



Planification du carburant



Extrait du manuel du PMDG 747 '02 Cruise and planning fuel'

Ne pas dupliquer - ne peut pas être vendu



Sommaire

| | |
|--|-----------|
| Planification du carburant..... | 3 |
| Schématique de planification de carburant..... | 3 |
| Planification de la charge en carburant pour le vol..... | 4 |
| Carburant requis pour atteindre la destination alternative..... | 5 |
| Carburant éventuel..... | 5 |
| Méthodologie de planification de carburant..... | 7 |
| Calcul de charge de carburant du plan de vol LFPG – WMKK..... | 12 |
| Étape 1, carburant pour le vol..... | 12 |
| Étape 2, carburant minimum à l’atterrissage..... | 13 |
| Étape 3, carburant alternative(s)..... | 13 |
| Étape 4, carburant éventuel..... | 14 |
| Étape 5, ajustement du carburant plan de vol..... | 15 |
| Étape 6, carburant de la phase taxi..... | 15 |
| Étape 7, déterminer l’altitude de croisière optimale..... | 15 |
| Étape 8, données FMC..... | 15 |
| Étape 9, document de planification de carburant renseigné..... | 16 |



Schématique de planification de carburant 747 - 400

(Unité de mesure lbs)

Poids à vide d'opération (BOW)..... 394 000 lbs

Charge utile : Cargo + passagers (Payload).....

Poids zéro carburant (ZFW).....
(Max 535 000 lbs)

poids zéro carburant (ZFW).....

+Carburant Minimum à l'atterrissage.....

+Carburant alternative.....

+Carburant éventuel.....

Poids planifié à l'atterrissage.....
(Max 630 000 lbs)

Poids planifié à l'atterrissage.....

+Carburant plan de vol.....

Poids brut planifié au décollage.....
(Max 875 000 lbs)

Poids brut planifié à l'atterrissage.....

+Carburant consommé phase taxi.....

Poids planifié phase taxi.....
(Max 877 000 lbs)

Ce schéma doit être utilisé pour garantir la conformité en rapport avec la limite des poids structurels.

Les équipages doivent vérifier avant que les poids planifiés au décollage et à l'atterrissage ne sont pas limités par les longueurs de piste départ et arrivée ou des altitudes de haute densité



Planification de la charge en carburant (lbs) pour le vol

Distance.....Quand il y a une différence entre la distance en milles air nautiques de vol et la table, interprétez en calculant le temps et le carburant requis pour le vol. Exemple : 5400 MAN est égal à 11 :35 et 230.0 en carburant.

La table est basée sur le calcul de vitesse ci-dessous :

Ascension.....250 KIAS à 10 000 pieds, 300 KIAS à FL310, Mach .80 au dessus de FL310

Croisière.....M .86 est l'altitude optimum pour le poids de l'avion (ou proc. STEP CLIMB)

Descente.....Mach .80 à FL340, 300 KIAS entre FL340 et 10 000 pieds, 250 KIAS en dessous de 10 000 pieds

Poids.....**La table est seulement valide pour un poids prévu à l'atterrissage de 475 000 lbs.**

Pour chaque 10 000 lbs, déviation au dessus (en dessous) de 475 000 lbs, additionne (soustrait) la correction de carburant consommé de la colonne 'Ajuster' en bas de la table.

Exemple : pour 4800 NAM à FL410 et 505 000 lbs poids à l'atterrissage prévu, carburant prévu égal à 198 000 lbs + [(700 lbs/HrX3) X 10.00H] = 198 000lbs + 21 000 lbs = 219 000 lbs carburant requis.

Table représentant la croisière à M .86 à l'altitude optimum (ou utiliser les procédures 'Step Cimb')

