



## CHAPITRE 2

---

# LES PRINCIPAUX INSTRUMENTS DE BORD

---

- Anémomètre
- Altimètre
- Variomètre
- Horizon artificiel
- Compas
- Conservateur de cap (ou directionnel)
- Bille-Aiguille ou (Indicateur de dérapage et de virage)
- Instruments moteur

# MANUEL DE L'AUTRUCHE

Chaque cockpit est spécifique, notamment sur le nombre d'instruments présents, leur représentation ainsi que leur emplacement. Cependant, beaucoup d'entre eux sont récurrents et permettent de piloter convenablement un avion.

Nous reprenons pour notre cas d'école le cockpit du Hawker Hurricane (toutes versions confondues). Voici la reproduction de Hurricane dans IL2 :

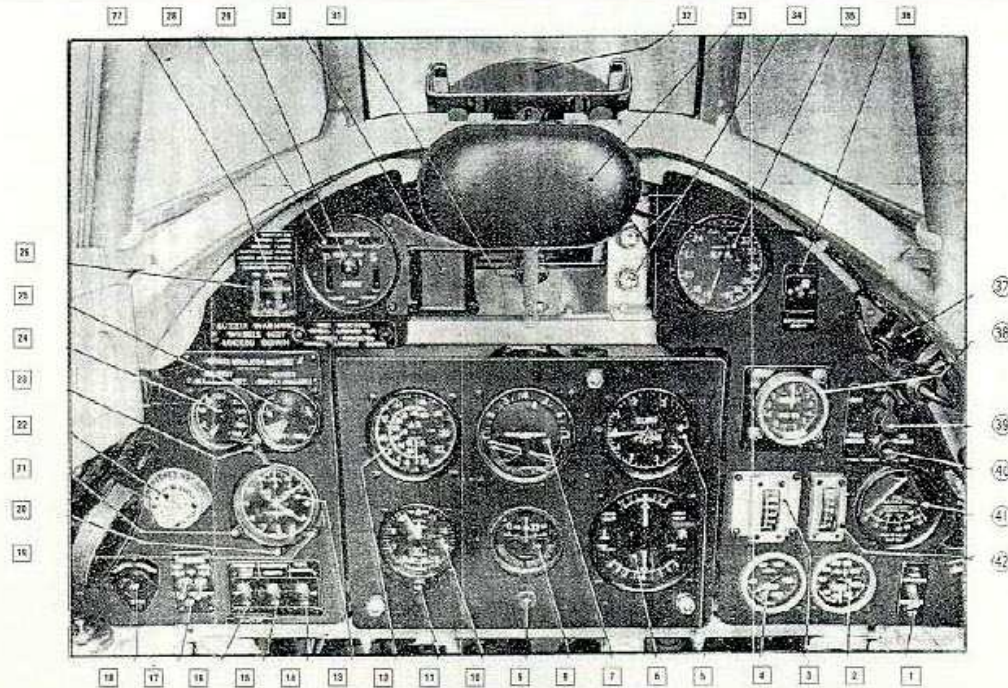


A titre de comparaison voici, ci après, une photographie en couleurs d'un véritable cockpit de Hurricane :



Quelques éléments changent de place. Le véritable cockpit semble avoir subi quelques modifications d'instrumentations

