

Service Technique et Industriel de l'Aéronautique

---

# Bulletin Technique

---

N° 44

Décembre 1927

LA TRAVERSÉE AÉRIENNE

DE L'ATLANTIQUE NORD



# TABLE DES MATIÈRES

## CHAPITRE PREMIER. — ÉTUDE DES ROUTES

	PAGES
A. — TRACÉ DE LA ROUTE.....	5
Orthodromie.....	5
Route des transatlantiques.....	7
Route des Açores.....	7
B. — CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES.....	7
Sources de renseignements.....	7
Vent.....	10
Visibilité.....	10
Accidents météorologiques.....	10
C. — REPÈRES DE NAVIGATION ET MOYENS DE SAUVETAGE.....	11
Repère terrestre.....	11
Fréquentation des routes par les bateaux.....	11
Poste de T. S. F.....	12
D. — COMPARAISON DES DIFFÉRENTES ROUTES.....	12
Durée de voyage.....	13
Sécurité.....	15
Conclusions.....	16

## CHAPITRE II. — ÉTUDE DES APPAREILS

A. — AVIONS DE BAID.....	19
Voyage New-York-Paris.....	20
Voyage Paris-New-York.....	20
B. — AVIONS COMMERCIAUX.....	21
C. — CONCLUSIONS.....	22

## CHAPITRE III. — ÉTUDE DES MÉTHODES ET MOYEN DE NAVIGATION

A. — MESURES A VUE.....	24
B. — CALCUL DU POINT ASTRONOMIQUE.....	25
C. — LA T. S. F.....	26
D. — INSTRUMENTS DE TENUE DU CAP ET DE PILOTAGE.....	29
Compas.....	29
Altimètre et indicateur de vitesse.....	29
Contrôleur de vol et indicateur de pente longitudinale.....	30

## CHAPITRE IV. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

## TABLEAUX

		PAGES
TABLEAU	1 Éléments de la route du Nord.....	6
»	2 Éléments de la route des transatlantiques.....	8
»	3 Éléments de la route des Açores.....	9
»	12 Liste des stations émettant régulièrement des radiogrammes météorologiques.....	12
»	13 Durée du voyage par les différentes routes.....	14
»	15 Consommations et vitesses moyennes au cours des derniers raids effectués.....	19
»	4 Définition des tronçons élémentaires de route étudiés aux <i>Tableaux</i> <i>5, 6, 7, 8, 9, 10 et 14</i> .....	
»	5 Conditions météorologiques sur l'Atlantique en janvier 1908.....	
»	6 Conditions météorologiques sur l'Atlantique en juillet 1908.....	
»	7 Conditions météorologiques sur l'Atlantique en janvier 1909.....	
»	8 Conditions météorologiques sur l'Atlantique en juillet 1909.....	
»	9 Conditions météorologiques sur l'Atlantique en janvier 1910.....	
»	10 Conditions météorologiques sur l'Atlantique en juillet 1910.....	
»	11 Liste des départs d'Europe pour l'Amérique du Nord en juillet 1927.	
»	14 Conditions de la Navigation, qui se sont présentées sur l'Atlantique en janvier 1909.....	
»	14 <sup>bis</sup> Conditions de la Navigation, qui se sont présentées sur l'Atlantique en juillet 1909.....	

A la  
fin de l'ouvrage

## CARTES

CARTE	1 Tracé des routes.....	
»	2 Pilot-charts de Juillet 1926.....	
»	3 Pilot-charts de Janvier 1927.....	
»	4 Carte des postes T.S.F.....	



## INTRODUCTION

---

*Le but de la présente étude est de préciser les conditions dans lesquelles peut être effectuée la traversée aérienne de l'Atlantique Nord, d'examiner les avantages et les inconvénients de chacune des routes qu'on peut suivre, de déterminer les performances indispensables à un appareil qui entreprend la traversée et, enfin, les méthodes et les moyens de navigation qu'il faut employer. Nous procéderons donc successivement à l'étude des routes, à celle des appareils, à celle des instruments de navigation.*

*Pour préciser, l'étude portera uniquement sur la traversée Paris-New-York et la traversée New-York-Paris.*

---

## CHAPITRE PREMIER

---

### ÉTUDE des ROUTES

La traversée doit durer le moins longtemps possible, elle doit être aussi sûre que possible. La durée dépend de la longueur de la route suivie, du vent et de l'exactitude de la navigation. La sécurité dépend du temps, des moyens de sauvetage auxquels on peut éventuellement recourir, et aussi de l'exactitude de la navigation.

Nous aurons donc d'abord à étudier le tracé des différentes routes possibles et leur longueur, puis les conditions météorologiques le long de ces routes, enfin les repères de navigation et moyens de sauvetage, qui sont étroitement liés, puisqu'en mer les bateaux que l'on rencontre peuvent donner à l'avion des renseignements sur sa position et au besoin du secours. Avec tous ces éléments, nous essaierons de tirer une appréciation d'ensemble sur les avantages et les inconvénients des différentes routes suivant qu'on fait le voyage dans le sens Paris-New-York ou New-York-Paris.

#### A. — TRACÉ de la ROUTE

On peut hésiter entre trois routes pour aller de Paris à New-York. Prendre le chemin le plus court, c'est-à-dire l'orthodromie; ou bien se tenir à proximité des routes des transatlantiques; ou bien passer par les Açores en se tenant à proximité des bateaux qui empruntent cet itinéraire.

#### **Orthodromie.**

En réalité, on ne suit jamais rigoureusement l'orthodromie, parce qu'elle ne coupe pas les méridiens à angle constant : il faudrait, pour la suivre rigoureusement, changer de cap à chaque instant. On la décompose en un certain nombre de loxodromies, qui coupent les méridiens à angle constant, et tout le long desquelles on peut garder le même cap géographique.



### Route des transatlantiques.

Les transatlantiques suivent une route, définie par les pilot-charts, et qui change avec la saison. Une de ces cartes (pilot-charts) est la Carte n° 2. On voit que tous les bateaux allant des Etats-Unis en Europe passent par un point de rendez-vous situé au S.E. de Terre-Neuve. Ceux allant d'Europe aux Etats-Unis passent par un autre point de rendez-vous situé à 60 milles environ au Nord du précédent. Les routes aller et retour s'éloignent ainsi à 35 milles l'une de l'autre au maximum. Les bateaux qui vont vers la Manche ou en viennent passent par un point W.S.W. du cap Lizard (îles Sorlingues). Entre leurs ports et ces points de rendez-vous, ils suivent des itinéraires divers. Les points de rendez-vous changent avec la saison, et la route est changée aussi. Ces changements de route avec la saison nous ont amenés à tracer (*carte 1*) deux routes différentes pour les avions, une pour l'été et l'autre pour l'hiver.

