIRECTIONNELLE PAR RAPPORT A L'AXE SELECTIONNE**

Nord magnétique

Observateur regardant dans le sens des rayons

Le radial sélectionné est à droite du radial sur lequel on se trouve, l'aiguille reste toujours à droite, indépendamment du cap de l'avion

Radial (QDR) 070° FROM

Le radial sélectionné est à gauche du radial sur lequel on se trouve, l'aiguille reste toujours à gauche, indépendamment du cap de l'avion

L'indication FROM signifie uniquement que l'on a sélectionné un QDR
ELLE NE SIGNIFIE EN AUCUN CAS QUE L'ON S'ELOIGNE DE LA STATION

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

Impossible d'afficher l'image liée. Le fichier a peut-être été déplacé, renommé ou supprimé. Vérifiez que la balise pointe vers le fichier et l'emplacement corrects.



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-3 Le VOR

- Le VOR présente une bonne fiabilité a un coût modéré.
- Sa précision est satisfaisante pour des approches de précisions avec des minima pas trop restrictifs.
- Il peut être couplé au DME pour fournir une indication de distance.

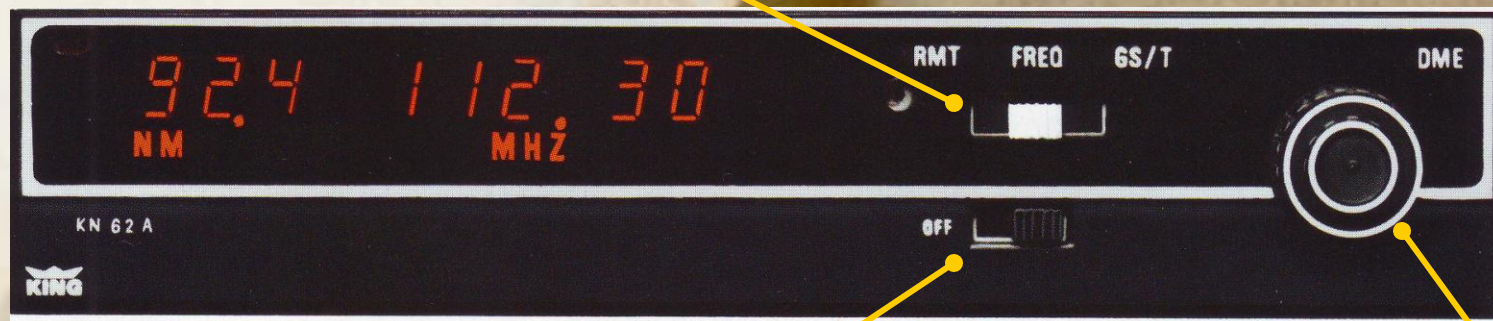
Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

- VIII-1 La radio
- VIII-2 Le radiocompas
- VIII-3 Le VOR
- VIII-4 Le DME
- VIII-5 L'ILS
- VIII-6 Le transpondeur
- VIII-7 Le GPS

Instruments de bord
VIII Les instruments de radionavigation
VIII-4 Le DME

Sélection: **Distance** ou **Fréquence** ou **Vitesse**



Marche / Arrêt

Réglage fréquences

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-4 Le DME

- Le DME (Distance Measurement Equipment) est couplé aux VOR.
- Il fournit une indication de distance oblique entre l'avion et la balise (pas de distance horizontale).
- Ces caractéristiques techniques sont les suivantes:

Type	Fréquences	Puissance (W)	Portée (Nm)	Précision
DME	1025-1215 MHz (UHF)	100	200 à 400	1/10 Nm + 0,2 % D

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-4 Le DME

- Le DME est interrogé par l'avion et lui répond. Il peut répondre simultanément à une centaine d'appareils.
- Il est fiable et précis, si on tient compte de l'altitude (calcul de la distance horizontale à partir de la distance oblique)
- Un ensemble VOR/DME permet de s'axer précisément sur une piste et de débiter la descente finale sans problème.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

- VIII-1 La radio
- VIII-2 Le radiocompas
- VIII-3 Le VOR
- VIII-4 Le DME
- VIII-5 L'ILS
- VIII-6 Le transpondeur
- VIII-7 Le GPS

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS

- Moyen assez précis pour se poser par visibilité très limitée, voire quasiment nulle.
- L'instrument comprend un équipement sol constitué de 2 balises et d'un récepteur embarqué associé à un afficheur.
- Les balises sol sont:
 - le **localizer** qui permet de repérer l'axe de piste
 - Le **glide** qui permet de repérer le plan de descente.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS

- La trajectoire de la finale est à l'intersection des 2 plans définis par ces balises.
- L'afficheur comprend:
 - un OBS qui permet d'afficher la direction de l'axe de la piste
 - Dans cet OBS une barre verticale, représente l'axe de la piste
 - Et une barre horizontale, représente le plan de descente.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

