

Les vols transatlantiques

par Stephan Chedlivili

IVAO FRANCE — Training Section

Mai 2005

Traverser l'Atlantique... Voilà ce que je vous propose avec ce petit tutorial. Il n'a pas la prétention de l'exhaustivité mais il pourra servir de base à tous ceux qui veulent donner une touche un peu plus *réaliste* à leurs vols sur IVAO. Je vous propose donc de me suivre dans la préparation d'un vol Charles de Gaulle, New York.

On y abordera divers aspects : préparation du vol, emport de carburant, météo, déroutements, organisation des « tracks » de l'Atlantique nord, phraséologie particulière etc.

Tout au long de ce guide, j'essaierai de vous montrer comment on peut préparer minutieusement un vol Paris New-York. Sur IVAO, certaines parties que je vais exposer dans ce tutorial seront sans intérêt. Mais pour ceux qui aiment s'astreindre à un certain réalisme, ce tutorial pourra certainement répondre à des questions que l'on se pose souvent :

- Où puis-je trouver la météo qui prévaudra sur mon vol ;
- quelle quantité de carburant dois-je embarquer ?
- quelle est la phraséo de l'Atlantique Nord ?
- etc.

Il me fallait faire un choix quant au type d'appareil utilisé. J'ai opté pour le 747-400 que je connais le mieux. Mais on pourra bien sûr adapter tout ce qui suit pour d'autres types d'appareil.

J'espère que vous aimerez ce petit guide. Commençons donc sans plus attendre.

1 Introduction

L'appareil est donc au parking à Charles de Gaulle (LFPG). Il s'agit d'un Boeing 747-400, équipé de 4 réacteurs CF6. Cet appareil possède les caractéristiques suivantes :

- masse à vide (OEM) de 180 tonnes ;
- masse maximale au décollage (MTOG) de 396.8 tonnes ;
- masse maximale à l'atterrissage (MLW) de 285.7 tonnes ;
- masse maximale à vide (ZFW) de 243 tonnes
- quantité maximale de fuel : 177 tonnes.

Notre vol pour New-York étant très fréquenté, notre appareil sera rempli au maximum de ses passagers. Son poids à vide hors carburant (ZFW) sera arbitrairement de 242.6 tonnes ; ce qui correspond à 51 tonnes de fret, passagers et bagages.

Le décor est planté, nous pouvons commencer.

2 Plan de vol

Pour aller de Paris à New York, on peut grosso modo découper le vol en trois tronçons différents :

- la partie européenne ;
- la partie transatlantique ;
- la partie américaine.

Le but du plan de vol étant d'avoir une route « standard » pour aller d'un point A vers un point B¹ on peut imaginer qu'il existe une infinité de plans de vols possibles. Or nous voulons coller au plus près de la réalité. Nous essaierons donc de construire un plan de vol qui ne soit pas trop fantaisiste.

Mais nous allons faire mieux que ça ! Nous allons construire trois plans de vols différents, pour bien faire comprendre les subtilités des vols transatlantiques. Pourquoi trois me direz-vous... Eh bien, vous le verrez dans la suite...

La partie européenne n'étant pas d'un intérêt fou, je vous propose les trois alternatives suivantes pour le départ :

- Route 1 : EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN542 KORIB
- Route 2 : EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN559 NURSI UN551 NIBOG
- Route 3 : EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 LND UM142 MALOT

Bien entendu ces 3 portions de routes sont valides (au jour où j'écris ces lignes).

3 Partie océanique

Nous voilà arrivés au cœur du problème. Il s'agit de déterminer comment on va traverser l'Atlantique nord. Quelques généralités ne font pas de mal. Allons-y donc !

3.1 Généralités

La région de l'Atlantique nord est une des plus denses au niveau du trafic aérien. Des centaines de vols empruntent ces routes quotidiennement. Il a fallu donc trouver un moyen d'organiser ce flux de trafic. Ceci a été fait au travers d'un système de routes appelé NAT (North Atlantic Tracks).

La préférence des compagnies aériennes et les différences de fuseau horaire entre autres, ont pour effet de canaliser en deux courants principaux une grande partie du trafic aérien sur l'Atlantique Nord : un flux vers l'ouest au départ de l'Europe dans la matinée, et un flux vers l'est au départ de l'Amérique du Nord dans la soirée. Il y a donc concentration unidirectionnelle de la plus grande partie du trafic, avec des pointes en direction de l'ouest entre 1130 et 1800 UTC, et en direction de l'est entre 0100 et 0800 UTC.

De plus en raison des contraintes de séparation horizontale et de la largeur limitée de la bande des altitudes économiques, l'espace aérien est très encombré aux heures de pointe.

Pour toutes ces raisons et afin d'assurer le meilleur service possible à la plus grande partie du trafic tout en tenant compte des conditions météo, un système de routes organisées est établi toutes les 12 heures. Tous les facteurs connus sont pris en considération pour faire place au plus grand nombre possible d'avions et pour offrir un choix de route qui soit viable et aussi proche que possible des trajectoires à prix de revient minimum.

1. on consultera avec profit le tutorial sur les plans de vol

Les deux systèmes de routes les plus importants sont le système des routes organisées (OTS : Organised Track System) et les routes polaires (PTS : Polar Track System).

Ce système et ce choix de routes est mis à jour quotidiennement. Les routes vers l'ouest sont publiées aux alentours de 0000 UTC et celles vers l'est aux alentours de 1200 UTC.

En ce qui nous concerne, nous allons nous concentrer sur les OTS passant sur l'Atlantique nord, et laisser les PTS pour un autre tutorial...

3.2 Les NATs

Avant toute chose, voici l'adresse à connaître si l'on veut avoir les NATs tels qu'ils sont publiés quotidiennement :

<http://www.natroutes.glideslope.de/>

Vous trouverez à cette adresse de nombreuses informations et notamment un logiciel (NATPLOT) permettant de visualiser ces fameuses routes.

Sans rentrer dans des détails fastidieux, voici ce qu'on doit savoir pour décoder un fichier de NATs. Le plus simple est de prendre un exemple et de le commenter. Pour info, voici des extraits du fichier que j'ai pris ce jour. On pourra consulter avec profit le fichier *in extenso* qui se trouve en annexe de ce tutorial.

3.2.1 Entete

```
ATC DELAYS AND ADVISORIES
ATCSCC ADVZY 020 DCC 04/19/05 NORTH ATLANTIC TRACK ADVISORY_RQD
```

```
VALID: 04192100Z - 04200500Z
```

```
AIRCRAFT DEPARTING JFK PLEASE FILE THE FOLLOWING ROUTES TO MINIMIZE
DEPARTURE DELAYS DESTINED TO EUROPE:
```

```
TRACK T/  JFK.BETTE3.ACK..WHALE.N29B.RAFIN.TRAKT
TRACK U/  JFK.HAPIE3.YAHOO..VITOL.N21C.JAROM.TRAKU
TRACK V/  JFK.HAPIE3.YAHOO..DOVEY.TRAKV
TRACK W/  JFK..SHIPP..LINND..LACKS..JOBOS.TRAKW
TRACK X/  JFK..SHIPP..LINND.R56.SLATN.TRAKX
```

Le fichier est relativement fourni et touffu, mais on ne va y piocher que ce qui nous intéresse. Pour info, avec un peu d'habitude, on arrive à décoder la plupart des informations, et je ne vais pas m'étendre plus en avant sur ce qui est dans ce fichier. L'exemple de l'entête ci-dessus est relativement parlant.