Toutes deux ont été choisies de manière à satisfaire aux conditions suivantes :

1° Se tenir à proximité des itinéraires aller et retour des bateaux.

2° Etre aussi courtes que possible.

3° Donner lieu au plus petit nombre possible de changements de cap géographique.

Le Tableau 2 (page 8) donne les éléments de la navigation le long de la route.

*On voit que les distances à parcourir sont de 3.414 milles ou 6.325 km. en été et 3.293 milles ou 6.100 km. en hiver.*

### Route des Açores.

Les bateaux qui vont d'Europe aux Açores et inversement suivent des routes diverses variant avec leurs ports d'origine ou de destination. Ceux, assez nombreux, qui viennent de la Manche, partent d'un point situé au S.S.E. du cap Lizard (voir *carte 2*). La route Paris-Açores est plus au Sud (*carte 1*) et s'en rapproche sensiblement à la fin de son parcours.

On a choisi, comme point de passage aux Açores, l'île Fayal, parce que c'est elle qui paraît la plus fréquentée et la plus apte à aider l'avion en cas de besoin (port de Horta). Nous n'avons aucun renseignement sur les terrains d'atterrissage possibles dans ces îles.

Des Açores à New-York, la ligne la plus fréquentée va des Açores aux points de rendez-vous des transatlantiques et, de là, à New-York. On a donc choisi pour les avions une ligne qui va de Fayal aux deux points B, différents suivant qu'on est en été ou en hiver, et on a adopté de là à New-York le même itinéraire que pour la route précédente. On a ainsi le double avantage de suivre de très près l'orthodromie et de se rapprocher des itinéraires des transatlantiques.

Le Tableau 3 (page 9) donne les éléments de la navigation le long de la route.

*On voit que les distances à parcourir sont de 3.533 milles ou 6.543 km. en été et 3.565 milles ou 6.592 km. en hiver.*

## B. — CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Les conditions météorologiques qui intéressent le navigateur aérien sont : le vent qui modifie sa vitesse de route; la visibilité qui rend les observations plus ou moins faciles; les accidents météorologiques (tempête, neige, verglas) qui compliquent la tâche du pilote et gênent la marche de son appareil.

### Sources de renseignements.

Les renseignements que nous possédons sur la météorologie de l'Atlantique sont tirés des pilot-charts (*cartes 2 et 3*), des instructions nautiques et des tableaux 5, 6, 7, 8, 9, 10 (fin de l'ouvrage) dressés par l'Office National Météorologique.

Les pilot-charts donnent les vents moyens (au niveau de la mer) et la marche des principales dépressions en tenant compte des observations faites pendant une période de





trente années. Aucun renseignement n'existe actuellement sur le vent en altitude, ou, en tous cas, les observations faites sont tellement peu nombreuses qu'on ne peut en faire état. Ces cartes donnent aussi la fréquence des brouillards.

Les instructions nautiques donnent surtout des renseignements sur les régions côtières.

Les Tableaux donnés par l'Office National Météorologique, indiquent sur les différentes positions des routes considérées, le vent qui a régné chaque jour et l'état du ciel pour les mois de juillet et de janvier des années 1904, 1909 et 1910. Ces renseignements proviennent de la *Deutsche Seewarte*.

Les renseignements qui concernent l'orthodromie entre Terre-Neuve et l'Irlande sont assez douteux, parce qu'ils ne reposent que sur un très petit nombre d'observations, cette partie de l'Atlantique étant très peu fréquentée par les bateaux.

Ceux qui concernent les autres routes sont beaucoup plus sûrs, parce qu'ils reposent sur un très grand nombre d'observations.

### Vent.

L'examen des pilot-charts et des Tableaux montrent qu'il faut s'attendre à trouver, au niveau de la mer, un vent ouest ou voisin du vent ouest, quand on suit l'orthodromie ou la route des transatlantiques. On a quelques chances de trouver du vent Est ou Nord de Paris aux Açores et des Açores aux points B, surtout en été. Dans les calculs que nous faisons plus loin, nous avons admis qu'on rencontrerait par temps moyen sur les trois routes les vents ci-après (composante comptée suivant la route).

Route orthodromique, l'été .....	18 km. vers Paris
Route orthodromique, l'hiver .....	23 —
Routes des transatlantiques, l'été .....	20 —
Route des transatlantiques, l'hiver .....	24 —
Route des Açores, de Paris à l'île Fayal, l'été.....	4 —
Route des Açores, de Paris à l'île Fayal, l'hiver.....	7 —
Route des Açores, de l'île Fayal à New-York, l'été.....	15 —
Route des Açores, de l'île Fayal à New-York, l'hiver....	10 —

Ce ne sont évidemment que des moyennes qui peuvent être fausses certains jours, mais nous croyons qu'elles rendent assez bien compte des conditions de la traversée.

### Visibilité.

La visibilité est essentiellement variable avec le temps ; néanmoins, on peut dire, *a priori*, que les chances sont grandes de rencontrer de la brume sur Terre-Neuve, le banc de Terre-Neuve et la Nouvelle Ecosse. Cette brume diminue d'ailleurs en hiver, mais est presque inévitable en été où elle descend jusqu'au point B. La pluie se présentera chaque fois qu'on rencontrera une dépression, et, si l'on observe la fréquence de celles-ci, il sera bien rare de passer, même en été, sans rencontrer de la pluie pendant un temps plus ou moins long.

*Il faut donc toujours compter que, pour traverser l'Atlantique, on aura à naviguer dans le brouillard ou la pluie en cours de route.*

### Accidents météorologiques.

La marche des dépressions est intéressante à suivre du point de vue des accidents météorologiques.

Dans l'Atlantique Nord, les dépressions se forment généralement dans le golfe du Mexique, pour remonter au N.E., passer sur Terre-Neuve et continuer dans la partie la plus au Nord en s'approchant plus ou moins de l'Irlande. On trouvera, au contraire, souvent des centres de haute pression vers les Açores ou au Nord des Açores.

On coupe donc toujours l'itinéraire suivi par les dépressions quand on traverse entre New-York et Paris : on a toutes les chances de trouver en route un temps plus ou moins

tempêteux. Si l'on passe par le Nord, on risque, en outre, de tomber dans la zone de *la neige et du verglas*, ce qui est particulièrement dur pour le pilote et pour l'avion, qui est surchargé, dont les hélices sont mises à une rude épreuve, dont certains instruments, comme ceux qui utilisent des trompes de Venturi, ne fonctionnent plus.

