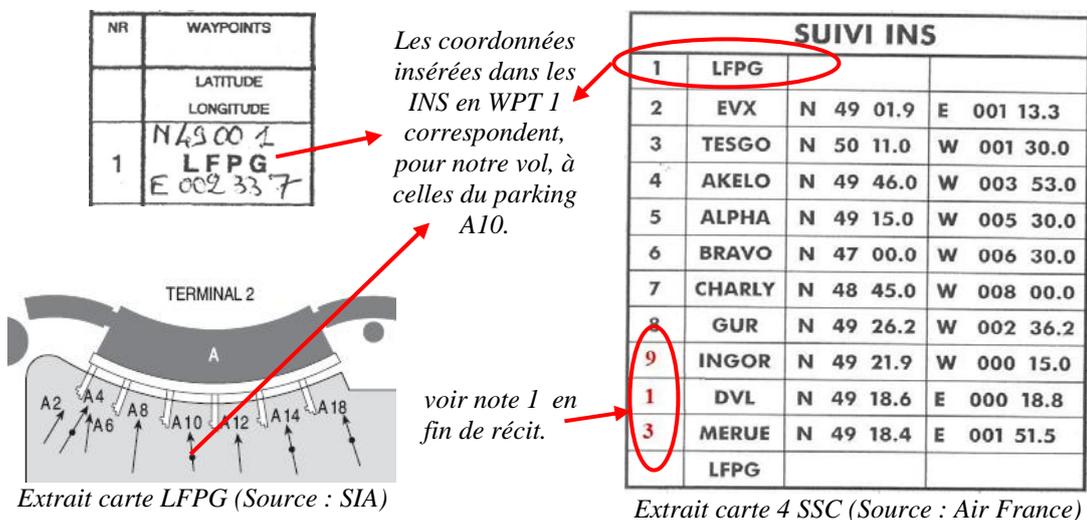


## À PROPOS DE BOUCLE SUPERSONIQUE (2<sup>ème</sup> partie)

À l'instar de tous les pilotes du monde, qu'ils soient civils ou militaires, privés ou professionnels, ceux de *Concorde* profitent eux aussi de la visite prévol pour établir un lien privilégié aussi bien physique qu'affectif avec l'avion à bord duquel ils vont effectuer leur vol. Les vérifications extérieures terminées, une des premières tâches réalisées par l'équipage une fois installé dans le poste de pilotage est d'initialiser les trois centrales inertielles dont l'appareil est équipé. Le processus d'alignement durant environ un quart d'heure, les pilotes profitent généralement de ce laps de temps pour insérer sur leurs CDU les coordonnées des neuf premiers WPT du parcours. Les coordonnées géographiques du poste de stationnement de l'avion sont relevées sur le document *ad hoc* puis inscrites sur les logs de navigation pour mémoire (le parking n'étant pas obligatoirement le même au départ de chaque vol, les coordonnées ne sont pas pré-imprimées sur la feuille de suivi de vol et le 1<sup>er</sup> WPT y est juste référencé LFPG, tout comme sur l'encart spécifique à la carte 4 SSC, cf. figure suivante).



Afin de minimiser les risques d'erreurs imputables à l'aspect purement mécanique revêtu par les multiples insertions nécessaires (l'entrée d'un seul WPT nécessite près de 15 pressions successives sur les touches), les pilotes se répartissent généralement la tâche en se chargeant d'insérer pour l'un les WPT portant un numéro pair et pour l'autre les WPT portant un numéro impair. Il ne leur reste plus ensuite qu'à appuyer sur une touche spécialement dédiée appelée **REMOTE** pour transférer les données insérées à l'autre centrale. Je dis l'autre et non les **deux** autres car la mémoire de masse de l'INS 3 est occupée de manière permanente par les coordonnées des terrains de déroutement de la ligne Paris / New-York (cf. fig. suivante).



Le seul emplacement restant libre sur cette INS étant celui qui correspond au WPT 9, les pilotes y insèrent les coordonnées du point **CENTRE** alors que ce même numéro sera attribué au point **INGOR** dans les centrales inertielles 1 et 2. À l'utilisation, les pilotes vérifieront bien entendu l'intégrité des informations affichées par l'INS 3 avant de l'utiliser comme support pour l'exécution du virage spécial. En cas de doute, ils basculeront tout simplement si besoin est les coordonnées du WPT 9 sur une autre INS.

Une fois insérée l'intégralité des points nécessaires à la réalisation de la première partie du vol, le CDB et l'OPL effectuent chacun un *crosscheck* (vérification croisée) des données introduites dans les centrales par l'autre pilote.

Dans le cadre des nombreuses actions effectuées avant la mise en route figure également le calcul des paramètres associés au décollage. Une fois ceux-ci déterminés à l'aide d'un document spécifique édité par la PPV, les pilotes les inscrivent sur un petit carton qu'ils placent ensuite sur la console centrale afin que les trois membres d'équipage puissent s'y référer au moment opportun (cf. document ci-après et *note 3* en fin de récit).

*généralités*



**DECOLLAGES**

AERDPORT	VOL	DATE	AVION	P7	FF
PISTE	ETAT PISTE	VENT	COMP. VENT	<b>V1</b>	
TEMP	QNH	QFE	ALT. PRESS.	<b>VR</b>	
Conditions limites			ZFW	ZFCG	<b>V2</b>
<i>données masse et centrage</i>			Block W	Block CG	<b>A3</b>   <b>Vz3</b>
			TOW	TOCG	VZRC 3
				$\Delta t$	Rep Man. N 2
			CHEMINEMENT EN CAS DE PANNE		
			HSD:		

CG %	52,5	52,7	53	53,2	53,5	54
TRIM	+0,5	+1	+1,5	+2	+2,5	+2,5

Carton de décollage Concorde (Source : Air France).

Parmi les paramètres inscrits sur ce carton de décollage, on retrouve bien entendu les données de masse et de centrage. Les pilotes déterminent donc dans un premier temps la masse estimée de l'appareil au lâcher des freins. La quantité de carburant avitaillé étant conforme au kilogramme près à la valeur demandée par l'équipage (45,0 T) et la PPV ayant estimé le ZFW à 89,7 T, les pilotes calculent une ETOW (*Estimated Take-Off Weight*) à 133,7 T (une tonne de carburant est censée être consommée aux fins de roulage initial). Ce n'est néanmoins qu'à la dernière minute et juste avant la fermeture de la porte de l'avion que le responsable du chargement apporte à bord l'état final de masse et de centrage qui prend en compte les éventuels LMC (*Last Minute Changes* = changements de dernière minute). Pour ce vol, la masse sans carburant s'élève donc en réalité à 89,8 T et c'est cette valeur qui est finalement retenue par l'équipage pour le calcul de la TOW.

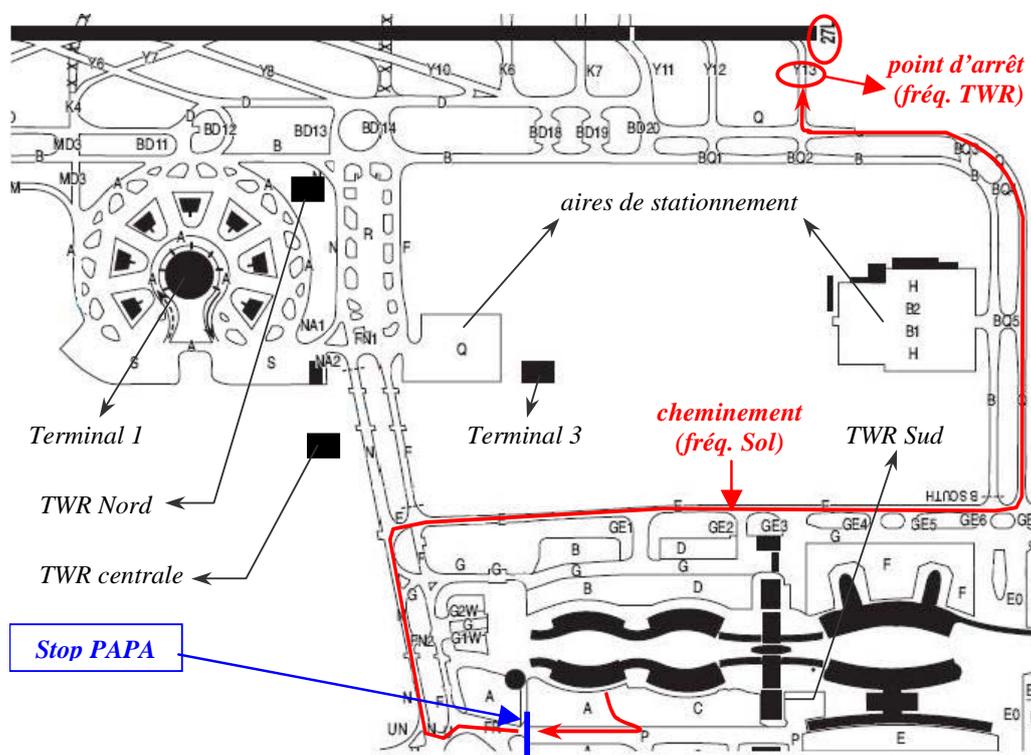
Juste avant le démarrage des réacteurs, les pilotes reçoivent sur la fréquence « prévol » leur clearance initiale abrégée que *Daniel Costes* copie dans le cadre de son log prévu à cet effet avant de la répéter pour collationnement (cf. fig. suivante).

