

# **PESEE ET CENTRAGE DES AERONEFS**

## **DE L'AVIATION GENERALE**

« Cette procédure ne s'applique pas aux aéronefs soumis à la réglementation EASA. Pour ces aéronefs, les instructions concernant la procédure de réalisation de la pesée et le centrage d'un aéronef sont de la compétence du détenteur du certificat de type TCH.

La périodicité mentionnée dans cette procédure n'est plus à prendre en compte, voir flash réglementaire N°7 »

LE TEXTE DU PRESENT FASCICULE EST CONSTITUE DES FASCICULES

<b>N° 9 1/2</b>	<b>DU TOME II</b>	<b>Ed. 1</b>	<b>de 12/62</b>
<b>N° 9 1/3</b>	<b>DU TOME II</b>	<b>Ed. 1</b>	<b>de 1/64</b>
<b>N° 9 1/4</b>	<b>DU TOME II</b>	<b>Ed. 1</b>	<b>de 4/85</b>

DE LA DOCUMENTATION BUREAU VERITAS/GSAC  
QUI SONT A PLACER SOUS LA PRESENTE PAGE DE GARDE

**NOTA** : EN ATTENTE DE LA PROCHAINE EDITION, LIRE GSAC  
PARTOUT OU IL EST ECRIT BUREAU VERITAS

**BUREAU VERITAS**

Service Aéronautique

TOME : II

Fascicule : 9 1/2

Edition : I

Date : 12/62

PESEE ET CENTRAGE DES HELICOPTERES

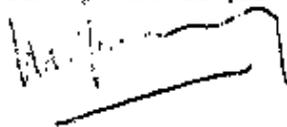
Bien que le Manuel de Vol fasse partie impérativement de la documentation associée au Certificat de Navigabilité des hélicoptères, il arrive fréquemment que les résultats de la dernière pesée effectuée ne sont pas reportés dans le Manuel de Vol de chaque appareil.

Dans ce cas un rapport de pesée et centrage analogue à l'imprimé Ad 743 ci-joint devra être établi après chaque pesée par les utilisateurs et visé par l'expert du Bureau Veritas.

Les commentaires donnés ci-après sont destinés à faciliter la rédaction du rapport de pesée et centrage : sur ce rapport, seul le centrage longitudinal apparaît bien que la détermination du centrage transversal puisse être effectuée, comme indiqué dans les commentaires, à partir des résultats de la pesée qui figurent dans le rapport.

Le présent fascicule mentionne enfin une méthode rapide de vérification du centrage longitudinal parfois utilisée sur les hélicoptères équipés d'un anneau de levage sur le moyeu du rotor principal.

Le Directeur  
du Service Aéronautique



Composition de l'édition : 5 pages

## I.- Commentaire sur le rapport de pesée (Mod. Ad 743)

### I.1) Résultats de la pesée et centrage au moment de la pesée

Le plan de référence de centrage longitudinal ainsi que les repères pour la mise à niveau lors de la pesée sont précisés dans le Manuel de Vol et la fiche de Navigabilité (ou Data-Sheet du F.A.A. pour les appareils de construction U.S.A.).

Suivant la position du plan de référence par rapport aux points de levage (repères P1 et P2) la détermination de la distance  $x$  du centre de gravité au plan de référence sera effectuée dans la colonne à droite ou à gauche du tableau donnant les résultats de la pesée. Dans la formule de détermination de la distance  $x$ , P1 représente la masse nette sur les points de levage à l'avant, c'est à dire la somme des masses nettes relevées à droite (D) et à gauche (G), tandis que P2 représente la masse nette relevée à l'arrière.

Après montage de certains équipements (par ex. plateaux, porte-charges, treuils, etc...) une vérification du centrage latéral peut être nécessaire, conformément au Manuel de Vol : la distance du centre de gravité au plan vertical longitudinal contenant l'axe du rotor pourra être déterminée par la formule :

$$\frac{l \times P_1 (D) - l \times P_1 (G)}{P}$$

où  $l$  représente la distance des points de levage avant au plan de référence longitudinal de l'appareil

$P_1 (D)$  la masse nette relevée au point avant DROIT

$P_1 (G)$  la masse nette relevée au point avant GAUCHE

$P$  masse nette totale (résultat de la pesée).

### I.2) Masse à vide et centrage correspondant

La masse à vide dans les conditions d'utilisation correspond normalement aux réservoirs et circuits suivants "pleins" :

- lubrifiants (moteur, transmission, etc...)
- hydraulique

tandis que les réservoirs et circuits de carburant sont "vide humide" c'est à dire comprennent le combustible résiduel.

Si, lors de la pesée, il n'en était pas ainsi ou si certains équipements n'étaient pas à bord de l'appareil alors qu'ils doivent normalement s'y trouver, (ou vice-versa), les

corrections prévues ensuite sur le rapport de pesée permettront (voir paragraphe 3.2 du fascicule précédent) de déterminer la masse à vide dans les conditions d'utilisation et le centrage correspondant. Les masses et bras de levier des équipements "autorisés" sont rappelés, indiqués par le Manuel de Vol.

Afin de préciser la définition de l'appareil dit "à vide", l'inventaire des équipements sera indiqué au verso du rapport de pesée simplement en mettant une croix en face l'élément ou l'équipement effectivement compris dans le poids à vide.