### C. — REPÈRES de NAVIGATION et MOYENS de SAUVETAGE

On rencontre des repères de navigation tant qu'on reste sur le continent; les côtes en présentent encore quand on est en vue de celles-ci; en pleine mer, l'avion ne trouve plus que les bateaux, encore faut-il que ceux-ci puissent lui faire connaître leur position, pour que leur présence l'aide à déterminer la sienne. Tous ces repères visibles, les uns de jour, les autres de nuit, perdent toute leur utilité dès que l'atmosphère n'est plus transparente, par suite de la pluie ou du brouillard.

A ce moment, il reste une ressource au navigateur : la radiogoniométrie. Ou bien, il aura à bord un radiogoniomètre et fera des relèvements sur les postes de T. S. F. existant à terre ou à bord des bateaux; ou bien, ayant à bord un émetteur de T. S. F., il demandera des relèvements aux radiogoniomètres des bateaux et aux radiogoniomètres à terre.

Ainsi, nous aurons à étudier les repères terrestres visibles et, en particulier, les phares; la fréquentation de l'Atlantique Nord par les bateaux; les postes T. S. F. et radiogoniométriques utilisables à terre et à bord des bateaux.

Sur tous les parcours terrestres, on peut compter qu'un avion, obligé à se poser, trouvera du secours dans un délai plus ou moins long. Sur mer, son équipage ne sera sauvé que par les bateaux. La T. S. F. sera indispensable dans ce cas pour lui permettre de réclamer du secours. Ainsi, l'étude des parcours terrestres, de la fréquentation des routes maritimes par les bateaux et des postes de T. S. F., concernera autant les moyens de sauvetage que les repères de navigation.

#### Repères terrestres.

Les côtes américaine et européenne sont pourvues de phares nombreux et de balises de toutes sortes. Les parcours sur le continent européen sont faciles à repérer avec de bonnes cartes quand la visibilité est suffisante. Le continent américain présente peut-être des zones moins caractéristiques que les régions d'Europe qui sont partout coupées de routes, de chemins de fer et de voies d'eau. Néanmoins, on y trouve encore par bonne visibilité un nombre très suffisant de repères. Il existe sur l'un et l'autre parcours des terrains organisés.

#### Fréquentation des routes par les bateaux.

Les bateaux fréquentent très peu la partie la plus au Nord de l'Atlantique. On peut en trouver quelques-uns aux abords de Terre-Neuve ou à proximité de l'Irlande, mais aucune ligne régulière n'est en exploitation au Nord du parallèle 55°, et ce n'est que tout à fait exceptionnellement que des bateaux y passent.

Entre le parallèle 55° et le parallèle 50°, quelques bateaux vont du cap Lizard ou du Sud de l'Irlande au Canada par le Nord de Terre-Neuve (Belle-Isle); d'autres vont d'Irlande au cap Race ou d'Ecosse à New-York. Mais une partie de ces lignes n'existe pas en hiver, et elles sont très peu fréquentées.

Au Sud du parallèle 50°, on trouve : les bateaux de pêche autour de Terre-Neuve pendant la saison (avril à octobre et décembre à juin (hareng)), les transatlantiques et, plus au Sud, les navires qui font la traversée par les Açores.

Les transatlantiques sont très nombreux sur leur route. Le Tableau 11 donne la liste des départs d'Europe en juillet 1927. On y voit combien la route Europe-Etats-Unis est plus fréquentée que celle du Canada, malgré la saison favorable. On peut constater qu'il part au moins chaque jour deux bateaux dans chaque sens.

Les circonstances les plus défavorables que puisse rencontrer un avion qui prend cet itinéraire sont donc celles-ci : il n'est parti, un jour donné, que deux bateaux dans chaque sens ; ils sont partis ensemble ; ils croisent simultanément ceux qui viennent en sens inverse. Dans ces conditions, si les bateaux font 22 nœuds, il y aura un espace de 528 milles ou 950 km. sans bateau. Ces circonstances, dans la pratique, ne se présentent pas et quand on a une distance de 800 km. entre bateaux sur la route, c'est un grand maximum.

La route des Açores est fréquentée aussi, mais les bateaux sont plus dispersés. En effet, il en vient de la Manche, des ports de l'Atlantique, de la Méditerranée. Ils ont des destinations très variées et ne touchent généralement pas aux Açores. Ils rallient le point situé par 39° N 30° W qui se trouve dans le N.W. de l'île Fayal. On a donc encore des chances de rencontrer des bateaux entre l'Europe et les Açores, mais moins régulièrement que par la route des transatlantiques ; ce sont des bateaux marchant à des vitesses très différentes, et il est plus difficile d'affirmer qu'on ne parcourra pas une distance déterminée sans en rencontrer un.

### Postes de T. S. F.

Deux sortes de postes de T. S. F. sont intéressants pour un avion qui traverse l'Atlantique : les *émetteurs-récepteurs* qui peuvent communiquer avec lui, et les *radiogoniomètres*. Sur les côtes, l'organisation qui satisfait aux besoins des bateaux, sur terre, celle préparée pour les lignes aériennes, permettent aux avions d'être toujours en communications avec le sol jusqu'à 500 milles au moins des côtes, et de se faire donner des relèvements radiogoniométriques.

La Carte n° 4 donne les positions des stations qui existent en Europe, en Amérique et aux Açores.

Le Tableau 12 donne la liste des stations terrestres qui envoient régulièrement des renseignements météorologiques. En particulier, Nantes, Basses-Landes, Londres et Washington transmettent périodiquement des renseignements généraux sur l'Atlantique Nord. En outre, beaucoup de stations peuvent envoyer des renseignements sur demande.

Les bateaux ont des équipements T. S. F. différents. Les transatlantiques ont, en général, un poste à étincelles d'une portée de 300 à 400 milles, un poste à ondes entretenues d'une portée de 1.000 à 1.200 milles et un radiogoniomètre. Ils font une écoute permanente. Les bateaux moins importants ont uniquement un poste à étincelles d'une portée d'environ 200 milles et font une écoute permanente. Enfin, les bateaux légers et les cargos ont des postes de puissance inférieure et ne font l'écoute qu'à certaines heures de la journée.

## TABLEAU XII

### Liste des stations émettants régulièrement des radiogrammes météorologiques

LE BOURGET.	VALENCIA (Irlande).
CHERBOURG-ROUGES-TERRES (avis de tempête).	MONSANTO (Portugal).
CHERBOURG-CHANTEREYNE.	SAN MIGUEL (Açores).
BREST-MENGAM.	WASHINGTON (Etats-Unis).
LORIENT-PEN-MANÉ (avis de tempête).	NEW-YORK (Etats-Unis).
NANTES-BASSES-LANDES.	YARMOUTH (Canada, Nouvelle-Ecosse).
ROCHEFORT.	CAP RACE (Canada, Terre-Neuve).
LONDRES-AIR MINISTRY (Grande-Bretagne).	SAINT-PIERRE (Saint-Pierre et Miquelon).
	BELLE-ISLE (Canada, Terre-Neuve).

