

Les différentes masses d'un avion utilisées par les pilotes (3)

Attention : quelques simplifications et raccourcis pour ne pas trop alourdir le propos.

Résumé des épisodes précédents

Les avions sont limités par les efforts que peut subir leur structure, ils peuvent aussi être limités par les obstacles qu'il faut survoler en croisière.

Les limitations à l'atterrissage

Avant d'aller plus avant débarrassons nous d'une première problématique, la limitation en remise de gaz, tout atterrissage étant finalement une remise de gaz qu'on n'a pas eu à faire.

S'il faut remettre les gaz, et on peut le faire même lorsque l'avion est déjà posé, il faut s'assurer qu'on passera bien au-dessus des obstacles éventuellement présents dans la trajectoire de remise de gaz, comme ici à Saint-Martin par exemple.



A priori on est bien plus léger qu'au décollage (où la même problématique existe, on le verra plus tard) et sauf cas très particulier, cette limitation n'est pas pénalisante ou alors les trajectoires sont construites pour éviter les obstacles. Naturellement comme pour la panne en croisière il faut faire les calculs avec un moteur en panne.

Voyons maintenant ce qu'il en est pour l'atterrissage en lui-même.

De prime abord c'est très simple : le pilote, parfois le pilote automatique, pose l'avion, il suffit de freiner et dégager la piste.



On va supposer que le pilote s'est posé exactement à l'endroit prévu (vers la troisième marque après le 12L sur la photo).

Quels sont alors les paramètres qui entrent en jeu pour pouvoir déterminer la longueur nécessaire à l'arrêt de l'avion ?

Il y a des éléments extérieurs subis et que le pilote ne pourra pas modifier : l'état de la piste, les conditions météorologiques (vent, pression, température) et des éléments liés à la

configuration de l'avion (les volets, l'utilisation des reverses) et en particulier la vitesse d'atterrissage sur lesquels le pilote a des choix possibles..

Parmi ces derniers éléments, la vitesse est l'élément prépondérant dans le calcul de la distance de freinage. Comme pour une voiture, plus on va vite, plus il faudra de piste pour s'arrêter.

Le pilote choisira une configuration (essentiellement le braquage des bords d'attaque à l'avant de l'aile et des volets à l'arrière de l'aile) pour minimiser au maximum la vitesse d'approche. Il existe une vitesse minimale nécessaire pour assurer la portance de l'avion à une masse donnée. (voir l'annexe pour une petite explication)

À gauche, avec les volets et bords d'attaque en position atterrissage, à droite la position décollage (volets moins braqués) qui nécessite une vitesse plus élevée à la même masse.



La distance de freinage augmente également si la piste est mouillée ou glissante, quand la température augmente, quand le terrain est en altitude, ou quand un système de l'avion est tombé en panne pendant le vol.

À chaque masse, en fonction des conditions météorologiques et de la configuration choisie par le pilote correspond donc une distance de freinage.

Avant de se poser, et donc avant de décoller vers une destination quelconque, il faut s'assurer que la longueur de piste disponible permet l'arrêt en toute sécurité.

Si la distance de freinage minimale est supérieure à la longueur de piste, il faudra diminuer la masse à l'atterrissage jusqu'à être sûr de s'arrêter dans les limites.

Cette masse limite devient notre masse limitative à l'atterrissage. Pour la respecter il faut décoller à une masse inférieure à cette masse limitative à laquelle on aura ajouté le carburant prévu être consommé pendant le trajet.

Si la masse limitative atterrissage est de 235 tonnes et qu'il est prévu de consommer 70 tonnes de carburant, il faudra décoller à une masse inférieure à $235 + 70 = 305$ tonnes.



Comment font les pilotes pour calculer cette limitation ?

Ils utilisent un calculateur présent au poste de pilotage, ou sur une tablette, ou à l'aide d'abaques disponibles dans les manuels de vol.

Voici un exemple d'abaque, qui donne la distance d'atterrissage en fonction de la masse et de la force de freinage (le freinage « manuel » qui se fait avec les pieds est le plus performant)

Normal Configuration Landing Distance
Flaps 30

BRAKING CONFIGURATION	REF DIST	WT ADJ	ALT ADJ	WIND ADJ	SLOPE ADJ	TEMP ADJ	VREF ADJ	REVERSE THRUST ADJ
	250000 KG LANDING WEIGHT	5000 KG ABV/BLW 250000 KG	PER 1000 FT ABOVE SEA LEVEL	PER 10 KTS HEAD/ TAIL WIND	PER 1% DOWN/ UP HILL	PER 10°C ABV/ BLW ISA	PER 5 KTS ABOVE VREF30	ONE REV NO REV
Dry Runway								
MAX MANUAL	1300	30-40	25	-45/150	10/-10	25/-25	40	25 60
AUTOBRAKE MAX	1705	30/-25	35	-65/220	0/0	40/-40	75	0 0
AUTOBRAKE 4	2175	40/-30	50	-90/310	0/0	50/-60	110	0 0
AUTOBRAKE 3	2545	45/-40	70	-115/385	0/-10	70/-70	120	0 0
AUTOBRAKE 2	2805	50/-45	80	-130/445	35/-60	75/-75	100	75 75
AUTOBRAKE 1	3035	65/-50	100	-150/520	85/-90	80/-80	100	295 370
Good Reported Braking Action								
MAX MANUAL	1775	30/-25	40	-75/265	40/-35	40/-40	60	105 245
AUTOBRAKE MAX	1835	30/-25	45	-75/270	35/-30	40/-40	70	110 260
AUTOBRAKE 4	2180	40/-30	60	-90/310	0/0	50/-60	110	0 0