Il est évident que si lors de la pesée, l'appareil est convenablement équipé, il n'y aura pas lieu d'apporter de corrections au résultat de la pesée pour obtenir la masse "à vide", dans ce cas l'inventaire figurant au verso sera bien entendu l'inventaire de l'appareil au moment de la pesée.

Compte-tenu de ce que l'hélicoptère est appelé à accomplir des missions très variées nécessitant des équipements différents, il est indispensable que l'inventaire soit défini, sans ambiguïté.

### I.3) Diagrammes de centrage et exemple de chargement.

Les limites de centrage données par le Manuel de Vol et la Fiche de Navigabilité (ou Data-Sheet du F.A.A. pour les appareils fabriqués aux U.S.A.) seront reproduites sur le diagramme en bas à gauche du rapport de pesée.

Si les limites sont les mêmes quelle que soit la masse, le diagramme de centrage correspondant sera représenté par un rectangle. Il peut arriver pour certains appareils que ces limites soient plus étroites par exemple lorsque l'appareil est à pleine charge qu'à vide, dans ce cas le diagramme de centrage sera représenté par un trapèze.

- En ce qui concerne la masse maximale de l'appareil portée sur le rapport, nous rappellerons qu'elle correspond aux conditions normales de température et de pression (15° et altitude de zéro) et que le Manuel de Vol donne le moyen de déterminer cette masse maximale en fonction de l'altitude et de la température.

L'exemple de chargement qui sera indiqué en bas à droite du rapport Ad 743 est laissé au choix de l'utilisateur : dans de nombreux cas il y a intérêt à vérifier quelle est la charge que peut emporter l'appareil une fois le plein de carburant effectué.

### III.- Vérification rapide du centrage longitudinal

Certains appareils sont équipés d'un anneau de levage sur le moyeu du rotor principal qui permet de suspendre l'appareil. Pour ces appareils une vérification rapide du centrage pourra être faite, si la masse P de l'appareil est connue avec précision, de la manière suivante :

- l'appareil étant suspendu par l'anneau de levage, on appliquera suivant le cas à l'avant ou à l'arrière en des points précisés par le Manuel de Vol, une masse M telle que l'appareil reprenne une assiette horizontale (ligne de pesée).

La distance x du centre de gravité à la référence sera déterminée par la formule :

$$x = L + \frac{M \times d}{P} \quad \left( \begin{array}{l} - \text{ si on applique M à l'arrière} \\ + \text{ si on applique M à l'avant} \end{array} \right)$$

- où L est la distance du plan de centrage au rotor (voir rapport Ad. 743)
- M la masse nécessaire pour mettre l'appareil "à niveau"
- d la distance du point d'application de la masse M à la verticale rotor
- P la masse totale de l'appareil.

La méthode ci-dessus permet une vérification rapide du centrage acceptable dans certains cas (par exemple après montage d'un équipement particulier de masse connue sur un appareil dont la masse est également connue), mais elle ne peut être utilisée pour la détermination normale du centrage qui doit résulter d'une pesée conforme au rapport Ad. 743.

PJ.- 1 ex / . 743

9 1/2  
12/63



## INVENTAIRE STANDARD COMPRIS DANS LE POIDS A VIDE (1)

Définition de l'appareil	<u>Atterrisseur</u>	Patin	Ski		
		Roues	Flotteur		
	<u>Rotor</u>	principal	métal	bois	
		de queue	métal	bois	
	<u>Commandes de vol</u>	Simple	Double		
		Servo-commande			
	<u>Sièges</u>	Équipage			
		Passagers			
Équipement	Équipement électrique	Géné.	Démarreur	Batterie	
	Équipement radio	VHF	RC	HF	
	Casques, micros				
	Chauffage cabine				
	Extincteur cabine				
	Équipement spécial ( 2 )				
Divers	Roues de manœuvre				
	Lot de bord				

(1) Mettre une croix en face l'élément ou l'équipement compris dans le poids à vide.

(2) Délesteur de charge, vol de nuit, civière, poudrage, etc... dont les caractéristiques (poids, bras de levier) sont données par le Manuel de vol, ou le Fiche de Navigabilité.

BUREAU VERITAS

Service Aéronautique

TOME : II

Fascicule : 9 - 1/3

Edition : 1

Date : 1/64

ESLE ET CENTRAGE DES PLANEURS

Les planeurs français de construction récente sont munis d'un registre individuel de contrôle comprenant un feuillet spécial sur lequel figure un Procès-verbal de pesée et de centrage.

Ce feuillet n'est pas toujours mis à jour lors des pesées ultérieures.

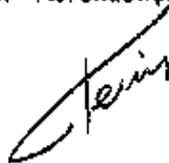
Dans ce dernier cas, comme dans celui des planeurs non munis de registre individuel de Contrôle français, un rapport de pesée et de centrage analogue à l'imprimé Ad 748 ci-joint, devra être établi après chaque pesée, par les utilisateurs ou les réparateurs et visé par l'expert du Bureau Veritas.

En ce qui concerne les planeurs, les charges mobiles sont en principe constituées par les occupants et les lests de compensation.

Les Services Officiels français ont admis, comme masse des pilotes légers et lourds, équipés de leur parachute, respectivement les chiffres de 57 et 110 kg.