3.2.2 NATs vers l'est

Le fichier contient deux parties principales : les routes vers l'est et celles vers l'ouest. Les routes vers l'est sont contenues dans la partie suivante du fichier :

```
NAT-1/2 TRACKS FLS 310/400 INCLUSIVE
APR 20/0100Z TO APR 20/0800Z
```

```
PART ONE OF TWO PARTS-
```

On voit qu'elles sont valables pour la journée du 20 avril entre 0100Z et 0800Z. Les niveaux de vols autorisés sont compris entre le 310 et le 400.

Puis viennent les routes proprement dites :

```
T RAFIN VODOR 45/50 48/40 51/30 52/20 MALOT BURAK
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR N29B N33C-
```

```
U JAROM BOBTU 44/50 47/40 50/30 51/20 LIMRI DOLIP
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR N21C N25B-
```

...

END OF PART ONE OF TWO PARTS

Pour ne pas encombrer trop le tutorial, je n'ai mis ici que deux routes sur les 5 possibles.

Regardons de plus près comment est définie la route U par exemple. Pour ce décortiquons ligne par ligne les informations contenues dans le fichier.

```
U JAROM BOBTU 44/50 47/40 50/30 51/20 LIMRI DOLIP
```

- U : il s'agit du track U
- JAROM BOBTU 44/50 47/40 . . . : donne les points qui constituent notre route

Pour les points du genre 45/50, quelques explications sont nécessaires. En effet, vous voyez qu'il ne s'agit pas d'un fix connu, mais ça en a la saveur... Il s'agit en fait de coordonnées géographiques. En l'occurrence, 44/50 représente le point de latitude N44 00' 00" et de longitude W050 00' 00". Ce qui suffit pour positionner ce point et le considérer comme un point classique.

On peut donc ainsi savoir par où passe notre track U. L'image ci dessous nous montre le track U tel qu'il est défini ci-dessus.



FIG. 1 – Track U du 20 avril 2005

Continuons à analyser notre fichier. Après l'indication de la route, on trouve les deux lignes suivantes :

```
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
```

Elles sont relativement simples à comprendre.

Sur le track U on ne pourra aller vers l'ouest (WEST LVLS NIL) en revanche, les niveaux pour aller vers l'est sont tous ceux compris entre le 320 et le 400.

Restent deux lignes qui semblent un peu plus mystérieuses.

```
EUR RTS EAST NIL
NAR N21C N25B-
```

Il s'agit simplement des routes que l'on doit emprunter pour rallier les points d'entrée de nos tracks.

Toujours dans notre exemple, EUR RTS EAST NIL indique qu'il n'y a pas de routes aériennes du côté européen à utiliser, contrairement à NAR N21C N25B- qui indique qu'il faut prendre la route (NAR = North Atlantic Route) N21C ou N25B pour se rendre sur JAROM.

3.2.3 NATs vers l'ouest

Le même principe s'applique évidemment aux routes allant vers l'ouest. Voici un exemple de ce qu'on peut trouver :

```
A GOMUP 58/20 58/30 57/40 55/50 OYSTR STEAM
EAST LVLS NIL
WEST LVLS 310 320 330 340 350 360 370 380 390
EUR RTS WEST GINGA
NAR N224E N228B N230C N232E-
```

Je n'entrerai pas plus dans les détails, l'explication étant la même que pour les routes allant vers l'est.

3.2.4 Ensemble des routes

L'ensemble de ces routes constitue donc les routes NAT valables pour une journée. L'image ci-dessous illustre l'organisation des NATS pour la journée du 20 avril. J'ai utilisé le logiciel NATPLOT disponible ici : <http://ourworld.cs.com/bobraemer/ownnav/natplot.zip>. Les routes vers l'est sont en rouge et celles vers l'ouest en noir.

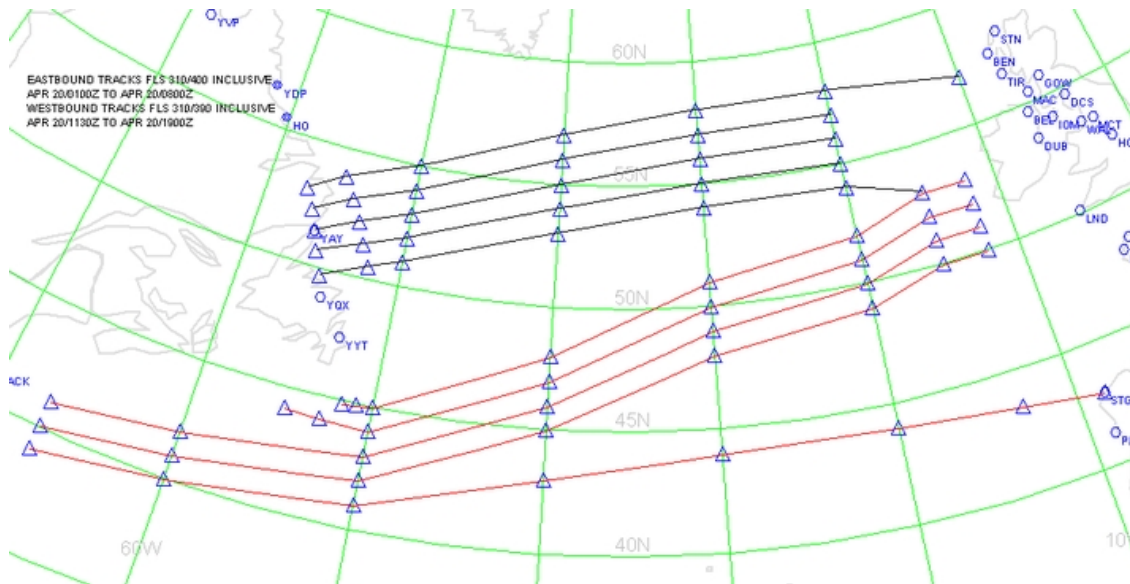


FIG. 2 – Tracks du 20 avril 2005

3.3 Utilisation des Nats

Après ces petites (?) digressions, j'espère que vous n'avez pas oublié qu'on a un Boeing 747-400 à faire traverser l'Atlantique ! Revenons donc à nos moutons.

Si vous vous souvenez, nous avons 3 plans de vols qui nous amenaient au début de la traversée atlantique. Pour info, les voici à nouveau :

- EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN542 KORIB
- EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN559 NURSI UN551 NIBOG
- EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 LND UM142 MALOT

Puisque ces plans de vols nous amènent à l'entrée de l'Atlantique, il va falloir choisir le bon NAT. Regardons ça de plus près.