| Distance de vol MAN | Altitude (pieds) / vitesse vraie (noeuds) | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--|
| | FL410 / 479 | | FL390 / 479 | | FL370 / 479 | | FL350 / 481 | | FL330 / 486 | | FL310 / 488 | | |
| | Temps de vol (heure:minutes) et carburant consommé (lbs X 1000) | | | | | | | | | | | | |
| 8800 | | | | | | | | | | | | | |
| 8400 | 17:31 | 380.0 | 17:31 | 381.0 | 17:28 | 380.1 | 17:22 | 378.8 | 17:20 | 386.0 | | | |
| 8000 | 16:43 | 356.0 | 16:42 | 357.0 | 16:39 | 356.2 | 16:33 | 355.2 | 16:30 | 362.0 | 16:23 | 381.0 | |
| 7600 | 15:54 | 338.0 | 15:54 | 338.9 | 15:51 | 338.3 | 15:46 | 336.9 | 15:42 | 344.0 | 15:35 | 353.0 | |
| 7200 | 15:02 | 316.0 | 15:00 | 317.0 | 14:47 | 315.6 | 14:42 | 315.4 | 14:38 | 321.0 | 14:31 | 331.0 | |
| 6800 | 14:12 | 298.0 | 14:12 | 298.6 | 14:09 | 298.2 | 14:05 | 297.4 | 14:01 | 303.0 | 13:54 | 313.0 | |
| 6400 | 13:22 | 275.0 | 13:21 | 275.8 | 13:18 | 275.2 | 13:13 | 274.6 | 13:09 | 280.0 | 13:03 | 390.2 | |
| 6000 | 12:31 | 258.0 | 12:31 | 258.8 | 12:28 | 258.3 | 12:23 | 257.5 | 12:19 | 260.7 | 12:13 | 270.9 | |
| 5600 | 11:43 | 238.0 | 11:42 | 237.6 | 11:39 | 237.0 | 11:35 | 239.2 | 11:31 | 244.0 | 11:25 | 254.0 | |
| 5200 | 10:48 | 222.0 | 10:48 | 221.2 | 10:45 | 222.2 | 10:41 | 224.0 | 10:37 | 230.0 | 10:32 | 240.0 | |
| 4800 | 10:00 | 198.0 | 9:58 | 197.4 | 9:55 | 198.2 | 9:51 | 200.0 | 9:47 | 206.0 | 9:42 | 215.0 | |
| 4400 | 9:12 | 186.0 | 9:12 | 185.6 | 9:09 | 186.2 | 9:06 | 188.0 | 9:03 | 200.0 | 8:57 | 210.6 | |
| 4000 | 8:21 | 169.0 | 8:21 | 169.4 | 8:18 | 169.2 | 8:15 | 171.8 | 8:13 | 176.4 | 8:08 | 184.4 | |
| 3600 | 7:30 | 152.0 | 7:30 | 152.6 | 7:28 | 152.2 | 7:25 | 155.0 | 7:23 | 170.4 | 7:20 | 167.4 | |
| 3200 | 6:43 | 136.0 | 6:43 | 136.6 | 6:42 | 136.2 | 6:40 | 139.0 | 6:38 | 169.8 | 6:35 | 176.4 | |
| 2800 | 5:48 | 121.0 | 5:48 | 121.2 | 5:46 | 121.4 | 5:44 | 124.0 | 5:42 | 128.4 | 5:39 | 134.2 | |
| 2400 | 5:00 | 103.0 | 5:00 | 102.8 | 4:59 | 103.2 | 4:57 | 105.6 | 4:56 | 108.4 | 4:53 | 113.4 | |
| 2000 | 4:13 | 88.0 | 4:13 | 87.6 | 4:12 | 88.4 | 4:10 | 90.4 | 4:08 | 93.6 | 4:05 | 97.7 | |
| 1400 | 3:21 | 73.0 | 3:21 | 72.6 | 3:19 | 73.2 | 3:18 | 75.0 | 3:18 | 77.6 | 3:15 | 80.8 | |
| 1000 | 2:30 | 62.0 | 2:30 | 62.6 | 2:29 | 63.2 | 2:28 | 64.6 | 2:26 | 66.4 | 2:22 | 69.0 | |
| 800 | 1:41 | 46.5 | 1:41 | 47.2 | 1:39 | 48.0 | 1:39 | 48.8 | 1:37 | 50.0 | 1:34 | 51.6 | |
| 400 | 1:06 | 34.0 | 1:06 | 34.4 | 1:05 | 35.2 | 1:05 | 35.6 | 1:04 | 36.0 | 1:00 | 36.8 | |
| Ajuster: | 700lbs/hr | 880lbs/hr | 1000lbs/hr | 860lbs/hr | 680lbs/hr | 680lbs/hr | 320lbs/hr | | | | | | |

Carburant requis pour atteindre la destination alternative planifiée

| MAN alternative | Temps alternative | Poids à l'atterrissage pour alternative X 1000lbs | | |
|-----------------|-------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | | 430 lb to 475 lb [195kg to 215kg] | 476 lb to 540 lb [216kg to 245kg] | 541 lb to 630 lb [246kg to 285 kg] |
| 100 | 0:30 | 6600lb [3000kg] | 7200lb [3,300kg] | 8000lb [3600kg] |
| 200 | 0:41 | 11000lb [5000kg] | 11600lb [5250kg] | 13200lb [6000kg] |
| 300 | 0:57 | 14000lb [6400kg] | 15700lb [7100kg] | 17200lb [7800kg] |
| 400 | 1:10 | 17700lb [8000kg] | 19800lb [9000kg] | 21400lb [9700kg] |
| 500 | 1:20 | 21000lb [9500kg] | 22500lb [10200kg] | 25400lb [11500kg] |

- Basé sur l'altitude de croisière optimale
- La table suppose un atterrissage vers une alternative planifiée avec une seule procédure d'approche

Carburant éventuel

Carburant éventuel : dans les cas où l'équipe de vol ou le dispatcher peuvent rencontrer des changements de niveau de vol en route, ou des vitesses ou altitudes optimales requises durant le vol. Le calcul du carburant embarqué doit refléter en terme de temps total passé aussi bien pour les changements de niveau de vol en route, durant la phase d'approche du vol, la quantité de carburant supplémentaire consommé qui peut être nécessaire suite à des contraintes de l'ATC pouvant forçant l'avion à des vitesses et altitudes optimales.

Altitudes de croisière optimales et maximales

| Altitude | Poids optimum | Poids maximum | Temps pour poids carbu consommé |
|----------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| FL420 | 470,000lbs [213,000kg] | 520,000lbs [238,000kg] | - |
| FL410 | 500,000lbs [227,500kg] | 550,000lbs [250,000kg] | 1:42 |
| FL400 | 520,000lbs [238,000kg] | 570,000lbs [247,500kg] | 1:07 |
| FL390 | 550,000lbs [250,000kg] | 600,000lbs [272,500kg] | 1:35 |
| FL380 | 570,000lbs [247,500kg] | 630,000lbs [285,000kg] | 1:02 |
| FL370 | 600,000lbs [272,500kg] | 670,000lbs [305,000kg] | 1:22 |
| FL360 | 630,000lbs [285,000kg] | 700,000lbs [315,000kg] | 1:24 |
| FL350 | 670,000lbs [305,000kg] | 740,000lbs [335,000kg] | 1:36 |
| FL340 | 700,000lbs [315,000kg] | 770,000lbs [350,000kg] | 1:14 |
| FL330 | 740,000lbs [335,000kg] | 810,000lbs [367,500kg] | 1:27 |
| FL320 | 770,000lbs [350,000kg] | 840,000lbs [385,000kg] | 1:05 |
| FL310 | 810,000lbs [367,500kg] | 870,000lbs [395,000kg] | 1:26 |
| FL300 | 840,000lbs [385,000kg] | - | 1:00 |