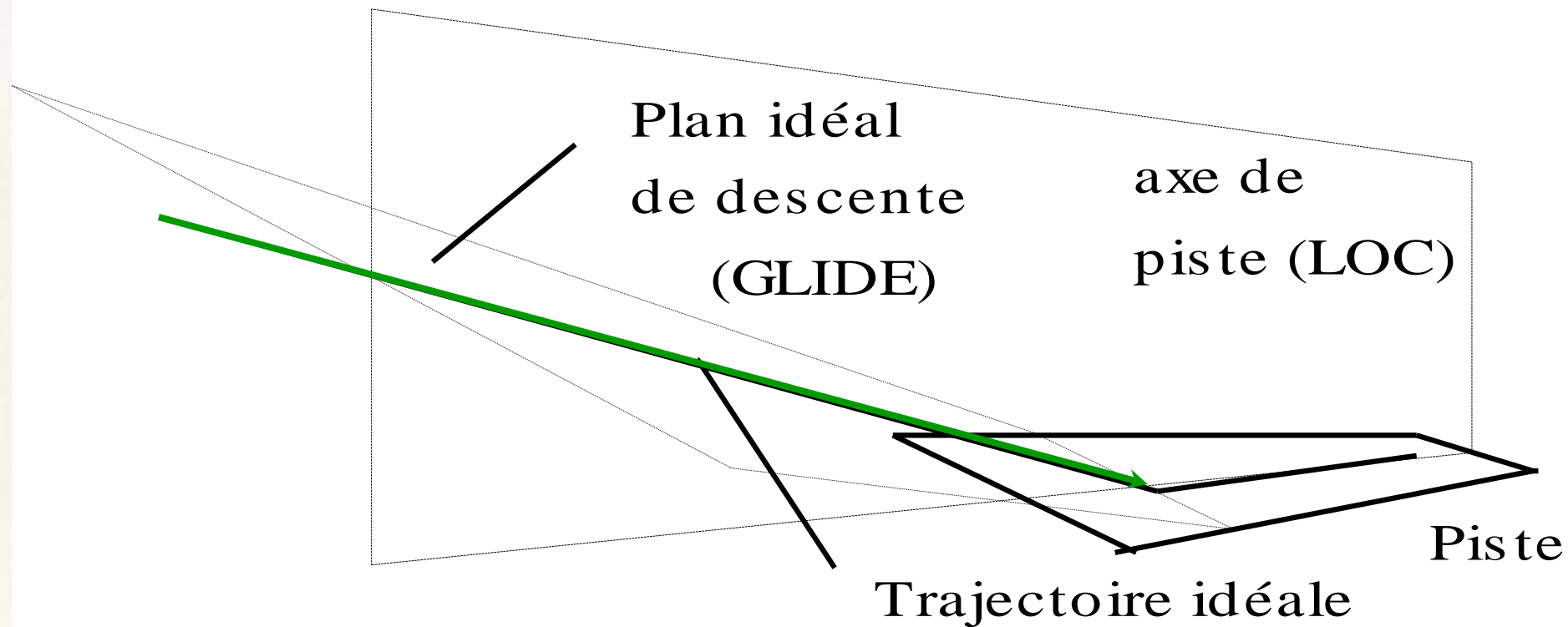
VIII-5 L'ILS



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS



Instrument de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS

- L'ILS est très répandu. Tous les terrains recevant des avions en régime IFR en sont équipés.
- Il faut un équipement par QFU (sens de piste).
- Il autorise des débits importants d'avions.
- Les caractéristiques de l'ILS sont les suivantes:

	Fréquences	Puissance (W)	Portée (Nm)	Précision
ILS	108-112MHz (10 ièmes impairs)	Loc : 100/Glide : 30	25/10 à 10 axe	1/10 / 1/100

