



# Les instruments d'un aéronef

A partir du grade  et programme examen du grade  et supérieurs

## 1. Équipements requis

### 1.1 Introduction

Les équipements requis diffèrent selon le type de vol effectué. Ils sont listés dans l'AIR OPS. Nous décrirons ceux décrits en Part-CAT et en Part-NCO.

Les informations indiquées sur cette page sont retranscrites dans le but d'offrir une lecture simple. Les textes officiels peuvent différer et sont les seuls à faire foi

### 1.2 Équipements minimums

#### 1.2.1 VFR de jour

“

CAT.IDE.A.125 Operations under VFR by day – flight and navigational instruments and associated equipment

a) Les avions opérés en CAT VFR de jour doivent être équipés des équipements suivants, disponibles au poste du pilote, un moyen de mesurer et d'afficher :

- le cap magnétique
- le temps en heures, minutes et secondes
- l'altitude barométrique
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage
- l'attitude
- le cap
- la température extérieure (OAT)

- le nombre de Mach lors des limitations de vitesse sont exprimées en terme de nombre de Mach.
- un moyen d'indiquer lorsque la source d'alimentation pour les instruments de vol requis n'est pas adéquate

Lorsque deux pilotes sont requis pour l'opération, un moyen additionnel d'afficher les éléments suivants doit être disponible pour le second pilote :

- l'altitude barométrique
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage
- l'attitude
- le cap

Un moyen de prévenir le dysfonctionnement des systèmes d'indication de vitesse du à la condensation ou au givrage pour :

- les avions avec une MTOM supérieure à 5700kg ou une MOPSC supérieure à 9
- les avions ayant un certificat de navigabilité ultérieur au 01/04/1999

“

NCO.IDE.A.120 Operations under VFR - flight and navigational instruments and associated equipment

a) Les avions opérés en NCO VFR de jour doivent être équipés avec un moyen de mesurer et d'afficher ce qui suit :

- le cap magnétique;
- le temps, en heure, minutes et secondes;
- l'altitude barométrique;
- la vitesse indiquée; et
- le nombre de Mach, quand des limitations de vitesses sont exprimées en terme de nombre de Mach.

## 1.2.2 VFR de nuit

“

CAT.IDE.A.130 Operations under IFR or at night – flight and navigational instruments and associated equipment

Les avions opérés en CAT VFR de nuit doivent être équipés avec les équipements suivants, disponibles au poste du pilote, un moyen de mesurer et d'afficher :

- le cap magnétique
- le temps en heures, minutes et secondes
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage
- l'attitude
- le cap stabilisé
- la température extérieure (OAT)
- le nombre de Mach, quand des limitations de vitesses sont exprimées en terme de nombre de Mach.
- deux moyens de mesurer et d'afficher l'altitude barométrique
- un moyen d'indiquer que la source d'énergie pour les instruments de vol requis n'est pas adéquate
- un moyen de prévenir le dysfonctionnement des systèmes d'indication de vitesse du à la condensation ou au givrage

Un moyen d'annoncer à l'équipage la panne du moyen de prévention du dysfonctionnement des systèmes d'indication de vitesse du à la condensation ou au givrage pour les avions :

1. avec un certificat de navigabilité délivré au ou après le 01/04/1998 ou
  2. avec un certification de navigabilité délivré avant le 01/04/1998 avec un MTOM supérieur à 5.7t et une MOPSC supérieure à 9
- sauf pour les avions à hélice avec un MTOM égale ou inférieure à 5.7t, deux systèmes indépendents de pression statique
  - un système de pression statique et une source alternative de pression statique pour les avions à hélices avec un MTOM de moins de 5.7t

Lorsque deux pilotes sont requis pour l'opération, un moyen séparé d'afficher les éléments suivants au second pilote :

- l'altitude barométrique
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage
- l'attitude
- le cap stabilisé

Un moyen de réserve de mesurer et d'afficher l'attitude capable d'être utilisé depuis l'un des deux poste pilote pour les avions ayant une MTOM supérieur à 5.7t ou une MOPSC supérieure à 9 qui :