CLEARANCE ATC 92L LA9Y 3253

Extrait de la feuille de suivi du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source : D. Costes).



C'est pendant le roulage sur les *taxiways* de Roissy qu'ils connaissent parfaitement que les pilotes revoient mentalement cette procédure de départ. En fait, CDG étant leur seconde maison, ils pourraient facilement se diriger sur les installations les yeux fermés (par visibilité nulle serait néanmoins un terme plus approprié !). La fréquence « trafic » est utilisée du *push-back* (repoussage) jusqu'au « stop intermédiaire Papa » situé à l'extrémité du terminal 2A puis les 2 fréquences sol prennent ensuite le relais sur les voies de circulation N, E et Q qui sont avalées, *Concorde* oblige, à vitesse « supersonique » (cf. fig. suivante).



Cheminement CDG en configuration Ouest (Source : SIA)

Juste avant l'arrivée au point d'arrêt Y13, l'équipage passe sur 119.250, fréquence assignée à la TWR Nord qui gère le trafic des pistes 09/27 (la Tour Sud située entre les terminaux 2C et 2E gère celui des pistes 08/26). La *check-list* avant décollage égrenée par l'OMN terminée, *Concorde* attend maintenant son autorisation d'alignement. Le temps d'attente au point d'arrêt étant plus long que d'ordinaire, la quantité de carburant consommée avant le lâcher des freins se monte en définitive à 1,5 T au lieu des 1000 kg initialement prévus. Les pilotes profitent du coup de cette pause inattendue pour finaliser de manière précise le calcul de la TOW qui ressort en dernier lieu à 133,3 T (au lieu de 133,7 T estimées au parking). Sa clairance de décollage enfin obtenue, *Concorde* s'aligne au seuil de piste 27L. Le PF (*Pilot Flying* ou Pilote en Fonction, par opposition au PNF) active alors le chronomètre. Simultanément, il engage dans un claquement sec les commandes de poussée jusqu'aux butées avant. À peine les trois premières manettes de réchauffe sont-elles enclenchées par l'OMN que les grandes orgues se mettent alors à chanter...(voir note 4 en fin de récit).

L'accélération pendant la phase de roulement au décollage est telle qu'elle relègue n'importe quel autre appareil de transport civil au rang de dernier de la classe. Pour ce type de vol, *Concorde* est léger et le gain de performance se fait indéniablement sentir. Le PNF annonce « 100 nœuds » et son collègue jette instantanément un œil à son anémomètre afin de vérifier que son indication est en conformité avec celle qui vient d'être annoncée. Presque simultanément, l'OMN lance un « quatre vertes » pour signifier que les quatre réchauffes fonctionnent parfaitement (les militaires utilisent pour leur part le terme post-combustion ou

PC). À l'atteinte de V1 (vitesse de décision après laquelle le décollage ne sera plus interrompu), le PF ramène sa main des manettes de poussée au manche à balai profilé en forme de guidon de moto (cf. photo suivante).



Manche à balai du Concorde

Lorsque l'annonce « rotation » retentit dans le poste, l'avion a déjà atteint la vitesse de 200 kt (370 km/h). Le pilote tire alors franchement sur le manche afin de ne pas rallonger inutilement la distance de décollage, ce qui risquerait quelque temps après de nuire au respect de la procédure anti-bruit. À 15h01 GMT, les roues quittent le sol. Le PNF annonce aussitôt « vario positif » et à la demande « train sur rentré » du PF relève immédiatement la manette de train en annonçant en retour « le train rentre ». De par son aile en forme de delta, l'assiette prise par l'appareil en montée initiale est largement supérieure à celle généralement constatée sur les autres avions commerciaux et V2 (environ 220 kt) est atteinte bien avant que l'avion n'ait franchi le bout de piste (pour avoir un ordre d'idée, l'assiette 3 GTR de Concorde est de 13,5° à pleine charge, ce qui correspond généralement à l'assiette 4 réacteurs d'un gros porteur normal). Le levier de commande du nez est ensuite positionné sur UP. L'avion ayant en effet une assiette très cabrée, les pilotes n'ont plus besoin de voir le sol devant eux et cela permet également à l'avion de diminuer rapidement sa traînée excédentaire et donc la surconsommation qui y est associée.

La montée est caractérisée non par une séquence de rentrée des volets comme c'est généralement le cas pour les autres avions (Concorde est dépourvu de ce genre d'appendice) mais par l'application de la procédure anti-bruit qui débute une trentaine de secondes après V2. Pour ce faire, les réchauffes sont coupées et les manettes de poussées ramenées à une position prédéterminée à l'avance. Ce repère manettes, dit TLA chez nos voisins d'outre-Manche (pour *Throttle Lever Angle*), voit sa valeur indiquée sur le carton de décollage (cf. extrait ci-après).



*Nota* : les valeurs ci-dessus sont données à titre d'exemple. Elles varient à chaque décollage.

La procédure est complétée par une surveillance attentive de la valeur du N2 (nombre de tours des étages compresseurs haute pression exprimé en %). De façon à contrebalancer l'application de ces consignes strictes qui génèrent pour Concorde un supplément de consommation évalué à 1,5 T (cf. consignes de ligne), la DGAC a accordé à l'avion une dérogation lui permettant d'évoluer dans la TMA de Paris à une vitesse supérieure à la limite de 250 kt applicable aux autres aéronefs. En l'occurrence, l'appareil grimpe à 280 kt. Dès la fin de la procédure anti-bruit, les manettes de gaz sont ramenées en butée avant. Concorde monte maintenant plein pot vers le niveau 280, à la poursuite de sa VMO.

À 15h09, soit tout juste 8 minutes après le décollage, l'avion passe à la verticale du VOR d'Evreux et vire légèrement à droite pour prendre la route 304° en direction de la mer. Quelques minutes auparavant, les pilotes ont entouré sur leur feuille de suivi de vol les valeurs de Rv et de distance partielle menant de EVX à **TESGO** afin de pouvoir, dès le VOR franchi, les retrouver d'un seul coup d'œil sur le document. L'avion à peine positionné sur son nouveau segment, ils comparent ces valeurs à celles affichées par les INS de manière à détecter la moindre erreur qui les obligerait alors à déconnecter le mode de nav inertiel qui vient d'être enclenché au PA. Les valeurs étant correctes, les pilotes biffent ces cases devenues inutiles sur leurs logs. En effet, l'avion suivant des segments d'orthodromie, la Rv varie constamment et sa valeur tant au milieu qu'en fin de segment n'est plus la même qu'à l'origine. À chaque WPT, l'équipage procédera de même et leur méthode de travail est à la fois si simple et si efficace que je ne vois pas pourquoi nous ne l'utilisons toujours pas dans l'enseignement en aéro-club, en ce qui concerne la navigation GPS tout au moins (cf. fig. suivante).

NR	WAYPOINTS		DIST
	LATITUDE	Rv	
	LONGITUDE	Dep	PART.
2	EVX N 49 01.9 E 001 13.3	304	127
3	TESGO N 50 11.0 W 001 30.0	256	96
4	AKELO N 49 46.0 W 003 53.0	244	70

Le log mentionne bien qu'il s'agit de la Rv **départ** uniquement (orthodromie).

Sur les INS, le segment 2-3 s'affichera sous la forme 

2	3
---	---

, le segment 3-4 sous la forme 

3	4
---	---

 et ainsi de suite.

Les valeurs de Rv et de distance sont tout d'abord entourées, puis biffées après contrôle visuel sur les INS au départ de chaque segment. En cas de désaccord, l'INS fautive est éventuellement déconnectée du PA.

Extrait des données « Rv/Dist. » de la feuille de suivi du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source D. Costes / AF).