### D. — COMPARAISON des DIFFÉRENTES ROUTES

Deux éléments interviennent dans le choix d'une route : la durée du voyage et la sécurité.

**Durée de voyage.**

Nous avons porté dans le Tableau 13 (page 14) la durée du voyage sur les différentes routes suivant qu'il est fait en été ou en hiver, que l'on va de Paris à New-York ou de New-York à Paris. Nous avons admis qu'on rencontrait en moyenne, pendant le parcours, un vent dont la vitesse, suivant la route, est donnée au § B.

Les résultats portés dans ce Tableau 13 semblent assez bien correspondre à la réalité, puisque le voyage de Lindbergh a duré 33 h. 30, alors que notre tableau aurait donné 34 h. 45. Il est assez difficile de faire une comparaison avec le voyage de Chamberlin, puisqu'il n'est pas venu à Paris, mais étant donné qu'il a marché en moyenne à 150 km. à l'heure et qu'il a mis 42 heures pour faire environ 6.400 km., on peut compter qu'il serait venu à Paris en 38 h. 30, alors que notre Tableau aurait donné 34 h. 45. Enfin, Byrd, s'il ne s'était pas perdu entre Brest et Paris, serait venu en 39 heures. Son avion a marché en moyenne à 155 km. à l'heure; il a suivi d'abord l'orthodromie, puis a suivi une route presque orthodromique le faisant atterrir sur Brest; il a donc fait un parcours intermédiaire entre l'orthodromie et la route des transatlantiques, ce qui nous aurait donné, d'après notre manière de calculer, une durée de 36 heures environ.

Par ailleurs, afin d'apprécier la valeur de nos calculs, nous avons repris les conditions qui se sont présentées réellement sur l'Atlantique en 1909, d'après les Tableaux 7 et 8.

Nous avons choisi le cas d'un avion ayant 150 km./h. de vitesse propre, et *traversant de Paris à New-York*. Son voyage dure environ deux jours. Chaque jour, nous avons supposé qu'un avion parfait pour terminer son voyage 48 heures après. Nous avons alors examiné le temps qu'il rencontrerait sur chaque tronçon de la route, d'après l'heure approximative où il y serait. Puis, pour chacun de ces tronçons, nous avons tracé le triangle des vitesses. Nous en avons déduit la différence entre la vitesse propre et la vitesse vraie comptées suivant la route. Dans le Tableau 14, nous avons porté, par tronçon de route, pour un voyage commençant chaque jour du mois et pour les différentes routes, cette différence en mètres par seconde, une indication sommaire de la dérive, et l'état du ciel.

De ce Tableau, nous avons déduit, pour chacun des deux mois envisagés et pour chaque route, le jour de départ qui aurait donné à l'avion la traversée la plus favorable et celui qui aurait donné la traversée la plus défavorable. Nous avons trouvé :

	ORTHODROMIE		ROUTE DES TRANSATLANTIQUES		AÇORES	
Traversée favorable.....	14-15 juil.	25-26 janv.	11-12 juil.	5-6 janv.	11-12 juil.	9-10 janv.
Traversée défavorable....	13-14 juil.	16-17 janv.	24-25 juil.	15-16 janv.	24-25 juil.	17-18 janv.

Nous avons alors calculé les temps de traversée pour chacun de ces départs, ce qui nous a donné :

Orthodromie .....	{ 14-15 juillet 38 h. 35	23-24 juillet 46 h. 25
	{ 25-26 janvier 38 h. 15	16-17 janvier 47 h. 20
Route des transatlantiques .....	{ 11-12 juillet 41 h. 50	24-25 juillet 49 h. 30
	{ 5-6 janvier 39 h. 05	15-16 janvier 51 h. 40
Route des Açores .....	{ 11-12 juillet 39 h. 20	9-10 juillet 48 h. 15
	{ 24-25 janvier 38 h. 25	17-18 janvier 52 h. 05

Nous avons fait aussi le calcul pour un avion marchant à 120 km./h., et nous avons trouvé, les mêmes jours :

Orthodromie .....	{ 14-15 juillet 47 h. 20	23-24 juillet 63 h. 05
	{ 25-26 janvier 47 h. 30	16-17 janvier 63 h. 25
Route des transatlantiques .....	{ 11-12 juillet 52 h. 50	24-25 juillet 60 h. 05
	{ 5-6 janvier 48 h. 15	15-16 janvier 69 h. 20
Route des Açores .....	{ 11-12 juillet 47 h. 30	9-10 juillet 61 h. 05
	{ 24-25 janvier 46 h. 25	17-18 janvier 68 h. 35

TABLEAU XIII

ROUTES	DISTANCE		VENT		DURÉE V = 150 km./h.		DURÉE V = 200 km./h.		DURÉE PAR VENT NUL	
	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	V = 150 km./h.	V = 200 km./h.
Route Orthodromique.....	5.830 km. ou 3.148 milles	5.830 km. ou 3.148 milles							39 h.	29 h. 15
Paris-New-York.....			- 18	- 23	44 h. 15	46 h.	32 h.	33 h.		
New-York-Paris.....			+ 18	+ 23	34 h. 45	33 h. 45	26 h. 45	26 h. 15		
Route des Transatlantiques.....	6.323 km. ou 3.414 milles	6.098 km. ou 3.293 milles							42 h. 15 été	31 h. 40 été
Paris-New-York.....	6.323 km.	6.098 km.	- 20	- 24	48 h. 45	48 h. 25	35 h. 15	34 h. 35		
New-York-Paris.....	6.323 km.	6.098 km.	+ 20	+ 24	37 h. 15	35 h.	28 h. 45	27 h. 15	40 h. 35 hiver	30 h. 30 hiver
Route des Açores.....	6.543 km. ou 3.533 milles	6.592 km. ou 3.565 milles							43 h. 35 été	32 h. 40 été
Paris-Fayal.....	2.731 km. ou 1.475 milles	2.731 km.	- 4	- 7	18 h. 45	19 h. 10	13 h. 55	14 h. 10		
Paris-New-York.....	3.812 km. ou 2.058 milles	3.861 km. ou 2.090 milles	- 15	- 10	28 h. 15	27 h. 35	20 h. 35	20 h. 20		
Total.....	6.543 km.	6.592 km.			47 h.	46 h. 45	34 h. 30	34 h. 30	44 h. hiver	32 h. 55 hiver
New-York-Fayal...	3.872 km.	3.861 km.	+ 15	+ 10	23 h. 05	24 h. 05	17 h. 45	18 h. 25		
Fayal-Paris.....	2.731 km.	2.731 km.	+ 4	+ 7	17 h. 45	17 h. 25	13 h. 25	13 h. 15		
Total.....	6.543 km.	6.592 km.			40 h. 50	44 h. 30	31 h. 40	31 h. 40		