NB.- La terminologie et la mise en oeuvre des matériels permettant d'évaluer les masses et les centrages figurent à la circulaire Tome II, Fascicule 9. 1/1.

Le Directeur  
du Service Aéronautique



Composition de l'édition :

5 pages

## 1 - GENERALITES

- 1-1 Références - Les masses à vide et en charge, les limites de centrage, le plan de référence ainsi que les données pour la mise à niveau figurent sur le manuel de vol ou la Fiche de Navigabilité, ou autres spécifications, ("data-sheet" pour les planeurs certifiés aux U.S.A. et "konblatt" pour les planeurs d'origine allemande).
- 1-2 Détermination du centrage à vide - Au moment des opérations de pesée, un inventaire sera établi; il devra énumérer les instruments de bord, les équipements fixes, tels que radio, circuit oxygène et éventuellement les lests fixes de correction de centrage, les "water-ballast" ou autres équipements spéciaux.

En regard de chaque équipement sera indiqué le bras de levier, positif ou négatif par rapport au plan de référence.

Le centrage à vide est en général déterminé d'après des réactions sur deux balances placées en deux points d'appui sous le fuselage (crochet de remorquage ou de treuillage, patin ou roue, patin AR etc...). Les distances des points de pesée entre eux et par rapport au plan de référence, seront soigneusement relevées. De même la mise à niveau avant pesée est une opération qui doit être très précise.

Suivant la position du plan de référence par rapport aux points de pesée, la détermination de la distance X du centre de gravité au plan de référence fera l'objet de l'une ou l'autre formule figurant au rapport de pesée Ad. 748.

NB. - Le centrage à vide s'entend pour un planeur équipé (avec les instruments et accessoires figurant sur l'inventaire).

Toute modification de l'équipement doit donner lieu à l'établissement d'un nouveau rapport de pesée.

## 2 - LIMITES DE CENTRAGE

- 2-1 Limites de centrage à vide - Certains constructeurs (allemands par exemple) indiquent sur leur document de contrôle, les tolérances de centrage à vide, en fonction de la masse à vide du planeur. Dans ces conditions, les centrages avec des charges normales restent dans les limites de centrage en charge, mais il est aussi indiqué la masse minimale et maximale des occupants permettant de rester dans les limites de centrage.
- 2-2 Limites de centrage en charge - En général, la masse du pilote le plus léger correspond au centrage extrême arrière et celui du pilote le plus lourd au centrage extrême avant, dans les limites de charge autorisée d'après les spécifications figurant sur les documents de Navigabilité. Ceci dans le cas des planeurs monoplaces ou en vol "solo" sur les planeurs biplaces.

Un tableau de chargement doit figurer au poste de pilotage avec indication des masses acceptables des occupants, pour le respect des limites de centrage et de chargement maximum.

## 3 - LEST

Le lestage des planeurs peut être utilisé pour correction des centrages.

- 3-1 Lest fixe - Certains planeurs peuvent être pourvus d'un lest fixe compris dans la masse à vide des planeurs de façon que les centrages en vol restent dans des limites prévues, pour des masses d'occupants variables, les plus courantes.

Ce lest est déterminé par calcul en fonction de son emplacement, c'est-à-dire de son bras de levier par rapport à la référence de centrage.

- 3-2 Lest mobile - Un pilote trop léger pouvant amener un centrage hors limite (trop arrière pour les planeurs classiques).

Un lest mobile est dans ce cas nécessaire, sa fixation devra être telle que tout déplacement ou dérangement en vol sera impossible.

Ce lest mobile peut venir se fixer sur le siège du pilote. Il peut être constitué par des plaques de plomb placées dans un sac compartimenté, dont la fixation est assurée par des courroies ou autre dispositif assurant une attache parfaite.

Le rapport de pesée comprend 3 parties :

1 - Exposé des données de calcul du centrage à vide

X<sub>0</sub> distance (à calculer, du plan de référence au centre de gravité

D<sub>1</sub> distance du point de pesée AV au centre de gravité

D<sub>2</sub> distance du point de pesée AR au centre de gravité

d distance du point de pesée au plan de référence

E distance entre les deux points de pesée.

Mise à niveau indiquer la référence prise pour mise à niveau par rapport à l'horizontale suivant les spécifications du constructeur.

Ref. Centrage position du plan de référence par rapport à un élément du planour.

J.M.A. Corde moyenne aérodynamique. Il y a lieu d'indiquer sa position par rapport au plan de symétrie.

2 - Corrections

En fonction des équipements ou accessoires installés, oxygène, radio, divers etc... de façon que la masse du planeur équipé soit celle du planeur sans les occupants.

3 - Limites de centrage

A gauche, le graphique indique les limites des centrages AV et AR en charge.

A droite, il est indiqué la masse maximale et minimale des occupants pour que le centrage reste dans les limites autorisées. Les formules de calcul sont indiquées au verso du rapport de pesée.

P.J. 1 imprimé  
AD 748.