Une fois établi au niveau 280 sélectionné préalablement par les pilotes dans la fenêtre d'affichage du PA en mode de capture d'altitude (ALT ACQ = *Altitude Acquire*), l'avion est stabilisé à 530 kt ( $\Psi$  M 0.95). Il ne pourra passer en supersonique que lorsqu'il aura franchi le PAP situé quelques milles nautiques au large du Havre. Dès le survol effectif du point d'accélération qui est confirmé par l'indication 35 NM lue au DME resté commuté sur EVX, c'est à nouveau pleins gaz à tous les étages (des compresseurs et turbines s'entend !). Le mode *Max Climb* est engagé au PA et tandis que l'avion reprend sa montée, cette fois-ci dans le domaine transsonique, l'aiguille du machmètre file vers de nouveaux horizons : 0.96, 0.97 (les réchauffés sont rallumées), 0.98, 0.99 et enfin ... Mach 1.00. Les passagers assis à l'arrière, les yeux rivés sur les répéteurs digitaux installés en cabine, ne ressentent pour l'occasion que deux micro-secousses. Pour les occupants du *cockpit*, le franchissement du mur du son est caractérisé quant à lui par des vibrations visibles pendant quelques instants sur les aiguilles des variomètres (perturbation de l'écoulement aérodynamique le long du fuselage au niveau des prises de statique et principe même de fonctionnement de l'instrument qui le rend extrêmement sensible à ce phénomène). Non contente d'en rester à la valeur atteinte par ses aînées il y a déjà une soixantaine d'années (c'est en 1947 que le fameux mur fut franchi pour la première fois et non en 1957 comme indiqué par erreur dans notre magazine *Info-Pilote* de novembre), l'aiguille du machmètre continue sa progression en avant tandis que les membres d'équipage notent sur leurs logs l'heure de passage en supersonique.

En dessous, à 40 NM de là, l'Opération TESGO (simple clin d'œil à l'émission télé « Opération Okawango ») bat son plein et les passionnés du *Concorde* nonchalamment appuyés aux rambardes des bateaux spécialement affrétés pour l'occasion commencent à se redresser et à lever leurs jumelles en direction du minuscule point visible très haut dans le ciel. En liaison VHF constante avec des observateurs terrestres ayant confirmé l'heure de

passage du pur-sang à la verticale des côtes françaises, ces amoureux inconditionnels du fleuron de notre aviation commerciale ne jurent plus alors que par le double bang qui va caractériser le passage de l'oiseau lancé en pleine accélération cf. *note 5* en fin de récit). L'avion, qui n'est plus freiné par la surpression située auparavant devant son nez, abandonne désormais son cône de Mach dans son propre sillage.

*Concorde* atteint Mach 1.70 bien avant **TESGO** et les réchauffes sont alors définitivement coupées. À cette vitesse, l'avion surfe sur les hautes couches de l'atmosphère et n'a plus besoin de cette poussée supplémentaire pour poursuivre son accélération. Sous les applaudissements et les vivas de nos moussaillons d'un jour ou de toujours, dont le bateau tangue et roule dans la houle permanente régnant sur La Manche, *Concorde* passe le point **TESGO** très exactement à 15h20 UTC. Une fois confirmé le passage du WPT, les pilotes se signalent au contrôleur anglais avec lequel ils avaient pris contact deux minutes auparavant. La confirmation de passage a été obtenue par recoupement des informations affichées tant par les centrales inertielles d'une part que par les données de *Radial/distance* fournies par le VOR de Guernesey d'autre part. L'équipage vérifie la nouvelle route prise par l'avion, biffe une nouvelle fois les valeurs de Rv départ et de distance au WPT suivant après les avoir comparées à l'affichage INS et finalement inscrit l'heure de passage à la verticale sur la feuille de suivi de vol. À l'aide des données « temps partiel *planned* », les pilotes déterminent une nouvelle heure « *PLN* » pour le point suivant, à savoir **AKELO**. Par simple comparaison du vent effectif prévu par la PPV et de la valeur du *WON* (*Wind On Nose* = vent de face) affichée à l'INS, ils en déduisent une heure estimée de survol qu'ils établissent également à 15h25 (cf. fig. suivante).

WAYPOINTS	TEMPS		HEURE	
	LATITUDE LONGITUDE	PART. PLN	ESTIMEE	REELLE
TESGO N 50 11.0 W 001 30.0	5			1520
AKELO N 49 46.0 W 003 53.0	4	1525 1525		

L'heure de passage à **TESGO** est notée dans la case « REELLE ».

Heure estimée de survol du prochain WPT.

Extrait des données « Tps/Heure » de la feuille de suivi du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source D. Costes / AF).

À peine l'équipage a-t-il le temps de souffler un peu et de boire une gorgée du café qui vient de lui être servi qu'il doit continuer à vérifier la trajectoire suivie par son avion (à près de 20 NM parcourus par minute, le moindre écart de route a en effet rapidement des conséquences diaboliques). Il utilise pour ce faire et à une minute d'intervalle des contrôles travers pris successivement sur le NDB d'Alderney (ALD) puis sur le VOR DME de Guernesey (GUR, cf. fig. suivante).



Extrait carte 4 SSC (Source : Air France)

Ces vérifications effectuées, deux minutes de vol supplémentaires seront suffisantes au diamant blanc pour rallier **AKELO**. Sous les applaudissements de ses passagers et avant même de franchir le WPT, *Concorde* atteint provisoirement Mach 2.02 avant de se stabiliser définitivement à Mach 2.00 (pour avoir une idée de ce que cela représente, sachez que c'est la vitesse d'une balle de fusil en sortie de canon, cf. photos suivantes).



Les index mobiles de couleur jaune sur le machmètre indiquent aux pilotes la plage de vitesses utilisables compte-tenu du centrage instantané de l'avion. L'aiguille à damier indique pour sa part le Mach à ne pas dépasser.

L'indicateur de vitesse sol au même instant (calcul inertiel affiché en kt).

Non, vous ne rêvez pas, c'est bien à 10 fois la vitesse de nos DR 400 que Concorde a l'habitude de voler !



Indications instrumentales de Concorde en croisière (avec l'aimable autorisation de D. Costes).

Les conditions du jour ayant donné raison aux pilotes à la seconde près, à peine **AKELO** franchi à l'heure dite en profitent-ils aussitôt pour calculer les estimées suivantes jusqu'à en déduire une heure d'atterrissage probable (cf. fig. suivante).

WAYPOINTS	LATTITUDE LONGITUDE	TEMPS PART. PLN	HEURE	
			PLN	ESTIMEE REELLE
AKELO N 49 46.0 W 003 53.0		4	1525	1525 25
ALPHA N 49 15.0 W 005 30.0		3	29	
ENTREE N 48 09.0 W 006 00.0		8	32	

L'heure réelle verticale **AKELO** correspond bien à l'heure « planned » ainsi qu'à l'heure estimée.

détermination successive des heures « planned »...

...et ainsi de suite jusqu'à l'heure **pln** d'atterrissage (16h26).

Extrait des données « Tps/Heure » de la feuille de suivi du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source D. Costes / Air France).

Dès que le changement de segment devient effectif à l'INS, l'équipage procède également à un second point carburant. À partir des données « **REstant PLN** » pré-imprimées sur la feuille de suivi de vol et que les pilotes n'ont qu'à retrancher à la valeur qu'ils viennent de lire sur les totalisateurs de bord, ils évaluent la quantité de réserves disponibles à l'arrivée. Comme expliqué dans l'article précédent, ces réserves ne feront en fait que diminuer au fur et à mesure du déroulement du vol. En effet, la première évaluation effectuée à **TESGO** laissait apparaître une quantité de réserves égale à 18,1 T alors que cinq minutes plus tard au passage **AKELO**, elles ne sont déjà plus que de 17,6 T (cf. fig. suivante).

WAYPOINTS	CARBURANT (T)		
	A BORD	RESTANT PLN	DISPO. DEST.
N 49 00.1 L F P G E 002 33.7	MASSE (T)		
	INST. REELLE	INST. PLN	ATT. PREVUE
EVX N 49 01.9 E 001 13.3		ETE 50 PC 19,4 123,2	
TESGO N 50 11.0 W 001 30.0	32.2	- 14,1 = 18,1	
AKELO N 49 46.0 W 003 53.0	29.5	- 11,9 = 17,6	
		117,9	
		115,7	

les valeurs **restantes planned** sont basées sur la quantité de carburant départ mentionnée dans les consignes de ligne (été 50% = 26,5 T au lâcher des freins).

les réserves diminuent au fur et à mesure de l'avancée du vol (coefficient de transport  $K > 1$ ).

Extrait des données « carburant » de la feuille de suivi du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source D. Costes / AF).

