



MASSE, CENTRAGE ET PESÉE DES AÉRONEFS

© Patrick LABOUYRIE – Aéro Club Andernos - 22 avril 2020



SOMMAIRE

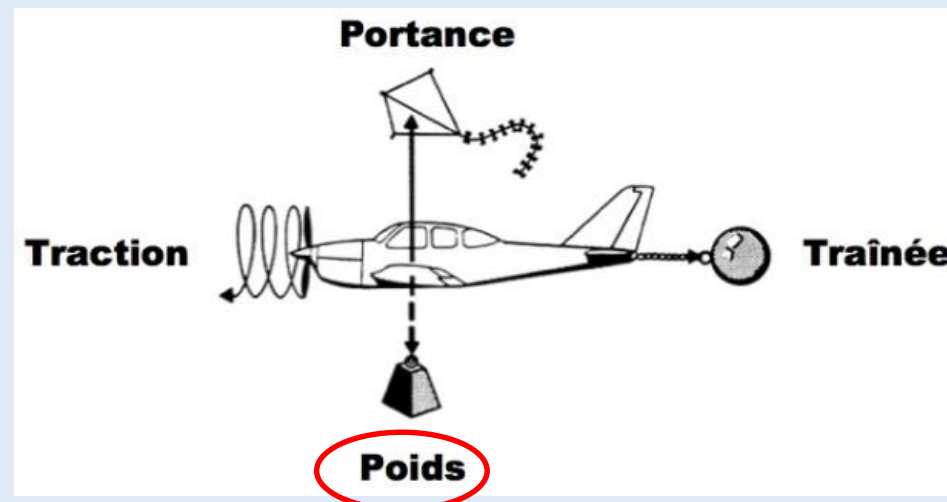
- Masse
- Centrage
- Devis de masse et centrage
- Technique de pesée



MASSE ET CENTRAGE

RAPPEL MÉCANIQUE DU VOL

Forces s'appliquant à un aéronef en vol
en palier rectiligne uniforme
Ces forces s'appliquent au **centre de gravité (CG)**



Masse mesure de la quantité de matière qui constitue un corps, un objet. La masse s'exprime en kilogrammes (kg).

Poids : Le poids est la force exercée sur un corps par la gravité ou l'accélération.

Poids = Masse x g, est exprimé en Newtons (N). Dans le langage courant, on confond très souvent poids et masse.



MASSE ET CENTRAGE

MASSE D'UN AÉRONEF

Quelques définitions:

Masse à vide : masse de l'avion sans le carburant utilisable, sans pilotes ni passagers. La masse à vide comprend l'huile et le carburant inutilisable

Masse maximale au décollage (MTOW) : c'est la masse maximale à laquelle le décollage est autorisé. Au-delà de cette masse, le constructeur ne garantit pas les performances minimales requises au décollage.

Masse maximale à l'atterrissage (MLW) : c'est la masse maximale définie par le constructeur à laquelle l'atterrissage est autorisé. Au-delà de cette masse, la structure de l'avion et le train d'atterrissage ne sont pas censés résister aux efforts de l'atterrissage.

Toutes ces limitations (lorsqu'elles existent) sont inscrites dans le Manuel de Vol de l'avion ainsi que dans la fiche de navigabilité.



MASSE ET CENTRAGE

INFLUENCE DE LA MASSE SUR LES PERFORMANCES DE L'AVION

L'augmentation de la masse de l'avion **diminue ses performances** (certaines étant minimales sur nos types d'aéronefs):

- au décollage :

- augmentation de la distance de roulement
- diminution des performances ascensionnelles et donc du taux de montée

- à l'atterrissage :

- augmentation de la distance d'atterrissage

- en vol :

- diminution des performances ascensionnelles (franchissement d'obstacles, changement d'altitude, ..)
- limitation de l'altitude de vol
- augmentation des vitesses de décrochage
- augmentation de la consommation de carburant (diminution de l'autonomie et de la distance franchissable)

De plus, en vol, la masse de l'avion influe directement sur les efforts de la structure de l'avion lorsqu'on lui applique un facteur de charge (poids = masse x facteur de charge)



MASSE ET CENTRAGE

LES PERFORMANCES DE L'AVION

Les calculs des performances de l'avion tiennent compte de sa masse

Elles sont définies par son constructeur et sont issues des calculs et des données et analyses effectuées lors des essais en vol pour la certification .