Pour des raisons de planification de vol, les équipages devraient projeter les procédures ICAO 'Step Climb' pour simuler au mieux un profil ascensionnel en altitude optimale constante. Prévoir le carburant consommé de manière efficace en tenant compte des contraintes du système ATC.



Temps pour le poids en carburant consommé : La colonne temps pour le poids de carburant consommé fournit une estimation de combien de temps il faut pour consommer le carburant à un niveau de vol optimal indiqué dans le tableau ci-dessus, performances données par la table pour 4 moteurs Mach .86. Ces informations permettent aux équipages de planifier le temps de passage à chaque altitude, mais peut être utilisée comme aide à estimer le temps pour la plus haute altitude de vol de croisière qui peut être atteinte. [Exemple : décollage à 770 000 lbs pour un vol de six heures produira une altitude de croisière à FL320. Après six heures de vol de croisière, l'altitude de croisière optimale serait FL360.]

4 moteurs, croisière à Mach .86

| FL TAT | IAS TAS | Poids brut (x1000lbs) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|-----------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | 880.0 | 840.0 | 800.0 | 760.0 | 720.0 | 680.0 | 640.0 | 600.0 | 560.0 | 520.0 | 480.0 | 440.0 | |
| 420 | 230 | | | | | | | | | | 98.0 | 91.7 | 89.8 | |
| -26 | 475 | | | | | | | | | | 22.0 | 16.8 | 15.2 | |
| 410 | 235 | | | | | | | | | | 94.0 | 91.7 | 89.5 | |
| -26 | 475 | | | | | | | | | | 18.4 | 16.8 | 15.2 | |
| 400 | 240 | | N1% Carburant/Hr x 1000lbs | | | | | | | | 95.0 | 91.3 | 90.0 | 87.0 |
| -26 | 475 | | | | | | | | | | 22.0 | 18.0 | 17.2 | 14.8 |
| 390 | 246 | | | | | | | | | 93.7 | 92.6 | 91.4 | 89.7 | 87.2 |
| -26 | 475 | | | | | | | | | 20.0 | 19.2 | 18.4 | 16.8 | 14.8 |
| 380 | 252 | | | | | | | | 98.8 | 93.3 | 90.1 | 89.3 | 87.9 | 86.4 |
| -26 | 475 | | | | | | | | 27.2 | 22.0 | 19.2 | 18.0 | 17.2 | 16.0 |
| 370 | 258 | | | | | | | | 97.5 | 93.4 | 90.1 | 89.3 | 87.9 | 86.5 |
| -26 | 475 | | | | | | | | 26.0 | 22.0 | 18.8 | 18.0 | 17.2 | 16.0 |
| 360 | 264 | | | | | | | 97.2 | 91.5 | 90.0 | 88.7 | 88.0 | 86.7 | 86.3 |
| -26 | 475 | | | | | | | 28.4 | 22.0 | 20.0 | 19.2 | 18.8 | 17.6 | 16.4 |
| 350 | 276 | | | | | 98.5 | 95.2 | 91.5 | 90.0 | 88.7 | 88.2 | 86.7 | 85.3 | |
| -23 | 476 | | | | | 29.2 | 26.0 | 22.0 | 20.4 | 18.8 | 18.8 | 17.6 | 16.4 | |
| 340 | 289 | | | | 97.8 | 93.0 | 91.6 | 90.3 | 89.1 | 87.9 | 87.3 | 86.6 | 85.5 | |
| -21 | 480 | | | | 30.8 | 24.8 | 23.6 | 22.0 | 20.8 | 19.6 | 19.2 | 18.4 | 18.0 | |
| 330 | 296 | | | 99.0 | 95.7 | 94.9 | 90.9 | 89.6 | 88.9 | 87.9 | 87.3 | 86.6 | 85.5 | |
| -19 | 482 | | | 32.0 | 28.0 | 27.2 | 22.4 | 21.2 | 20.8 | 20.0 | 19.2 | 18.8 | 18.0 | |
| 320 | 302 | | 99.4 | 94.4 | 93.6 | 91.7 | 90.6 | 89.4 | 88.1 | 87.2 | 86.6 | 86.0 | 86.0 | |
| -17 | 484 | | 37.2 | 28.8 | 27.6 | 25.2 | 24.0 | 22.4 | 21.2 | 20.8 | 20.0 | 19.6 | 20.0 | |
| 310 | 309 | 99.5* | 96.7* | 93.6 | 92.3 | 91.7 | 90.6 | 89.4 | 88.3 | 87.2 | 86.6 | 86.0 | 85.3 | |
| -14 | 486 | 33.6 | 31.6 | 26.8 | 26.0 | 25.2 | 23.6 | 21.6 | 21.6 | 20.8 | 20.4 | 20.0 | 19.2 | |
| 300 | 316 | 95.9* | 93.4 | 92.4 | 91.3 | 90.8 | 89.7 | 88.7 | 87.6 | 87.4 | 86.4 | 85.8 | 85.3 | |
| -12 | 489 | 32.4 | 29.6 | 27.6 | 25.6 | 25.6 | 24.4 | 22.8 | 22.4 | 22.4 | 21.6 | 20.8 | 20.8 | |

La zone grisée représente approximativement le profil altitude optimal.