- est alimenté de manière continue pendant les opérations normales et, après une panne totale du système électrique normal, est alimenté par une source indépendante du système électrique normal
- fournit une opération fiable pour un minimum de 30 minutes après une panne totale du système électrique normal
- opère indépendemment des autres moyens de mesurer et d'indiquer l'attitude

- est fonctionnel automatiquement après une panne totale du système électrique normal
- est illuminée de manière appropriée pendant toutes les phases d'opérations, sauf pour les avions ayant une MTOM égale ou inférieure à 5.7t, déjà immatriculés dans un Etat membre au 01/04/1995 et équipé avec un indicateur d'attitude de secours
- apparait clairement à l'équipage lorsque la source d'alimentation d'urgence est utilisée pour l'indicateur d'attitude de secours
- possède une indication associée lorsque l'indicateur d'attitude de secours est équipé d'un moyen propre à lui même d'être alimenté et est utilisée
- un porte carte est facilement lisible et peut être illuminé pour les opérations de nuit

“

NCO.IDE.A.120 Operations under VFR - flight and navigational instruments and associated equipment

(b) Les avions opérés en conditions NCO VFR de nuit doivent être équipés avec un moyen de mesurer et d'afficher ce qui suit :

- le cap magnétique;
- le temps, en heure, minutes et secondes;
- l'altitude barométrique;
- la vitesse indiquée; et
- le nombre de Mach, quand des limitations de vitesses sont exprimées en terme de nombre de Mach
- l'indication de virage et dérapage
- l'attitude
- la vitesse verticale; et
- le cap stabilisé
- un moyen d'indiquer que la source d'énergie pour les instruments gyroscopique n'est pas adéquate

### 1.2.3 IFR

“

CAT.IDE.A.130 Operations under IFR or at night – flight and navigational instruments and associated equipment

Les avions opérés en CAT IFR doivent être équipés avec les équipements suivants, disponibles au poste du pilote, un moyen de mesurer et d'afficher :

- le cap magnétique
- le temps en heures, minutes et secondes
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage

- l'attitude
- le cap stabilisé
- la température extérieure (OAT)
- le nombre de Mach, quand des limitations de vitesses sont exprimées en terme de nombre de Mach.
- deux moyens de mesurer et d'afficher l'altitude barométrique
- un moyen d'indiquer que la source d'énergie pour les instruments de vol requis n'est pas adéquate
- un moyen de prévenir le dysfonctionnement des systèmes d'indication de vitesse du à la condensation ou au givrage

Un moyen d'annoncer à l'équipage la panne du moyen de prévention du dysfonctionnement des systèmes d'indication de vitesse du à la condensation ou au givrage pour les avions :

1. avec un certificat de navigabilité délivré au ou après le 01/04/1998 ou
  2. avec un certification de navigabilité délivré avant le 01/04/1998 avec un MTOM supérieur à 5.7t et une MOPSC supérieure à 9
- sauf pour les avions à hélice avec un MTOM égale ou inférieure à 5.7t, deux systèmes indépendents de pression statique
  - un système de pression statique et une source alternative de pression statique pour les avions à hélices avec un MTOM de moins de 5.7t

Lorsque deux pilotes sont requis pour l'opération, un moyen séparé d'afficher les éléments suivants au second pilote :

- l'altitude barométrique
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage
- l'attitude
- le cap stabilisé

Un moyen de réserve de mesurer et d'afficher l'attitude capable d'être utilisé depuis l'un des deux poste pilote pour les avions ayant une MTOM supérieur à 5.7t ou une MOPSC supérieure à 9 qui :

- est alimenté de manière continue pendant les opérations normales et, après une panne totale du système électrique normal, est alimenté par une source indépendante du système électrique normal
- fournit une opération fiable pour un minimum de 30 minutes après une panne totale du système électrique normal
- opère indépendemment des autres moyens de mesurer et d'indiquer l'attitude
- est fonctionnel automatiquement après une panne totale du système électrique normal
- est illuminée de manière appropriée pendant toutes les phases d'opérations, sauf pour les avions ayant une MTOM égale ou inférieure à 5.7t, déjà immatriculés dans un Etat membre au 01/04/1995 et équipé avec un indicateur d'attitude de secours