**Formules de calcul pour détermination des masses mini et maxi des occupants**

(Si ces derniers sont en avant du plan de référence, utiliser les formules de la première colonne, en prenant la valeur absolue des bras de levier)

$$\text{Planeur monoplace ou vol solo sur biplace} \left\{ \begin{array}{l} \text{mini. } P_m \geq \frac{Mv (Xo - Cr)}{L + Cr} \text{ ou } \frac{Mv (Xo - Cr)}{Cr - L} \\ \text{maxi. } P_M \leq \frac{Mv (Xo - Ca)}{L + Ca} \text{ ou } \frac{Mv (Xo - Ca)}{Ca - L} \end{array} \right. \quad (1)$$

Planeur biplace : masse maxi des occupants (supposée identique)

$$P_M' \leq \frac{Mv (Xo - Ca)}{2 Ca + La + Lr} \text{ ou } \frac{Mv (Xo - Ca)}{2 Ca (La + Lr)} \quad (1)$$

(1) Prendre la valeur éventuellement inférieure, permettant de respecter la charge totale autorisée du planeur.

Mv : Masse à vide - Xo : Centrage planeur équipé - Ca : Limite centrage AV - Cr : Limite centrage AR  
L : Bras de levier pilote - La : Bras de levier pilote avant - Lr : Bras de levier pilote arrière.

**INVENTAIRE**

des équipements compris dans la masse à vide du planeur

x/o	Équipement	Marque-type	Nombre	Masse (kg)	Moment $\frac{+}{-}$
	Anémomètre				
	Variomètre				
	Compas magnétique				
	Indicateur de dérapage				
	Indicateur de virage				
	Horizon artificiel				
	Altimètre				
	Radio				
	Oxygène				
	Attaches-pilote				
	Attaches-passager				
	Lest fixe				
	Ballast				

x En place lors de la pesée

o Non utilisé sur l'appareil

# BUREAU VERITAS

Branche Aéronautique

TOME : II

Fascicule : 9.1/4

Edition : 1

Date : 04/85

## MISE EN OEUVRE DES MATERIELS

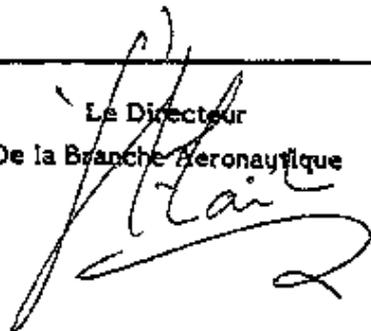
### PESEE - CENTRAGE

#### DES AVIONS UTILISES EN DEHORS DU DOMAINE DU TRANSPORT PUBLIC

#### PLAN DU FASCICULE :

- 0 - GENERALITES
- I - DEFINITIONS
- II - PESEE
- III - CORRECTIONS OU RECTIFICATIONS DES DEVIS DE MASSE ET CENTRAGE.
- IV - DIVERS.

Le Directeur  
De la Branche Aéronautique



Composition de l'édition : 12 pages

- + Annexes.
- Annexe I 2 pages
- Annexe II 2 pages

U.V



## **O - GENERALITES**

- Le texte ci-dessous examine les différents problèmes relatifs aux pesées et détermination du centrage des avions utilisés en dehors du domaine du Transport Public.
- Toute modification intervenant sur un avion et ayant une influence sur la masse et le centrage doit être prise en compte pour établir la masse de base de l'avion.
- Il est donc nécessaire d'examiner l'incidence de ces modifications sur la masse et le centrage pour s'assurer que les limites d'utilisation sont bien respectées, et donc que les caractéristiques de vol de l'appareil seront conservées.
- En l'absence de consignes précises du constructeur (de moins en moins fréquentes) les données contenues dans le présent fascicule s'appliquent à tous les avions utilisés en dehors du Domaine du Transport Public.

## **I - DEFINITIONS**

### **1.1. - Masse maximale**

La masse maximale est la masse maximale autorisée pour un appareil et son contenu.

On distinguera entre autre :

- La masse maximale au roulage
- La masse maximale au décollage
- La masse maximale à l'atterrissage
- La masse maximale sans carburant.

**Nota :** La masse maximale au décollage peut être variable suivant l'utilisation de l'appareil, de l'altitude, de la température, de la longueur des pistes.

### **1.2 - Masse à vide et centrage correspondant**

La masse à vide et le centrage correspondant doivent être déterminés par une pesée de l'appareil avec :

- Les masses d'équilibrage fixes (iest)
- Le carburant non utilisable
- Tous les fluides nécessaires au fonctionnement comprenant :
  - . L'huile
  - . Le liquide hydraulique
  - . Les autres fluides sauf les eaux potables de toilettes et liquides nécessaires à l'augmentation de puissance.
- L'inventaire de l'appareil au moment de la pesée doit être bien défini.

.../...

## **II - TERMINOLOGIE**

### **II.1 - Charge utile**

La charge utile est la différence entre la masse maximale de l'appareil et la masse à vide.

### **II.2 - Inventaire**

La masse à vide n'étant utilisable que si l'on connaît exactement la définition de l'appareil, toute opération de pesée comprend obligatoirement l'établissement d'un inventaire de l'appareil pesé.

Cet inventaire permet d'identifier sans ambiguïté les marques et types, la masse, le bras de levier des équipements considérés tels que instruments de navigation, radio, extincteurs et autres équipements de cabine pouvant comprendre entre autre pour les appareils de masse à 3,7 T tout autres équipements et mobiliers prévus par le constructeur suivant les versions d'aménagement (bouteilles et masques d'oxygène, lits, tables, sièges, cloisons etc...).