Ces performances sont inscrites dans le Manuel de Vol de l'avion, généralement dans la section 5 en ce qui concerne nos avions.

[Performances DR400-140B \(VT ou KZ\)](#)

Avant chaque vol, il est obligatoire pour le commandant de bord de faire un devis de masse et centrage afin de vérifier que le vol sera effectué dans les limites indiquées dans le manuel de vol



CENTRAGE D'UN AÉRONEF

LE CENTRAGE CONDITIONNE :

- La **stabilité longitudinale** : propriété permettant à l'avion sans action du pilote de maintenir (ou de retrouver suite à une perturbation), sa trajectoire initiale.
- La **maniabilité de l'avion** : propriété définissant la possibilité d'intervention du pilote sur le changement d'assiette de l'avion, soit sa capacité à changer de trajectoire.

Le **centre de gravité (CG)** doit toujours se situer en avant du foyer, pour des raisons de stabilité.



MASSE ET CENTRAGE

Un centrage avant :

- rend l'avion plus stable, mais moins maniable (efficacité réduite de la gouverne de profondeur),
- augmente la consommation de carburant,
- augmente la vitesse de décrochage.

Un centrage trop en avant :

- peut empêcher la rotation ou l'arrondi (efficacité insuffisante de la gouverne de profondeur),
- peut endommager le train avant (répartition du poids trop en avant).

Un centrage arrière :

- rend l'avion plus maniable, mais moins stable (efficacité accrue de la gouverne de profondeur),
- diminue la consommation de carburant,
- diminue la vitesse de décrochage.

Un centrage trop en arrière :

- rend l'avion difficilement contrôlable (maniabilité trop importante).



MASSE ET CENTRAGE

Les limites de centrage sont également à prendre en compte au sol ...





MASSE ET CENTRAGE

Les limites de centrage sont définies par le constructeur.

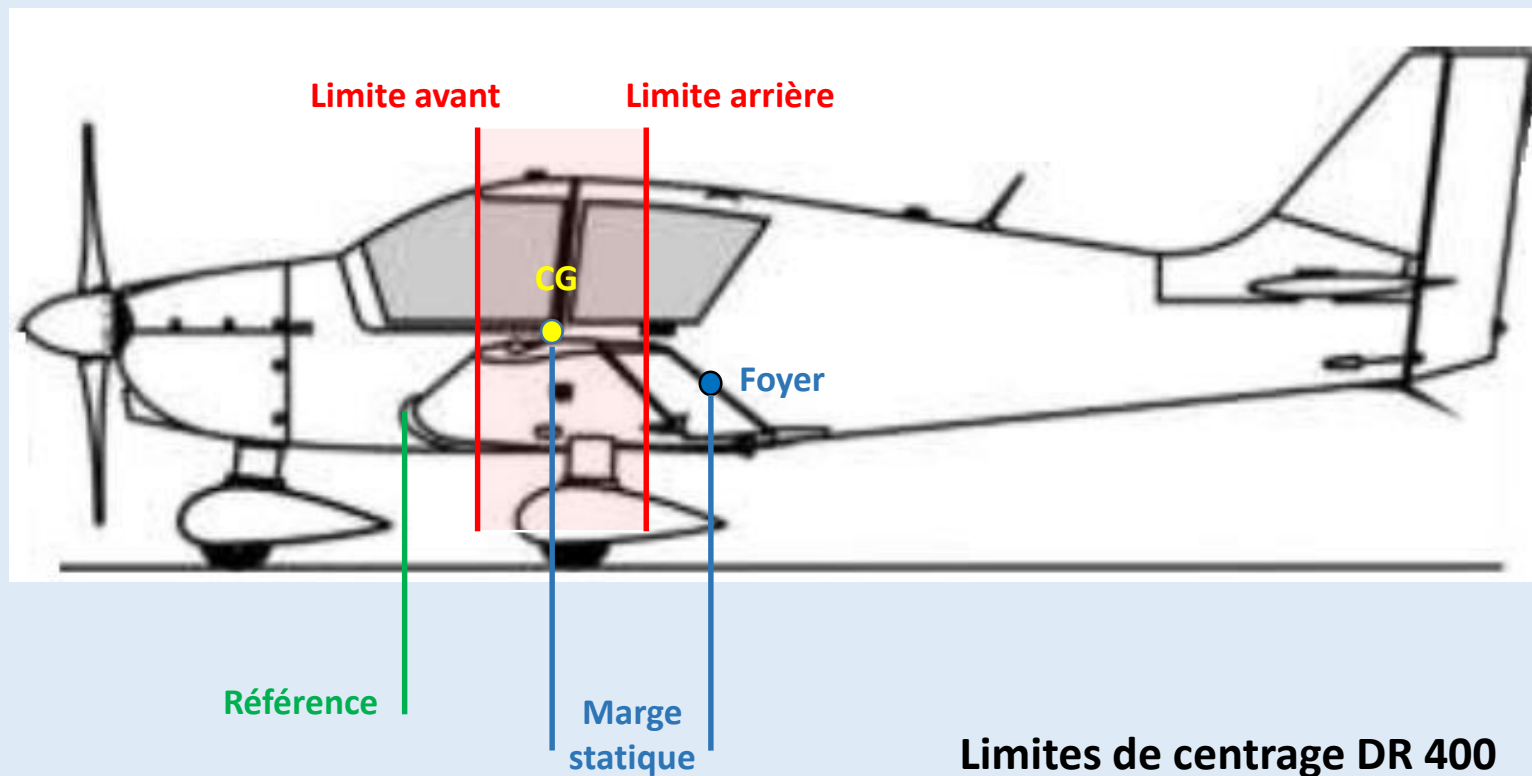
Pour nos avions elles sont disponibles dans le manuel de vol (dans la section 6 pour le DR400) et dans [la fiche de navigabilité](#). Ces données sont génériques pour un avion neuf sortant d'usine.