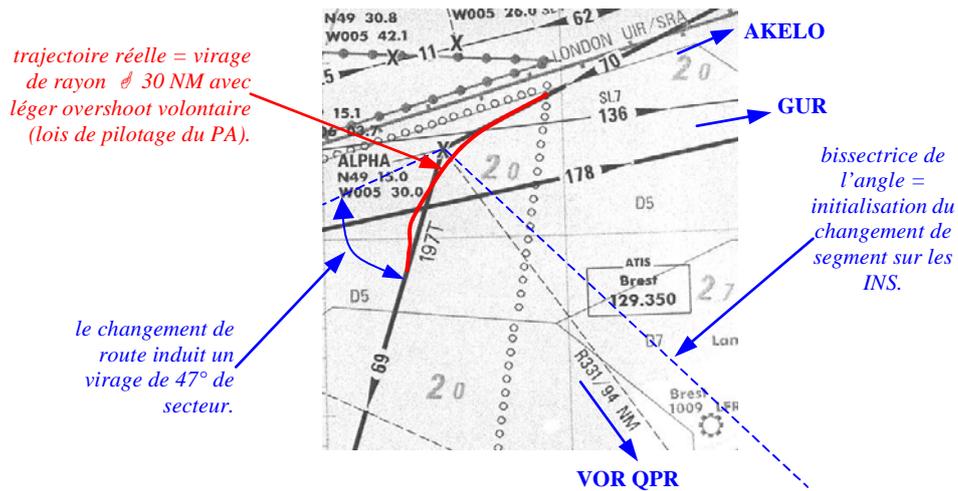
Ces valeurs de réserves devront donc être régulièrement réactualisées jusqu'au début de la descente, ne serait-ce qu'à cause de la nécessité d'avoir à calculer les paramètres d'atterrissage ainsi que le LAW (*Landing Authorized Weight*). *Concorde* a visiblement beaucoup consommé depuis son lâcher des freins et la quantité de carburant engloutie par le *racer* depuis son départ de CDG vingt-quatre minutes auparavant se monte déjà à 14,0 T (soit une Ch moyenne instantanée de 35 T/h !).

Le survol du point **AKELO** ayant été pour *Concorde* synonyme d'émancipation définitive par rapport à la transition SL4 utilisée de manière similaire à aujourd'hui lors des vols transatlantiques en direction de *New-York*, l'avion quitte du coup peu après l'espace aérien sous contrôle londonien et l'équipage contacte aussitôt le centre régional de Brest. Tout juste quatre minutes de vol sont suffisantes à CCD pour parcourir les 70 NM qui séparent **AKELO** du WPT suivant. En fait, il faut bien comprendre à ce sujet que *Concorde* ne passera jamais réellement verticale **ALPHA** étant données sa vitesse de vol et l'inclinaison maximale de 37,5° imposée par la présence à son bord de passagers *lambda*. Preuve en est d'ailleurs faite, si tant est qu'elle soit nécessaire, qu'à bord de *Concorde* tout défile bien à vitesse supersonique et surtout l'alphabet grec ! (*ndlr* : allusion au fait que l'avion rempli de passagers *lambda* arrive au point **ALPHA**, pour ceux qui n'avaient pas compris !).

Trêve de plaisanterie, n'oublions pas que le moindre virage de secteur important réalisé par *Concorde* une fois établi à sa vitesse de croisière nécessite un rayon de plus de 30 NM. Si vous souhaitez d'ailleurs vous amuser à faire le calcul, le rayon du virage est donné par la formule traditionnelle suivante (cf. également *note 6* en fin de récit) :

$$R_{(m)} = \cotan i^\circ \cdot V_{(m/s)}^2 / g_z \text{ (m.s}^{-2}\text{)}$$

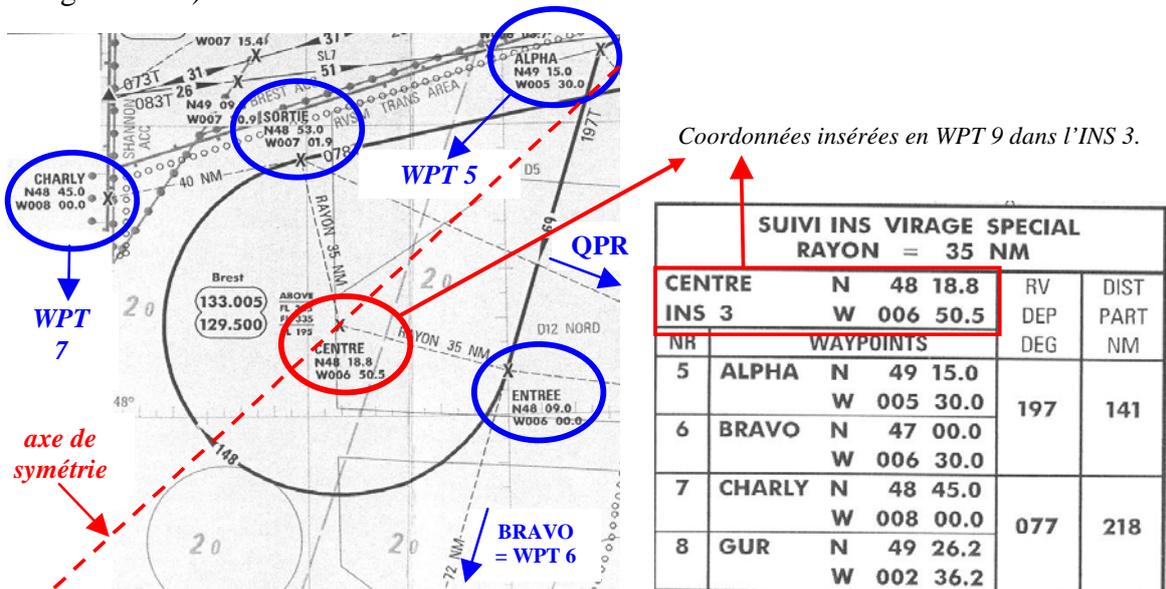
Toujours est-il que comme c'est 30 à 40 secondes avant l'arrivée à la verticale du point **ALPHA** que le voyant **WPT ALERT** de l'INS commence à clignoter et que les calculateurs de bord mettent l'avion en virage pour intercepter le segment suivant, *Concorde* passera finalement à 2 ou 3 NM travers le WPT (cf. fig. suivante).



Extrait carte 4 SSC (Source : Air France).

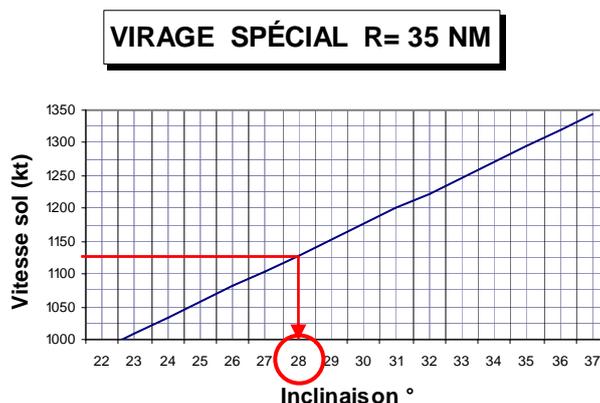
Le passage est néanmoins confirmé par un nouveau contrôle en *Radial/distance* effectué cette fois-ci sur le VOR de Quimper qui, comme un fait exprès, est situé à peu de choses près sur la bissectrice de l'angle servant de lieu de position au changement de segment INS. L'information sera croisée avec le même relevé effectué sur GUR, la transition SL7 en provenance des points de sortie Atlantique Nord passant à proximité immédiate du WPT. Bien que la capture du nouveau tronçon se soit faite comme précédemment, c'est-à-dire de manière entièrement automatique, elle représente cependant pour les pilotes une sorte d'échauffement à ce qu'ils vont devoir accomplir dans quelques minutes en manuel pendant le virage spécial. Ils profitent du court laps de temps qui leur reste avant d'entamer le demi-tour vers l'écurie pour écouter sur 129.350 le dernier ATIS de Brest, dans l'éventualité où un déroutement s'avérerait nécessaire suite à l'apparition d'un problème majeur.

Ce virage spécial effectué en mer d'Iroise et qui constitue pour ce type de vol la cerise sur le gâteau (et ce bien que *Daniel Costes* avoue humblement ne pas y voir une quelconque ressemblance avec du *pylon racing* à Reno), il est maintenant plus que temps d'en parler. Alors que le segment 5-6 qui vient de s'afficher à l'INS a pour WPT final le point **BRAVO** situé à quelques 141 NM, *Concorde* ne va parcourir que la moitié de ce tronçon puisqu'il devra entamer son virage de retour au point **ENTREE** situé seulement 69 NM après **ALPHA** (cf. fig suivante).



Virage spécial Concorde et suivi INS correspondant (extrait de la carte 4 SSC, source : Air France)

Depuis ce point **ALPHA**, l'équipage a tout juste trois minutes devant lui pour vérifier l'intégrité des informations fournies par l'INS 3 dans laquelle sont insérées les coordonnées du point **CENTRE** autour duquel s'articule la figure. En effet, c'est cette centrale qui doit servir au contrôle du rayon de virage fixé arbitrairement à 35 NM. À partir d'un abaque gradué en *vitesse/inclinaison*, les pilotes déterminent que le roulis à prendre pour initialiser ce virage à rayon imposé est de 28° (cf. fig. suivante et *note 7* en fin de récit).