### **II.3 - Vérification du chargement**

La vérification du chargement consiste à vérifier :

- a) - que la somme des masses de l'appareil vide et de différents éléments de la charge utile peut rester inférieure à la masse maximale,
- b) - que le centre de gravité de l'appareil chargé dans ces conditions peut être maintenu dans les limites admises par les spécifications, fiches de navigabilité, manuel de vol etc...

### **II.4 - Plan de référence**

Le plan de référence est constitué par un plan vertical imaginaire perpendiculaire au "plan de symétrie" de l'appareil et pris comme origine des distances horizontales dans les calculs de centrage, l'appareil étant supposé en ligne de vol. La ligne de référence (tracé de ce plan de référence sur le plan de symétrie) est indiquée dans les spécifications, manuel de vol etc...

Cette ligne de référence peut se trouver placée à la partie extrême AV de l'appareil, au droit d'un cadre de fuselage ou bien au bord d'attaque d'une corde privilégiée de la voilure appelée "Corde moyenne aérodynamique" (CMA) ou bien en tout autre point défini d'une façon précise, par rapport aux éléments précités.

### **II.5 - Bras de levier (du poids) d'un équipement**

Le bras de levier (du poids d'un équipement) est la distance horizontale entre le plan ou ligne de référence et le centre de gravité de l'équipement considéré. Ces bras de levier sont comptés comme positifs si l'élément est situé en arrière du plan de référence et négatifs si l'élément est situé en avant.

Les valeurs de ces "bras de levier" sont données par les spécifications, manuels de vol etc... pour les principaux équipements et les charges mobiles (essence, passagers, bagages etc..).

## **II.6 - Moment**

Le moment d'une force est une grandeur représentant l'action de cette force dans un mouvement de rotation, compte tenu du bras de levier de sa ligne d'action.

Cependant, la mesure de la masse d'un élément dans le système légal d'unités (kg) et la mesure du poids correspondant (en kgf) sont données par le même nombre. Cette remarque justifie l'usage du mot "moment" dans la suite de ce document.

Le "moment" d'un élément est le produit obtenu en multipliant la mesure de la masse de cet élément par son bras de levier (c'est-à-dire par la distance du centre de gravité de cet élément au plan de référence). Ces moments sont positifs ou négatifs selon que l'élément est situé en arrière ou en avant du plan ou de la ligne de référence.

## **II.7 - Centre de gravité à vide**

Le centre de gravité à vide est le centre de gravité de l'appareil dans la configuration de la masse à vide (§ 1.2).

## **II.8 - Limites de centrage à vide**

Pour certains appareils, il est possible de déterminer des "limites de centrage à vide", c'est-à-dire des limites telles que lorsque le centre de gravité à vide s'y trouve, le centre de gravité en charge est automatiquement dans les limites prévues pour l'appareil chargé. Ceci n'est possible que dans le cas d'appareils comportant peu de charges mobiles (monomoteurs, mono ou bi-places en général). Lorsque les cas de chargement possibles deviennent plus nombreux, on ne peut généralement pas déterminer des limites de centrage à vide et il faut alors vérifier le chargement (Cf. 1.4 ci-dessus).

## **II.8 - Limites de centrage en charge (Fig. 1 Annexe 1 page 1).**

Ces limites sont indiquées dans les spécifications des appareils. Lorsque le centre de gravité est maintenu entre ces limites, l'appareil répond à la réglementation et à de bonnes qualités de vol. Ces limites sont exprimées soit en "fractions de la corde moyenne aérodynamique", soit en "distance par rapport au plan de référence".

Le centre de gravité de l'appareil en utilisation doit se trouver entre ces limites, dans toutes les phases du vol.

## **II.9 - Corde moyenne aérodynamique**

La corde moyenne aérodynamique est la corde moyenne de la voilure. L'emplacement de cette corde par rapport au plan de référence et ses dimensions sont indiquées dans les spécifications, fiches de navigabilité, manuels de vol et rapports de pesée.

Il arrive que l'emplacement de cette corde soit défini par sa distance au plan de symétrie longitudinal de l'appareil.

## II.10 - Points de levage

Lorsque l'on procède à la pesée d'un avion, il est nécessaire de mesurer le bras de levier des points de pesée. C'est la distance horizontale entre le plan de référence et une verticale passant par le point auquel est appliqué l'instrument de pesée (axes des roues, points de levage etc...).

Sur les appareils modernes ces distances sont généralement bien définies par les Constructeurs.

## II.11 - Mise à niveau

Les Fiches de Navigabilité, Aircraft Specifications, Manuel de vol etc., donnent généralement la situation sur l'appareil des repères de mise à niveau de l'appareil au sol en ligne de vol.

## III - PESEE

### III.1 - Intervalles entre pesées

"Avant la mise initiale en utilisation, un avion doit être pesé et son centre de gravité déterminé, ces valeurs étant mentionnées dans une Fiche de pesée. L'aménagement de l'avion lors de la pesée doit être précisé dans une annexe à la Fiche de pesée".

"La pesée en sortie d'usine des avions neufs est utilisable si l'exploitant est capable de prendre en compte les modifications apportées à l'avion lors de sa mise en service. En cas de transfert d'un avion, le nouvel exploitant peut ne pas le peser s'il est capable de déterminer par le calcul les nouvelles valeurs de la masse et de son centrage".

Une nouvelle pesée doit être effectuée après toutes modifications importantes dont l'influence sur la masse et centre de gravité de l'avion à vide ne peut être fisée avec précision.