Ajustements :

La vitesse vraie (TAS) est en nœuds (knots) : additionner (soustraire) 1 nœud/degré C au dessus (en dessous) du standard.



Méthodologie de planification carburant

Vue d'ensemble : la planification précise du carburant n'est pas un procédé difficile, mais exige une compréhension des tables et termes expliqués plus haut dans le document.

Cette partie du document va expliquer un exercice typique de planification pour vous aider à comprendre le processus et quels sont les facteurs à considérer.

Pour cet exercice, un vol va être planifié en utilisant les conditions et paramètres ci-dessous :

Origine : KSFO, San Francisco
Destination : KIAD, Washington
Alternative : KJFK, New York

BOW : 394 000 lbs
Payload : 106 000 lbs
ZFW : 500 000 lbs

Distance : 2 400 mn

Vents : Vent dominant le long de la route
Vent arrière 75 nœuds

BOW : *Basic Operating Empty Weight*
Poids à vide d'opération

Payload *Charge cargo + passagers*

ZFW *Zero Fuel Weight*
Poids zéro carburant

Étape 1 : Utilisez la table de planification carburant de la page 3 et recherchez 2 400 mn dans la colonne 'distance de vol'. Déplacez-vous horizontalement vers la droite, la colonne détermine le temps de vol approximatif. Dans ce cas, pour 2 400 mn le temps de vol est de 5 heures (dépendant du niveau de vol).

Étape 2 : Multipliez le vent par l'estimation du temps de vol. Le vent supposé le long du trajet est de 75 nœuds.

Temps de route X composante du vent
5h00 -75 nœuds

(Note : vent contraire est un nombre positif, le vent arrière est un nombre négatif.)

Donc : $(5h00 \times -75 \text{ nœuds}) = -375$

En ajoutant le résultat à la distance de vol, cela donne le total de miles air nautiques.
 $(2\,400 \text{ mn} + -375 = 2\,025 \text{ MAN})$

Carburant requis estimé : de nouveau, utilisez la colonne 'Distance de vol MAN' en tenant compte de la nouvelle distance de vol en MAN et en tenant compte aussi de l'altitude de croisière. Dans ce cas, sélectionnez FL390 pour une distance de voyage de 2 000 MAN. Cela produit un temps/carburant estimé de 4h12 et 87 600 lbs de carburant à bord pour accomplir le vol. C'est important de comprendre que cela est une estimation de carburant et qu'il faut tenir compte de la schématique de planification de carburant présenté au début du document et l'utiliser pour planifier la charge.

Ajustement du calcul carburant : Maintenant que la charge en carburant estimé est calculée, il est temps d'affiner pour prendre en compte tous les stades possibles du vol.

Étape 1 : Carburant minimum à l'atterrissage : avec un vent arrière, nous savons que nous devons atterrir avec un minimum de carburant à l'atterrissage. Pour le 747 -400, il est communément accepté 24 000 lbs pour les vols internationaux et 19 000 lbs pour les vols de lignes intérieures ou vols courts.

Le vol KSFO-KIAD est un vol court pour le 747-400, et la côte Est des États Unis est abondante en aéroports pour les 747, donc nous choisirons d'utiliser 19 000 lbs comme 'carburant minimum à l'atterrissage' pour notre vol.



Tutorial de vol LFPG – WMKK

Note pour les utilisateurs avancés :

Si votre vol requière une seconde alternative en regard de l'exemption 3585 pour les alternatives minimums, calculer le carburant à l'aide de la table en page 4.

Étape 2 : carburant alternatif : nous disposons actuellement de 19000 lbs de carburant pour l'atterrissage, donc nous allons ajouter la quantité de carburant de KIAD – KJFK notre aéroport alternatif.

Se référer à la table 'Carburant requis pour atteinte la destination alternative' à la page 3.

Cette table exige deux informations :

- 1) A quelle distance est la destination alternative ?
- 2) Quel poids peut faire l'avion quand il atterrit à KJFK ?

La distante entre KIAD-KJFK est de 200 mn approximativement.

Le poids de l'avion à l'atterrissage peu être déterminé facilement en additionnant les 19 000 lbs de carburant minimum à l'atterrissage et le poids zéro carburant (ZFW) de l'avion pour le vol :

Dans de ce cas, l'avion pèse 500 000 lbs complètement chargé avec les passagers, les valises et cargo, mais sans le carburant.

A ce titre, notre poids à l'atterrissage à KJFK sera de :

$$\begin{array}{rcl} \text{ZFW} & + & \text{Min carb Atterr.} \\ 500\,000 \text{ lbs} & 19\,000 \text{ lbs} & = 519\,000 \text{ lbs} \end{array}$$

Avec cette information, utilisez la table 'Carburant requis pour atteinte la destination alternative' en utilisant la distance pour l'alternative avec le poids estimatif à l'atterrissage de l'avion pour la destination alternative.

La table indique 11 600 lbs de carburant consommé

pour l'alternative du vol.

Donc, le carburant total requis est :

$$19\,000 \text{ lbs} + 11\,600 \text{ lbs} = 30\,600 \text{ lbs}$$

Étape 3 : Carburant éventuel : déterminer si nous avons besoin de carburant éventuel dépendant largement des conditions météorologiques, problèmes connus du système du contrôle du trafic aérien et en général liée à l'expérience des pilotes.