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

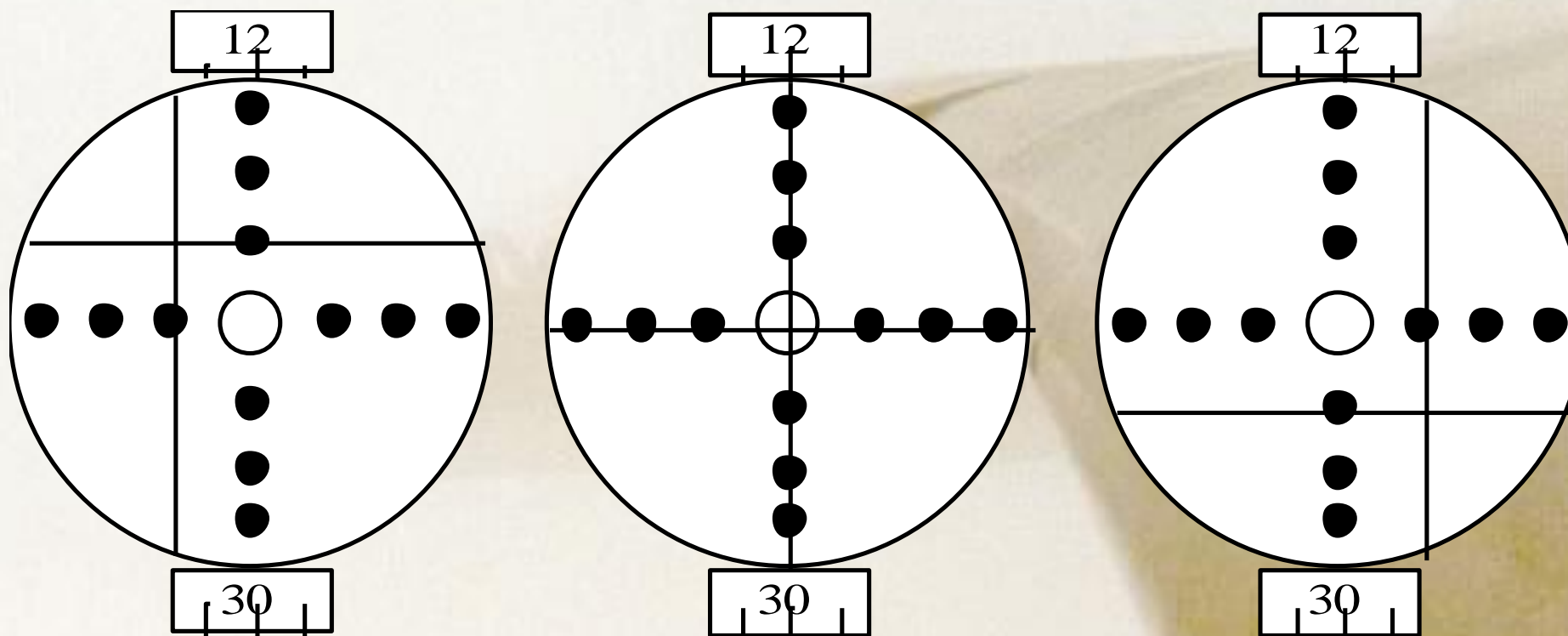
VIII-5 L'ILS

- L'utilisation de l'ILS est assez simple:
 - la barre verticale est directionnelle lors de l'approche. Par exemple si elle est à gauche sur l'instrument, c'est que l'axe de piste est à gauche. Il faut donc altérer le cap à gauche pour s'aligner.
 - la barre horizontale est également à lecture directe. Par exemple si elle est dans la partie basse de l'instrument c'est que l'on est trop haut. Il faut augmenter le taux de descente pour rejoindre la pente idéale.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS

- Le but pour le pilote est de maintenir les barres en croix au centre de l'instrument.
- Attention à ne pas tricoter : une erreur de débutant consiste à trop corriger et à passer son temps à faire se croiser les aiguilles dans un sens et dans l'autre sans jamais les maintenir au centre de l'instrument.

Instrument de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-5 L'ILS

- L'afficheur de l'ILS peut être couplé à l'horizon artificiel et/ou au gyrocompas pour faciliter le pilotage en finale lors des approches par mauvaise visibilité.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

- VIII-1 La radio
- VIII-2 Le radiocompas
- VIII-3 Le VOR
- VIII-4 Le DME
- VIII-5 L'ILS
- VIII-6 Le transpondeur
- VIII-7 Le GPS



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

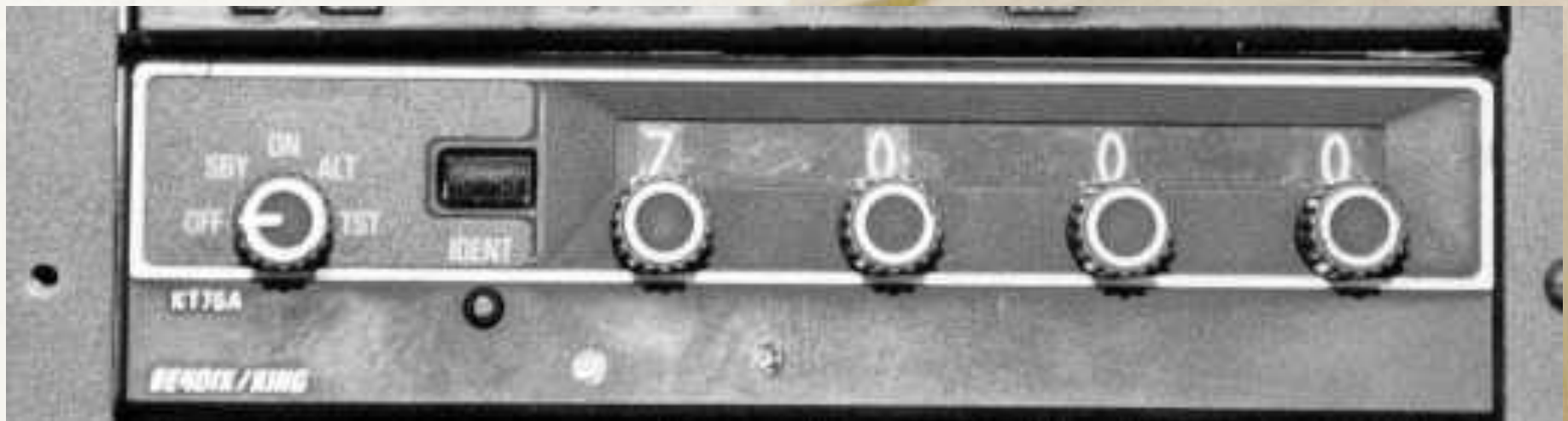
VIII-5 Le transpondeur

- Le transpondeur est un appareil interrogé par un radar sol et renvoyant à celui-ci l'indicatif affiché par le pilote ainsi que l'altitude de l'avion.
- Le transpondeur permet aux contrôleurs d'identifier avec certitude les aéronefs.
- Il est obligatoire pour le régime IFR et dans certaines zones également pour le vol VFR.