Que peut-on tirer de tous ces chiffres ? Un premier résultat déjà connu de tout le monde, que la durée du voyage est beaucoup plus grande dans le sens Paris-New-York que dans le sens New-York-Paris. Cette différence est d'autant plus accentuée que l'avion est moins rapide. Pour un avion ayant une vitesse propre de 150 km./h., et par temps moyen; elle est de l'ordre de 25 % quand on suit l'orthodromie ou la route des transatlantiques et de l'ordre de 12 % seulement quand on passe par les Açores (Tableau 13).

Si l'on examine la traversée dans le sens NEW-YORK-PARIS, on voit que la route des Açores est nettement désavantageuse. L'orthodromie donne toujours le temps le plus court. L'avantage de temps qu'elle procure sur la route transatlantique est plus grand en été qu'en hiver : par temps moyen, en été, un avion marchant seulement à 150 km./h. gagne 2 h. 30 à passer au Nord; en hiver, il gagne 1 h. 15 seulement.

Dans le sens PARIS-NEW-YORK, *par temps moyen*, l'orthodromie est aussi la plus courte. La plus longue est la route des transatlantiques; la différence du temps de parcours entre l'orthodromie et les Açores n'est que de 2 h. 45 en été et de 45 minutes en hiver par temps moyen. *Le jour le plus favorable* de juillet et de janvier 1909 donne encore la plus faible durée à l'orthodromie et la plus longue à la route des transatlantiques. La différence du temps de parcours par l'orthodromie ou les Açores est de 45 minutes en juillet et de 10 minutes en janvier. Enfin, *le jour le plus défavorable*, l'orthodromie reste la route la plus rapide; la route transatlantique reste la plus longue en juillet, mais les Açores perdent leur avantage en janvier; les différences sont très faibles entre ces deux dernières routes; l'orthodromie gagne environ sur elles 3 heures l'été et 4 heures l'hiver pour un aéronef marchant à 150 km. à l'heure.

Bien entendu, tous ces temps s'entendent de traversée sans escale. Si l'on fait escale aux Açores, la plus longue durée de parcours, par ce chemin, est bien réduite : elle est de 29 heures en janvier le jour le plus défavorable pour un avion marchant à 150 km./h.

Enfin, si nous regardons de près le Tableau 14, nous pouvons en tirer des conclusions au sujet de la stabilité des vents établis, conclusions qui sont vraies aussi au sujet de la stabilité du temps établi. Sur la route orthodromique, on trouve en juillet des périodes de vent à peu près uniforme et de temps assez beau pendant plusieurs jours de suite; en janvier, le vent ne varie pas très vite, mais le mauvais temps est à peu près permanent. Sur la route des transatlantiques, en juillet comme en janvier, le vent change constamment, le temps est presque toujours mauvais. La route des Açores est celle qui donne le plus de beau temps, et qui présente, été comme hiver, de longues périodes de vent régulier.

### Sécurité.

L'orthodromie a l'avantage du plus court parcours maritime ininterrompu (3.050 km.). Il semble, de ce fait, que la sécurité y soit plus grande que sur toutes les autres routes, surtout si l'on fait la traversée avec des avions qui ne peuvent tenir la mer. Mais ce parcours maritime, s'il est le moins long, est aussi celui qui offre le moins de moyens de secours : il n'y a aucun bateau en hiver; il y en a très peu en été, encore suit-on un chemin transversal au leur, si bien qu'on a peu de chances de les rencontrer et qu'ils ne peuvent être, pour la navigation, que d'un secours exceptionnel. La sécurité que donne la partie terrestre du parcours est, d'ailleurs, toute relative, car Terre-Neuve est dans la brume une grande partie de l'été. Le reste de la route offre quelques chances de beau temps dans cette saison, mais l'hiver, le ciel est presque toujours couvert, on rencontre à coup sûr de la pluie, quand ce n'est pas de la neige ou du verglas (voir Tableau 14).

La navigation, nous l'avons vu, est délicate parce que sur le parcours maritime, l'avion rencontrera rarement un bateau qui puisse lui confirmer sa position. Néanmoins, s'il a la T. S. F., il peut recevoir des indications de Terre-Neuve (cap Race) pendant 850 km. et de Brest-Mengam pendant 1.400 km. Il n'a donc à parcourir que 1.250 km. environ sans indications. Cette navigation a besoin d'être précise dans le sens Paris-New-York. En effet, quand on va de New-York à Paris, une erreur de navigation, même assez sérieuse, ne fait pas manquer le continent; les côtes d'Europe ont, dans l'ensemble, une direction

perpendiculaire à la route à suivre et on les trouve sans grand retard si on s'écarte de celle-ci au Nord ou au Sud. Il n'en est pas de même des côtes d'Amérique : elles ont une direction presque parallèle à la route orthodromique. Si bien que de Paris à New-York, une erreur constante de navigation de 4° vers le Sud suffirait à faire manquer la terre à un pilote : il ne la rencontrerait plus qu'au cap Hatteras ! Une erreur de 5° dans le même sens l'emmènerait en Floride ! Il est vrai qu'il ne passerait pas loin du cap Race, mais le brouillard peut le lui masquer, et la T. S. F. seule, dans ce cas, lui montrera son erreur.

La *route des transatlantiques* présente les qualités inverses de l'orthodromie : c'est elle qui exige le plus long parcours maritime ininterrompu (5.500 km.). Mais ce parcours offre le plus de moyens de secours ; il est très fréquenté par des bateaux réguliers ; on peut espérer être recueilli par eux en cas de panne ; on aura d'eux des renseignements de navigation nombreux et intéressants, surtout si l'on communique par T. S. F. Par contre, le temps est très régulièrement mauvais ; été comme hiver, on a beaucoup de chances de trouver quelque dépression, avec pluie, tempête et neige. Les brouillards sont plus rares que sur la route du Nord. La forme des côtes américaines est telle qu'une erreur de navigation ne peut avoir pour conséquence de prolonger considérablement le parcours sur mer. Bref, une grande sécurité assurée par la présence de nombreux bateaux, et qui sera effective à condition de pouvoir communiquer avec eux (T. S. F.) et tenir la mer (hydravion, avion à flotteur, canot de sauvetage).