C'est pour cela que **chaque avion possède sa propre fiche de pesée** dans laquelle est inscrite sa masse (en fonction de son équipement) et toutes les données permettant d'effectuer un devis de masse et centrage.

Le centrage est transcrit dans un diagramme de masse et centrage

- Chaque élément de masse est positionné par rapport à une référence de mesure.
- Le moment de force de chaque élément peut donc être calculé et permettre de trouver le moment global de l'avion ainsi que la position du centre de gravité.
- La position de ce centre de gravité incluse dans le diagramme permet de vérifier instantanément si le vol est réalisable dans les conditions définies par le constructeur.

Avant chaque vol, il est obligatoire pour le commandant de bord de faire un devis de masse et centrage afin de vérifier que le vol sera effectué dans les limites indiquées dans le manuel de vol



Limites de centrage DR 400

Pour un avion, le **centre de gravité CG** est le point auquel l'avion serait en équilibre s'il était possible de le suspendre à ce point

Le **Foyer** est le point (fixe) d'application de la résultante des variations de portance dues aux variations d'incidence. Il se situe en arrière du **CG**.

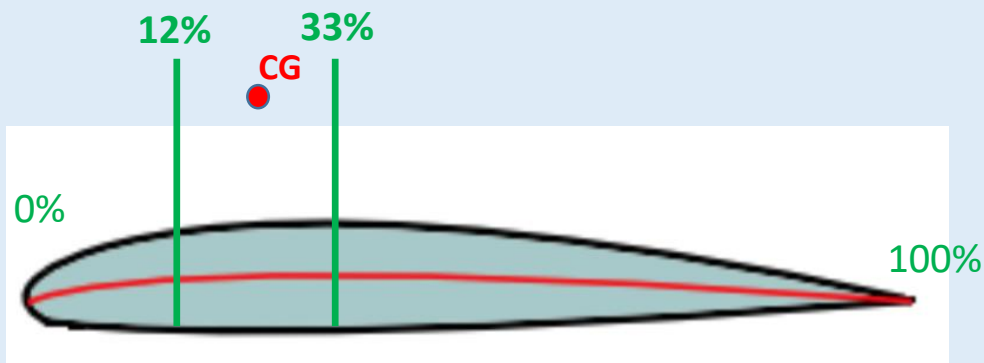
Le **centre de poussée CP** est le point d'application de la résultante des forces de pression



MASSE ET CENTRAGE

Masse max au D/L (MTOW) en Catégorie N

Masse max au D/L (MTOW) en Catégorie U



Les données en abscisses sont indiquées soit en distance (m), soit en % de MAC (Corde moyenne de profil)