Si on décortique le fichier des NATs, nous voyons les lignes suivantes :

```
E MALOT 54/20 54/30 53/40 51/50 DENDU CYMON
D KORIB VENER 55/20 55/30 54/40 52/50 CRONO DOTTY
C NIBOG ETARI 56/20 56/30 55/40 53/50 HECKK YAY
```

Comme vous avez bien suivi ce qui précède, vous voyez de suite qu'il s'agit des tracks E, D et C qui démarrent respectivement sur les points MALOT, KORIB et NIBOG.

Mais, mais... ! Ce sont les points de la fin de nos routes européennes ! On dirait que c'est fait exprès... C'est fait exprès !

On a donc aucun mal à relier notre route européenne avec les tracks correspondant. Nous avons donc pas mal avancé. On est déjà de l'autre côté de l'Atlantique. Voici donc ce que donnent nos routes :

- Route 1 : EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN542 KORIB puis le track D
- Route 2 : EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN559 NURSI UN551 NIBOG puis le track C.

– Route 3 : EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 LND UM142 MALOT puis le track E

Pour information, voici ce que ça donne graphiquement pour la route 3 :

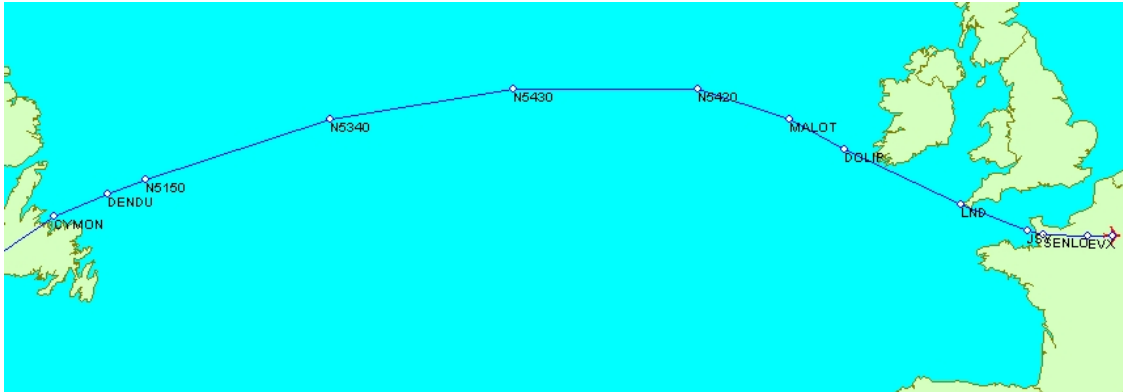


FIG. 3 – Route 3

On arrive presque au bout de nos peines. Il suffit maintenant juste de raccorder les arrivées de nos tracks avec des routes américaines pour arriver sur New York.

Continuons à décortiquer notre fichier des NATs. Pour le track E, on a la ligne suivante :

NAR N142B N148B

Ca signifie qu'il faut sortir de ce track par les routes N142B ou N148B après le point CYMON (qui fait partie du track E).

Si on visualise ces routes, on voit que la N142B nous convient bien (cf. figure ci après).

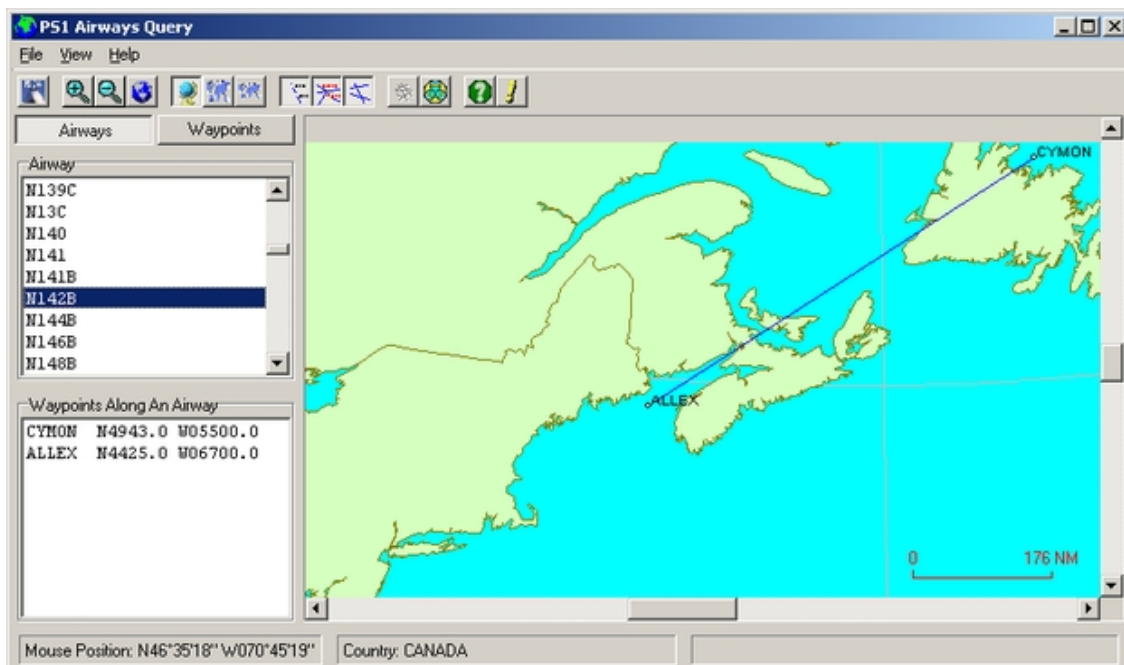


FIG. 4 – Route N142B

On touche au but ! On n'est plus très loin de New York. Pour finir on peut sans soucis prendre comme route une direct sur le VOR de Kennebunk (ENE)

Et voilà ! Nous avons fini notre route pour New York. Ça nous donne au final pour la route 3 :

```
EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 LND UM142 MALOT
54/20 54/30 53/40 51/50 DENDU CYMON N142B ALLEX DCT ENE
```

Ou d'une façon plus condensé,

```
EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 LND UM142 MALOT NATE CYMON N142B
ALLEX DCT ENE
```

Ce qui donne graphiquement la route suivante :