Par exemple, si nous planifions un vol pour arriver le soir à KIAD, nous ne seront pas probablement concerné par des très longs vecteurs avant l'atterrissage. D'autre part, KIAD a tendance à être un aéroport très encombré vers 16h00 heure locale, ainsi si nous projetons d'atterrir vers 16h15, nous devrions considérer le fait que nous pourrions nous attendre à de très longs vecteurs pour l'atterrissage, ou bien à une météo dégradée en route.

Pour l'exercice, nous allons supposer que la météo est assez dégradée à KIAD pour exiger l'utilisation d'un aéroport alternatif dans la planification du vol, et donc nous allons supposer que nous allons atterrir vers 16h15 pendant le pic des arrivées de l'après midi.

A ce titre, nous choisissons d'ajouter un extra de 45 minutes de carburant pour être sûr de ne pas en manquer pour un circuit d'attente, ralentissements et de très longs vecteurs en approche finale.

Une bonne règle pour calculer le carburant éventuel complémentaire s'appuie sur une consommation moyenne de 18 000 lbs / heure.

Donc dans cas, nous choisissons d'ajouter 45 minutes de carburant ou : 13 500 lbs.

A ce point, nous avons tout le carburant exigé pour n'importe 'quel événements inhabituel', circuit d'attente, diversion, atterrissage vers un aéroport alternatif et éventuellement de longs vecteurs en approche finale.



Tutorial de vol LFPG – WMKK

Le carburant nécessaire est maintenant de :

$$19\,000 + 11\,600 + 13\,500 = 44\,100 \text{ lbs}$$

44 000 lbs et le carburant restant pour l'atterrissage à KIAD.

Si vous renseignez la page de planification de carburant (page 2 du document) :

| | |
|------------------------------------|---------|
| Zéro poids carburant (ZFW) | 500 000 |
| Carburant minimum à l'atterrissage | 19 000 |
| Carburant alternative | 11 600 |
| Carburant éventuel | 13 500 |
| | ===== |
| Poids planifié à l'atterrissage | 544 100 |

Étape 4 : carburant plan de vol : Maintenant que nous avons déterminé la quantité de carburant pour palier à toute éventualité, nous devons ajouter le carburant nécessaire pour le vol lui-même.

Pour le faire, prenons en compte le processus d'estimation exposé au début de l'exercice. Maintenant, nous devons affiner le calcul pour refléter exactement les conditions du vol.

Quand nous avons, à l'origine, estimé le carburant nécessaire au vol KSFO – KIAD, nous avons déterminé 87 600 lbs pour accomplir le vol en utilisant FL390 comme altitude de croisière finale.

Cette estimation est basée sur la table de la page 3, mais elle exige un affinement de calcul de la charge en carburant.

Une annotation faite sur l'explication du calcul nous indique que la table de la page 3 est valide pour un poids planifié à l'atterrissage de 475 000 lbs.

Dans notre cas, l'ajustement se fait sur la ligne 'Ajuster : ' au regard de la colonne FL390 et de la distance de vol. L'information est de 880 lbs / heure de temps de vol pour chaque 10 000 lbs au dessus de 475 000 lbs du poids à l'atterrissage par défaut.

Dans notre cas :

| | |
|---------------------------------|---------|
| Poids planifié à l'atterrissage | 544 100 |
| Poids valide pour la table | 475 000 |
| | ===== |
| Différence pour la table | 69 100 |

Pour calculer notre ajustement, arrondissons le nombre à 70 000 lbs.

$$\text{Ainsi } 70\,000 \text{ lbs} / 10\,000 \text{ lbs} = 7.$$

Notre ajustement final en carburant pour la partie de la croisière du vol est calculé ainsi :

$$(7 \times 880 \text{ lbs} = 6\,160 \text{ lbs (arrondi à } 6\,200 \text{ lbs par soucis de simplification)}) \times 5 \text{ h de vol} = 31\,000$$

Notre plan de vol maintenant est :

| | |
|-----------------------|---------|
| Estimation d'origine | 87 600 |
| Ajustement carburant | 31 000 |
| | ===== |
| Carburant plan de vol | 118 600 |

Le carburant total nécessaire pour le vol au départ de KSFO est :

| | |
|------------------------------------|----------|
| Carburant minimum à l'atterrissage | 19 000 |
| Carburant alternative | 11 600+ |
| Carburant éventuel | 13 500+ |
| Carburant plan de vol | 118 600+ |
| | ===== |
| | 162 700 |

Étape 5 : poids au décollage : Le calcul du poids au décollage est simple à faire, étant donné les informations que nous disposons :

| | |
|------------------------------------|----------|
| Poids zéro carburant (ZFW) | 500 000 |
| Carburant minimum à l'atterrissage | 19 000 |
| Carburant alternative | 11 600 |
| Carburant éventuel | 13 500 |
| | ===== |
| Poids planifié à l'atterrissage | 544 100 |
| Carburant plan de vol | 118 600+ |
| | ===== |
| Poids planifié au décollage | 662 700 |



Étape 6 : Déterminer l'altitude de croisière initiale

Le 747 est un grand appareil avec une large gamme de capacité. Quand il n'est pas trop chargé, il peut voler jusqu'à 41 000 pieds d'altitude. Quand il est lourdement chargé, l'avion commencera son vol en se stabilisant à 31 000 pieds jusqu'à consommer un certain poids en carburant.