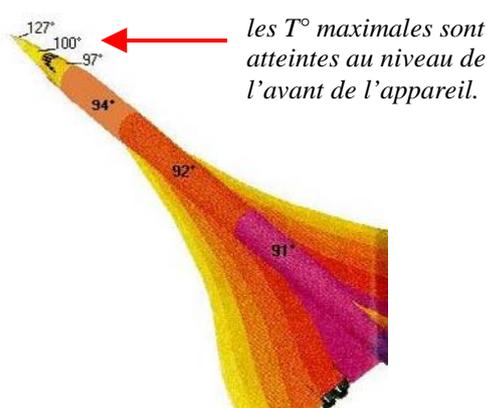


Le passage verticale **ENTREE** est contrôlé par un nouveau *cross-check* VOR-DME sur QPR et le mode de nav inertiel est alors désactivé au PA. Le PF fait simultanément pivoter la grosse molette TURN située sur la console centrale jusqu'à observer sur son ADI que l'inclinaison prise par l'appareil correspond bien à celle déterminée à l'avance et le PNF inscrit au même moment sur son log l'altitude d'entrée en virage (ici 54 800 ft). *Concorde* va en effet arrêter sa croisière ascendante pendant toute la durée du demi-tour et ira même jusqu'à perdre près de 3000 ft au cours de la manœuvre (le mode *Max Cruise* sous lequel l'avion évolue au PA maintient la vitesse et fait donc descendre l'appareil afin de compenser le facteur de charge plus élevé apparaissant au cours du virage ; la perte d'altitude est plus ou moins importante selon la masse avion à ce moment-là). Le rayon du virage est ensuite maintenu constant par l'intermédiaire de légers ajustements exercés sur la molette de roulis évoquée précédemment (*i.e.* si R affiché à l'INS 3 augmente, le pilote augmente l'inclinaison et inversement), exactement comme lors de l'exécution d'un arc DME.

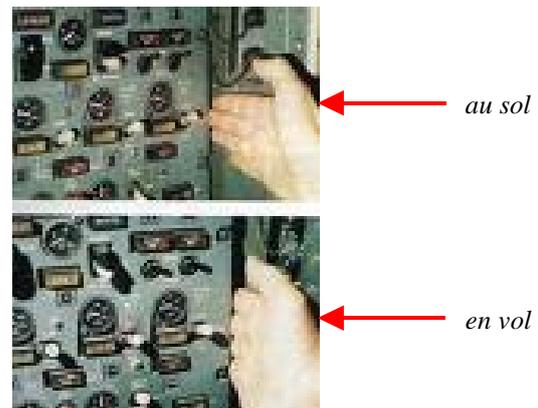
Une fois l'avion positionné sur la bonne trajectoire, les pilotes mettent à profit la relative accalmie qui s'instaure dans la charge de travail pour insérer dans les INS 1 et 2 les coordonnées de 3 des 4 derniers WPTs du parcours, WPTs qui viendront dans quelque temps remplacer les précédents devenus inutiles (l'ultime WPT qui correspond à CDG n'a pas besoin d'être inséré dans la « boîte » car l'avion ne suivra jamais un segment direct **MERUE** – LFPG, procédure d'approche oblige !). Suit un nouveau *crosscheck* des données entrées puis c'est l'activation manuelle du segment 7-8 (**CHARLY-GUR**). Les données Rv/distance sont vérifiées par l'équipage qui positionne ensuite l'affichage sur la fonction XTK (*crosstrack*) afin de visualiser l'écart latéral qui va aller en s'amenuisant au fur à mesure que la figure en forme de parfaite goutte d'eau se termine (cf. axe de symétrie sur le dessin). L'interception du segment au niveau de **SORTIE** est classique et ressemble à s'y méprendre sur le HSI à celle qui permet la capture d'un axe radio-électrique. Lorsque le XTK devient nul, le passage au WPT est confirmé par un dernier relevé *Radial/distance* sur QPR ainsi que par la distance restante à GUR affichée aux INS. *Concorde* est maintenant au FL 520 et le mode de maintien d'altitude est engagé à l'AFCS (*Automatic Flight Control System* = FD + PA + Automanette + ... = la totale, quoi !).

Pas de répit cependant pour l'équipage qui doit déjà commencer la décélération. La descente doit en effet débiter dans quelques minutes, en raison du palier subsonique au FL 310 qui doit intervenir entre GUR et **INGOR** et *Concorde* doit préalablement être freiné car s'il devait descendre dans les couches plus denses de l'atmosphère en gardant sa vitesse de croisière de Mach 2.00, il risquerait d'excéder rapidement sa TMO (*Temperature Maxi Operating*) et son revêtement finirait par se désagréger. Si on regarde les températures des différentes parties de l'avion à la vitesse de croisière (cf. document suivant à gauche), on s'aperçoit facilement que les contraintes thermiques dues à l'échauffement cinétique sont si élevées qu'elles nécessitent de la part de l'équipage le respect de procédures opérationnelles strictes. En effet, sous l'effet de la chaleur, *Concorde* se dilate et la partie avant de son fuselage s'allonge tel le nez de *Pinnocchio* au point qu'un espace se crée à chaque vol entre le panneau OMN et la cloison intérieure du *cockpit* (cf. photos suivantes à droite et *note 8* en fin de récit).

La procédure suivie par les pilotes est donc la suivante : le PF ramène les manettes de poussée en arrière d'une vingtaine de degrés et l'avion est maintenu en palier à l'aide de l'ALT HOLD du PA préalablement sélectionné. La traînée, et en particulier celle d'onde devenant rapidement supérieure à la poussée, *Concorde* décélère en moins de trois minutes d'environ 0.3 à 0.4 points de Mach.



Échauffement CCD à Mach 2.00



Dilatation résultante du fuselage

À 15h45 comme le note *D. Costes* sur son log (soit tout juste cinq minutes après avoir complété le virage spécial), la descente est amorcée et *Concorde* entame alors l'avant-dernière partie de son vol (cf. fig. suivante).

NR	WAYPOINTS		DISTANCE			TEMPS		HEURE	
	LATITUDE	RV	REST.	PART.	PLN	ESTIMÉE			
		Dep	PART.	PLN					
	SORTIE N 48 53.0 W 007 01.9		409		40				
	<del>FL 520</del>	<del>078</del>	178	13	<del>45</del>				
8	GUR N 49 26.2 W 002 36.2		092	92	231	10	53		

les points **SORTIE** et de début de descente ne portent pas de numéro de WPT, ce qui est tout à fait logique.

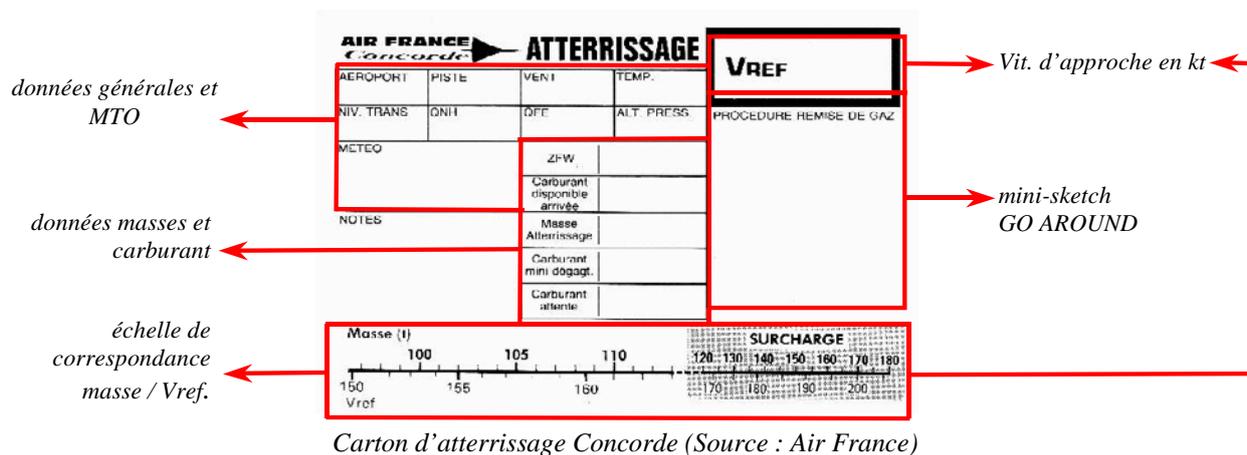
Il n'y a pas d'heure PLN pour le point de début de descente car la PPV édite la feuille de suivi **avant** que l'équipage ne décide de la quantité de carburant à embarquer. Le temps partiel correspond donc au tronçon **SORTIE**-GUR.