# MANUEL DE L'AUTRUCHE



- |                               |  |  |
|-------------------------------|--|--|
| 1. STARTING MAGNETO SWITCH    | 15 NAVIGATION LAMPS SWITCH                 | 29 DIMMER SWITCH FOR 28                |
| 2 RADIATOR TEMP GAUGE         | 16 PRESSURE-HEAD HEATER SWITCH             | 30 COMPASS CORRECTION CARD HOLDER      |
| 3 OIL PRESSURE GAUGE          | 17 MAIN MAGNETOS SWITCH                    | 31 CONTROL KNOB FOR 32                 |
| 4 OIL TEMP GAUGE              | 18 ELECTRIC STARTER PUSHBUTTON             | 32 REFLECTOR SIGHT DIMMING SCREEN      |
| 5 RATE-OF-CLIMB INDICATOR     | 19 CHRONOGRAPH KNOB FOR 13                 | 33 CRASH PAD                           |
| 6 TURNING INDICATOR           | 20 ARRESTOR KNOB FOR 13                    | 34 REFLECTOR SIGHT SPARE LAMPS STOWAGE |
| 7 ARTIFICIAL HORIZON          | 21 WINDING & SETTING KNOB FOR 13           | 35 ENGINE SPEED INDICATOR              |
| 8 DIRECTION INDICATOR         | 22 AUTOMATIC BOOST CUT-OUT CONTROL         | 36 REFLECTOR SIGHT "ON-OFF" SWITCH     |
| 9 ADJUSTING KNOB FOR 8        | 23 OXYGEN REGULATOR CONTROL VALVE          | 37 DIMMER SWITCH FOR REFLECTOR SIGHT   |
| 10 ALTIMETER                  | 24 OXYGEN FLOW INDICATOR                   | 38 BOOST PRESSURE GAUGE                |
| 11 ZERO-ADJUSTING KNOB FOR 10 | 25 OXYGEN SUPPLY INDICATOR                 | 39 TANK SELECTOR SWITCH FOR 141        |
| 12 AIR SPEED INDICATOR        | 26 "ON-OFF" SWITCH FOR 28                  | 40 PUSHBUTTON FOR 41                   |
| 13 CLOCK                      | 27 CHANGE-OVER SWITCH FOR 28               | 41 FUEL CONTENTS GAUGE                 |
| 14 CINE-CAMERA SWITCH         | 28 UNDERCARRIAGE POSITION VISUAL INDICATOR | 42 FUEL PRESSURE GAUGE                 |