L'intervalle entre deux pesées ne doit pas dépasser 60 mois. Toutefois pour les appareils utilisant un programme d'inspection, il est toléré que cette échéance soit reportée à la première immobilisation de l'appareil, en visite programmée, survenant après 60 mois depuis la précédente pesée.

### III.2 - Mise en oeuvre

III.2.1 - Une pesée doit être faite dans un local clos pour éviter les erreurs dues au vent.

III.2.2 - L'appareil doit être soigneusement nettoyé avant pesée.

III.2.3 - Si la pesée doit servir à déterminer le centrage, l'appareil doit être pesé en ligne de vol (sauf dispositions particulières permettant de déduire le centrage en ligne de vol en fonction de mesures effectuées dans une autre attitude).

**III.2.4** - En principe, doivent être en place tous les équipements faisant partie de la masse à vide de l'appareil. Un inventaire tout au moins succinct de ces équipements doit être relevé pour être inclus dans le rapport de pesée.

**III.2.5** - Les instruments de pesée utilisés doivent avoir été vérifiés, leur "zéro" réglé, etc... Il est important que les instruments de pesée soient placés sur un sol convenablement nivelé pour en obtenir un bon usage.

Le rapport de pesée doit indiquer clairement les emplacements choisis pour disposer les instruments de pesée (roues, point de levage, etc...) et les distances de ces points de pesée au plan de référence doivent être, en principe, mesurées.

**III.2.6** - Sauf contre indication, le système de combustible doit être totalement vidangé (avion sec).

**Nota 1** : Les règlements de navigabilité Far 23, Far 25 définissent la signification de ce qu'il est convenu d'appeler "carburant inutilisable" :

#### **FAR 23**

"La quantité de carburant inutilisable pour chaque réservoir doit être établie comme non inférieure à la quantité pour laquelle les premiers signes de fonctionnement défectueux se manifestent dans la condition d'alimentation en carburant la plus défavorable se produisant pour chaque utilisation et manoeuvre en vol envisagées impliquant ce réservoir".

#### **FAR 25**

"La quantité de carburant inutilisable pour chaque réservoir de carburant et pour les composants de son système doit être établie à une quantité non inférieure à la quantité pour laquelle les premiers signes de fonctionnement défectueux du moteur se manifestent dans la condition d'alimentation en carburant la plus défavorable, pour toutes les utilisations et manoeuvres en vol prévues, impliquant l'alimentation en carburant, à partir de ce réservoir".

**Nota 2** : Dans certains cas (en particulier en ateliers agréés) il est acceptable d'effectuer des pesées "plein complet". Cette façon de procéder nécessite de connaître la masse spécifique du combustible calculée à partir de la densité du carburant à bord de l'appareil mesurée au moment de la pesée. Cette valeur doit apparaître sur le rapport de pesée.

**Nota 3** : Les spécifications, Fiche de Navigabilité, Aircraft Specifications etc indiquent la masse et le bras de levier de ce carburant inutilisable.

**Nota 4** : La masse (et le centrage à vide) doit inclure la masse de ce carburant inutilisable. Ces valeurs sont généralement introduites par calcul (cf. 4.2) à partir de la masse de l'appareil pesé sec.

**III.2.7 - Les freins ne doivent pas être serrés pendant la pesée.**

**III.2.8 - Une opération de pesée nécessite le matériel suivant :**

- 1 ou 2 fils à plomb,
- règle et niveau,
- double mètre ou décamètre ruban,
- craie et longueur suffisante de fil (type fil à larder par exemple).

Une pesée avec détermination du centrage se déroule alors de la manière suivante :

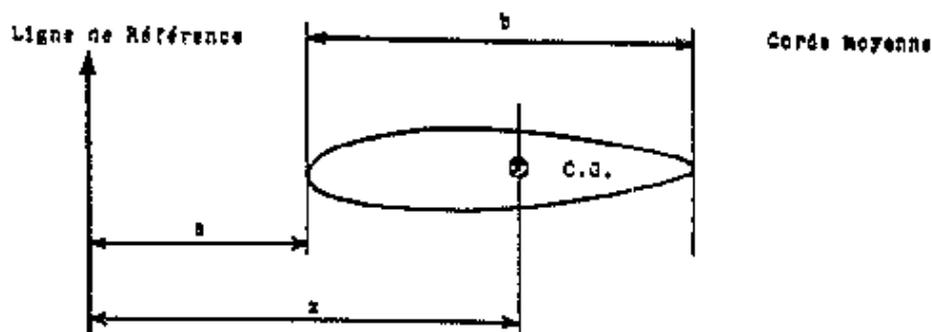
L'appareil ayant été vérifié, l'inventaire fait, est placé de niveau, au moyen des repères prévus à cet effet.

- 1) Matérialiser sur le sol, à l'aide de fil enduit de craie , l'axe longitudinal de l'avion, en plombant aux deux extrémités.
- 2) Repérer sur cet axe longitudinal l'emplacement :
  - du point de pesée AV (tricycle) ou AR (classique),
  - des roues principales (ou points de pesée principaux)en matérialisant, comme en 1) ci-dessus, l'axe des roues par exemple.
- 3) Repérer de même la ligne de référence et sa trace sur l'axe longitudinal.
- 4) Mesurer sur cet axe longitudinal les distances :
  - du plan de référence aux roues principales (ou points de levage principaux),
  - entre points de levage principaux et AV (ou AR).
- 5) Relever les réactions sur les appareils de pesée.
- 6) Effectuer à partir des valeurs lues les calculs de masse et de centrage.