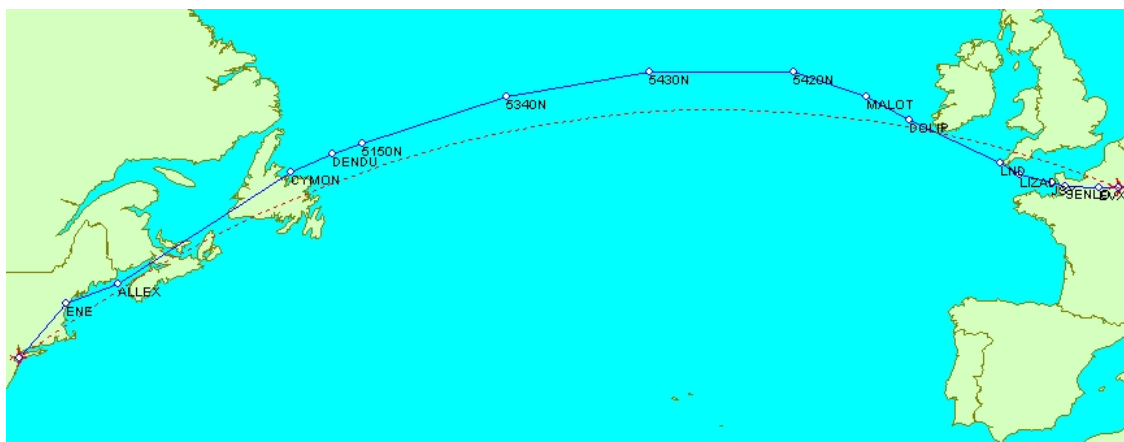


FIG. 5 – Route 3

Pour les deux autres routes, la démarche est exactement la même, je ne la détaille donc pas. Ça nous donne donc pour les routes 1 et 2 :

```
EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 LIZAD UN160SHA UN542 KORIB NATD DOTTY
N160C ALEXX DCT ENE
```

```
EVX UT300 SENLO UN502 JSY UN160 SHA UN559 NURSI UN551 NIBOG NATC YAY
N184B TOPPS DCT ENE
```

4 Météo

Nous voilà donc en possession de trois plans de vol à destination de New York. On a déjà pas mal avancé mais on est toujours à Paris... Aller, on ne perd pas courage et on continue notre planification. Une fois qu'on a nos routes, passons à ce qui va nous préoccuper : la météo.

En effet, il ne faut pas oublier que de puissants vents (les jetstream) soufflent en altitude d'ouest en est à des vitesses relativement élevées. Il faut donc tenir compte de ces vents afin de déterminer combien de carburant on va emporter : on consomme bien moins en marchant avec le vent que contre le vent.

4.1 Cartes et données météorologiques

Le but de cette partie est d'établir quelle sera la météo le long de notre route et par dessus tout, quels seront les vents en altitude, nous permettant de calculer notre consommation et donc l'import de fuel nécessaire.

Il existe une multitude de sites permettant de récupérer les météo. Je vous conseille fortement d'aller fouiner sur le site suivant :

<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

C'est mon préféré, mais il en existe des tas d'autres selon les goûts de chacun.

Il permet de sélectionner la zone géographique ainsi que l'heure de la prévision. En exemple voici les prévisions des vents au dessus de Paris aujourd'hui.

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
1000.0	168	14.8	5.8	55	5.81	250	6	287.9	304.6	289.0
977.0	363	10.6	3.6	62	5.10	250	8	285.6	300.2	286.5
925.0	813	6.6	1.6	70	4.67	250	12	286.1	299.5	286.9
850.0	1499	0.4	-2.3	82	3.82	255	18	286.6	297.7	287.2
822.0	1766	-2.1	-4.0	87	3.47	256	20	286.7	296.8	287.3
766.0	2324	-5.7	-6.0	98	3.20	258	25	288.6	298.1	289.2
736.0	2636	-7.7	-8.2	96	2.81	259	28	289.8	298.2	290.2
720.0	2806	-8.9	-10.7	87	2.36	259	29	290.2	297.4	290.7
700.0	3024	-9.7	-13.3	75	1.97	260	31	291.7	297.8	292.1
679.0	3259	-10.5	-16.5	61	1.56	261	33	293.4	298.3	293.6
649.0	3605	-11.9	-32.9	16	0.37	263	37	295.6	296.9	295.7
603.0	4160	-16.4	-25.6	45	0.79	265	42	296.7	299.4	296.9
582.0	4428	-18.5	-22.1	73	1.12	266	49	297.2	300.9	297.4

Ce fichier n'est pas très dur à comprendre. Il dit entre autres qu'à 3605 mètres, la température est de -11.9 C, que le vent souffle du 263 pour 37 nœuds.

On peut donc ainsi pour toute notre route trouver quels sont les vents qui soufflent et avec quelle force. Ceci nous sera particulièrement utile pour trouver quelle sera notre consommation de carburant.

Revenons un instant sur les jetstream et par pure curiosité, regardons quels sont les vents qui prédominent au FL340 par exemple.

En choisissant la bonne carte, on voit les données suivantes :

PRES	HGHT	TEMP	DWPT	RELH	MIXR	DRCT	SKNT	THTA	THTE	THTV
hPa	m	C	C	%	g/kg	deg	knot	K	K	K
[...]										
237.7	10668	-58.8	-64.3	49	0.03	315	57	323.1	323.2	323.1
226.4	10973	-59.2	-65.8	42	0.02	310	55	327.1	327.2	327.1
206.0	11565	-59.9	-68.9	30	0.02	325	51	334.9	335.0	334.9
205.4	11582	-59.9	-68.9	30	0.02	325	51	335.2	335.3	335.2
200.0	11750	-59.5	-68.5	30	0.02	310	57	338.4	338.5	338.4
198.0	11813	-59.1	-69.1	26	0.02	308	57	340.0	340.1	340.0
[...]										

À 11150 mètres (FL340 environ) le vent est du 310 pour 55 nœuds. Il faudra en tenir compte pour notre navigation.

5 Carburant

L'effervescence près de notre 747 a monté d'un cran... En effet, voici le camion citerne qui vient remplir nos réservoir de kérosène. Et là une question nous étreint : mais combien de carburant nous faut-il ? On ne va pas simplement demander le plein car le kérosène coûte cher et alourdit l'avion, augmentant ainsi les coûts... Aller, on va essayer de calculer au plus juste notre consommation. Vous êtes prêts ? Allons-y !

5.1 Généralités

L'emport de carburant obéit à des règles bien précises. Pour simplifier voici comment se divise la quantité de kérosène à embarquer :

- trajet proprement dit ;
- déroutement ;
- attentes ;
- roulage ;
- réserves diverses et légales.

Je ne vais pas rentrer dans les détails sur les différents aspects légaux de l'emport de carburant, et on va se contenter des 4 ou 5 points listés ci-dessus.

Commençons par le plus compliqué : le trajet proprement dit.

5.2 Carburant trajet

Il existe plusieurs façons de calculer le carburant utilisé pour un trajet. La plus simple consiste à dire : « Bon, mon petit 747 consomme du 11.5 tonnes en moyenne à l'heure². Le voyage pour New York dure environ 7h, on a donc besoin de $12 \times 7 = 82.5$ tonnes de fuel »

Et hop le tour est joué (et on verra que c'est une bonne approximation). Mais me direz-vous, comment connaître le temps de vol ? Là encore, rien de plus simple, on connaît la distance de notre vol (3187 nm) il suffit de diviser par la vitesse sol et c'est gagné ! Mais.... quelle est notre vitesse sol ? Justement, c'est là que ça se complique, il faut tenir compte de nombreux paramètres, dont le vent, d'où notre petit laïus sur la météo...

Procédons dans l'ordre et commençons par un calcul sans vent.

5.2.1 Vent nul

Bien qu'irréaliste, nous allons nous placer dans le cas où le vent est nul.

En consultant les tables de performances³, on voit que la consommation idéale est de 10.2T de fuel par heure.