## L'ANEMOMETRE

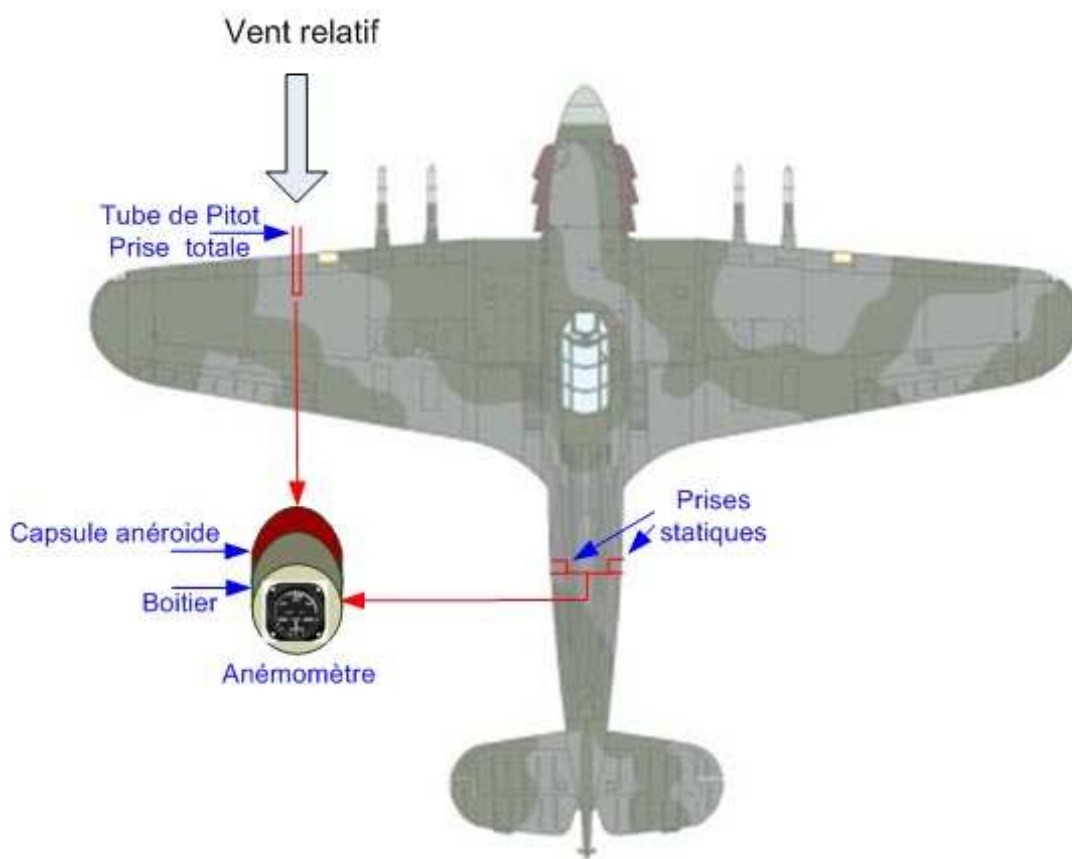


Cet instrument également appelé **Badin**, du nom de son inventeur indique la vitesse de l'avion par rapport à l'air. Cette mesure s'effectue à l'aide de plusieurs prise de pression.

De manière générale, cet instrument sert à mesurer la vitesse d'écoulement d'un gaz, notamment le vent qui nous intéresse tout particulièrement.

- Des prises de Pression Statique (pression atmosphérique) généralement situés sur chaque coté du fuselage.
- Des prises de Pression Totale au niveau du tube de **Pitot** sous l'aile (petit tube coudé dont l'orifice est perpendiculaire au vent relatif).

### PRINCIPE



La capsule **anéroïde** reçoit intérieurement la pression totale prise au niveau du tube de **Pitot** tandis que le boîtier est soumis à la pression statique.

# MANUEL DE L'AUTRUCHE

Il apparaît alors une déformation de la capsule, due à la différence entre ces pressions, qui est fonction de la vitesse de l'avion. Cette différence est retransmise à une aiguille qui se déplace devant un cadran gradué.

L'anémomètre est souvent gradué en nœud (kt) comme ici sur le Hurricane. On peut également le trouver en km/h et en Mph

- $1\text{kt} = 1.852\text{km/h}$
- $1\text{Mph} = 1.609\text{km/h}$

Note: L'anémomètre comporte 2 traits rouges aux environs de 105kt (194km/h) et 280kt (518km/h).

La première est la vitesse à ne pas dépasser volets et train d'atterrissage sortis. **VFE**: Velocity. Flaps Extended

La seconde est la vitesse à ne pas dépasser pour ne pas subir des dégâts sur la cellule. : **VNE**: Velocity. Never Exceed

D'autres abréviations caractéristiques sont



En exemple : Anémomètre du Hurricane dans IL2 : 180kts au compteur soit 330km/h.

Attention cependant, cette vitesse est celle relative à l'air (**IAS**) et non celle par rapport au sol (**TAS**). Si votre avion rencontre un vent de face de 30km/h, votre vitesse par rapport au sol ne sera plus que de 300km/h.

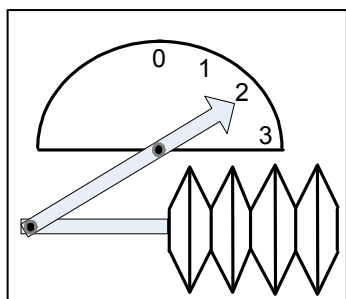
## L'ALTIMÈTRE

L'altimètre permet de connaître sa position verticale par rapport à un niveau de référence, de cette indication peuvent être extrapolées les hauteurs par rapport au relief, dont une piste (ou un relief) si l'on connaît son altitude.

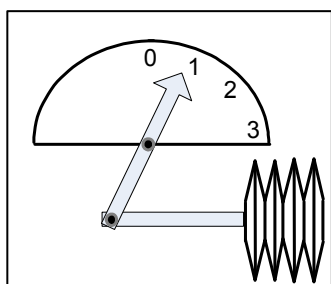


La pression atmosphérique diminuant avec l'altitude, une capsule anéroïde enregistre la variation de pression par déformation. Celle-ci est transmise à une aiguille qui se déplace devant un cadre gradué habituellement en pieds (ft).