Il n'est pas difficile de déterminer l'altitude de croisière initiale à partir du moment où le poids au décollage est connu.

Utilisez la table '**Altitudes de croisière optimales et maximales**' (page 4) pour déterminer l'altitude de croisière initiale pour le vol.

Utilisez le poids planifié au décollage de 637 900 lbs, recherchez dans la colonne 'poids optimum' jusqu'à trouver 630 000 lbs (arrondir le nombre quand vous utilisez la table).

Nous pouvons voir que l'altitude optimale initiale est de 36 000 pieds. Donc, nous pouvons aussi calculer les altitudes de croisière optimales au cours du vol vers KIAD.

Pour le faire, observez les temps dans la colonne, à l'extrémité droite de la table. Selon les éléments fournis, cela prendra 1h24 pour consommer assez de carburant pour envisager une nouvelle altitude optimale durant le vol.

En répétant cet exercice quelques fois, nous savons que le vol doit durer 4h13, donc nous pouvons continuer à empiler en remontant la colonne de la table comme suit :

$$1h24 + 1h22 + 1h02 = 3h48$$

Pour dire : 1h24 dans le vol, nous devons monter de FL360 à FL370. Ensuite, 1h22 plus tard, nous devrions nous attendre à monter à FL380 et 1h02 plus tard une montée à FL390.

Pour ce vol, nous devrions monter initialement à FL360, ensuite monter progressivement à FL390 avant de commencer notre descente vers KIAD.

Avons-nous encore un facteur à considérer !

Les vols allant vers l'Est sont tenus d'opérer à des altitudes impaires, tandis que ceux allant vers l'Ouest opèrent à des altitudes paires. Ainsi, FL360 n'est pas disponible du fait que nous allons voler vers l'Est, donc nous devons limiter notre ascension initiale de départ, nous allons consommer assez de carburant pour atteindre FL370 (1h22 pour le vol).

La façon de trouver une altitude optimale est rendue bien plus facile par les calculs 'Step Climb' du FMC-CDU et, est expliqué en détail dans le chapitre d'utilisation du FMC (manuel PMDG).

Le carburant consommé durant la croisière peut-être calculé en soustrayant simplement les profils dans la colonne poids optimum au regard de l'altitude optimale, ou en déterminant manuellement le carburant consommé à chaque altitude par l'utilisation de la table 'quatre moteurs, croisière Mach .86'.

Par simple soustraction des profils de la table d'altitude optimale, il apparaît que 80 000 lbs de carburant serait consommé pour cet exemple en se servant de la table à la page 4 :

| Alt optimale | Poids optimum |
|--------------|---------------|
| FL360 | 650 000 lbs |
| FL390 | - 550 000 lbs |
| | ===== |
| | 80 000 lbs |

Cela coïncide de près avec le profil d'estimation d'origine à 88 700 lbs.

Une deuxième méthode légèrement plus complexe pour calculer le carburant nécessaire, consiste à utiliser la table 'quatre moteurs, croisière Mach .86' en se servant de l'altitude de croisière initiale (FL350) et du poids de croisière initiale (631 700 lbs dans cet exemple), il peut être déterminé que l'avion consommera 21.6 ou 21 600 lbs / heure de carburant (ce profil est une interprétation entre 640 000 lbs et 600 000 lbs de la colonne 'poids brut' de la table).



Ce profil carburant peut-être utilisé pour déterminer combien de temps cela prendra pour le carburant se consomme et que l'avion atteigne l'altitude de croisière optimale la plus haute. Dans cet exemple, cela sera la différence entre 631 600 lbs de l'altitude de croisière initiale FL350 et le poids optimal de 600 000 lbs à FL370 (31 700 lbs).

$31\,700 \text{ lbs} / 21\,600 \text{ lbs} / \text{heure} = 1,46$ soit 1h28

Suivant le même procédé, le carburant consommé avant l'ascension vers des altitudes optimales successives peut être déterminé.

Ce procédé peut être utilisé pour chaque nouvelle altitude planifiée pour finalement calculer le carburant total pour un vol.

Ceci est important, partant du principe il n'est pas toujours possible de déterminer l'ascension à une altitude de croisière suivante et d'estimer le carburant consommé. Par exemple, si les restrictions ATC limitent l'altitude de croisière initiale à FL320, ou si les restrictions ATC maintiennent le vol à une altitude plus basse que celle considérée comme optimale, le carburant consommé sera donc différent au regard de la planification de la table de 'planification carburant' ou la 'table altitudes optimales et maximales'. (Il est nécessaire d'utiliser la charge de carburant éventuel).

Il est important que les équipages planifient leur charge de carburant basé sur des éventualités raisonnables sur leur vol. S'il est entendu que l'avion sera tenu à une altitude plus basse, la planification de la charge de carburant garantira que l'avion puisse arriver avec des réserves suffisantes aux destinations planifiées et/ou alternatives.

Dans tous les cas, les équipages devraient surveiller constamment le carburant réellement consommé du carburant planifié. Sur des longs rayons d'action, au dessus de l'eau, au dessus de zones habitées, la première détection d'inexactitude dans la planification du carburant est essentielle pour la sécurité du vol.