Si on se place donc dans des conditions idéales, avec vent nul, on aura un temps de parcours qui ne sera pas loin de $3187 \div 498 = 6.4$ heures.⁴

Ce qui donne donc, toujours avec vent nul, une consommation totale de $10.2 \times 6.45 = 65.3$ T

Et voilà le travail. Facile non ? Facile peut être, mais si on embarque juste cette quantité là on risque d'avoir quelques petits soucis avant notre arrivée à New York. En effet, il faut tenir compte du vent qui va nous ralentir durant le trajet.

2. valeur empirique calculée au fur et à mesure de mes vols en 747,

3. voir table en annexe

4. 498 kt correspond à la vitesse sol sans vent au FL340, tel que donné dans les tables en annexe B de ce document

5.2.2 Vents réels

On va essayer d'estimer les vents qu'on rencontrera lors de notre petit voyage. Vous n'avez pas oublié nos petites cartes météo de la partie précédente ? Si oui je vous donne 5 minutes pour vous rafraîchir la mémoire. Ca y est ? Aller, on y va. Le but de la manœuvre est de diviser notre vol en plusieurs secteurs et de regarder quel vent est prévu sur ce secteur. Comme je l'ai dit plus haut, on va prendre en compte 4 stations météo. Voici ce que ça donne :

Station météo	Altitude en mètres	Niveau	Température	Direction vent	Vitesse vent
3808	9310	305	-44.7	250	70
3808	10004	328	-50.7	250	69
3808	10052	330	-51.1	250	69
3808	10297	338	-53.3	255	64
3808	10500	344	-55.1	250	63
3808	10603	348	-56.1	251	63
3808	11330	372	-62.1	255	67
3953	9730	319	-50.4	245	97
3953	10370	340	-55.9	240	95
3953	10629	349	-58.3	240	95
3953	10950	359	-59.5	240	95
3953	11174	367	-60.3	240	89
3953	11289	370	-60.1	242	82
3953	11560	379	-55	245	66
YYT	9777	321	-50.3	304	44
YYT	10460	343	-55.1	310	53
YYT	11069	363	-60.7	317	49
YYT	11850	389	-65.3	330	42
WSA	9144	300	-45.7	200	56
WSA	10430	342	-55.7	195	55
WSA	10715	352	-58.1	195	54
WSA	11278	370	-61.5	200	62
WSA	11582	380	-63.4	205	56

Mettons maintenant ces vents en face des points de notre route.

Fix	Station	Niveau	Dir. vent	Vitesse vent	Route	Distance	Angle	Correction	GS	Temps
EVX	3808	340	250	60	271	51.9	-20.7	56.1	438.9	7.1
SENLO	3808	340	250	60	273	93.9	-23.3	55.1	439.9	12.8
JSY	3808	340	250	60	284	35.0	-33.6	50.0	445.0	4.7
LIZAD	3808	340	250	60	285	92.4	-34.7	49.4	445.6	12.4
NAKID	3808	340	250	60	306	13.6	-55.7	33.8	461.2	1.8
LND	3808	340	250	60	303	46.5	-52.9	36.2	458.8	6.1
LESLU	3953	340	240	95	301	104.1	-60.9	46.2	448.8	13.9
DOLIP	3953	340	240	95	293	161.0	-53.4	56.6	438.4	22.0
MALOT	3953	340	240	95	300	124.9	-59.9	47.7	447.3	16.8
5420N	3953	340	240	95	291	188.2	-50.6	60.3	434.7	26.0
5430N	3953	340	240	95	274	352.4	-34.0	78.7	416.3	50.8
5340N	YYT	340	310	53	265	361.6	45.5	37.2	457.8	47.4
5150N	YYT	340	310	53	256	388.0	54.0	31.1	463.9	50.2
DENDU	YYT	340	310	53	250	84.0	60.1	26.4	468.6	10.8
CYMON	YYT	340	310	53	249	122.3	61.5	25.3	469.7	15.6
ALLEX	WSA	340	195	55	242	583.4	-46.6	37.8	457.2	76.6
ENE	WSA	340	195	55	250	166.8	-55.2	31.4	463.6	21.6
JFK	WSA	340	195	55	221	218.6	-26.3	49.3	445.7	29.4

Ce tableau un peu aride mérite quelques explications. Les cinq premières colonnes sont évidentes, on les a déjà vues précédemment. Les six colonnes suivantes sont dans l'ordre :

- Route : route magnétique du point précédent au point suivant. Par exemple, on suivra (sans vent) le cap 300 pour aller de DOLIP à MALOT.
- Distance : c'est la distance (en NM) entre deux points. Par exemple, il y a 35 NM entre SENLO et JSY.
- Angle : c'est l'angle que fait notre route avec la direction du vent (dans le sens trigonométrique⁵). Par exemple, entre LDN et LESNU, on a -60 degrés.
- Correction : c'est la composante du vent selon notre route. Par exemple, entre MALOT et 5420N, on aura un vent de face de 60.3 kt⁶.
- GS : est la vitesse sol résultante. Par exemple, entre CYMON et ALLEX notre vitesse sol sera de 457 kt.
- Temps : comme son nom l'indique il s'agit du temps de parcours entre deux points.

Tout le but de ce tableau est de trouver la durée de notre vol et ainsi de connaître la quantité de carburant nécessaire. En sommant toutes les durées du tableau, on arrive à un temps de parcours de : 7h05. Ce qui nous donne maintenant, une consommation de carburant de

$$10.2 \times 7.09 = 72.3T$$

5.2.3 Remarques

Les calculs effectués ci dessus sont en fait des calculs approchés mais largement suffisants pour nos vols sur IVAO. On a procédé à quelques approximations :

- on a considéré que le vent était constant dans chaque zone ;
- on n'a pas pris en compte les différents niveaux de vols ; on ne va pas faire notre vol scotché au FL340, mais on va monter au fur et à mesure qu'on s'allège.
- on n'a pas pris en compte la température de l'atmosphère qui joue aussi sur la consommation
- etc.

Cependant, au final, on a une très bonne approximation de ce que notre 747 consommera. Il vous est ensuite loisible, après quelques vols, de rajouter un coefficient multiplicatif dans vos calculs, ou d'utiliser des méthodes un peu plus complexes que je donnerai à titre d'information un peu plus tard.

5.3 Emport final du carburant

Voilà, maintenant qu'on a calculé au plus juste notre consommation de carburant sur la route, il nous reste la partie la plus simple à faire : le calcul du carburant total à emporter.