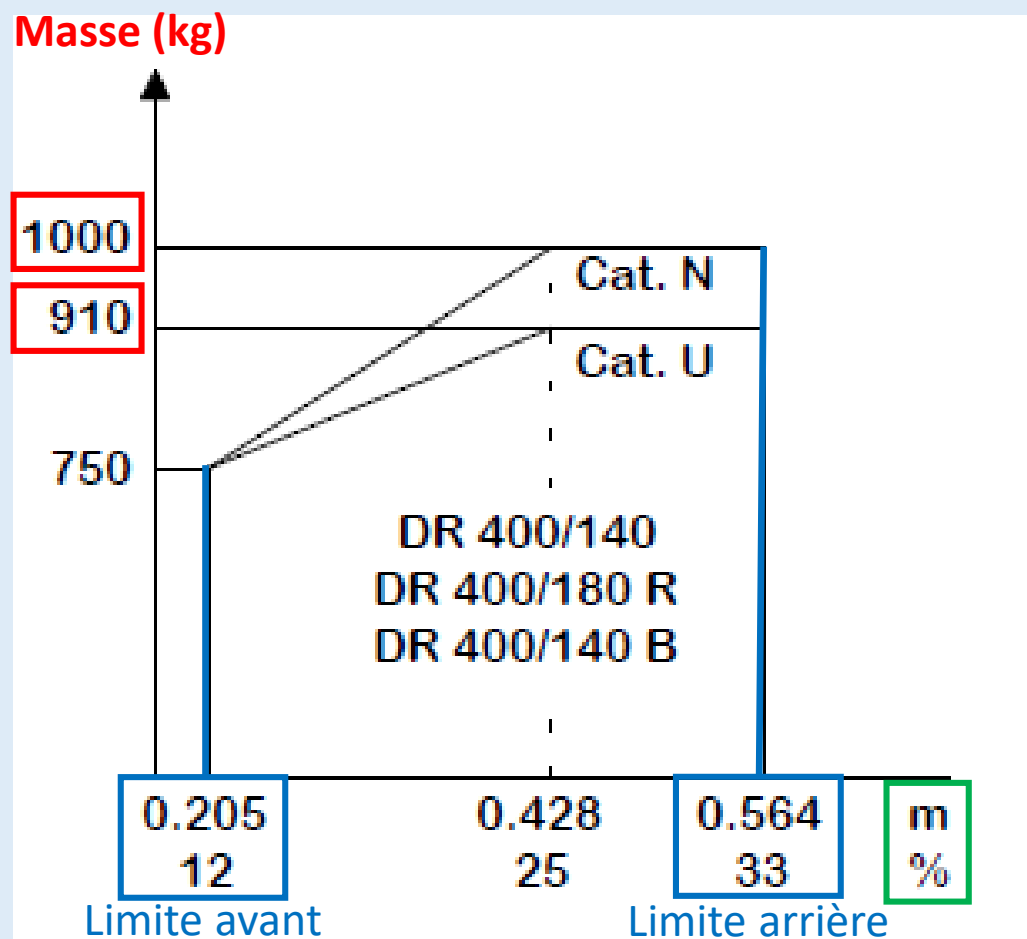


Diagramme masse et centrage DR 400/140 B



MASSE ET CENTRAGE

Les avions de moins de moins de 5 700 kg de masse maximale ont été classés en trois catégories en vue de la délivrance du certificat de type, suivant l'utilisation qui est proposée.

CATEGORIE UTILITAIRE "A"

Tous les types d'évolutions sont autorisés aux avions de cette catégorie, dans les limites du domaine de vol, et sauf restrictions nécessaires consécutives aux essais en vol imposés.

CATEGORIE NORMALE "N"

Sont interdits à cette catégorie d'appareils les vols acrobatiques et même les manoeuvres acrobatiques restreintes.

CATEGORIE UTILITAIRE "U"

Les avions de cette catégorie sont destinés aux vols effectués dans des conditions normales et à des manoeuvres acrobatiques restreintes (virages serrés, vrilles, huites lents, montées en chandelle...). Les évolutions brusques et le vol inversé sont interdits à cette catégorie.