- apparaît clairement à l'équipage lorsque la source d'alimentation d'urgence est utilisée pour l'indicateur d'attitude de secours
- possède une indication associée lorsque l'indicateur d'attitude de secours est équipé d'un moyen propre à lui-même d'être alimenté et est utilisée
- un porte carte est facilement lisible et peut être illuminé pour les opérations de nuit

“

NCO.IDE.A.125 Operations under IFR – flight and navigational instruments and associated equipment

Les avions opérés en NCO IFR doivent être équipés avec un moyen de mesurer et d'afficher les éléments suivants :

- le cap magnétique
- le temps en heures, minutes et secondes
- l'altitude barométrique
- la vitesse indiquée
- la vitesse verticale
- l'indication de virage et de dérapage
- l'attitude
- le cap stabilisé
- la température extérieure (OAT)
- le nombre de Mach lorsque des limitations de vitesse sont exprimées en terme de nombre de Mach
- un moyen d'indiquer lorsque la source d'alimentation pour les instruments gyroscopique n'est pas adéquate
- un moyen de prévenir le dysfonctionnement des systèmes d'indication de vitesse du à la condensation ou au givrage

## 2. Anémomètre

### 2.1 Introduction

Un certain nombre d'instruments présents dans le cockpit d'un avion utilisent les pressions. On distingue deux types de pression :

#### 2.1.1 La pression statique :

La pression statique est la pression ambiante de l'air. Elle est mesurée par les prises de pression statique, qui sont placées sur le fuselage de l'avion, sous la forme d'un petit trou, à un endroit où l'écoulement de l'air n'est pas perturbé par la structure de l'avion. Souvent, il y a deux prises de pression statique, de part et d'autre du fuselage, de façon à compenser les erreurs de lecture dues

à un éventuel dérapage de l'avion. La prise de pression statique peut également se situer sur le côté du tube Pitot (à l'abri du vent relatif).

### 2.1.2 La pression totale :

La pression totale est la somme des pressions dynamique et statique. La pression statique s'applique à tout l'avion tout le temps. La pression dynamique est celle due à l'avancement de l'avion, et donc représentative de la vitesse. La pression totale est mesurée par le tube Pitot, très souvent situé sous l'aile des avions légers, hors de l'influence du souffle de l'hélice .

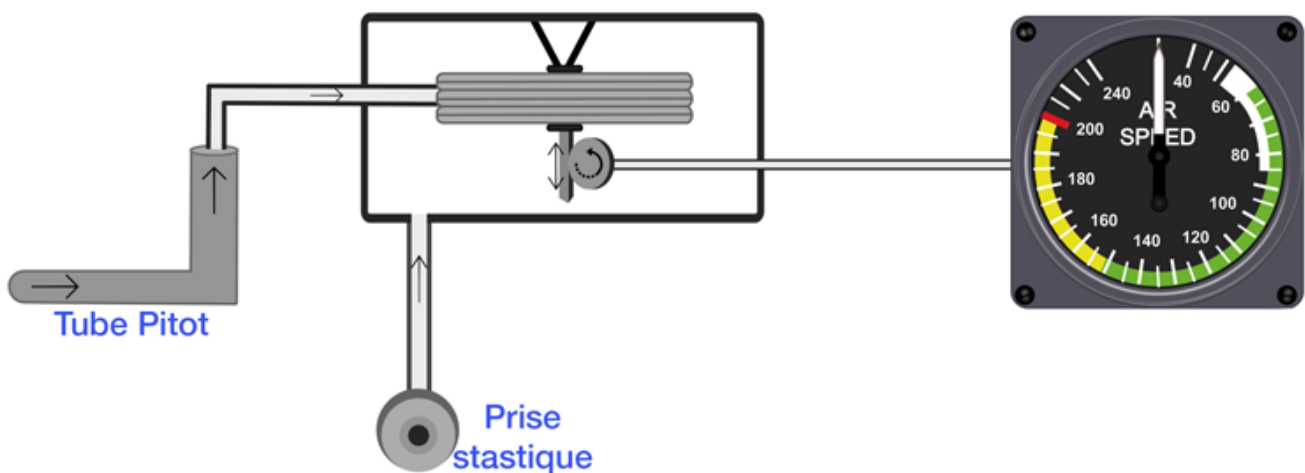
## 2.2 Présentation

L'anémomètre (également appelé "Badin" du au nom de son inventeur) traduit l'écart entre la pression totale et la pression statique.