### PRINCIPE



La pression atmosphérique est plus faible à haute altitude. La capsule se détend.



La pression atmosphérique est plus forte à basse altitude. La capsule se comprime.

Pour transformer les mètres en pieds, la règle simple à appliquer est la suivante : on multiplie par 10/3.

Sur l'altimètre se situe un bouton de réglage permettant de remettre à zéro le compteur (vous indiquez en fait la pression au niveau de la piste de décollage). Ce réglage dans IL2 est fait automatiquement. L'altimètre indique l'altitude par rapport au niveau de la mer (rapport de pression entre l'endroit où vous êtes et la pression relevé au niveau de la mer du lieu concerné).

Une différence de pression d'1 hectopascal est correspond à une différence de hauteur de 28ft



Exemple ; L'altimètre du Hurricane dans IL2 indique 1830fts (550m)

## LE VARIOMETRE

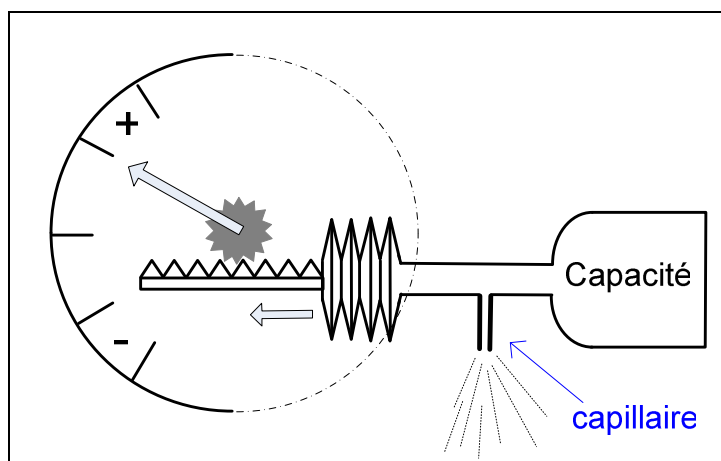


Le variomètre est en unité cohérente avec celles du reste de l'avion (distance/temps). Sur le Hurricane, le variomètre est gradué en pieds par minute (ft/mn). Il permet de mesurer la vitesse verticale (Vz).

Du fait de son principe de fonctionnement, lors des changements de trajectoire, ses indications ne sont pas instantanées.

Vous devrez donc tenir compte de ce retard et exploiter les informations de cet instrument lorsque la trajectoire sera stabilisée.

### PRINCIPE



A la différence de l'altimètre, le variomètre n'indique que des variations de pression, par l'intermédiaire d'une capsule anéroïde (à nouveau) reliée à une capacité (récipient contenant de l'air à une pression donnée). Lorsque l'avion monte ou descend, la pression extérieure varie et devient différente de celle de la capacité, la capsule se déforme et l'aiguille indique cette variation.

Si l'avion se remet en palier, les pressions extérieure et intérieure s'équilibrent par l'intermédiaire d'un tube capillaire, et l'aiguille revient à zéro. C'est le but recherché puisque l'on ne veut que les indications dues à une montée ou une descente.



Ce Variomètre indique une montée stabilisée d'environ 800 ft/mn

*Note : On peut rencontrer des variomètres gradués en mètre par seconde (m/s). Notez que le rapport est simple : 1m/s ~ 200ft/mn*

## L'HORIZON ARTIFICIEL



L'horizon artificiel est un instrument important car il permet simultanément de maintenir une assiette et de mesurer une inclinaison. Attention, cet instrument n'indique pas le taux de virage.

L'horizon artificiel est essentiellement constitué par un gyroscope tournant à vitesse élevée dont la principale caractéristique est la fixité dans l'espace. Il reste fixe tandis que le boîtier solidaire du tableau de bord se déplace avec l'avion.

L'alimentation peut se réaliser soit par dépression (pompe à vide entraînée par le moteur) soit électriquement.