- Il y a la configuration de l'avion.
- L'altitude de l'aéroport
- Le vent de face ou arrière
- La pente de la piste (ça freine moins bien descente)
- La température
- L'utilisation des reverses
- L'état de la piste (condition de freinage)
- Type de freinage

Et voici une copie écran d'un calculateur, on retrouve les mêmes paramètres. Il y a quelques insertions supplémentaires pour tenir compte de paramètres pris en compte par d'autres méthodes dans les abaques.

B773-344T

ARPT: **LFPG / CDG** ALL OPERATIVE REV LANDING WT: **250000 KG**

RWY: **26L** MANUAL CAT VREF ADD: **5**

DH: **IGNORE GRABK** 30 FLAP **CALC**

COND: **GOOD/MEDIUM** AUTO A/C Configuration volets

WIND: **0 KT** ENGINE A/I Air conditionné (si ON ou AUTO diminue la puissance des moteurs)

OAT: **2 C** ALL BRKS

QNH: **1013.0 HPa** NONE NNC 777-300ER/GE90-115BL

(29.91 IN HG)

Enroute Landing Data for 250000 KG:

Vref30+5: **154 KT**

Operational Landing Distance:

MAX MANUAL 2006 M

AUTO BRK 1 3041 M

AUTO BRK 2 2826 M

AUTO BRK 3 2619 M

AUTO BRK 4 2284 M

MAX AUTO 2046 M

Landing Distance Available: **2699 M**

- Pente en remise de gaz si nécessaire
- Type d'atterrissage (manuel ou automatique)
- Configuration volets
- Air conditionné (si ON ou AUTO diminue la puissance des moteurs)
- Antigivrage moteur (si ON diminue la puissance des moteurs)
- NNC : présence de panne sur un système

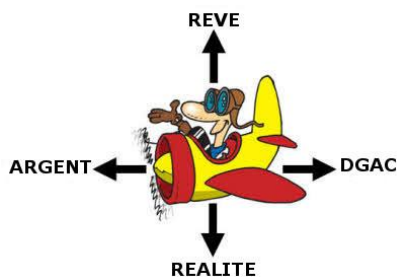
La prochaine fois on verra ce qu'il en est des limitations purement liées au décollage.



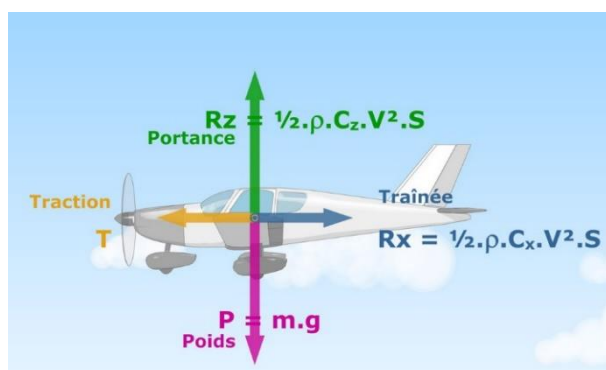
Pascal

Annexe : vitesse de vol pour assurer la portance à une masse donnée.

Faire voler un avion ce n'est pas très compliqué d'après certains auteurs



En fait c'est plutôt comme cela que ça se passe



Il y a quatre forces qui maintiennent notre avion en équilibre.

La traction ou poussée qui le fait avancer est égale à la trainée qui l'en empêche.

La portance qui le porte en l'air équilibre le poids qui veut le ramener sur Terre.

Pour la suite de l'explication on va considérer uniquement l'égalité poids=portance

$$m \cdot g = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_z \cdot V^2 \cdot S$$

m : masse

g : constance de gravité

ρ : est la densité de l'air, qui diminue quand la température et/ou l'altitude augmente

C_z : un coefficient qui caractérise la forme de l'aile

V : vitesse de vol

S : surface de l'aile.

Pour une masse m donnée :

- Si ρ diminue, c'est-à-dire si l'altitude et/ou la température augmente alors il faut une vitesse de vol plus grande (la vitesse d'atterrissage est plus élevée à Mexico qu'à CDG pour la même masse)
- Sortir les bords ou les volets revient à augmenter la surface de l'aile (S) et de fait permet de diminuer la vitesse nécessaire
- De même sortir les bords ou les volets permet d'augmenter la valeur de C_z et donc de diminuer la vitesse nécessaire

Vous avez peut-être remarqué que dans la valeur de la trainée R_x sur le schéma, on retrouve S et C_x . Il se trouve que sortir les volets et les bords augmente, on l'a vu plus haut, S mais également C_x . Il sera nécessaire d'avoir une poussée plus élevée pour assurer l'équilibre.

C'est cette augmentation très importante de la trainée qui sera pénalisante au décollage qui se fera alors avec des braquage volets plus faible.