

Les différentes masses d'un avion utilisées par les pilotes (4)

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 également être limités par les obstacles qu'il faut survoler en croisière, par la longueur de piste à l'atterrissage.

Les limitations au décollage

Sur un aéroport, on connaît la longueur de piste, la température au sol, la pression barométrique, l'altitude, le vent, les obstacles environnants et le but est de décoller d'une piste donnée en étant sûr d'avoir décollé avant la fin de la partie bétonnée et d'avoir la possibilité de monter suffisamment pour passer au-dessus des obstacles. Naturellement tout ceci en prenant en compte la panne d'un moteur au moment le plus critique.

L'étude du survol des obstacles est assez délicate, en fonction de leur positionnement par rapport à la piste ils peuvent être plus ou moins pénalisants. Ces études sont faites par les services centraux des compagnies et intégrées dans les logiciels de calcul mis à la disposition des pilotes. Dans les cas critiques, des trajectoires spécifiques à suivre en cas de panne d'un moteur sont publiées.



Voici le cas de San Francisco, en cas de panne après le décollage il faudra virer légèrement à droite pour passer dans la petite vallée et ainsi éviter les obstacles dans l'axe de la piste et ceux à droite. (le hangar à droite ne gêne pas il est situé avant le point de décollage)

Il peut être nécessaire de limiter la masse au décollage dans certains cas pour être sûr de passer au-dessus des obstacles. Voici une première limitation au décollage.

On a vu dans la partie consacrée à l'atterrissage que plus la masse est élevée plus il faudra une vitesse élevée pour voler en toute sécurité.

Pour le décollage c'est pareil, donc il faut être sûr de pouvoir atteindre la vitesse minimale de vol avant la fin de la piste (l'accélération dans l'herbe ou dans l'eau n'est pas prévue).

La réglementation (car vous vous doutez bien que tout ceci est très réglementé) impose de passer le bout de la piste à une hauteur minimale à la bonne vitesse permettant la poursuite du décollage en toute sécurité avec un moteur en panne.

Cette hauteur minimale est assez faible : 5 à 15m en fonction des paramètres retenus.



A priori il y a eu un petit problème sur le décollage ci-contre.

Dans notre jargon, la vitesse qu'il faut atteindre au bout de la piste s'appelle V2. Pour avoir cette vitesse à ce moment donné il faut atteindre sur la piste une vitesse VR à laquelle le pilote va commander le décollage en tirant sur le manche ou le mini-manche.

Il existe une vitesse minimale pour VR, si on tire trop tôt l'avion ne pourra pas décoller correctement et il y a de grands risques de toucher de la queue.

La détermination de la VR minimale se fait lors des essais de l'avion qui est alors équipé d'un sabot de queue pour éviter d'abimer la structure.

On sait que pour avoir V2 (vitesse de sécurité au décollage qui dépend de la masse) au bout de la piste, il faut faire la rotation (enclencher le décollage) à VR.

Il ne reste plus qu'à se mettre en début de piste, d'afficher la poussée moteur et d'attendre VR.

Si VR n'est pas obtenu avant la fin de la piste c'est qu'on est trop lourd, il faudra diminuer la masse pour atteindre VR bien avant le bout de piste, décoller, accélérer vers V2 et monter à la hauteur minimale de survol de bout de la piste.



Les calculs de performance en amont permettent d'éviter la surprise en bout de piste.

Mais ce n'est pas tout, nous avons dit plus haut que tout doit être calculé pour pouvoir faire un décollage avec la panne d'un moteur.

Pour calculer nos performances au décollage nous allons en fait considérer sur tous les décollages que de VR et V2 nous avons un moteur en panne. Toute la fin du décollage est donc calculée avec un moteur en panne.

Il nous reste à voir ce qui se passe avant VR en cas de panne d'un moteur.

Si lors de la course au décollage, un moteur tombe en panne, l'accélération sera plus faible et on couvrira plus de distance pour atteindre VR (pour atteindre V2 et la hauteur minimale c'est forcément inchangé). Il se peut en fonction de l'endroit où le moteur tombe en panne

que la distance restante devienne insuffisante et que le décollage ne soit pas possible. Par exemple si le moteur tombe en panne juste à VR, le décollage reste possible puisque toute la suite a déjà été calculée avec un moteur en panne.