Cette quantité totale prend en compte le roulage, le déroutement ainsi que diverses autres obligations légales. En voici le détail :

- Roulage : le 747 consomme environ 5.1 T de carburant par heure lors du roulage. Si on considère que le temps de roulage sera de 15 minutes, on va donc emporter : $0.25 \times 5.1 \approx 1.3T$

5. Aïe... j'ai conscience d'avoir employé un gros mot, veuillez m'en excuser

6. Et pour ceux qui n'ont pas peur des grossièretés : $V_r = V \cdot \cos \alpha$, avec V : vitesse du vent et α l'angle fait avec notre route

- Déroutement : Idéalement on devrait refaire le calcul ci dessus pour le déroutement. Mais on va juste faire un calcul approché. Notre aéroport de déroutement est La Guardia (KEWR) distant de 20 nm. En regardant nos tables de consommation, ça nous donne environ 3T de kérosène pour un vol au FL50.
- Réserve des 5 % : on doit, selon la réglementation OACI rajouter 5 % du carburant calculé pour la route. Ce qui nous donne : $72.3 \times 0.05 = 3.6T$
- Réserve d'attente : toujours selon l'OACI, on doit pouvoir tourner 30 minutes à 1500 pieds au dessus de l'aéroport de dégagement. Ce qui nous donne une consommation de 4.2 T.

Et voilà, tout est fini. On a calculé tout ce dont on avait besoin. Il suffit de faire une bête addition, et notre emport minimal de carburant sera donc au final de :

$$1.3 + 72.3 + 3 + 3.6 + 4.2 = 84.4T$$

5.4 Choix de la route

Maintenant qu'on sait calculer précisément le carburant nécessaire à notre trajet, on va pouvoir choisir notre route. En effet, si vous vous souvenez, on avait commencé avec trois plans de vols différents.

On va appliquer la méthode explicitée ci-dessus à nos deux autres plans et on saura ainsi quelle est la route la plus économique ! Comme je suis généreux, je ne vais pas vous infliger à nouveau tous les calculs. Je me bornerai à vous donner les résultats de consommation.

Numéro	Distance	Durée	Carburant
1	3240	7h15	85.3
2	3310	7h12	84.9
3	3187	7h06	84.4

Et que remarque-t'on ? Tout d'abord que j'ai bien fait de choisir la route 3 pour les calculs... (ouf ! sinon j'aurai eu l'air bête...). Puis que la route 3 demande moins de carburant que la route 2, malgré une distance plus importante ! Ceci est dû aux vents qui soufflent plus modérément sur la route 2. Si on avait eu à choisir entre les routes 1 et 2, on aurait donc pris la 2 malgré une distance plus élevée.

5.5 Alternative plus exacte

Tout au long des calculs précédents, on a fait des approximations que certains trouveront *grossières*. Pour ceux là, je vous propose une feuille Excel qui permet de mener les calculs d'une façon bien plus précise encore. C'est d'ailleurs à partir de cette feuille que je me suis inspiré pour ce tutorial.

Elle est disponible à cette adresse :

<http://www.hoppie.nl/pslfplan/>

Je n'entrerai pas dans son fonctionnement car c'est relativement complexe. Mais en lisant le mode d'emploi et en y passant quelque temps le jeu en vaut la chandelle. Pour info, la figure 7 page 16 nous donne un aperçu de ce que fait cette feuille.

6 Phraséologie et procédures

Nous voilà maintenant tranquillement en croisière au FL340. Tout se passe bien, quand tout à coup vous vous souvenez que passer l'Atlantique nécessite des clairances et une phraséo particulière...

Regardons ça d'un peu plus près.

6.1 Clairance pour traverser l'Atlantique

Tout appareil avant de pénétrer dans la partie océanique (couverte par Shanwick, EGGX) doit recevoir une clairance en bonne et due forme. C'est une clairance classique qui mentionne la route suivie sur l'Atlantique nord. Comme évidemment tout se passe en anglais, voici ce qu'on doit dire :

- AFR002 : Shanwick Oceanic, AFR002, request clearance to KJFK
- EGGX : AFR002, pass your message
- AFR002 : AFR002, request KJFK via track E at FL340 and Mach 0.86 estimate MALOT at 1902
- EGGX : AFR002 cleared to KJFK along track E at FL340 mach 0.86. Cross MALOT not before 1855, clearance expires at 1905

Voilà donc une phraséo standard qu'il n'est pas besoin de traduire. Notez la dernière partie de la clairance qui donne des restrictions en ce qui concerne les horaires de passage (n'oubliez pas que l'Atlantique nord est très très fréquenté).

6.2 Séparations

La partie Océanique de notre traversée se fait en RVSM. On a donc une séparation verticale standard de 1000 pieds jusqu'au niveau 400.

La séparation horizontale doit être de 60 nautiques pour deux appareils au même niveau de vol et évoluant sur deux tracks différents.

Les appareils évoluant sur un même track et au même niveau, doivent impérativement être séparés de 10 minutes.

6.2.1 Points de report

Comme l'espace aérien au dessus de l'Atlantique est très fréquenté et qu'il n'y a pas (et pour cause !) de surveillance radar, tous les appareils doivent faire des reports réguliers de leur position aux contrôleurs, afin que ceux ci puissent les identifier. Les reports de positions se font de la sorte, toujours en anglais :

- AFR002 : Shanwick, AFR002, position report.
- EGGX : AFR002, Shanwick, go ahead.
- AFR002 : Shanwick, AFR002 reporting 5420N at 2014Z, FL340, mach decimal 86. Estimating 5430N at 2055Z, 5340N next.
- EGGX : AFR002 reporting 5420N at 2014Z, FL340, mach decimal 86. Estimating 5430N at 2055Z, 5340N next.

Ce report permet donc au contrôleur de savoir exactement où est le trafic car il ne dispose d'aucun radar ! Ceux-ci doivent se faire à des moments précis :

- lors du passage d'un des points du track
- lors d'une demande de changement de niveau de vol
- lorsque 45 minutes se sont écoulées depuis la dernière transmission
- en sortant de l'espace océanique.

7 Fin du vol

Et voilà, juste devant vous se profile la piste 13L de JFK. Tout s'est bien passé et vous savez maintenant comment traverser l'Atlantique.

Toutes ces procédures se veulent proches de la réalité, mais elles ne correspondent sans doute pas à ce qui se passe exactement au dessus de l'Atlantique... En tous cas elles suffisent largement à nos navigations sur IVAO.

Je vous souhaite de bons vols, et à la prochaine !

PS1FPLAN 2.0													
943	03	ALC>	VSG	CFG>	744P60	REG>	F-CHEd	SEL>	AFBG	NAV>	SXWDHIJRY		
CDG	JFK	ACFT>	CHEd	PAYLD>	51.000	PLD OV>							
ALTNS>	EWR	TOA>		HLD>		TXIB>	15	ETOPS>					
FUEL>		XTRA>		MEL>		ETP ADD							
RMKS>													
DX>	STEPHAN CHEDLIVLI			MTOW>	356.4	MLWT>	281.8	PZFW>	231.0	XZFW>	242.6		
TKOF	TRWY >	26R	TTMP>	31	TFLP>	10	QNH>	1009.00	A/I>	OFF	A/C>	OFF	
LNDG	LRWY >	31R	LTMP>	12	LFLP>	25	QNH>	29.92	A/I>	OFF	W/D>	WET	
STD>	2245	Z	STA>	0635	Z	SPD>	M86	CR MDE>	STEP	ALT>			
RT>	03J		PFL>										
DD>	E		ERA>					ETP>					
RR/PNT>		RR/ARPT>		RR/ALT>		RR/CRZ>		SF>		EF>		ICE>	N
FP RESULTS													
	TAXI	BURN	ALTN	5 PCT	INT HLD	CONT	ETP ADD	TOTAL	PLD	FOA			
FUEL >	1.3	70.7	2.9	2.7	4.2	0.0	0.0	81.9	9.9				
TIME >	0015	0706	0015	0020	0030	0000							
	RDMIN	RDFRQ	RDFOB	RDXTRA		PTOG	XTOG	PLWT	XLWT				
RDSP >					WGTS>	311.6	356.4	240.9	281.8				
	ETP1	ETP2	ETP3	ETP4									
ARVL >													

FIG. 7 – Calculs Excels

A Performances 747

Les deux tableaux ci-dessous donnent la vitesse du 747 ainsi que son niveau de vol optimal en fonction de sa masse.