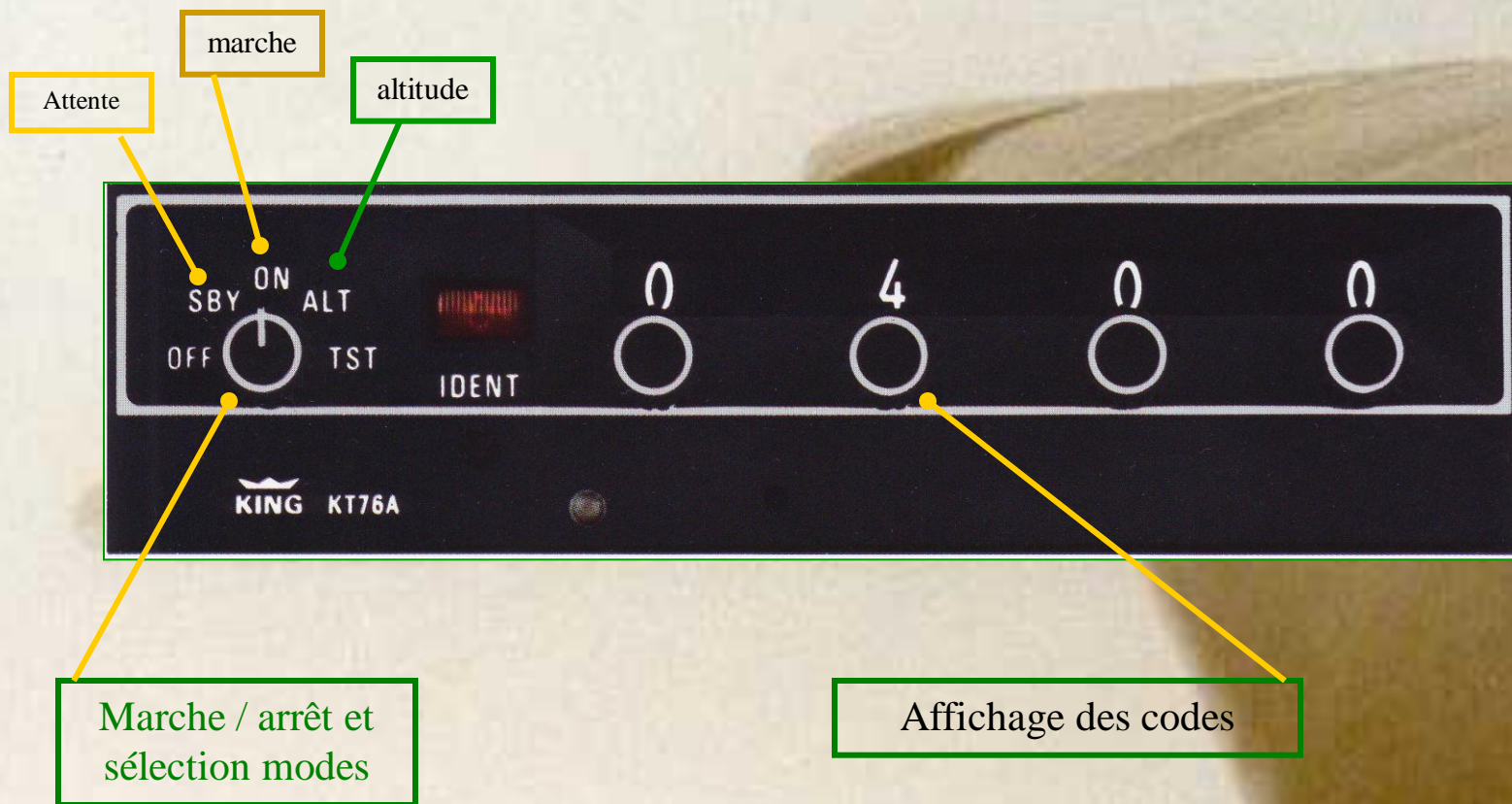
Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-6 Le transpondeur



Instruments de bord
VIII Les instruments de radionavigation
VIII-6 Le transpondeur