La caractéristique de la *route des Açores* est qu'on trouve souvent le beau temps au moins sur une grande partie du trajet. Cela facilite considérablement la tâche du pilote et celle du navigateur. Celui-ci rencontrera peut-être moins régulièrement des bateaux que sur la ligne des transatlantiques ; ces bateaux n'auront pas de radiogoniomètres, ni de poste à grande portée comme les transatlantiques, mais il les verra plus facilement, le beau temps lui permettra une navigation à l'estime plus précise, et il pourra assez régulièrement se servir du sextant. Le parcours maritime ininterrompu le plus long est de 3.850 km. L'arrivée aux Açores est facile, l'archipel est étendu, les monts y sont élevés (Pics de 2.322 mètres) et on doit le trouver et s'y repérer facilement par beau temps. On peut aisément y faire escale avec un hydravion. La fin de la route est la même que celle des transatlantiques.

### Conclusions.

Après avoir détaillé toutes ces considérations sur les différentes routes qui permettent de traverser l'Atlantique, il nous reste à répondre à une question : laquelle faut-il choisir ?

Il n'y a pas une réponse unique et absolue ; cela dépend des cas. Il faut préciser le problème. S'agit-il de traverser à tout prix pour accomplir une performance avec un avion déterminé ? Veut-on choisir sa route d'abord, puis construire l'avion qui convient à cette route pour exécuter le raid Paris-New-York ? Ou bien nous plaçons-nous à un point de vue commercial et cherchons-nous à établir un service régulier entre les deux continents ? Nous examinerons à part chacun de ces trois cas.

Si l'on veut, *a priori*, utiliser un avion déterminé, il faut d'abord examiner son rayon d'action. S'il est très juste, il n'y a pas à hésiter : il faut passer par l'orthodromie et choisir la saison où celle-ci est la plus hospitalière. Cette solution s'impose *si l'avion n'a pas la T. S. F.* et, par conséquent, ne peut bénéficier des avantages que lui procure la rencontre des bateaux. Elle est aussi tout indiquée s'il ne peut tenir la mer et, par conséquent, attendre un secours quelconque. Cette manière de faire est, certes, la plus audacieuse et la plus risquée, mais si un pilote entreprend d'exécuter la performance dans des conditions aussi précaires, il n'a pas d'autre solution. C'était le cas de Lindbergh et de Chamberlin. Bien organisés et bien servis par la chance, ils ont réussi : il en faudrait une beaucoup plus grande encore pour réussir en sens inverse ; les considérations qui précèdent ont dû le bien mettre en évidence.

*Si l'avion dispose d'un équipement complet*, il profitera peu des avantages que lui procure la T. S. F. en suivant l'orthodromie. C'est ainsi que Byrd, qui s'était engagé sur

la route du Nord, est revenu par la force des choses vers la route des bateaux. Il a rencontré le mauvais temps et, seule, sa T. S. F. lui a permis de se repérer en liaison avec eux. Ainsi, du moment où l'on a la T. S. F. à bord, et si le rayon d'action de l'avion le permet, la route des bateaux est la plus avantageuse de New-York à Paris. Au contraire, en jetant un coup d'œil sur le Tableau 13, on voit que le même avion a tout intérêt, au retour, à passer par les Açores. Et ce sont là les conditions très nettes qui déterminent les performances à demander à un avion qui pourra réaliser la traversée de l'Atlantique avec les plus grandes chances de réussite dans le sens Paris-New-York. Sa vitesse et sa capacité en combustible doivent lui permettre de passer par les Açores. Nous n'insisterons pas sur ces performances, nous y reviendrons ultérieurement.

Reste à savoir ce que pourrait être *un service commercial transatlantique*. La route des Açores étant incontestablement la meilleure de Paris à New-York, c'est elle qu'il lui faudrait prendre dans ce sens. La possibilité de faire escale à Fayal faciliterait considérablement la réalisation du voyage. En effet, le plus long voyage à faire sans escale, que nous ayons trouvé dans ces conditions est de 29 heures pour un avion marchant à 150 km. à l'heure. Un rayon d'action de 32 heures lui suffirait donc.

Le même aéronef ne pourra revenir par une autre route, car il lui faudrait plus de 40 heures de vol dans les cas les plus favorables par l'orthodromie. Il reviendra donc par la même route. Et, comme la plus grande difficulté qu'on rencontrera dans l'exécution d'un tel service consistera pendant longtemps à réaliser un avion de rayon d'action suffisant, il paraît certain que le voyage se fera dans les débuts par les Açores.

Plus tard, quand on construira couramment des aéronefs à grand rayon d'action, il sera probablement économique de revenir par la route des transatlantiques, voire certains mois de l'année par l'orthodromie. Mais l'aller se fera longtemps encore par les Açores. L'avantage du beau temps et la sécurité de cette route interviendront, en effet, pour la faire préférer, en égard au faible gain de temps qu'on réalise entre Paris et New-York en passant plus au Nord.

On pourrait être tenté de faire le voyage de retour par l'orthodromie, en proposant une escale à Terre-Neuve. Mais, il est bien évident que cette escale nuirait beaucoup à la régularité de la ligne; les brumes fréquentes de cette région et les mauvais temps qui y règnent s'opposeraient, en effet, bien souvent aux atterrissages et aux départs.

---

## CHAPITRE II

### ÉTUDE des APPAREILS

La détermination des performances à demander à un appareil destiné à traverser l'Atlantique ne doit pas dériver des mêmes considérations s'il s'agit de faire un raid ou d'établir *un service commercial*. Le premier n'aura pas à emporter de fret et on n'exigera de lui qu'un minimum de sécurité. Pour accomplir un voyage intéressant, il devra faire la traversée sans escale; il aura donc à voler plus longtemps que l'avion de transport, qui fera escale aux Açores.

Nous étudierons à part l'avion de raid et l'avion commercial, mais il est un certain nombre de données communes à l'un et à l'autre dont nous discuterons d'abord.

La grosse question pour ces avions est d'emporter assez d'essence pour leur traversée. Il faut donc réduire le plus possible la consommation d'essence. Or, la consommation, au cours d'un vol d'aussi longue durée, est chose compliquée à calculer. M. Bréguet a indiqué les conditions optima de vol pendant un long parcours (voir *l'Aéronautique* n° 70 de mars 1925); il dit bien comment doivent varier le régime du moteur et l'altitude à mesure que l'avion se déleste, mais il semble admettre que la vitesse propre restera constante. En est-il bien ainsi dans la pratique? Cette vitesse a une grande influence sur la consommation totale pour un parcours déterminé. En outre, ainsi que le fait remarquer, par ailleurs, M. Bréguet dans ses communications à l'Académie des Sciences (compte rendus n° 13 du 28 mars 1927 et n° 20 du 16 mai 1927), l'aviateur ne peut, dans la réalité, suivre exactement son diagramme, tant à cause de la gêne qu'il éprouverait à rester longtemps à haute altitude, qu'à cause des conditions météorologiques. Celles-ci lui imposent le plus souvent son altitude, soit parce qu'il veut ne pas perdre de vue le sol ou l'eau, soit parce que le vent, à telle hauteur, est le plus favorable ou le moins défavorable, ce qui a une importance primordiale.