**Nota 1 :** Il peut être intéressant, pour les appareils de fort tonnage, de faire plusieurs pesées et de prendre la moyenne des valeurs lues, de manière à améliorer la précision des résultats.

**Nota 2 :**

**Calcul du centrage en fraction de C.M.A.**



Les calculs effectués lors de la pesée ont permis de déterminer la distance  $x$  de la ligne de référence au CG. Pour obtenir la valeur du centrage en % de la corde moyenne, appliquer la formule ci-dessous :

$$C \% = \frac{x - a}{b} \times 100 \text{ ou } x, a \text{ et } b \text{ sont en mètres}$$

Dans le cas où la ligne de référence est confondue avec le bord d'attaque de la CMA, la formule se simplifie et devient :

$$C \% = \frac{x}{b} \times 100 \text{ ( } x \text{ et } b \text{ en mètres)}$$

**IV - CORECTIONS OU RECTIFICATIONS DES DEVIS DE MASSE ET CENTRAGE**

Il est souvent possible, lorsqu'on l'on a été amené à exécuter des modifications ou des réparations (dont l'influence est parfaitement connue) de rectifier les documents de masse et centrage sans effectuer de nouvelle pesée. Ci-dessous, les éléments à examiner :

Les spécifications doivent fournir les éléments suivants :

- Limites de centrage.
- Limites de centrage à vide (le cas échéant).
- Corde moyenne aérodynamique.
- Repères de mise à niveau.
- Ligne de référence.
- Masse maximale.
- Nombre de sièges et bras de levier correspondant.
- Capacité des soutes à bagages et bras de levier correspondant.
- Masse et bras de levier du combustible inutilisable.
- Bras de levier des différents équipements.

#### IV.1 - Masses spécifiques et unitaires.

Pour les calculs de masse et centrage, les valeurs de référence suivantes seront adoptées :

- Masse spécifique essence : 0,715 T/m<sup>3</sup>
- Masse spécifique huile de graissage: 0,9 "
- Masse spécifique kérosène : 0,8 "
- Masse unitaire équipage et passagers : (Cf. Arrêté du 19.6.84).
  - a) Adulte (sexe masculin) 75 kg -
  - b) Adulte (sexe féminin) 65 kg -
  - c) Enfant de 12 ans 35 kg -
- Autre masse : Parachute 6 kg.

**Nota** : "Sur les aéroplanes d'une capacité supérieure à 19 sièges passagers, tout bagage d'une masse supérieure à 5 kg doit être déposé dans un compartiment à bagages ou fret approuvé à cet effet, utilisé conformément aux limitations d'emploi fixées par la documentation associée au document de navigabilité, ou sous un siège de telle façon qu'il ne puisse glisser en cas d'atterrissage forcé".

#### IV.2 - Calculs de correction de moments

Pour faciliter les calculs, il est recommandé de toujours représenter un appareil par un croquis plaçant l'avant de l'appareil vers la gauche.

Dans ces conditions, comme indiqué plus haut, les bras de levier sont comptés comme positifs si l'élément est situé à droite du plan de référence (donc en arrière) et comme négatifs si l'élément est situé à gauche du plan de référence (en avant).

Tout élément ajouté est considéré avec une masse "positive" et tout élément supprimé avec une masse "négative".

Dans ces conditions, les combinaisons de signe pour les calculs de moment sont les suivantes :

	Masse	Bras de levier	Moment
- Élément ajouté en avant de la référence	+	-	-
- Élément ajouté en arrière de la référence	+	+	+
- Élément supprimé en arrière de la référence	-	+	-
- Élément supprimé en avant de la référence	-	-	+

La masse de l'appareil est alors égale à la masse initiale augmentée de celle des éléments ajoutés et diminuée de celle des éléments supprimés.

De même, le moment à vide de l'appareil par rapport à la référence est alors égal au moment initial augmenté puis diminué des moments de correction.

#### IV.3 - Vérification des centrages extrêmes

Il est nécessaire de vérifier, soit par pesée directe, soit par calcul, que le centre de gravité de l'appareil en charge dans les configurations de chargement les plus défavorables, se trouve dans les limites de centrage en charge.

##### IV.3.1 - Centrage extrême avant

Pour effectuer cette vérification, il faut disposer des éléments suivants :

- a) la masse et le centrage de l'appareil à vide,
- b) les masses maximales et les bras de levier des charges mobiles situés à l'arrière de la limite de centrage arrière.

Le calcul doit être fait pour une masse totale inférieure ou égale à la masse maximale.

Voir exemple (Fig. 2 annexe I page 2)

Les cas de chargement étudiés doivent, néanmoins, rester "réalistes".

##### IV.3.2 - Centrage extrême arrière

Pour effectuer cette vérification, il faut disposer des éléments suivants :

- a) La masse et le centrage de l'appareil à vide,
- b) Les masses maximales et les bras de levier des charges mobiles situés en avant de la limite de centrage avant.

Le calcul doit être fait pour une masse totale inférieure ou égale à la masse maximale.