FL	IAS	TAS
260	358	516
270	351	513
280	343	511
290	336	509
300	329	507
310	322	505
320	315	502
330	308	500
340	301	498
350	295	496
360	288	493
370	282	493
380	275	493
390	269	493
400	263	493
410	257	493
420	251	493
430	245	493
440	239	493
450	234	493

Poids en tonnes	FL optimal
200	430
220	410
240	390
260	380
280	360
300	350
320	330
340	320
360	310
380	300
400	290

B Consommation en carburant

Ce tableau résume la consommation de carburant en kilos par moteur selon la masse totale de l'avion (horizontal) et le niveau de vol (vertical). Il est tiré de la feuille Excel dont je vous ai parlé en 5.5

FL	Masse en tonnes	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	
450		1745	1849	1972																			
440		1735	1827	1930	2052	2199																	
430		1735	1816	1907	2010	2129	2273																
420		1747	1816	1896	1987	2088	2203	2342															
410		1767	1828	1896	1976	2066	2165	2276	2408	2562													
400		1795	1848	1909	1977	2055	2143	2240	2348	2473	2619												
390		1831	1877	1931	1991	2058	2134	2220	2314	2418	2536	2674	2831										
380		1873	1915	1961	2014	2073	2139	2213	2296	2386	2486	2598	2728	2876									
370		1921	1959	2001	2047	2099	2157	2221	2293	2372	2459	2555	2552	2784	2922	3079							
360		1975	2010	2048	2090	2135	2186	2243	2305	2374	2451	2535	2628	2730	2844	2975	3120	3284					
350		2044	2078	2114	2152	2193	2238	2288	2343	2404	2471	2546	2629	2719	2818	2927	3050	3187	3338				
340		2117	2150	2184	2220	2258	2299	2343	2391	2445	2505	2569	2643	2724	2813	2910	3016	3133	3263	3404	3558		
330		2192	2225	2258	2293	2329	2366	2407	2451	2497	2550	2608	2672	2742	2821	2908	3003	3107	3219	3342	3477	3622	
320		2273	2302	2335	2369	2403	2439	2477	2516	2560	2606	2658	2715	2777	2845	2921	3005	3097	3197	3306	3422	3550	
310		2358	2385	2415	2448	2481	2516	2551	2589	2628	2671	2717	2768	2824	2886	2953	3026	3106	3195	3291	3394	3507	
300		2455	2475	2502	2531	2564	2597	2632	2667	2704	2743	2785	2832	2881	2937	2997	3063	3134	3211	3296	3388	3489	
290		2563	2575	2595	2623	2652	2685	2718	2752	2787	2824	2863	2904	2950	2999	3053	3112	3177	3246	3320	3401	3491	
280		2680	2687	2700	2721	2748	2777	2810	2843	2877	2912	2948	2987	3029	3073	3122	3173	3231	3294	3361	3433	3512	
270		2804	2809	2817	2830	2850	2877	2907	2939	2972	3006	3041	3078	3116	3157	3204	3249	3299	3354	3415	3481	3553	
260		2936	2938	2943	2951	2964	2984	3011	3040	3072	3105	3139	3174	3211	3250	3291	3334	3380	3431	3484	3541	3607	

C Fichier NAT du 20 avril 2005

ATC DELAYS AND ADVISORIES
ATCSCC ADVZY 020 DCC 04/19/05 NORTH ATLANTIC TRACK ADVISORY_RQD

VALID: 04192100Z - 04200500Z

AIRCRAFT DEPARTING JFK PLEASE FILE THE FOLLOWING ROUTES TO MINIMIZE
DEPARTURE DELAYS DESTINED TO EUROPE:

TRACK T/ JFK.BETTE3.ACK..WHALE.N29B.RAFIN.TRAKT
TRACK U/ JFK.HAPIE3.YAHOO..VITOL.N21C.JAROM.TRAKU
TRACK V/ JFK.HAPIE3.YAHOO..DOVEY.TRAKV
TRACK W/ JFK..SHIPP..LINND..LACKS..JOBLOC.TRAKW
TRACK X/ JFK..SHIPP..LINND.R56.SLATN.TRAKX

AIRCRAFT DEPARTING EWR PLEASE FILE THE FOLLOWING TO MINIMIZE
DEPARTURE DELAYS GOING TO EUROPE:

TRACK T/ EWR..MERIT..HFD..PUT..BOS..WHALE.N29B.RAFIN.TRAKT
TRACK U/ EWR..MERIT..HFD..PUT..BOS..VITOL.N21C.JAROM.TRAKU
TRACK V/ EWR..DIXIE.V276.PREPI..OWENZ..LINND..DOVEY.TRAKV
TRACK W/ EWR..DIXIE.V276.PREPI..OWENZ..LINND..JOBLOC.TRAKW

TRACK X/ EWR..DIXIE.V276.PREPI..OWENZ..LINND.R56.SLATN.TRAKX

AIRCRAFT REQUESTING ROUTES OVER WHALE PLEASE FILE:
VIA J174.RIFLE..ACK..DIRECT

AIRCRAFT REQUESTING ROUTES OVER VITOL PLEASE FILE:
VIA J174.RIFLE..YAHOO..DIRECT

AIRCRAFT REQUESTING ROUTES OVER DOVEY/JOBLOC/SLATN PLEASE FILE:
VIA J174.ORB.AR9.ZIBUT..LARGE..LACKS..DIRECT

DC METRO DEPARTURES VIA WHALE PLEASE FILE:
VIA PALEO.V44.SIE.J121.SHLEP..ACK..DIRECT OR
VIA SWANN.V268.BROSS.J42.RBV..ACK..DIRECT

DC METRO DEPARTURES VIA VITOL PLEASE FILE:
VIA PALEO.V44.SIE.J121.SHLEP..YAHOO..DIRECT OR
VIA SWANN.V268.BROSS.J42.RBV..YAHOO..DIRECT

DC METRO DEPARTURES VIA DOVEY/JOBLOC/SLATN PLEASE FILE:
VIA PALEO.V44.SIE.B24.LYNUS..LACKS..DIRECT

ACFT DEPARTING PHL VIA WHALE PLEASE FILE:
VIA PHL..DITCH.V312.DRIFT.J121.SHLEP..ACK..DIRECT

ACFT DEPARTING PHL VIA VITOL PLEASE FILE:
VIA PHL..DITCH.V312.DRIFT.J121.SHLEP..YAHOO..DIRECT

ACFT DEPARTING PHL VIA DOVEY/JOBLOC/SLATN PLEASE FILE:
VIA PHL..DITCH..OWENZ..LINND..LACKS..DIRECT

*NO ACCESS TO TRAKS Y/Z VIA A699 OR A700.
OPERATORS MAY FILE A699/A700 TO ACCESS NATT AND POINTS NORTH, BUT

CAN EXPECT AT OR BELOW FL300 UNTIL ENTERING CANADIAN AIRSPACE AT
ENGLE OR FOCUS.