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

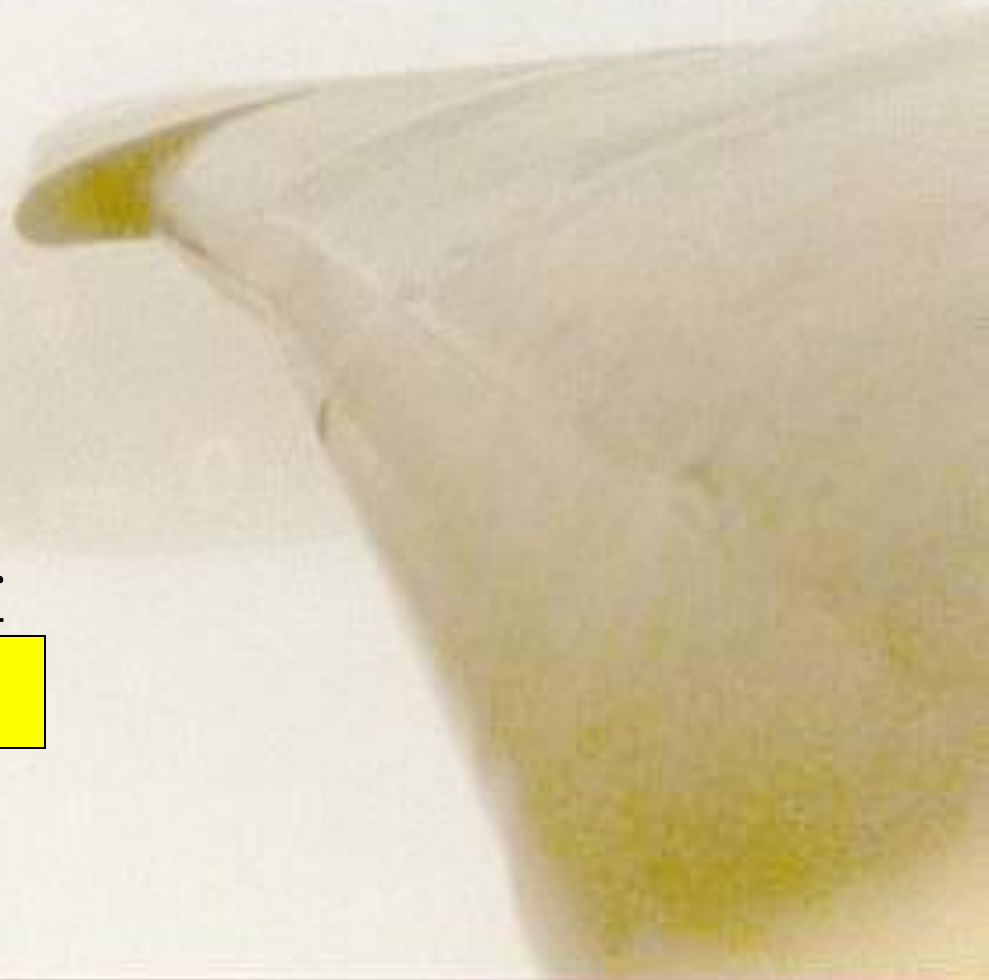
VIII-6 Le transpondeur

- Il existe des codes transpondeurs particuliers, pour certaines situations:
 - 77 00 : emergency (détresse)
 - 76 00 : panne radio
 - 75 00 : détournement
- Les appareils militaires possèdent eux, des IFF particuliers permettant une identification sécurisée en cas de conflit.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

- VIII-1 La radio
- VIII-2 Le radiocompas
- VIII-3 Le VOR
- VIII-4 Le DME
- VIII-5 L'ILS
- VIII-6 Le transpondeur
- VIII-7 Le GPS