Extrait de la feuille de suivi équipage du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source : *D. Costes* / Air France).

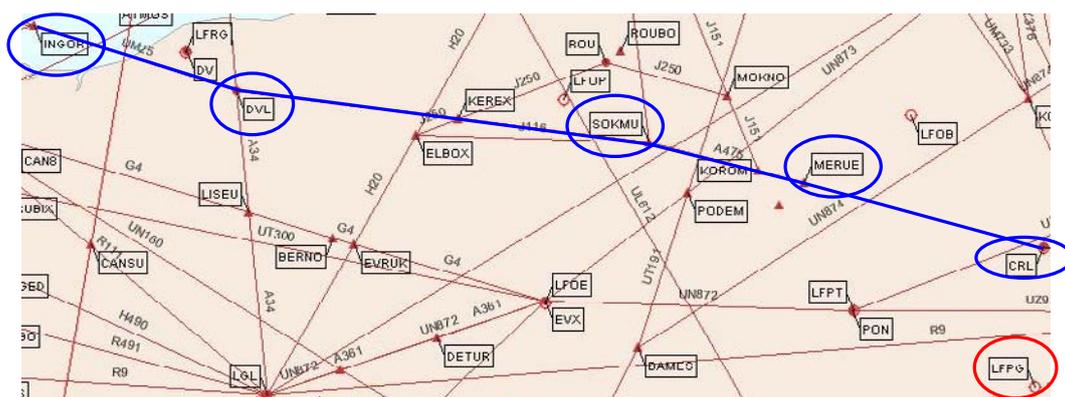
Alors que l'avion est en palier entre Mach 1.60 et Mach 1.70, les manettes de poussée sont ramenées en arrière d'une vingtaine de degrés supplémentaires. Le taux de chute résultant (de l'ordre de -4500 ft/min.) ainsi que la nouvelle réduction de poussée permettent à l'avion de décélérer à Mach 1.00 et d'atteindre le FL 310 en moins de cinq minutes. *Concorde* franchit

alors le PAP situé 5 NM avant l'île de Guernesey stabilisé au niveau demandé et en décélération vers 530 kt. Les habitants sont protégés du bang sonique.

Au passage de GUR, un dernier point carburant laisse apparaître que la quantité de réserves disponible est descendue à 16,4 T. Le retour jusqu'à CDG consommant peu de carburant (par rapport aux autres phases de vol s'entend, car tout est relatif !), ce chiffre ne variera plus à la baisse et les pilotes peuvent enfin déterminer leurs paramètres d'atterrissage. Tandis qu'ils survolent les côtes du Cotentin, ils remplissent un nouveau petit carton qui viendra prendre la place de celui précédemment posé sur la console centrale (cf. fig. suiv. et note 3).

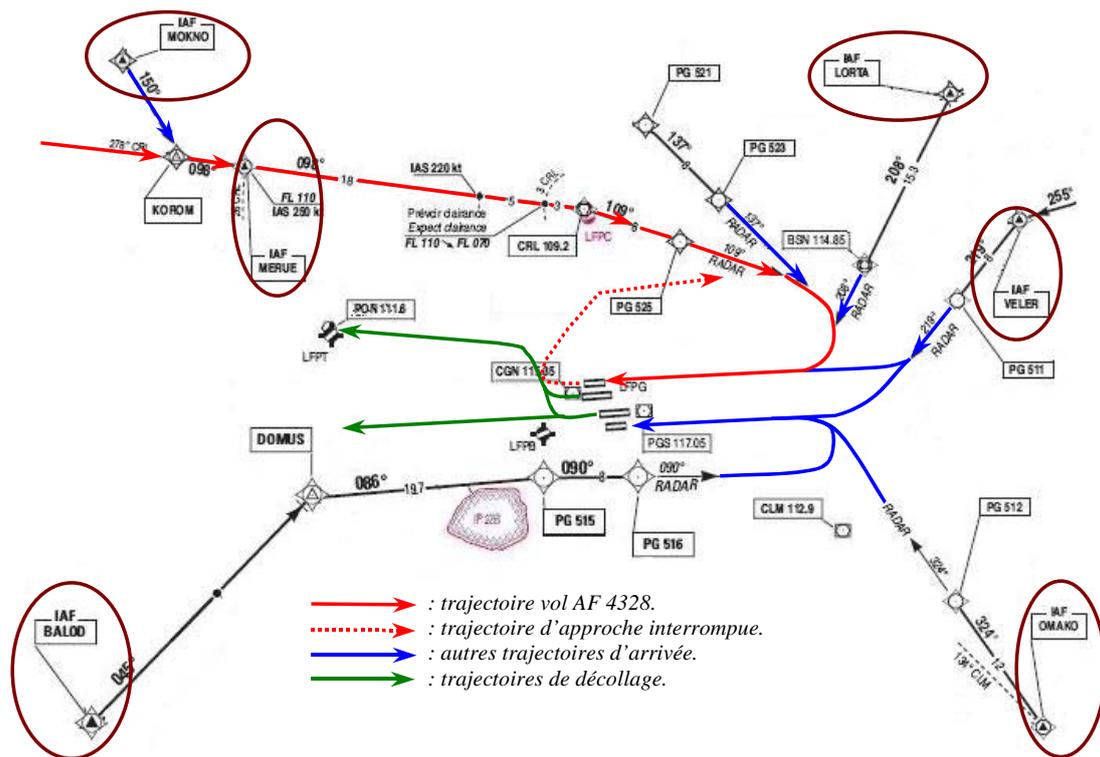


Dorénavant établi sur la transition SL 7, entre GUR et **INGOR**, *Concorde* entame une nouvelle descente et passe du FL 310 au FL 270 (bien noter que la dérogation de vitesse dont il bénéficie n'est pas associée à une dérogation de niveau et que *Concorde* respecte lors de ses paliers à l'aller comme au retour la règle de la semi-circulaire). À partir du point **INGOR**, la route suivie par CCD pour le reste de sa descente subsonique est on ne peut plus directe et s'apparente en tout point à celle prise par ses congénères *liners* entre lesquels Paris Contrôle finit par l'insérer (cf. fig. suivante et note 9 en fin de récit).



Trajectoire de descente et d'approche initiale du vol AF 4328 sous logiciel Skyview2 d'Eurocontrol.

Le charmant village de *Méru*, situé aux confins du Val d'Oise et ayant pour la bonne cause été transformé par la DGAC en **MERUE** (cf. note 10 en fin de récit), constitue un des repères d'approche initiaux sur CDG. C'est celui que *Concorde* va rejoindre de retour de sa boucle supersonique. Cet IAF fait en effet partie des 6 points utilisés dorénavant par le contrôle parisien pour les procédures d'arrivée sur l'aéroport de Roissy. Ces points sont répartis géographiquement de telle manière que les trafics à destination de LFPG et en provenance de directions différentes ne peuvent sauf exception ni se croiser ni entrer en conflit avec les avions au départ (cf. fig. suivante et note 11 en fin de récit).



Approches sur CDG en configuration « Ouest » (Source : SIA).

Que l'aéroport Charles de Gaulle soit en effet en configuration « Ouest » comme aujourd'hui ou en configuration « Est » comme c'est le cas à d'autres moments, il faut savoir que le principe d'utilisation des quatre pistes reste identique. Sur les deux pistes 09/27 situées au nord, celle extérieure plus courte est presque toujours affectée aux atterrissages et celle intérieure plus longue aux décollages. Les avions en provenance des IAF situées au nord de l'aéroport sont alors prioritairement dirigés pour l'approche finale vers le QFU 27R situé dans le même secteur géographique, ce qui présente l'avantage non négligeable de raccourcir au maximum les trajectoires et donc d'obtenir une fluidité de trafic supérieure.

Les pistes situées au sud des installations obéissent elles aussi à la même règle (piste intérieure pour les décollages et piste extérieure pour les atterrissages). Elles accueillent la plupart du temps les aéronefs en provenance des IAF **BALOD** et **OMANO**. Les avions en provenance de l'est, c'est-à-dire de **VELER**, jouent pour leur part les régulateurs de flux et sont orientés selon les besoins sur le *Loc Nord* ou *Sud*.

L'approche initiale de CCD débute donc à **MERUE** qu'il passe stable au niveau 110 (cf. *note 12* en fin de récit). L'avion suit alors le QDM 098° du VOR de Creil (CRL) en rapprochement et une fois à la verticale de la balise, l'éloignement en descente vers le FL 70 se fait sur son radial 109°. À partir du repère PG 525 le vol, alors en approche intermédiaire, est soumis au guidage radar qui va permettre le séquençage des avions en provenance de toutes les IAF situées au nord du terrain. *Concorde* intercepte le *localizer* de la 27R à 16h23 et atterrit quelques minutes plus tard.