Les limitations d'emploi changent selon l'utilisation d'un même avion, en catégorie N ou U :



DEVIS MASSE ET CENTRAGE

Un devis de masse et centrage permet de connaître les données au début du vol.

Ces données évoluent (ou peuvent évoluer) en cours de vol en fonction de la consommation carburant.

Sur nos avions les réservoirs carburants sont généralement positionnés à proximité du CG et leur épuisement influence peu le centrage.

Par contre, les réservoirs supplémentaires, de par leur position parfois éloignée du CG, ont plus d'influence sur la variation de centrage en cours de vol au fur et à mesure de leur épuisement. Cette variation doit être prise en compte.

Pour ces raisons, avant chaque vol, il est obligatoire pour le commandant de bord de faire un devis de masse et centrage afin de vérifier que le vol sera effectué dans les limites indiquées dans le manuel de vol



FICHE DE PESÉE

La fiche de pesée/centrage appelée aussi rapport de pesée / centrage est le seul le document officiel pour un aéronef donné.

Elle est personnalisée à l'aéronef

C'est un [CERFA \(47-0030\)](#)

C'est un document obligatoire à posséder à bord de l'aéronef



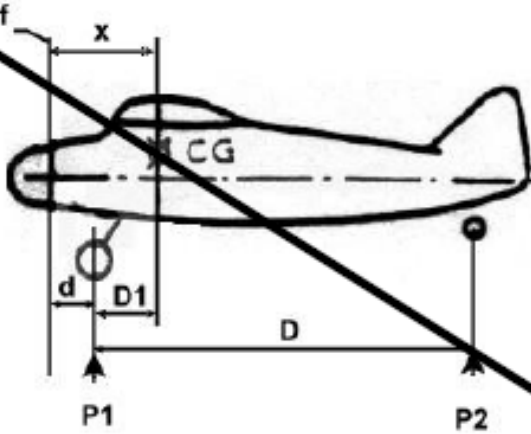
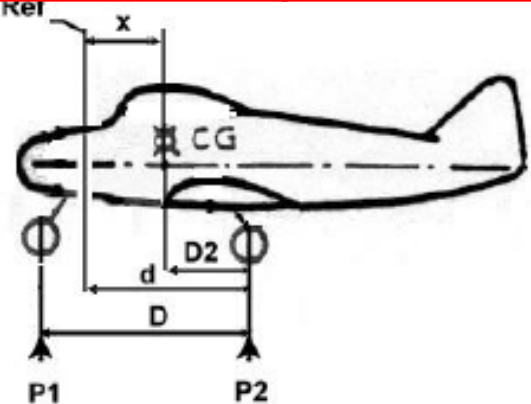
Elle mentionne:

- La masse et le centrage à vide et la méthode de calcul
- Le diagramme masse et centrage et ses limites
- Un exemple de chargement et les distances par rapport à la référence
- L'inventaire des équipements installés sur l'avion lors de la pesée (au verso)

[Fiche de pesée F-GBVT](#)



FICHE DE PESÉE

	<h2>RAPPORT DE PESEE</h2>	Appareil type : DR400-140B Immatriculation : F GBVT	Date : 18/01/2016 Lieu : Andernos Signature  <div style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Prochaine pesée 18/01/2021</div>
<p>Mise à niveau Référence</p>  <p>d = m D = m</p>		<div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>Mise à niveau Longeron sup. de fuselage horizontal</p> <p>Référence BA de la partie rectangulaire de l'aile</p> </div>  <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;"> <p>d = 0,828 m D = 1,647 m</p> </div>	

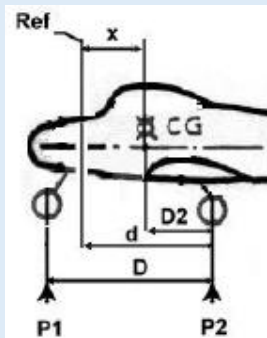
Données référentielles



FICHE DE PESÉE

Distance du C.G.		Masse à vide (kg)			Distance du C.G.	
Aux roues principales $D1 = (P2 \times D) / M =$ A la référence $X = d + D1 =$	m	Roue G.		207,80	Aux roues principales $D2 = (P1 \times D) / M = 0,534 \text{ m}$ A la référence $X = d - D2 = 0,294 \text{ m}$	
		Roue D.		204,00		
	m	Roue AV		197,60		
		Masse à vide mesurée	M (kg)	609,40		