La maquette qui représente l'avion (ailes ci-dessus en jaune et parfois le cône d'hélice) est solidaire du tableau de bord. Elle se déplace devant un tambour sur lequel figure une représentation de l'horizon naturel (ci-dessus : terre marron et ciel bleu). Ce tambour peut être gradué et permet de déterminer l'assiette. Sur le Hurricane, le tambour n'est pas gradué et ne permet pas de déterminer précisément l'angle l'assiette (montée ou descente).

La couronne supérieure (ci-dessus) ou inférieure (Hurricane) porte, de part et d'autre du repère origine, trois repères principaux à 30, 60 et 90° permettant de mesurer l'inclinaison.



Dans la réalité, il est nécessaire de caler votre horizon artificiel avant le décollage en affichant une assiette de référence telle que l'assiette 0 corresponde à la référence fuselage horizontal en vol en palier.



## LE COMPAS



Le compas qui permet de mesurer l'orientation de la trajectoire.

Il fonctionne comme une boussole élaborée, dont l'élément indicateur est une rose des caps associée à un barreau aimanté.

Le compas indique le cap magnétique. En conséquence, les directions indiquées par le compas sont toutes décalées de la valeur de l'angle compris entre le Nord vrai (Nord du méridien ou encore Nord géographique) et le Nord magnétique. Cet angle est appelé déclinaison magnétique. Ce paramètre n'intervient pas dans II.2.

Le compas est formé d'une partie étanche remplie d'un liquide in-gelable, dont le rôle consiste à amortir les oscillations de la rose. Cette dernière, constituant la partie mobile sur laquelle est fixé l'aimant, porte l'inscription des directions magnétiques de 0 à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre. Une indication 3 correspond à 30° et 33 signifie 330°.

Cet instrument très simple donne des indications erronées dans certaines phases de vol :

- En virage
- Lors des variations de vitesses
- En air agité

D'où l'intérêt d'utiliser un instrument complémentaire : le conservateur de cap ou directionnel.



Le compas ici présent est celui sur le tableau du Hurricane. Cependant, son emplacement ne permet pas de l'utiliser en toute circonstance.



## LE CONSERVATEUR DE CAP - DIRECTIONNEL



Le conservateur de cap présente l'avantage de conserver une référence de cap choisie par le pilote, quelle que soit la phase de vol de l'avion (montée, descente, variation de vitesse, virage, ...).

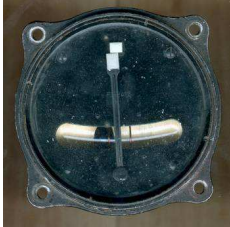
Le directionnel se compose d'un gyroscope dont le rotor tourne à vitesse élevée. La propriété fondamentale d'un gyroscope est de garder une position fixe par rapport à l'espace. Une fois le conservateur de cap calé sur le Nord magnétique (en prenant en référence le compas présenté précédemment), son directionnel lui fournira donc en permanence une indication stable de son cap magnétique.

Tout comme l'altimètre, IL2 ne permet pas de régler manuellement (ou de recalibrer) son directionnel. Le directionnel est réglé par défaut sur le Nord magnétique et « a priori » ne se dérègle pas.

*Note : Les caps augmentent vers la droite et diminuent vers la gauche.*

Le conservateur de cap n'est pas non plus utilisable sur le Hurricane du fait de son positionnement. Ce dernier est placé juste à la base du manche à balai, ce qui ne permet pas d'en faire une lecture aisée.

## INDICATEUR DE VIRAGE / BILLE-AIGUILLE (TAUX DE VIRAGE)



Ces deux instruments sont souvent réunis sur un même cadran.

La bille renseigne sur la symétrie du vol : tant que la bille reste centrée, le vol est symétrique (l'écoulement de l'air est symétrique par rapport à l'axe longitudinal de l'avion). Si la bille s'écarte de sa position centrale : il faut utiliser la gouverne de direction et pousser la pédale du palonnier du côté ou s'écarte la bille.