ANY QUESTIONS CALL ZBW TMU AT 603-879-6666, ZNY TMU 631-468-1078,
OR ZDC TMU 703-771-3504

191415-200500
05/04/19 14:16 FSA.//

NAT-1/2 TRACKS FLS 310/400 INCLUSIVE
APR 20/0100Z TO APR 20/0800Z

PART ONE OF TWO PARTS-

T RAFIN VODOR 45/50 48/40 51/30 52/20 MALOT BURAK
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR N29B N33C-

U JAROM BOBTU 44/50 47/40 50/30 51/20 LIMRI DOLIP
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR N21C N25B-

V DOVEY 42/60 43/50 46/40 49/30 50/20 DINIM GIPER
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR NIL-

W JOBOC 41/60 42/50 45/40 48/30 49/20 SOMAX KENUK
EAST LVLS 320 330 340 350 360 370 380 390 400
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR NIL-

X SLATN 40/60 41/50 43/40 44/30 44/20 MUDOS STG
EAST LVLS 330 350 370
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR NIL-

END OF PART ONE OF TWO PARTS

NAT-2/2 TRACKS FLS 310/400 INCLUSIVE
APR 20/0100Z TO APR 20/0800Z

PART TWO OF TWO PARTS-

Y LAZEY 34/60 39/50 42/40 45/30 48/20 BEDRA GUNSO
EAST LVLS 310 340 380 390
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR NIL-

Z 29/60 36/50 40/40 44/30 47/20 48/15 ETIKI REGHI

EAST LVLS 310 340 380
WEST LVLS NIL
EUR RTS EAST NIL
NAR NIL-

REMARKS:

1. TRACK MESSAGE IDENTIFICATION NUMBER IS 110 AND OPERATORS ARE REMINDED TO INCLUDE THE TMI NUMBER AS PART OF THE OCEANIC CLEARANCE READ BACK.
2. CLEARANCE DELIVERY FREQUENCY ASSIGNMENTS FOR AIRCRAFT OPERATING FROM MOATT TO BOBTU INCLUSIVE:
MOATT TO SCROD 128.7
OYSTR TO YAY 135.45
DOTTY TO VIXUN 135.05
YYT TO BANCS 128.45
RAFIN TO BOBTU 119.42
3. 80 PERCENT OF GROSS NAVIGATIONAL ERRORS RESULT FROM POOR COCKPIT PROCEDURES. ALWAYS CARRY OUT PROPER WAYPOINT CHECKS.
4. OPERATORS SHOULD NOTE THAT NERS IDENTIFIER IS NOT TO BE INCLUDED IN FIELD 15 OF THE FLIGHT PLAN UNDER ANY CIRCUMSTANCES.
5. NAT FLIGHT PLANNING RESTRICTIONS IN FORCE FOR AIRCRAFT TRANSITING BETWEEN NEW YORK OCEANIC AND CANADIAN DOMESTIC AIRSPACE. REFER TO NOTAM CZQX A2939/05.

END OF PART TWO OF TWO PARTS

A GOMUP 58/20 58/30 57/40 55/50 OYSTR STEAM
EAST LVLS NIL
WEST LVLS 310 320 330 340 350 360 370 380 390
EUR RTS WEST GINGA
NAR N224E N228B N230C N232E-

B MIMKU BILTO 57/20 57/30 56/40 54/50 CARPE REDBY
EAST LVLS NIL
WEST LVLS 310 320 330 340 350 360 370 380 390
EUR RTS WEST MORAG
NAR N204B N206C N210E-

C NIBOG ETARI 56/20 56/30 55/40 53/50 HECKK YAY
EAST LVLS NIL
WEST LVLS 310 320 330 340 350 360 370 380 390
EUR RTS WEST NURSI
NAR N184B N188B N192C-

D KORIB VENER 55/20 55/30 54/40 52/50 CRONO DOTTY
EAST LVLS NIL
WEST LVLS 310 320 330 340 350 360 370 380 390
EUR RTS WEST BABAN
NAR N160C N164B-

E MALOT 54/20 54/30 53/40 51/50 DENDU CYMON
EAST LVLS NIL

WEST LVLS 310 320 330 340 350 360 370 380 390
EUR RTS WEST BURAK
NAR N142B N148B-

REMARKS.

1. TRACK MESSAGE IDENTIFICATION NUMBER IS 110 AND OPERATORS ARE REMINDED TO INCLUDE THE TMI NUMBER AS PART OF THE OCEANIC CLEARANCE READ BACK.
 2. MNPS AIRSPACE EXTENDS FROM FL285 TO FL420. OPERATORS ARE REMINDED THAT SPECIFIC MNPS APPROVAL IS REQUIRED TO FLY IN THIS AIRSPACE. IN ADDITION, RVSM APPROVAL IS REQUIRED TO FLY BETWEEN FL290 AND FL410 INCLUSIVE.
 3. EIGHTY PERCENT OF GROSS NAVIGATION ERRORS RESULT FROM POOR COCKPIT PROCEDURES. ALWAYS CARRY OUT PROPER WAY POINT CHECKS.
 4. NAT FLIGHT PLANNING RESTRICTIONS IN FORCE FOR AIRCRAFT TRANSITING BETWEEN NEW YORK OCEANIC AND CANADIAN DOMESTIC AIRSPACE.
- NOTAM CZQX A2939/05 REFERS.-
END OF PART TWO OF TWO PARTS

Table des matières

1	Introduction	1
2	Plan de vol	2
3	Partie océanique	2
3.1	Généralités	2
3.2	Les NATs	3
3.2.1	Entete	3
3.2.2	NATs vers l'est	3
3.2.3	NATs vers l'ouest	5
3.2.4	Ensemble des routes	5
3.3	Utilisation des Nats	6
4	Météo	8
4.1	Cartes et données météorologiques	9
4.2	Météo de notre vol	10
5	Carburant	11
5.1	Généralités	11
5.2	Carburant trajet	11
5.2.1	Vent nul	11
5.2.2	Vents réels	12
5.2.3	Remarques	13
5.3	Emport final du carburant	13
5.4	Choix de la route	14
5.5	Alternative plus exacte	14
6	Phraséologie et procédures	14
6.1	Clairance pour traverser l'Atlantique	15
6.2	Séparations	15
6.2.1	Points de report	15
7	Fin du vol	16
A	Performances 747	17
B	Consommation en carburant	18
C	Fichier NAT du 20 avril 2005	19