Masse à vide et calculs de distance du CG

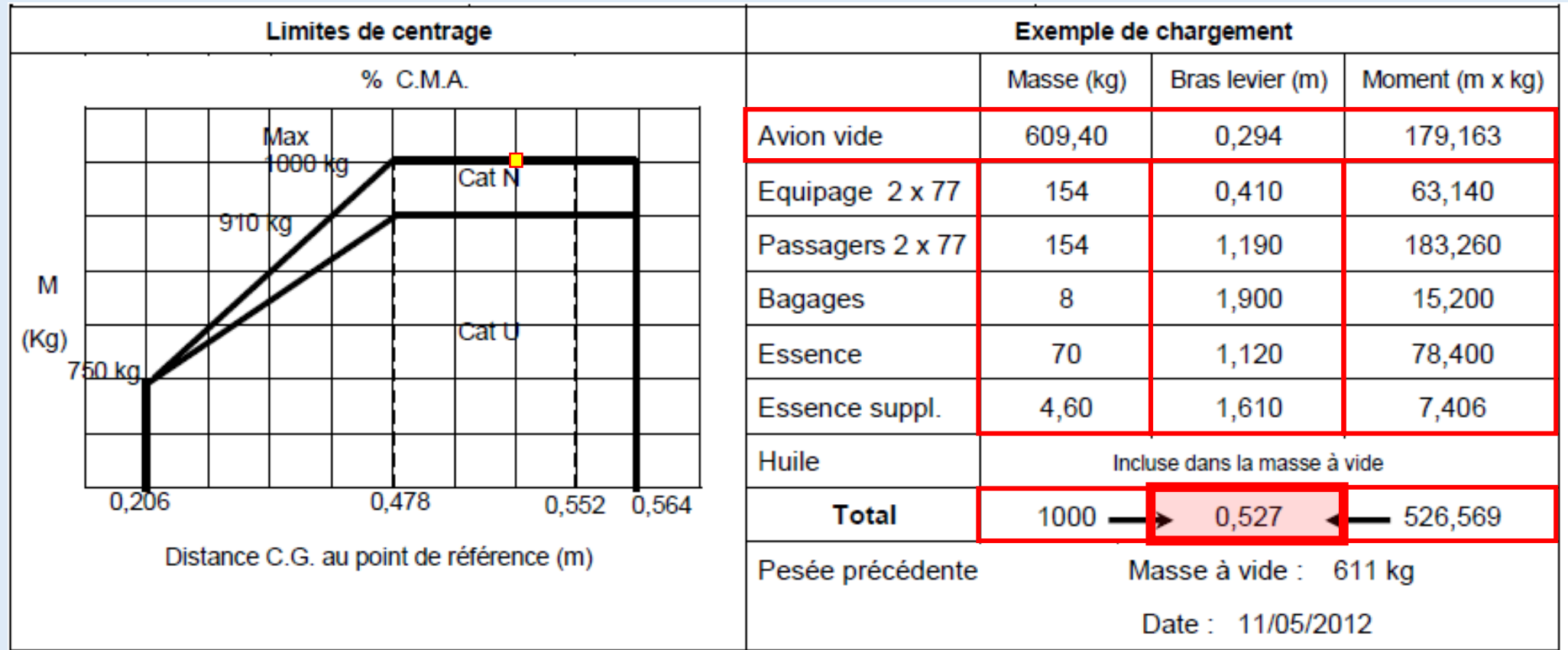


Corrections			
	Masse (kg)	Bras de levier (m)	Moments (par rapport référence) (m x kg)
Valeurs lues	609,40	0,294	179,163
			+
			-
	Nota : Réservoirs carburant vides Huile incluse dans la masse à vide		
Résultats corrigés	609,40 - X	0,294 ←	= 179,163
	Masse à vide	Dist C.G à vide	Moments

Calcul du moment à la masse à vide par rapport à la référence



FICHE DE PESÉE



Limites de masse et centrage – Exemple de chargement

[Calculateur masse et centrage VT](#)