La capsule différentielle (élément qui constitue l'instrument) est soumise à la pression statique alors que l'intérieur de cette capsule reçoit la pression totale.

La différence de pression déforme la capsule, cette déformation est transmise à l'indicateur grâce à un mécanisme (schéma ci-dessous).

L'anémomètre est calibré selon l'atmosphère standard. Il indique la vitesse indiquée ( $V_i$  ou IAS).



$$1\text{kt} = 1\text{NM/h} = 1.852 \text{ km/h}$$

Des arcs et traits de couleurs ayant une signification composent l'anémomètre.



### 2.2.1 Arc Vert

Plage d'utilisation normale.

La limite basse correspond à la vitesse de décrochage en lisse à la masse maximale de décollage ( $V_{s1}$ ).

La limite supérieure correspond à la vitesse maximale normale en opération ( $V_{no}$ , **Velocity Normal Operating**).

### 2.2.2 Arc Blanc

Plage d'utilisation de l'aéronef volets sortis.

La limite inférieure correspond à la vitesse de décrochage tous volets sortis à la masse maximale ( $V_{s0}$ ).

La limite supérieure correspond à la vitesse maximale possible tous volets sortis ( **$V_{fe}$** , **Velocity Flaps Extended**).

### 2.2.3 Arc Jaune

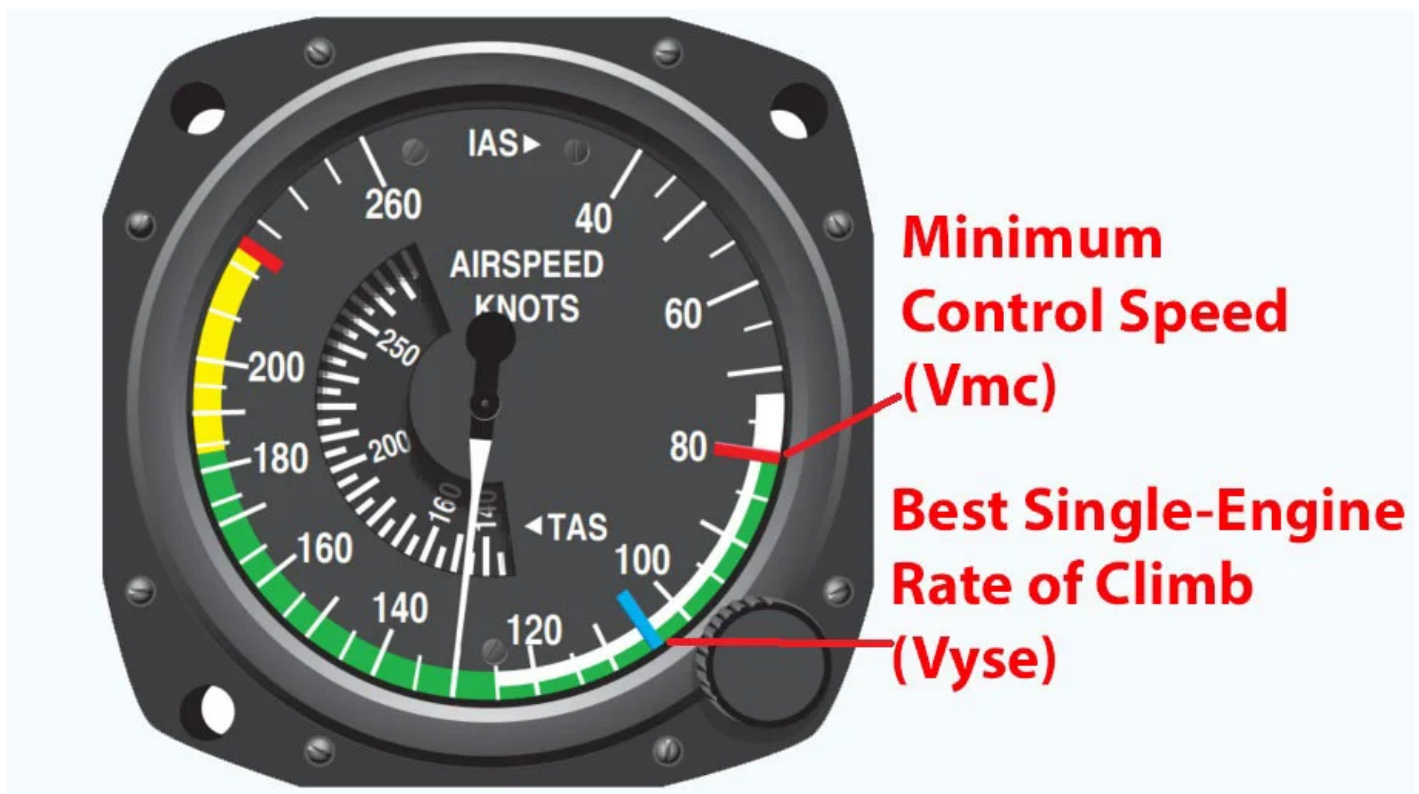
Plage de vitesse à utiliser avec précaution en atmosphère turbulent. Une turbulence pouvant faire fluctuer la vitesse, la  $V_{ne}$  pourrait être dépassée.