Instrument de bord

VIII Les instruments de radionavigation

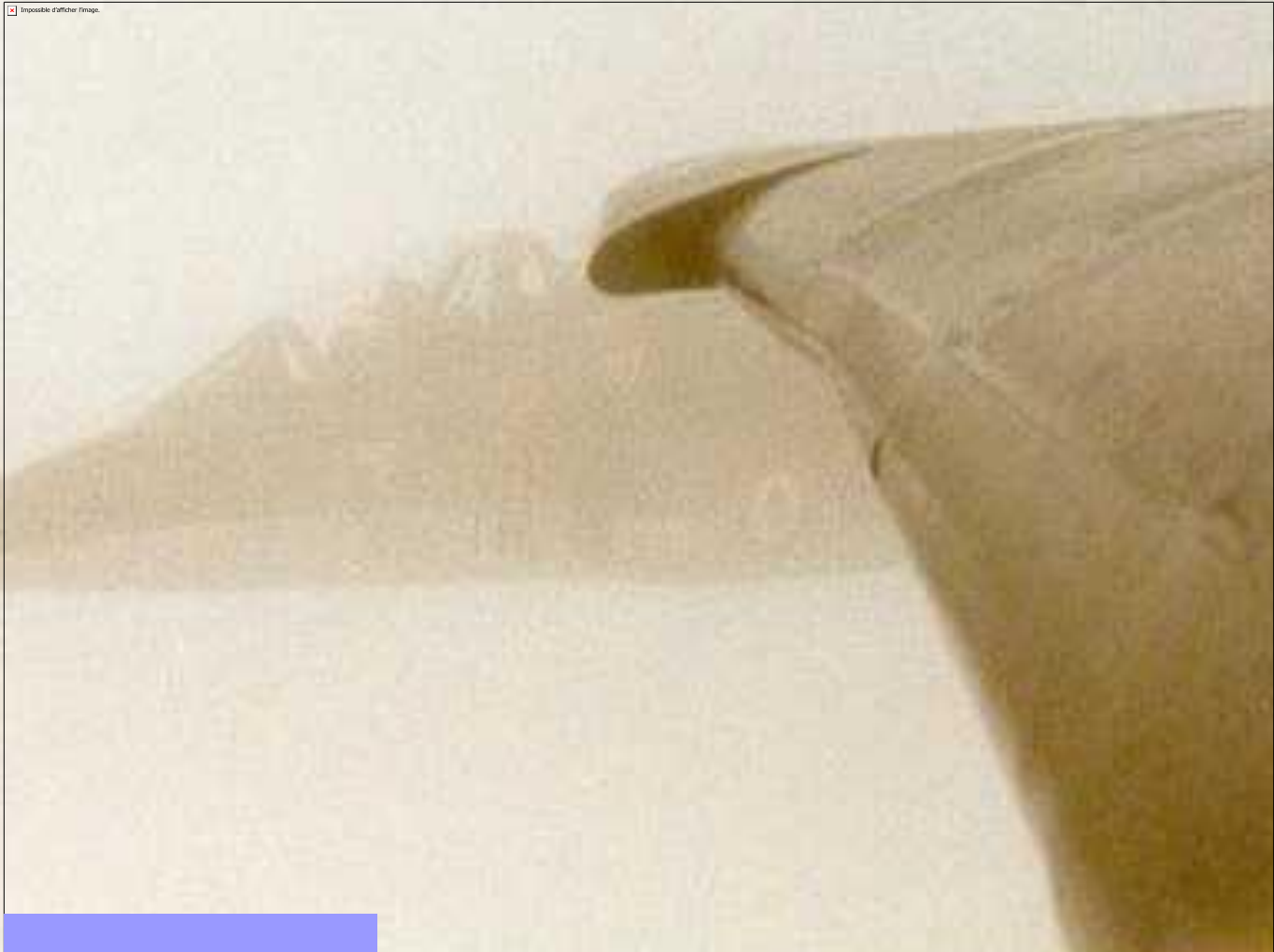
VIII-7 Le GPS

- Le GPS (Global Positioning System) est un système de 24 satellites américains en orbite basse envoyant des signaux vers la terre.
- Un boîtier récepteur doit recevoir au moins trois satellites simultanément pour déduire sa position à partir de celles (connues) des satellites.
- Les européens développent un système analogue et compatible (Galiléo) pour s'affranchir de la dépendance vis à vis des américains.

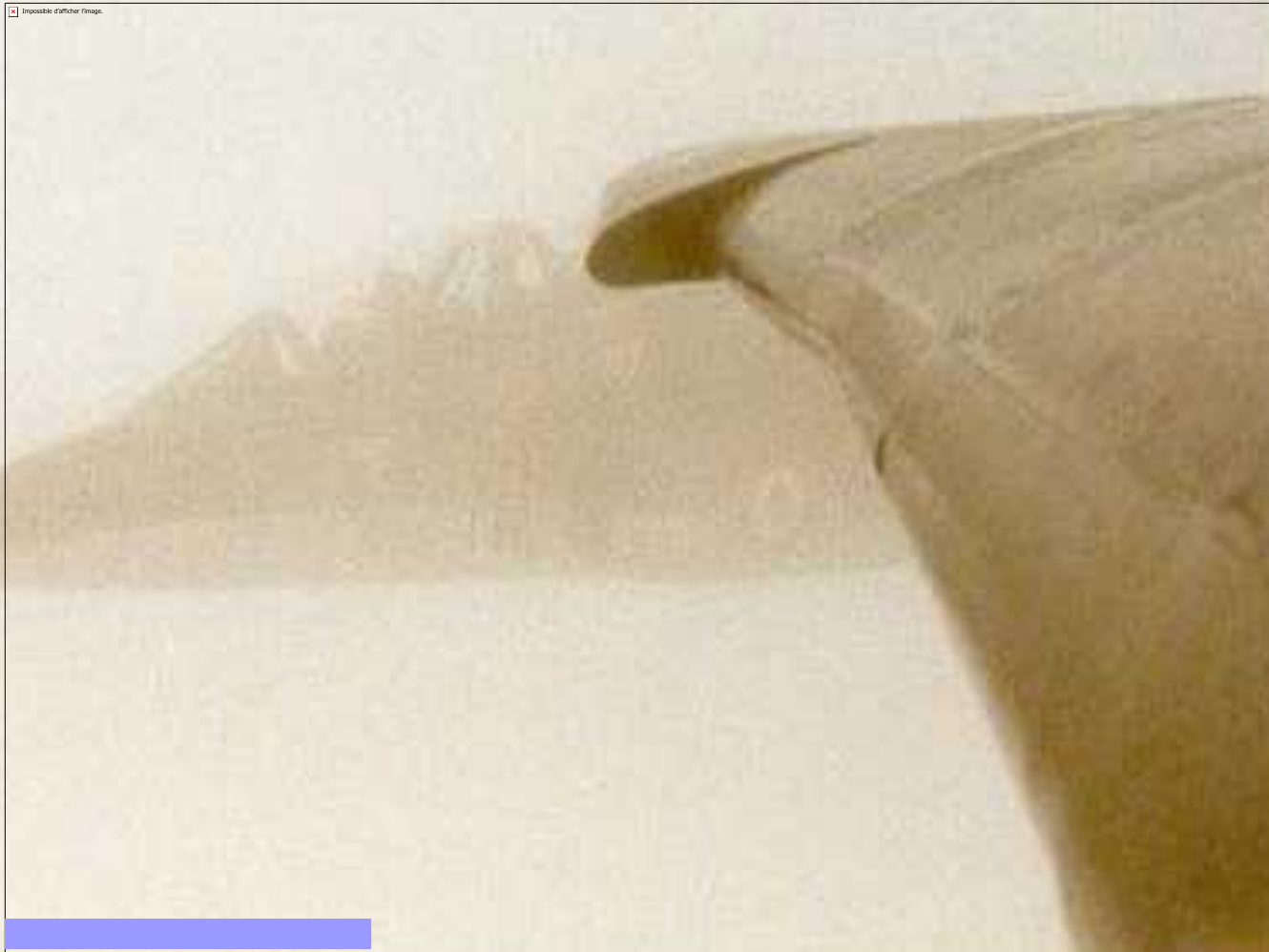
Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-7 Le GPS