Carburant et FMC : L'utilisation du FMC est couverte par un chapitre du manuel du PMDG mais nous allons prendre en compte la planification du carburant :

Beaucoup d'équipages peuvent trouver favorable en entrant les données de vol, de saisir la 'RESERVES' carburant située dans la page INIT PERF du FMC. Cette entrée est généralement constituée par :

Carburant minimum à l'atterrissage +
Carburant alternatif +
Entre 0h30 et 1h00 de carburant

Dans le cas du vol KSFO-KIAD, nous entrons les valeurs suivantes :

| | |
|------------------------------------|--------|
| Carburant minimum à l'atterrissage | 19 000 |
| Carburant alternative | 11 600 |
| ½ carburant éventuel (22 mn) | 6 600 |
| | ===== |
| Entrée RESERVES FMC | 37 200 |

Dès que cette entrée est faite dans la ligne RESERVES du FMC-CDU, le système intégré de contrôle alertera l'équipage qu'il atterrira avec moins de 37 200 lbs de carburant à bord à la destination.

Cette alerte se présente sous la forme d'un avertissement 'INSUFFICIENT FUEL' dans le FMC-CDU. Cette alerte n'indique pas que n'avez pas assez de carburant pour atteindre votre destination ou alternative. Cela vous indique tout simplement qu'à l'atterrissage, vous aurez moins de la moitié du carburant éventuel, plus tout le carburant pour atteindre l'aéroport alternatif.

Dans cette circonstance, l'équipage doit faire attention aux événements éventuels durant l'approche, comme n'importe quel retard qui peut être critique ou approche manquée. Cela signifie qu'il peut manquer de carburant pour l'atterrissage à l'aéroport alternatif.



Tutorial de vol LFPG – WMKK

Étape 2 : Carburant minimum à l'atterrissage

- Vol international 24 000 lbs
- Vol intérieur ou court 19 000 lbs

Cela va nous servir de base de calcul pour déterminer le carburant nécessaire aux alternatives.

Schématique de planification de carburant 747 - 400
(Unité de mesure lbs)

| | |
|---|--|
| Poids à vide d'opération (BOW)..... | 394 000 lbs |
| Charge utile : Cargo + passagers (Payload)..... | 103 800 |
| Poids zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 <small>(Max 535 000 lbs)</small> |
| poids zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 |
| +Carburant Minimum à l'atterrissage..... | 24 000 |

Étape 3 : Carburant alternative(s)

- Connaitre le poids à l'atterrissage sur l'aéroport alternatif
- Connaitre la distance entre l'aéroport alternatif et l'aéroport de destination
- Utiliser la table 'Carburant requis pour atteindre la destination alternative planifiée'

Pour le tutorial, il y a 2 aéroports alternatifs. Pour faire simple, on se servira du poids à l'atterrissage pour les 2 aéroports alternatifs en additionnant les 2 parcours qui sont 25 mn pour WMSA et 160 mn pour WSSS.

Poids à l'atterrissage → 528 000 lbs arrondi ($503\ 800 + 24\ 000 = 527\ 800$ lbs)

Distance pour les alternatives → 200 mn arrondi (WMSA = 25mn + WSSS 160 mn = 185 mn)

Utilisons la table pour 533 000 lbs et 200 mn de distance.

| MAN alternative | Temps alternative | Poids à l'atterrissage pour alternative X 1000lbs | | |
|-----------------|-------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | | 430 lb to 475 lb [195kg to 215kg] | 476 lb to 540 lb [216kg to 245kg] | 541 lb to 630 lb [246kg to 285 kg] |
| 100 | 0:30 | 6600lb [3000kg] | 7200lb [3,300kg] | 8000lb [3600kg] |
| 200 | 0:41 | 11000lb [5000kg] | 11600lb [5250kg] | 13200lb [6000kg] |
| 300 | 0:57 | 14000lb [6400kg] | 15700lb [7100kg] | 17200lb [7800kg] |
| 400 | 1:10 | 17700lb [8000kg] | 19800lb [9000kg] | 21400lb [9700kg] |
| 500 | 1:20 | 21000lb [9500kg] | 22500lb [10200kg] | 25400lb [11500kg] |

| | |
|--|---------|
| poids zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 |
| +Carburant Minimum à l'atterrissage..... | 24 000 |
| +Carburant alternative..... | 11 600 |



Tutorial de vol LFPG – WMKK

Étape 4 : carburant éventuel

La règle de calcul s'appuie sur une consommation moyenne de 18000 lbs à l'heure. On considère cela comme un extra en cas de circuit d'attente, de longs vecteurs en approche finale etc.

Nous allons prendre 45 mn de carburant éventuel → 13 500 lbs

Intermède : le point sur notre schématique de planification de carburant

Regardons notre planification de plus près

| Schématique de planification de carburant 747 - 400 | |
|---|-------------------|
| (Unité de mesure lbs) | |
| Poids à vide d'opération (BOW)..... | 394 000 lbs |
| Charge utile : Cargo + passagers (Payload)..... | 104 800 |
| Poids zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 |
| | (Max 535 000 lbs) |
| pois zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 |
| +Carburant Minimum à l'atterrissage..... | 24 000 |
| +Carburant alternative..... | 11 600 |
| +Carburant éventuel..... | 13 500 |
| Poids planifié à l'atterrissage..... | 552 900 |
| | (Max 630 000 lbs) |

Cette schématique tient compte de la limite des poids structurels de 747-400

Le poids zéro carburant est en dessous de la limite des 535 000 lbs

Le poids planifié à l'atterrissage est en dessous de la limite des 630 000 lbs

Actuellement, nous totalisons en carburant un poids de 49 100 lbs (24 000 + 11 600 + 13 500)

La prochaine étape consiste à ajuster le carburant pour le vol



Tutorial de vol LFPG – WMKK

Étape 5 : ajustement de la charge de carburant pour le plan de vol

La table est seulement valide pour un poids prévu à l'atterrissage de 475 000 lbs.