### 2.2.4 Trait rouge

Vitesse à ne jamais dépasser ( **$V_{ne}$** , **Velocity Never Exceed**).

Si la  $V_{ne}$  est dépassée, un risque de déformation ou de rupture de la cellule existe.

### 2.2.5 Cas particulier d'un aéronaf multimoteur



On retrouve en supplément un **trait rouge** indiquant la **VMCA** pour Velocity Minimum Control Speed Air et un **trait bleu** pour la valeur de la  **$V_{yse}$** .

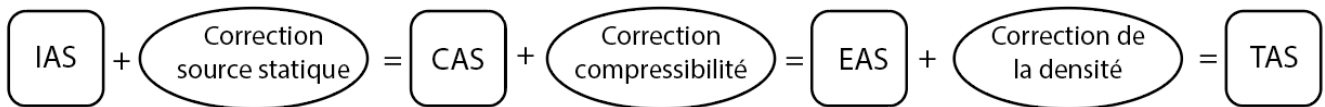
$V_{MCA}$  : Vitesse minimale, en l'air, à laquelle le contrôle directionnel de l'aéronef peut être maintenu avec un moteur en panne (le ou les moteurs restant en fonctionnement à la puissance de décollage et un maximum de 5 degrés d'inclinaison vers le ou les moteurs opérationnels).

$V_{yse}$  : Vitesse donnant le meilleur taux de montée avec un moteur en panne. Cette vitesse permet de gagner le plus d'altitude dans un laps de temps donné sur un avion

## 2.3 Différents types de vitesse

Les corrections suivantes doivent être effectuées pour obtenir la TAS depuis l'IAS.

C'est la TAS qui doit être renseignée dans le [plan de vol](#)



Voir la fiche [calcul mental et formules](#) pour le calcul de la TAS et la fiche concernant les [vitesses](#).

## 3. Altimètre

### 3.1 Fonctionnement

L'altimètre est un instrument de bord permettant à l'équipage de conduite de connaître la distance verticale entre l'avion et une référence. Cette référence dépend du [calage altimétrique](#). Il peut donc afficher l'altitude, la hauteur ou le niveau de vol.

Une prise de pression statique située sur le fuselage de l'avion est reliée à un boîtier étanche. Dans ce boîtier soumis à la pression statique, une capsule anéroïde dans laquelle règne une pression quasiment nulle se contracte ou se dilate en fonction de la pression. Les déformations de la capsule transmettent un mouvement faisant bouger les aiguilles de l'altimètre.