Voir exemple (Fig. 3 annexe I page 2).

Même remarque que ci-dessus concernant les cas de chargement étudiés.

#### IV.4 - Restriction de chargement

Si les calculs ci-dessus ont montré que les centrages limites avant ou arrière peuvent être dépassés, il y a lieu de faire établir un tableau de chargement indiquant les diverses conditions de chargement possibles, en particulier :

- a) avec plein d'essence, déterminer le nombre maximum de passagers et leur disposition dans la cabine, ainsi que les charges maxima de bagages.

- b) tous les sièges étant occupés, déterminer les charges maxima de bagages et d'essence admissibles.

Cette vérification s'applique plus particulièrement aux appareils légers, les appareils de transport pouvant donner lieu à des cas de chargement plus divers.

## V - DIVERS

### IV.1 - Inventaire - Rapports

Une opération de pesée à vide comprend obligatoirement un inventaire de la masse à vide. Cet inventaire doit être joint au rapport de pesée.

#### Rapport de pesée et centrage

En annexe II, un rapport type de pesée et de centrage comportant les emplacements nécessaires pour déterminer, à partir des résultats d'une pesée, la masse à vide de l'appareil, son centrage à vide et un inventaire minimum (pour avion de masse à 5,7 T en général).

Nota - Pour les appareils d'une masse à 5,7 T, tout autre document équivalent est acceptable.

### IV.2 - Lest

Il est parfois nécessaire de mettre en place des masses d'équilibrage appelées lest, destinées à amener dans les différents cas de chargement le centre de gravité dans les limites de centrage.

Ce lest est réalisé sous forme de plaques de plomb ou de fonte boulonnées à des éléments solides de structure. Ce lest constitue des charges concentrées, et il est en particulier nécessaire de vérifier que la structure sur laquelle ce lest est fixé est suffisamment résistante.

Ce lest doit naturellement être mis en place à des dispositions aussi éloignées que possible du centre de gravité de l'appareil, de manière à réduire son poids.

La masse à vide de l'appareil inclut la masse du lest mis en place, bien évidemment.



<b>RAPPORT DE PESEE</b>		Appareil type : Immatriculation :	Date : Lieu : Signature :																																																																																	
Mise à niveau : .....  $d = \dots\dots\dots m$ $D = \dots\dots\dots m$	Mise à niveau : .....  $d = \dots\dots\dots m$ $D = \dots\dots\dots m$																																																																																			
Distance du C.G.	Masse à vide (kg)		Distance du C.G.																																																																																	
aux roues principales $D_1 = \frac{p1 \times D}{M} =$ à la référence $x = d + D_1 =$	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Masse lue</th> <th>TARE</th> <th>Masse nette</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Roue G</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Roue D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Roue AV/AR</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masse à vide mesurée</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">M kg</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Masse lue	TARE	Masse nette	Roue G				Roue D				Roue AV/AR				Masse à vide mesurée	M kg			aux roues principales $D_2 = \frac{p2 \times D}{M} =$ à la référence $x = d - D_2 =$																																																													
	Masse lue	TARE	Masse nette																																																																																	
Roue G																																																																																				
Roue D																																																																																				
Roue AV/AR																																																																																				
Masse à vide mesurée	M kg																																																																																			
- Corrections -																																																																																				
	Masse (kg)	Bras levier (m)	Moments (p. rapport référence) (m x kg)																																																																																	
Valeurs lues			+      =																																																																																	
Résultats corrigés																																																																																				
	Masse à vide	Dist. C.G. à vide	Moments																																																																																	
Limites de centrage		Et. de chargement																																																																																		
S.C.N.-A																																																																																				
Masse : kg	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>																																																		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Masse (kg)</th> <th>Bras levier (m)</th> <th>Moment (m x kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Avion vide</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Equipage x??</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Passagers</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Bagages</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Essence</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Bulle</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Total</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Masse (kg)	Bras levier (m)	Moment (m x kg)	Avion vide				Equipage x??				Passagers				Bagages				Essence				Bulle				Total			
	Masse (kg)	Bras levier (m)	Moment (m x kg)																																																																																	
Avion vide																																																																																				
Equipage x??																																																																																				
Passagers																																																																																				
Bagages																																																																																				
Essence																																																																																				
Bulle																																																																																				
Total																																																																																				
DISTANCE C.G. au pt. référence (m)		Poids précédente	Masse vide : Date :																																																																																	

INVENTAIRE

x o	Inventaire			Corrections éventuelles	
	Equipement	Marque-type	Nombre	Masse	Moment
	Hélice				
	Démarrreur				
	Génératrice/Alternateur (1)				
	Batterie				
	Anémomètre				
	Altimètre				
	Varloimètre				
	Horizon/D <sup>r</sup> de vol (1)				
	Indicateur de virage				
	Directionnel				
	Compas à distance				
	V.H.F.				
	H.F.				
	V.O.R.				
	D.M.E.				
	I.L.S.				
	Marker				
	Transpondeur				
	Balise détresse				
	Radio-compas				
	Casques, micros				
	Dégivrage (plans, hélices) (1)				
	Réservoir supplémentaire				
	Pilote automatique				
	Sièges				
	Chauffage cabine				
	Divers				

x Inklus dans la masse à vide corrigée

o Non utilisé sur l'appareil

1 Rayer la mention inutile