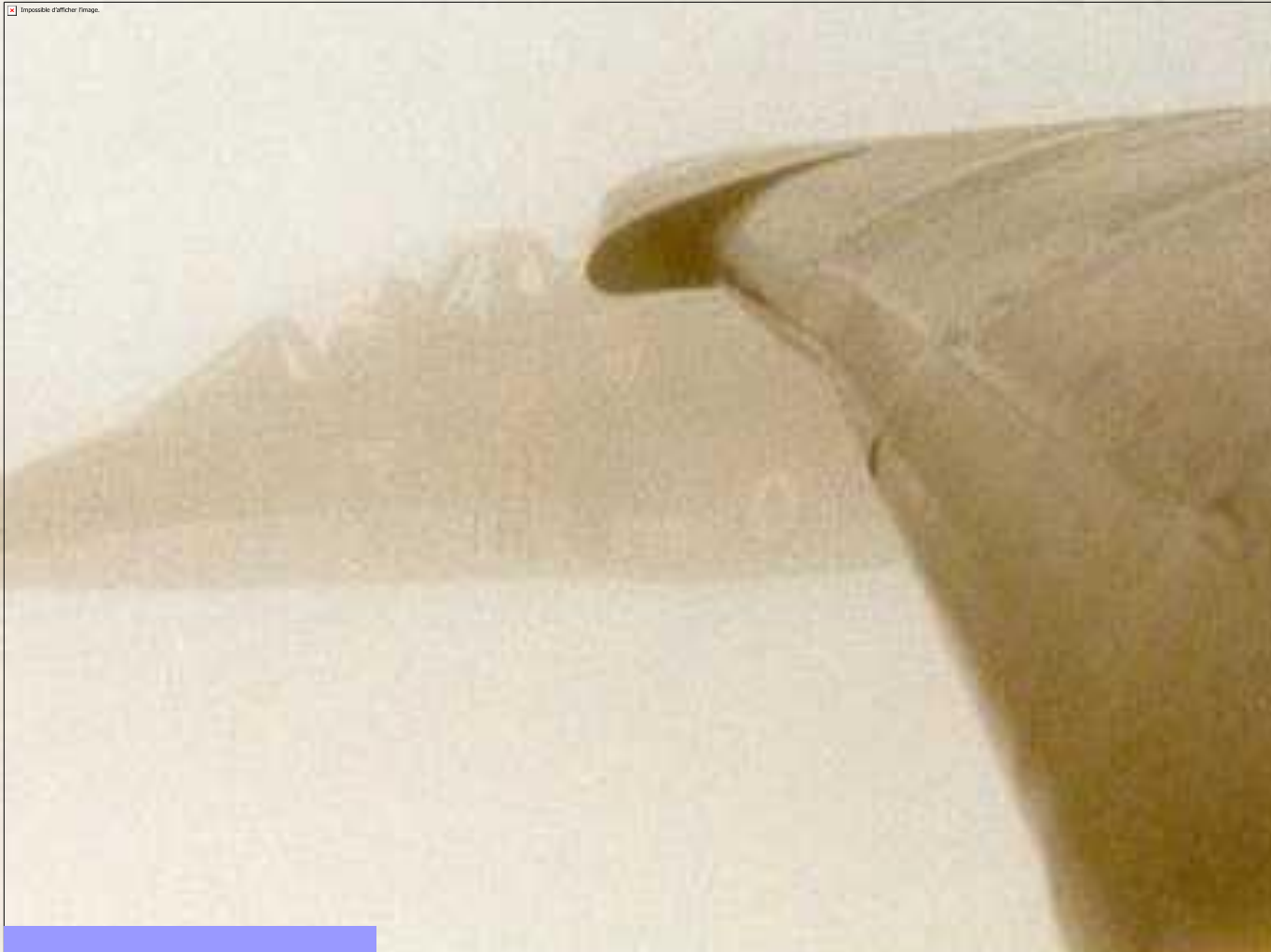
Instruments de bord
VIII Les instruments de radionavigation
VIII-7 Le GPS



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-7 Le GPS



Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-7 Le GPS

- Ce système est aujourd'hui très fiable et la couverture est mondiale.
- Il est employé comme moyen " secondaire " de navigation mais deviendra le moyen principal (et peut être unique) dans un avenir proche.
- Sa précision (10m) permet d'envisager son utilisation comme moyen radionav pour assurer des approches finales.