Une fois arrivé au parking et les réacteurs définitivement coupés, l'équipage finit de compléter son log en y inscrivant les différents décomptes horaires relatifs au vol qui vient de se dérouler. En particulier, sont calculés les temps suivants : « temps officiel », « temps Bloc-Bloc », « temps de vol » (*décollage – atterrissage*) mais également « temps passé en supersonique » (cf. fig. suivante et *note 13* en fin de récit).

Départ	Hor 1445	Bloc 1437	Dec 1501	Acc 1514
Arrivée	Hor 1625	Bloc 1639	Att 1627	Dec 1548
TOTAL	Hor 1*40	B/B 0202	V 0126	SS 0034

Extrait des données « décomptes horaires » de la feuille de suivi du vol AF 4328 (Source : D. Costes)

Fox Bravo réalisera sa dernière boucle supersonique avec passagers quinze jours après ce vol, c'est-à-dire le 31 mai 2003. Un défaut dans un de ses boîtiers d'allumage moteur retardera son départ et fera ainsi de lui le dernier des *Concorde* à réaliser un vol commercial (le vol AF001 en provenance de New-York aurait du bénéficier de cet honneur mais suite au problème technique de FB, il se posa bien avant son retour). Fox Bravo réalisera néanmoins une ultime boucle supersonique au dessus de l'océan Atlantique (vol AF 4406), sans aucun passager et avec pour seuls occupants un équipage au grand complet (PNT + PNC), lors de son dernier convoyage de CDG à *Karlsruhe/Baden-Baden* (Allemagne) le 24 juin 2003. Ses ailes furent démontées et l'avion fut ensuite transporté par barge jusqu'au musée aéronautique et des transports de *Sinsheim*, où il passe désormais des jours paisibles aux côtés de son rival d'un temps... le Tu-144.

Le carnet de route de F-BVFB fait état de 14 771 heures réalisées en 5 473 vols.

Un livre d'*Edouard Chemel* lui est intégralement consacré.

Bons vols à tous et surtout « Bonne Année » !

Stéphane MAYJONADE  
Janvier 2008

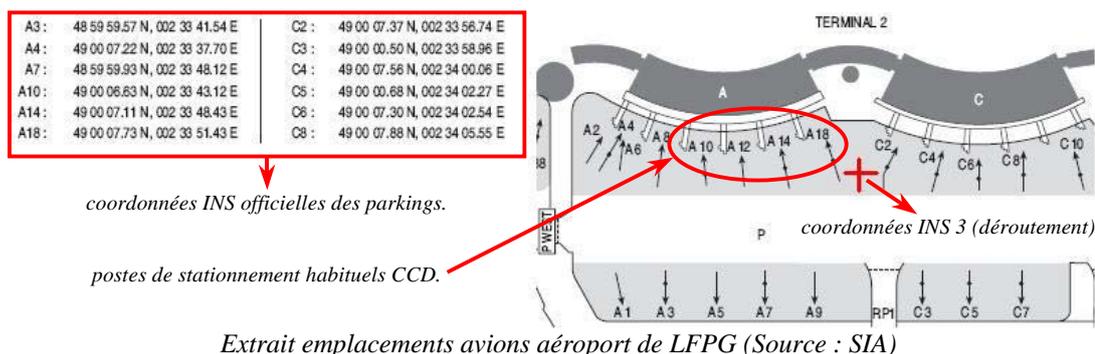
*P.S. : mes plus vifs remerciements à Daniel Costes, ancien OPL Concorde, à Bernard Guyon, ancien CDB 777 ainsi qu'à Claude Bougon, CDB 747, tous trois membres éminents de notre compagnie nationale, pour la fourniture des documents et des conseils techniques sans lesquels la rédaction du présent article eut été impossible.*

### Notes

*Note 1 : Le point SOKMU situé entre DVL et MERUE ne figure pas dans le tableau de suivi INS de la carte 4 SSC, vraisemblablement parce qu'il a été implémenté entre la dernière révision du feuillet (05/09/2002) et la date du vol relaté ici (17/05/2003). Il est mentionné par contre sur la feuille de suivi à disposition de l'équipage le jour du vol et où le numéro de WPT 2 lui est affecté. Cette feuille est présentée dans sa version intégrale en annexe au présent article.*

*Note 2 : Certains d'entre vous parmi ceux qui fréquentent assidûment les sites de publication aéronautique auront vraisemblablement remarqué que les coordonnées du parking CCD à Roissy mentionnées sur la carte 55 SSC et utilisables en cas de déroutement lors d'un vol CDG - JFK ne correspondent pas exactement sur les données SIA à celles d'un poste de stationnement du terminal 2A (terminal Concorde). En fait, d'après la documentation officielle en vigueur, ces coordonnées sont celles d'un*

point situé entre les terminaux 2A et 2C et pour lequel aucune passerelle n'est prévue (cf. fig. suivante).



Cependant, si on s'en réfère maintenant aux coordonnées des cartes Jeppesen ou de l'atlas Air France, il s'agit bel et bien de l'emplacement A18, tout comme notre vol dont les coordonnées au stand A10 correspondent bien à celles insérées par les pilotes dans leurs INS (cf. fig. suivante).

LFPG/CDG		JEPPESEN		PARIS, FRANCE	
		31 MAR 03 (20-9K)		CHARLES-DE-GAULLE	
INS COORDINATES					
STAND No.	COORDINATES		STAND No.	COORDINATES	
A6	N49 00.1	E002 33.6	A12, A14	N49 00.1	E002 33.8
A7	N49 00.0	E002 33.8	A18	N49 00.1	E002 33.9
A8	N49 00.1	E002 33.7	A30	N49 00.1	E002 33.5
A9	N49 00.0	E002 33.9	A32	N49 00.2	E002 33.5
A10	N49 00.1	E002 33.7	A34, A36, A38	N49 00.1	E002 33.5

Coordonnées INS des emplacements du terminal 2A (Source : Jeppesen)

Les écarts entre les deux publications sont cependant si faibles que les centrales inertielles Delco Carousel se suffisent en pratique de coordonnées moyennes insérées en **dixièmes de minutes** d'arc terrestre, même si les services officiels sont tenus d'après les règlements OACI de fournir ces dernières au **centième de seconde** d'arc près (cf. figure ci-dessus).

Note 3 : Le carton de décollage présenté ici est un modèle générique élaboré par la division Concorde d'Air France antérieurement à l'année 2002. Celui utilisé par le vol AF 4328 le 17 mai 2003 présente quelques différences qui restent néanmoins mineures. Il en est de même pour le carton d'atterrissage reproduit plus loin dans le récit.

Note 4 : Lors de la réalisation des boucles supersoniques, l'usage des réchauffes au décollage n'était pas obligatoire eu égard à la faible masse de l'appareil par rapport aux limitations « piste ». Cependant, lorsque les jours du bel oiseau furent comptés, les équipages les utilisèrent systématiquement à chaque vol afin de faire plaisir tant à eux-mêmes qu'à leurs passagers (donc abstraction faite en l'occurrence de toute considération d'utilisation de ce « 5<sup>ème</sup> moteur » dans le but d'augmenter de manière significative les marges de sécurité au décollage).

Note 5 : Au passage du mur du son et à tout moment au delà de cette vitesse devraient se produire autant de bangs soniques qu'il existe de protubérances aérodynamiques à l'avion (nez, bords d'attaque des ailes, moteurs, dérive...). Dans la pratique, le volume du cône de Mach intègre toutes ces ondes en les regroupant pour ne produire

une fois arrivées au sol qu'un seul et unique bang sonore audible (les ondes les plus rapides rattrapent les plus lentes). Dans le cas de Concorde, le double bang clairement identifiable sur les enregistrements vidéos réalisés dans La Manche provient de la combinaison de deux facteurs :

- tout d'abord un phénomène de « timing » entre le passage supersonique du nez (choc avant) et de la queue (choc arrière) plus éloignée vu la longueur de l'appareil que sur les avions militaires capables des mêmes performances ;

- trajectoire courbe de l'avion en virage au passage de **TESGO** et qui décale les ondes sonores d'un côté sous forme de plis appelés par les spécialistes « lignes de rebroussement ». Un avion de combat en évolutions serrées à vitesse supersonique peut ainsi créer jusqu'à quatre bangs en rafale.