Ainsi, nous ne pourrons nous servir des diagrammes théoriques pour évaluer la consommation d'essence. Il nous faudra plutôt chercher dans les résultats obtenus au cours des raids effectués dans ces dernières années, quelles ont été les consommations moyennes par ch et les vitesses moyennes <sup>(1)</sup>. Nous avons résumé dans le Tableau 15 les résultats les plus précis que nous ayons pu avoir.

Il semble, d'après ce tableau, que les avions de raid doivent arriver à une consommation de 140 gr. par ch. Mais, pour quelle vitesse propre? Et avec quelle charge par ch au départ? Nous n'avons sur la vitesse aucun renseignement, et c'est fort regrettable.

Nous admettrons comme vraisemblable qu'on peut construire un avion marchant en moyenne à 150 km. à l'heure en consommant en moyenne 160 gr. par ch/h. au cours d'un voyage durant de 40 à 50 heures.

Il faut encore déterminer la charge par ch admissible. Celle de l'avion de Byrd était de 11 kg. par ch; celui de Lindbergh était chargé à 10 kg. 7 par ch.

---

(1) Bien entendu ces données sont purement empiriques: le nombre de chevaux donnés par le moteur à chaque instant aura varié. Nous considérons un avion muni d'un moteur dont la puissance nominale est de N chevaux. Cet avion a consommé K grammes de combustible et ingrédient au cours d'un voyage de 4 heures, nous disons, par définition, que la consommation moyenne a été de  $\frac{K}{N \cdot H}$  grammes par ch heure.

On ne peut admettre une charge au ch identique pour un avion de raid ou un avion commercial, car si le premier peut courir quelques risques au départ, le second doit pouvoir décoller en toute sécurité. Nous admettrons donc 10 kg. 5 par ch pour l'avion de raid et 9 kg. 5 pour l'avion commercial.

**TABLEAU XV**

PERSONNEL	TRAJET EFFECTUÉ	DISTANCE	POIDS	PUISSANCE DU MOTEUR	CONSOMM. MOYENNE	VITESSE VRAIE
		PARCOURUE	DE COMBUSTIBLE		PAR CH	
		km.	kg.		kg.	
COSTE ET RIGNOT . . . .	Paris-Djask 32 h.	5.396	1.920	H. S. 500 ch	0,120	168
CHALLE ET WEISER . .	Paris-Bender Abbas 30 h.		2.550	Farman 500 ch	0,170 ?	
BYRD + 3 . . . . .	New-York-Ver <sup>s</sup> /mer 42 h.	6.400 ?	3.573	Wright 3 × 220 ch	0,130	155
CHAMBERLIN-LÉVINE.	New-York-Eisleben 42 h.	6.400	1.270	Wright 220 ch	0,140	155
LINDBERGH . . . . .	New-York-Paris 33 h. 30	5.850	1.270	Wright 220 ch	0,140	175

Un autre chiffre qu'il nous faut connaître est le poids de l'avion vide, que nous calculerons en kilog. par ch. Il s'agit du poids de l'avion en ordre de marche, sans son personnel, ni les instruments de bord et de navigation. L'avion de Byrd pesait 4 kg. par ch. Celui de Lindbergh 5 kg. par ch et celui de Levine 4 kg. Le Bréguet XIX 3 kg. 2, le Potez XXV 4 kg.

Nous voyons que les avions employés par les Américains pesaient 4 à 5 kg. par ch. Par contre, le Br. XIX ne pèse que 3 kg. 2. On peut donc compter qu'un constructeur qui s'y appliquera réalisera un avion de raid pesant 3 kg. (1) par ch à vide en ordre de marche, d'autant qu'il peut, si c'est nécessaire, sacrifier un peu dans ce cas à la sécurité. Par contre, nous admettrons, pour un avion commercial qui doit être plus solide, 4 kg. par ch.

Nous partirons de ces chiffres pour définir les avions à employer.

#### A. — AVIONS de RAID

Il nous faudra étudier séparément les avions destinés à passer dans le sens New-York-Paris et ceux qui passeront dans le sens Paris-New-York, puisque nous avons vu que les conditions à remplir étaient essentiellement différentes.

On peut aussi concevoir différentes façons de faire le raid. Ou bien un pilote, courant sa chance, n'emportera que les instruments strictement indispensables pour naviguer sur mer à l'estime. S'il a assez d'audace, de science et de résistance physique, il fera comme Lindbergh, et partira seul. Ou bien, on constituera un équipage capable de mettre en œuvre tous les moyens de navigation utilisables, comme a fait Byrd. L'équipage devra alors comprendre au minimum trois personnes : un pilote, un navigateur, un radiotélégraphiste. Le pilote seul pesant, avec son équipement, 100 kg., emportera environ 50 kg. d'instruments de bord, soit un poids total de 150 kg. environ. Dans le deuxième cas, l'équipage pèsera,

(1) Nous avons admis ce chiffre de 3 kg. par ch aussi bien pour les avions de faible puissance que pour les avions de grande puissance. Il eut été plus rigoureux d'admettre que ce poids pouvait varier avec la puissance. Mais comme nous cherchons des ordres de grandeur et le sens de variation des diverses grandeurs en fonction les unes des autres, nous avons, dans le but de simplifier l'exposé, gardé ce même chiffre pour tous les avions.

avec ses bagages, 300 kg., et il emportera environ 150 kg. d'appareils, ce qui fait 450 kg. à transporter.

On peut évidemment concevoir d'autres compositions de l'équipage, nous nous bornerons à l'étude des deux cas ci-dessus mentionnés.

### Voyage New-York-Paris.

*Cas du pilote seul.* — Comme il s'agit d'un raid, nous supposerons que le pilote a choisi son temps et fait son voyage en été. Pour les raisons indiquées au Chapitre précédent, il passe par l'orthodromie. La durée du voyage, par temps moyen est de 34 h. 45. Dans les conditions défavorables, elle ne dépassera pas 40 heures. Nous supposerons donc que l'on emporte du combustible pour ce temps, ce qui représente :

$40 \times 0 \text{ kg. } 160 = 6 \text{ kg. } 400$  par ch de combustible et ingrédients.