Instruments de bord

VIII Les instruments de radionavigation

VIII-7 Le GPS

- Il est utilisé sur des aéronefs allant du parapente à l'avion de ligne.
- Dans les aéroclubs il permet de limiter les cas de posés en campagne sur panne sèche après s'être égaré.
- Son prix est variable selon les modèles (portables ou intégrés) et leur utilité.

Planche de bord avion voltige



planche de bord
avion de chasse



Planche de bord avion de chasse 2°



Planche de bord appareil Robin



« T » Basique

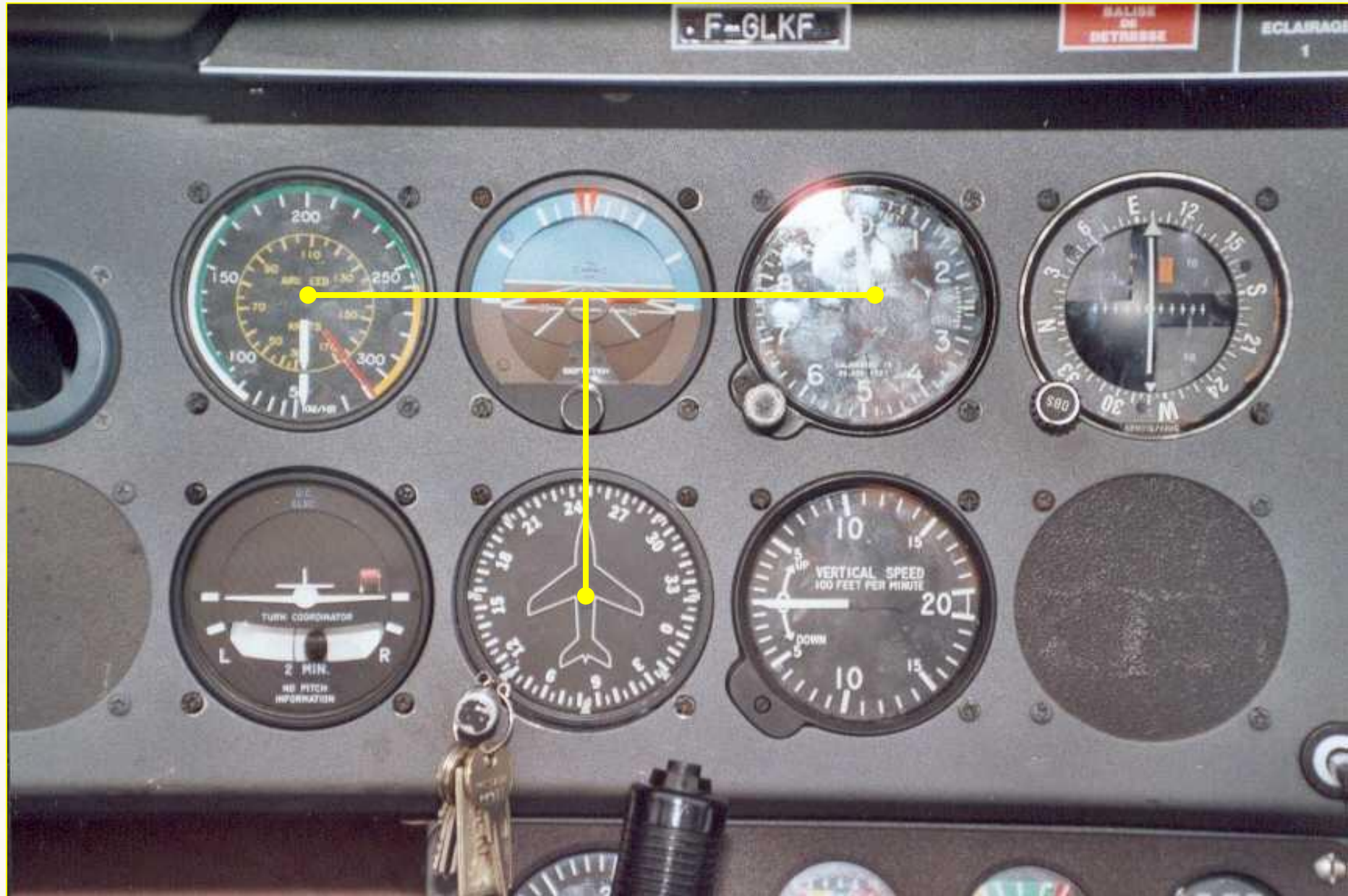


Planche de bord ancienne



TECHNOLOGIE DES AERONEFS

OUF! C'est fini...

Instruments de bord