Note 6 : Compte-tenu des éléments suivants :

- unités de mesures couramment utilisées en aéronautique (kt et NM),
- vitesse de vol CCD en croisière >1000 kt,
- absence de la fonction « cotan » sur la plupart des calculatrices,
- valeur de l'accélération de la pesanteur à la latitude ainsi qu'à l'altitude du vol ( $g = 9,76 \text{ m.s}^{-2}$ ),

il est plus facile d'utiliser la formule sous la forme :

$$R_{(NM)} = 14,6 \cdot V_{(kt/1000)}^2 / \tan i_{(^\circ)}$$

Exemple :  $V = 1000 \text{ kt}$  ( $V_{(kt/1000)} = 1$ )  $R = 14,6 \cdot 1^2 / 0,5 = 29,2 \text{ NM}$   
 $i = 26,5^\circ$  ( $\tan 26,5^\circ = 0,5$ )

Note 7 : R étant connu à l'avance (35 NM), cet abaque n'est en fait ni plus ni moins que la représentation graphique de la formule précédente exprimée cette fois-ci sous forme de fonction du type :  $f(x) = a \cdot \square \tan x$  où :

$$f(x) = V \text{ en kt, } x = \text{inclinaison en } ^\circ \text{ et } a = 1546$$

Note 8 : Une anecdote court d'ailleurs à ce sujet. Elle rapporte que lors du vol de certification, l'ingénieur de la DGAC présent à bord de l'avion aurait provisoirement coincé un dossier entre les 2 panneaux pendant la croisière étant donné le manque de place dont il disposait à côté de son siège. Évidemment, une fois au sol, le dossier fut impossible à retirer suite au rapprochement des panneaux et le malheureux ingénieur dut attendre que Concorde effectue un nouveau vol avant de pouvoir récupérer ses documents.

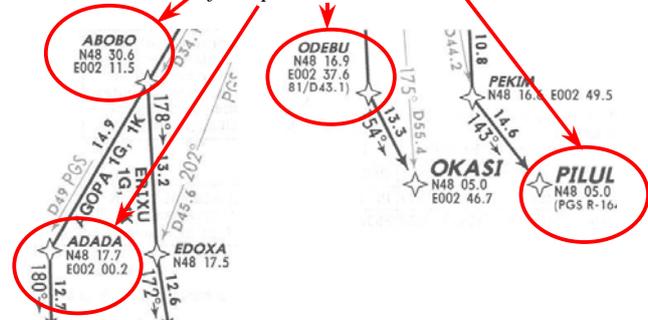
Note 9 : Étant en descente, Concorde ne suit pas les AWYs UM25, J116 et A475 mentionnées sur la carte Eurocontrol et qui correspondent au même trajet effectué par un avion évoluant à altitude constante. Noter également que bien que non représenté sur la copie écran, un circuit d'attente initial est prévu verticale DVL en cas de saturation du trafic à CDG.

Note 10 : Si pour **MERUE**, les autorités n'ont fait que suivre les règles phonétiques dans l'appellation du repère, on peut noter qu'elles se sont amusées à d'autres moments et en particulier lorsque la transformation des procédures à Roissy a nécessité un recours à de nouveaux points OACI. Ainsi, on dénombre désormais des WPTs aux appellations aussi farfelues que **PILUL**, **ODEBU**, **ABOBO** ou **ADADA**, sans

compter également ce point d'approche depuis le sud-ouest et qui répond à l'appellation commerciale **DOMUS** sous prétexte qu'il est situé pile à la verticale d'un lotissement dont l'entreprise de construction de maisons individuelles de même nom a semble t-il été le maître d'œuvre ! (cf. documents suivants)



Quelques points des procédures RNAV départ de Roissy qui laissent entrevoir que la DGAC sait parfois faire preuve d'humour...



Copie écran de la projection sol du point **DOMUS** situé près de St-Nom La Bretèche dans les Yvelines (Source : IGN) et extraits de trajectoires SID au départ de CDG (Source : Jeppesen).

Note 11 : Afin de garder suffisamment de lisibilité au schéma, les trajectoires des circuits d'attentes ont été volontairement omises. En cas de saturation du trafic, ces derniers s'effectuent alors à la verticale des IAF. Noter cependant en ce qui concerne **MOKNO** qu'un circuit d'attente résiduel peut être mis en place verticale **MERUE**, auquel cas le circuit d'attente initiale des trafics en provenance d'**INGOR** est déplacé à la verticale de Deauville (DVL).

Note 12 : Le lecteur a du s'apercevoir que le long cheminement à basse altitude au retour du vol, imposé à la fois par des contraintes de respect du PAP plus éloigné qu'à l'aller ainsi que des contraintes de régulation du trafic à l'arrivée se voyait encore augmenté du fait du sens d'atterrissage face à l'ouest. Ceci est encore plus vrai depuis que Concorde a cessé ses vols car le contrôle demande désormais aux avions de retour de ce secteur de passer **INGOR** au FL 250. La conséquence en est que les avions se traînent parfois maintenant au FL 100 depuis 80 NM du terrain, consommant ainsi une part non négligeable de leurs précieuses réserves (la consommation à basse altitude est plus importante et l'effet vent se fait davantage sentir). Une telle situation aurait été extrêmement pénalisante pour Concorde qui ne pouvait bénéficier d'aucun traitement de faveur en la matière. Elle permet néanmoins d'apporter un élément de réponse au niveau du choix de l'équipage d'embarquer 45,0 T de carburant au lieu des 40,6 T initialement prévues par la PPV.

Note 13 : Bien que D. Costes n'ait pas inscrit sur son log le temps de vol supersonique mais seulement les heures de début d'accélération et de décélération, on peut néanmoins considérer que le laps de temps entre le commencement de la procédure et le passage à Mach 1.00 est le même dans les deux cas. Le temps de vol total à une vitesse supérieure à celle du son peut donc être assimilé à une durée de 00h34 sans commettre d'erreur notoire. C'est principalement par la maintenance que cette donnée est exploitée (il n'existe pas de case spécifique sur les carnets de vol des membres d'équipage pour différencier le temps passé en vol supersonique de celui passé en subsonique).

Annexe

FL OPTI sub: 06 01 40.06 recalage / GUR ASAP

17.12.01	SCDG140	21.3 / 22.5	SUIVI DE VOL	89.8 + 43.5
OCTAVE ROUTE ID 140		PARIS CDG - PARIS CDG 133.3		
AIR FRANCE - O.A.N.I		BOUCLE SUPERSONIQUE TBB 1H40		
<b>CONCORDE</b>		CLEARANCE ATC 27L LH 9Y 3253		
DATE	17.5.2003	4328		
VOL	AF 4328	entrée virage 54 800 ft		
CDB	FOURNIER			
OPL	COSTES	Départ	Hor 1445	Bloc 1437
OMN	PICCINI	Arrivée	Hor 1625	Bloc 1639
F.B.V.F.B	ZFW 89.7	TOTAL	Hor 2*40	B/B 0209
				Dec 1507
				Acc 1514
				Alt 1627
				Dec 1548
				V 0209
				SS
NR	WAYPOINTS	DISTANCE	TEMPS	HEURE
				CARBURANT (T)
				AU BLOC 45,0
				AU DÉCOLLAGE
LATITUDE	RV	REST.	PART.	PLN
LONGITUDE	Dep	PART.	PLN	ESTIMÉE
				REELLE
				A BORD
				RESTANT
				DISPO.
				°C
				NOTES
1	N 49 00.1 L F P G E 002 33.7	SID 54	8	1501
2	EVX N 49 01.9 E 001 13.3	<del>304</del> <del>127</del>	11	
3	TESGO N 50 11.0 W 001 30.0	<del>256</del> <del>96</del>	5	1520 32.2
4	AKELO N 49 46.0 W 003 53.0	<del>244</del> <del>70</del>	4	1525 25 29.5
5	ALPHA N 49 15.0 W 005 30.0	<del>197</del> <del>69</del>	3	23 -
	ENTREE N 48 09.0 W 006 00.0	VI RA 148	8	32
	SORTIE N 48 53.0 W 007 01.9	GE		40
X	FL 520 ↓	<del>078</del> <del>178</del>	13	X 45
8	GUR N 49 26.2 W 002 36.2	<del>092</del> <del>92</del>	10	53 21.6
9	INGOR N 49 21.9 W 000 15.0	098 23	2	603
1	DVL N 49 18.6 E 000 18.8	087 44	5	05
2	SOKMU N 49 20.3 E 001 25.8	096 17	4	10
3	MERUE N 49 18.4 E 001 51.5	STAR 55	12	14
4	L F P G			26
				103.8
SUIVI INS VIRAGE SPECIAL				
RAYON = 35 NM				
CENTRE N 48 18.8		RV	DIST	
INS 3 W 006 50.5		DEP	PART	
NR	WAYPOINTS	DEG	NM	
5	ALPHA N 49 15.0 W 005 30.0	197	141	
6	BRAVO N 47 00.0 W 006 30.0			
7	CHARLY N 48 45.0 W 008 00.0	077	217	
8	GUR N 49 26.2 W 002 36.2			

ETAIL 133.7

16.5

Feuille de suivi du vol AF 4328 du 17 mai 2003 (Source : D.Costes / Air France).