FICHE DE PESÉE

INVENTAIRE

Inventaire				Corrections éventuelles	
X o	Equipement	Marque - Type	Nombre	Masse	Moment
X	Hélice	Sensenich	1		
X	Démarrreur	Prestolyte	1		
X	Génératrice / alternateur (1)	Prestolyte	1		
X	Batterie	Fulmen	1		
X	Anémomètre		1		
X	Altimètre	Badin Crouzet	2		
X	Variomètre		1		
X	Horizon		1		
X	Indicateur de virage		1		
X	Directionnel		1		
X	Compas		1		
X	VHF	King + Allied Signal	2		
o	HF	/	/		
X	VOR	Narco	1		

Inventaire (verso)



TECHNIQUE DE PESÉE

La méthode de pesée est décrite dans le manuel d'entretien par le constructeur d'aéronef.

La pesée d'un aéronef s'effectue à l'aide d'une balance (ou 3)

L'avion doit être complet (muni de tous ses équipements) et en ordre de marche, verrière fermée

La pesée s'effectue avion sur ses roues et en ligne de vol

Les réservoirs carburant doivent être vides

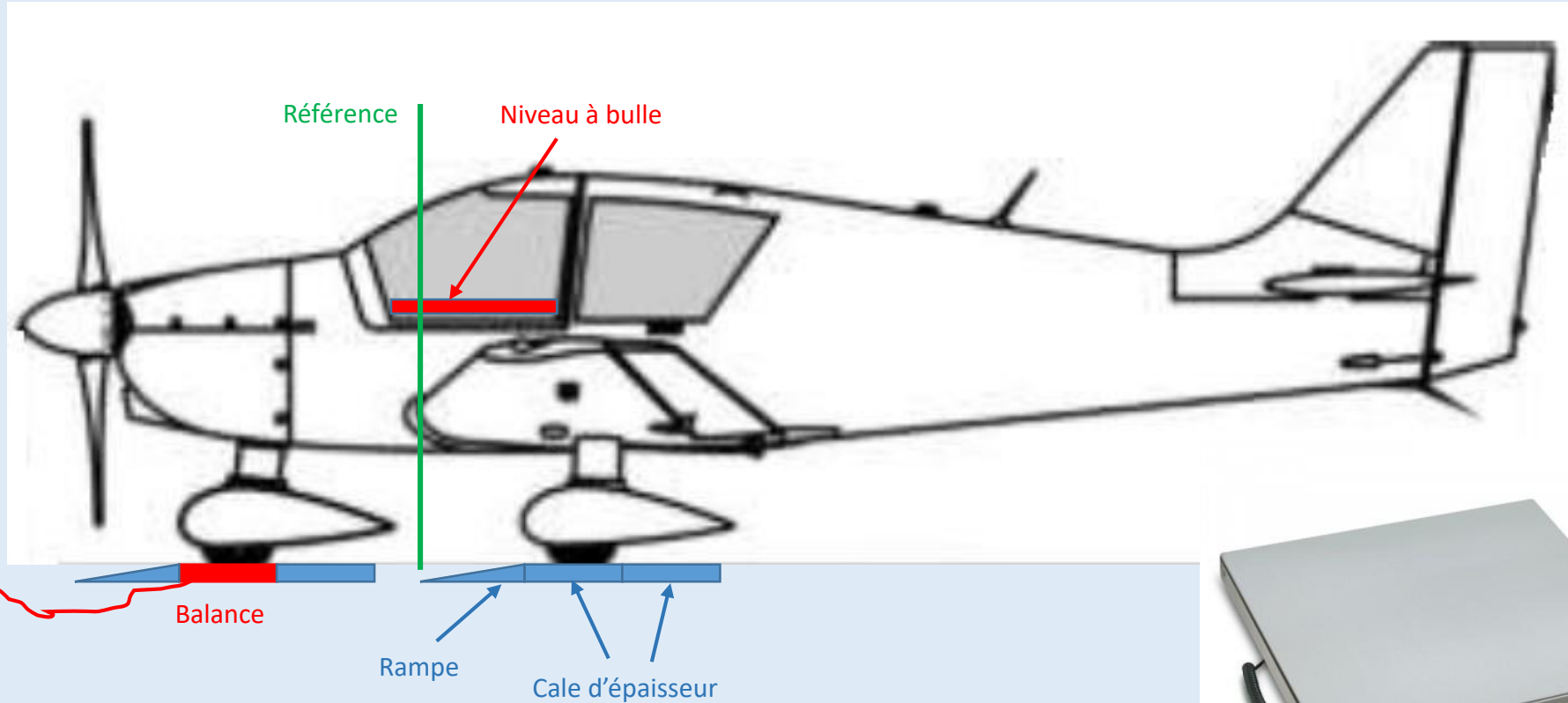
Le moteur doit contenir l'huile

La référence de mise à niveau longitudinale est donnée par le constructeur

Le point de référence pour le calcul des distances du CG est donné par le constructeur