Pour chaque 10 000 lbs, déviation au dessus (en dessous) de 475 000 lbs, additionne (soustrait) la correction de carburant consommé de la colonne 'Ajuster' en bas de la table

| | |
|--|---|
| Poids à l'atterrissage | 552 900 lbs |
| Poids à l'atterrissage par défaut | 475 000 lbs |
| | ===== |
| Différence | 77 900 lbs arrondi à 78 000 lbs |
| | |
| Coefficient déterminé | 78 000 lbs / 10 000 = 7,8 |
| Ajustement de la table FL 310 | 320 lbs / heure ← |
| Temps de vol de la table estimé à | 11h37 |
| | |
| (7,8 X 320) x 11,62 (en 100 ^{ième} d'heure) | 29 000 lbs d'ajustement arrondi |
| Carburant du plan de vol | + 268 000 lbs (voir calcul à l'étape 1) |
| | ===== |
| Carburant ajusté | 297 000 lbs pour le plan de vol |

| 86 | FL310 / 488 | |
|-------|-------------|-----------|
| 1000) | | |
| 6.0 | | |
| 7.0 | 16:23 | 381.0 |
| 8.0 | 15:35 | 353.0 |
| 9.0 | 14:31 | 331.0 |
| 10.0 | 13:54 | 313.0 |
| 11.0 | 13:03 | 290.2 |
| 12.0 | 12:13 | 270.9 |
| 13.0 | 11:25 | 254.0 |
| 14.0 | 10:32 | 240.0 |
| 15.0 | 9:42 | 215.0 |
| 16.0 | 8:57 | 210.6 |
| 17.0 | 8:08 | 184.4 |
| 18.0 | 7:20 | 167.4 |
| 19.0 | 6:35 | 176.4 |
| 20.0 | 5:39 | 134.2 |
| 21.0 | 4:53 | 113.4 |
| 22.0 | 4:05 | 97.7 |
| 23.0 | 3:15 | 80.8 |
| 24.0 | 2:22 | 69.0 |
| 25.0 | 1:34 | 51.6 |
| 26.0 | 1:00 | 36.8 |
| | ● | 320lbs/hr |

Étape 6 : carburant de la phase taxi

La charge en carburant estimé pour la phase taxi → 4 000 lbs

Étape 7 : Déterminer l'altitude de croisière optimale

Je ne rentrerai pas dans le détail. Le FMC le calcule pour nous après introduction du plan de vol et après avoir renseigné la page PERF INIT. Il faut donc calculer la charge en carburant pour les nouveaux paliers de vol optimisés (voir l'explication plus haut dans le document). Dans notre cas, l'ATC nous impose un niveau de vol constant à FL310. Donc lors de la programmation du FMC, nous ne tiendrons pas compte ses niveaux de croisière en fin de vol.

Étape 8 : Données FMC

| | |
|---|--------------------|
| <u>Emport en carburant :</u> | |
| Carburant minimum à l'atterrissage | 24 000 lbs |
| Carburant alternatives | + 11 600 lbs |
| Carburant éventuel | + 13 500 lbs |
| Carburant plan de vol | + 297 000 lbs |
| Carburant taxi (valeur large) | + 4 000 lbs |
| | ===== |
| Total carburant | 350 100 lbs |
| Total emport carburant (arrondi) | 350 000 lbs |



Tutorial de vol LFPG – WMKK

Calcul de la réserve :

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| Carburant minimum à l'atterrissage | 24 000 lbs |
| Carburant alternative | + 11 600 lbs |
| ½ Carburant éventuel | + 6 750 lbs |
| | ===== |
| Réserves | 42 350 lbs |
| Réserves FMC | 43 000 lbs |

Étape 9 : document de planification de carburant renseigné

Schématique de planification de carburant 747 - 400
(Unité de mesure lbs)

| | |
|--|--|
| Poids à vide d'opération (BOW)..... | 394 000 lbs |
| Charge utile : Cargo + passagers (Payload)..... | 104 800 |
| Poids zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 <small>(Max 535 000 lbs)</small> |
| poids zéro carburant (ZFW)..... | 503 800 |
| +Carburant Minimum à l'atterrissage..... | 24 000 |
| +Carburant alternative..... | 11 600 |
| +Carburant éventuel..... | 13 500 |
| Poids planifié à l'atterrissage..... | 552 900 <small>(Max 630 000 lbs)</small> |
| Poids planifié à l'atterrissage..... | 552 900 |
| +Carburant plan de vol..... | 297 000 |
| Poids brut planifié au décollage..... | 849 900 <small>(Max 875 000 lbs)</small> |
| Poids brut planifié à l'atterrissage..... | 849 900 |
| +Carburant consommé phase taxi..... | 4 000 |
| Poids planifié phase taxi..... | 853 900 <small>(Max 877 000 lbs)</small> |
| <p style="margin-left: 40px;">Départ carburant 350 000 lbs</p> <p style="margin-left: 40px;">Réserves Fmc 43 000 lbs</p> <p style="margin-left: 40px;">—</p> | |

Ce schéma doit être utilisé pour garantir la conformité en rapport avec la limite des poids structurels.

Les équipages doivent vérifier avant que les poids planifiés au décollage et à l'atterrissage ne sont pas limités par les longueurs de piste départ et arrivée ou des altitudes de haute densité