L'aiguille indique le sens et le taux du virage. Elle est associée à un gyromètre, composé d'un gyroscope qui mesure les vitesses de rotation par rapport à la verticale, donc le taux du virage. Si elle s'incline à droite, l'avion est en virage à droite et inversement à gauche.

Un virage est effectué au taux standard (ou taux 1) si l'avion effectue un virage de  $360^\circ$  en 120 secondes, soit  $3^\circ$  par seconde.



Dans le cas du Hurricane, la bille est remplacée également par une aiguille. Celle-ci est celle du haut. (indicateur de dérapage)

L'aiguille du bas indique le taux de virage.

# MANUEL DE L'AUTRUCHE

## INSTRUMENTS MOTEUR

Tachymètre (Indicateur de vitesse moteur). La mesure indique le nombre de tours moteurs par minute (comme pour votre voiture si elle est pourvue)

Indication pour le Hurrricane :



- 3000RPM au décollage et en combat
- 2650 en régime de croisière
- 2500 en régime économique

Pour l'obtention des ces régimes, le pas d'hélice et les gaz doivent être adaptés

*On ne règle pas le nombre de tour/minute, mais la pression à l'admission. Le régime moteur dépend de cette pression à l'admission, du pas de l'hélice et du mélange air/essence.*

*Au ralenti le papillon des gaz étant fermé, la pression est très faible, « plein gaz » le papillon est ouvert en grand et la pression à l'admission augmente.*

Indicateur du niveau de carburant dans les réservoirs



Le niveau de carburant indiqué ici correspond à une sélection de 50% de carburant pour le Hurrricane. Le Hurrricane a une autonomie d'environ 1500km (suivant le régime de croisière adopté)

Indicateur de pression d'huile et de pression de carburant



En jaune : la pression d'huile

En Rouge : la pression de carburant

Ces paramètres sont à surveiller principalement lorsque avion est touché et que les conséquences se focalisent sur votre régime moteur.



Indicateur de température de l'huile

A surveiller également pour ne pas endommager son bloc moteur. (Jouer sur les gaz et mélange et pas d'hélice)

# MANUEL DE L'AUTRUCHE

Indicateur de température radiateur. Cela vous indique si votre moteur est suffisamment refroidi. Dans la cas contraire, vous risquez d'abîmer votre moteur et de ne pas finir votre vol.



Vous pouvez jouer sur cette température avec le niveau d'ouverture du radiateur, les gaz (<100%), et en réduisant le pas d'hélice. Généralement, la surchauffe intervient lors de l'utilisation abusive de régime moteur maxi (ici 3000 RPM)

## LEXIQUE

- Anéroïde : *Adjectif. Ex Baromètre anéroïde* : Fonctionnant par déformation élastique d'une capsule ou d'un tube métallique.
- Pitot : (Henri), ingénieur et physicien français (1695 – 1771). On lui doit de nombreux ouvrages d'art ainsi que le *tube de Pitot*, qui permet de mesurer la pression dans un fluide en écoulement et, combiné avec une prise de pression statique, de calculer la vitesse de l'écoulement d'un fluide, notamment de l'air.
- IAS : Indicated Air Speed
- TAS : True Air Speed
- VS1 : vitesse de décrochage en lisse (Velocity Stall 1)
- VS0 : vitesse de décrochage en configuration atterrissage à la masse maximale (Velocity Stall 0)
- VNO : vitesse à ne pas dépasser en en atmosphère agitée (Velocity Normal Operating)
- VNE : zone qui ne doit jamais être atteinte dans la vie de l'avion (Velocity Never Exceed)
- VSO : vitesse de décrochage volets et trains sortis (configuration atterrissage)
  - *La VSO permet de calculer la vitesse d'approche en configuration atterrissage :  $1.3 * VSO$*
- VFE : vitesse maximale d'utilisation des volets (Velocity Flaps Extended)
- VLE : vitesse maximale d'utilisation train sorti (Velocity Landing Gear Extended)
- VLO : vitesse limite de manoeuvre du train d'atterrissage (Velocity Landing Gear Operating)
- VFO : vitesse limite de manoeuvre des volets (Velocity Flaps Operating)