TECHNIQUE DE PESÉE AVION LEGER

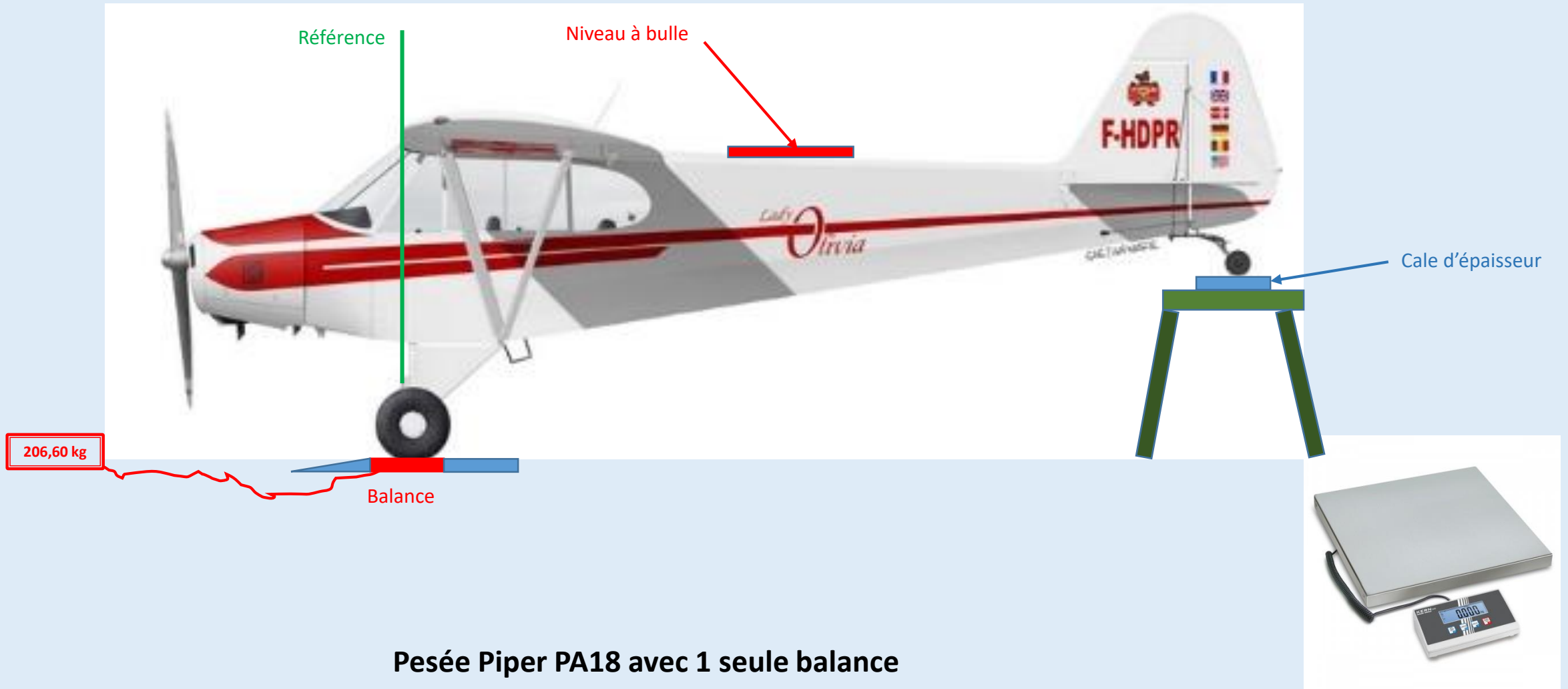


Pesée DR400 avec 1 seule balance





TECHNIQUE DE PESÉE AVION LEGER





MASSE ET CENTRAGE

Avez-vous des questions ??

Merci pour votre participation