Il existe une vitesse « de panne » en dessous de laquelle le décollage n'est pas possible car on ne pourra atteindre V2 avant la fin de la piste (l'accélération est trop faible suite à la perte de poussée) : il faut s'arrêter.

Au-dessus de cette vitesse le décollage peut se poursuivre, on continue à accélérer jusqu'à VR puis vers V2. Cette vitesse que je vais appeler V1 (c'est un peu un abus de langage pour les spécialistes, voir annexe) délimite deux phases dans le décollage, panne moteur avant V1 le décollage n'est pas possible, panne moteur après V1 le décollage est possible.

Quel est l'influence de tout cela sur nos masses limites au décollage ?

Il se trouve qu'en cas de panne avant V1 il faut s'arrêter. La problématique est celle de l'atterrissage, arrêter un avion sur une piste.

La différence par rapport à l'atterrissage est qu'il ne reste qu'une partie de piste devant nous puisqu'une partie a été utilisée pour accélérer. Naturellement les distances de freinage sont affectées par l'état de la piste (pluie, neige, verglas) et peuvent de fait induire des contraintes sur les distances de freinage et obliger à diminuer la masse au décollage.

Certains diront, il n'y a qu'à diminuer V1, mais ce n'est possible que dans une certaine mesure car il existe une vitesse V1 minimale liée à la configuration de l'avion, en dessous de cette vitesse minimale il est impossible de continuer à accélérer avec un moteur en panne, l'arrêt est obligatoire.

Résumé

Pour décoller, il faut atteindre une vitesse élevée V2 en bout de piste. Si la piste est trop courte pour atteindre ce V2 il faut diminuer la masse.

Pour passer V2 en bout de piste, il faut atteindre VR sur la piste en ayant pris en compte la panne d'un moteur pendant la course au décollage. Si la panne survient avant V1 il faut s'arrêter en ayant vérifié qu'il restait assez de piste. S'il ne reste pas assez de piste, il faut diminuer la masse pour pouvoir diminuer V1 et donc avoir assez de piste.

Naturellement il faut être sûr de passer au-dessus des obstacles après le décollage ce qui peut engendrer une autre diminution de la masse maximale au décollage.

Comme on envisage la panne d'un moteur tout au long de ces calculs, les marges sont importantes si tout se passe bien. En cas de panne moteur, un bimoteur perd la moitié de sa puissance alors qu'un quadrimoteur n'en perd que 25%, c'est ce qui explique qu'un décollage en bimoteur donne des sensations d'accélération plus importantes qu'un décollage en quadrimoteur.

Pour décoller, l'équipage devra respecter les masses maximales de structure, les masses maximales en croisière, à l'atterrissage et au décollage.



Annexe :

Pour les puristes, précision sur V1 : c'est la vitesse maximale à laquelle est actionnée le premier moyen de freinage en vue de stopper le décollage. La panne a donc eu lieu avant V1, a été identifiée et la décision de s'arrêter a été prise

Exemple de performances B777-200 à CDG

La masse maximale de structure au décollage est de 297,5 tonnes. Les masses maximales piste sèches ou mouillées sont limitées par la longueur de piste, quasiment identiques à 272 tonnes. Mais on note que pour la piste mouillée, V1 est plus faible car il faut plus de piste pour s'arrêter.

The image displays two screenshots of a flight performance calculator interface for a B777-200 at CDG. The top screenshot shows the 'COND DRY' configuration, and the bottom screenshot shows the 'COND WET' configuration. Both screenshots show a takeoff weight of 272000 KG and a CG of 25%. The V1 values are 144 KT for the dry condition and 137 KT for the wet condition. The interface includes various input fields for airport, runway, wind, OAT, QNH, and flap settings, as well as output fields for V1, VR, V2, and Vref30.

Parameter	Value (Dry)	Value (Wet)
ARPT	LFPG / CDG	LFPG / CDG
RWY	26L	26L
INTX	FULL 26L	FULL 26L
COND	DRY	WET
WIND	0 KT	0 KT
OAT	25 C	25 C
QNH	1013.0 HPa	1013.0 HPa
FLAP	20	20
EO ACCEL HT	1000 ft AGL	1000 ft AGL
VR	150 KT	150 KT
V2	157 KT	157 KT
Vref30	157 KT	157 KT
V1	144 KT	137 KT
TOGW	272000 KG	272000 KG
CG (%)	25	25