### 3.2 Indication



Source : SEAM

- Le molette de réglage (en bas à gauche) permet de régler le calage altimétrique (fenêtre à droite)
- La petite aiguille indique les milliers de pieds
- La grande aiguille indique les centaines de pieds

## 4. Variomètre

### 4.1 Présentation de l'instrument

Le variomètre est un instrument permettant la lecture de la vitesse verticale (taux de montée/descente). Il est gradué en ft/min dans la majorité des cas, parfois en m/s.



## 4.2 Principe de fonctionnement

### 4.2.1 Variomètre barométrique

Le variomètre utilise la variation de la pression statique (et donc d'altitude) afin d'afficher la vitesse verticale.

Une capsule est placée dans un boîtier étanche. Un tube capillaire transmet la pression statique à la capsule et à l'intérieur du boîtier étanche. De cette manière, la capsule assujettie à une pression différentielle s'étend ou se contracte. Ce mouvement est transmis à une aiguille indiquant la vitesse verticale de l'aéronef.

### 4.2.2 Variomètre instantané

Ce variomètre utilise le même principe que le variomètre barométrique. Un ou deux accéléromètres sont ajoutés et augmentent la vitesse de variation de la pression statique dans la capsule, réduisant ainsi la latence à l'affichage.

### 4.2.3 Variomètre inertiel

Ce variomètre utilise un ADIRS (Air Data Inertial Reference System) afin d'obtenir une information de vitesse verticale.

## 4.3 Les erreurs

- La position de la prise statique

- Un temps de latence à l'affichage existe
- La température et la viscosité de l'air influent sur les indications (la vitesse verticale réelle est inférieure à celle lue à haute altitude)

En raison du temps de latence, le variomètre n'est donc pas un instrument utilisé comme référence primaire pour le pilotage

## 5. Compas

### 5.1 Utilité

Le compas fonctionne comme une boussole, il indique l'orientation de l'avion par rapport au nord magnétique.

Il sert de référence afin de recalibrer le conservateur de cap au cours du vol.



Source : L'avionnaire

### 5.2 Erreurs

Dans les conditions suivantes, le compas comporte des erreurs :

- Lorsqu'il subit une accélération (g) ;
- Perturbation du champ électromagnétique (métal à proximité...) ;
- Lorsqu'il n'est plus horizontal (influence de la pesanteur).

Pour diminuer ces erreurs, le compas est souvent placé au dessus du tableau de bord pour réduire les interférences avec le circuit électrique et les autres instruments de l'avion. Cependant, des perturbations résiduelles persistent et peuvent être corrigées en suivant le tableau de correction associé au compas.

## 6. L'indicateur de virage

L'indicateur de virage est un instrument qui permet au pilote de visualiser le taux de virage de l'avion. La bille renseigne le pilote sur la symétrie du vol.

L'indicateur de virage indique le sens et le taux du virage. Il est associé à un gyroscope dont la référence est la verticale, un peu comme l'horizon artificiel.

Lorsque l'aiguille s'incline à droite, cela veut dire que l'avion est en virage à droite (c'est la même chose à gauche). En réalité, l'indicateur de virage fonctionne simplement par gravité.

Le principe de la bille est basé sur les forces d'inertie que subit l'avion en virage. Sur un avion, dont tous les moteurs fournissent la même puissance, tant que la bille reste centrée, l'écoulement de l'air est symétrique par rapport à l'axe longitudinal du fuselage. On dit que le vol est symétrique.

Si la bille s'écarte de sa position centrale, l'avion est en dérapage: l'écoulement de l'air autour du fuselage n'est plus symétrique (la symétrie du vol se contrôle avec la gouverne de direction, en poussant la pédale de palonnier du côté vers lequel s'écarte la bille).



L'indicateur de virage et la bille du Cessna C172

Les deux traits obliques proches des lettres L (left=gauche) et R (right=droite) correspondent à un taux de virage standard à  $3^\circ/\text{s}$  («2min" par tour complet ou  $360^\circ$ )