Il y a 3 kg. par ch pour l'avion en ordre de marche.

Comme nous avons admis une charge totale maxima de 10 kg. 500 par ch, nous prendrons 1 kg. par ch pour le pilote et les instruments. Ceux-ci pesant 150 kg., l'avion doit être muni d'un moteur de 150 ch et sera défini comme il suit :

Poids de l'avion en ordre de marche.....	450 kg.
Poids de combustible et ingrédients.....	960 kg.
Poids de l'équipage et des instruments.....	150 kg.
Poids total.....	1.560 kg.

Vitesse propre moyenne 150 km./h. pour une consommation moyenne horaire de 160 gr. par ch sur un parcours de 40 heures.

*Cas de l'équipage de trois personnes.* — Comme nous l'avons vu au Chapitre 1, l'avion, pour utiliser les avantages de la T. S. F., passera par la route des transatlantiques. Il devra alors emporter, pour sa sécurité, 42 heures d'essence, soit 6 kg. 700 par ch. Il ne lui restera plus que 780 gr. par ch pour le personnel et les instruments. Comme ils pèsent 450 kg., il faudra disposer d'un moteur de 577 ch. Et l'avion sera défini comme il suit :

Poids de l'avion en ordre de marche.....	1.731 kg.
Poids de combustible et ingrédients.....	3.878 kg.
Poids de l'équipage et des instruments.....	450 kg.
Poids total environ.....	5.060 kg.

Vitesse propre moyenne définie comme précédemment.

Les caractéristiques de cet avion diffèrent peu de celles du Fokker de Byrd. Nous avons admis qu'il pesait moins lourd à vide, mais le Fokker était chargé à 11 kg. par ch. Ces deux différences se compensent.

### Voyage Paris-New-York.

*Cas du pilote seul.* — Comme précédemment, nous situerons le raid en été. Nous supposerons que le pilote passe par l'orthodromie, puisque, n'ayant pas la T. S. F., la présence des bateaux ou la proximité des îles lui seront peu utiles. La durée du voyage dans les conditions les plus défavorables est de 46 h. 25. Par temps moyen, elle est de 44 h. 15. Comme il admet un certain risque et qu'il termine son voyage sur le continent, il pourra se contenter de 45 heures d'essence. C'est-à-dire qu'il lui faudra 7 kg. 200 de combustible par ch. Son avion pesant 3 kg. par ch, il ne lui reste que 0 kg. 300 par ch pour lui et les instruments, c'est-à-dire qu'il devra prendre un moteur de 470 ch.

L'avion sera alors défini comme il suit :

Poids de l'avion en ordre de marche.....	1.500 kg.
Poids de combustible et ingrédients.....	3.600 kg.
Poids du pilote et des instruments.....	150 kg.
Poids total environ.....	5.250 kg.

Vitesse définie comme précédemment.

*Cas de l'équipage de trois personnes.* — Nous arrivons là à nous heurter à une difficulté particulière. Nous avons vu que la route la plus favorable à suivre pour un équipage disposant de la T. S. F. était celle des Açores. Mais, par ce chemin, il lui faut 48 heures d'essence, ce qui représente une consommation totale de 7 kg. 680 par ch. Comme l'appareil pèsera 3 kg. par ch, on arrive, rien que pour le poids de combustible et celui de l'avion, à 10 kg. 680 par ch, ce qui dépasse déjà le poids par ch que nous avons défini. Donc, si l'on admet comme limite actuelle des possibilités de la construction aéronautique, le poids par ch, la vitesse et la consommation que nous avons adoptés, il est impossible de traverser de France en Amérique par les Açores sans escale. Il en serait de même pour traverser par la route des bateaux, car il faudrait 48 heures aussi. On est donc bien forcé d'adopter l'orthodromie, quels que soient ses inconvénients.

Reprenant alors les chiffres trouvés pour l'avion du pilote seul, il nous reste 0 kg. 300 par ch pour l'équipage et les instruments qui pèsent 450 kg., ce qui nécessite une puissance motrice de 1.500 ch, soit trois moteurs de 500 ch. L'avion est alors défini comme il suit :

Poids de l'avion en ordre de marche . . . . .	4.500 kg.
Poids de combustible et ingrédients . . . . .	10.800 kg.
Poids de l'équipage et des instruments . . . . .	450 kg.
Poids total . . . . .	15.750 kg.

Vitesse définie comme précédemment.

Ainsi, nous avons été obligés, pour trouver un avion qui traverse l'Atlantique dans le sens Paris-New-York, d'admettre qu'il possède des caractéristiques de construction assez risquées (3 kg. par ch pour le poids de l'avion en ordre de marche). Nous aurions pu, au lieu de cela, augmenter la charge par ch au décollage, ce qui est aussi très délicat. Nous verrons tout à l'heure que c'est en agissant sur ces deux facteurs que l'on gagne le plus.

### B. — AVIONS COMMERCIAUX

Le même avion doit pouvoir faire le voyage dans les deux sens, puisqu'il s'agit d'une exploitation commerciale continue. Nous avons vu, au Chapitre I, que ce voyage se ferait par les Açores et nécessiterait un rayon d'action de 32 heures.

Dans ces conditions, il nous faut :

- 5 kg. 120 par ch de combustible et ingrédient;
- 4 kg. par ch pour l'avion en ordre de marche.

Il reste 0 kg. 500 par ch pour l'équipage, l'équipement et le frêt.

Or, le minimum à emporter comporte :

1 pilote, 1 mécanicien, 1 radio-navigateur . . . . .	300 kg.
Les appareils et instruments pesant . . . . .	450 kg.
Il faut pouvoir emporter en passagers et frêt . . . . .	1.500 kg.
Total du poids à emporter . . . . .	2.250 kg.

Ce qui nécessitera une puissance motrice de 4.500 ch.

On aurait alors un avion défini comme il suit :

Poids de l'avion en ordre de marche . . . . .	18.000 kg.
Poids de combustible et ingrédients . . . . .	23.040 kg.
Poids de l'équipage, des passagers, du frêt et des instruments . . . . .	2.250 kg.
Poids total . . . . .	43.290 kg.

Vitesse définie comme précédemment.

On arrive à un avion dont le poids est de l'ordre de 45 tonnes, c'est-à-dire un engin dont la réalisation n'apparaît pas comme très prochaine, et aussi qui nécessiterait un équipage beaucoup plus important que celui prévu.

En admettant qu'il soit réalisé, voyons quel sera le prix de revient de la traversée Paris-New-York ou inversement. Nous la supposons d'une durée moyenne de 45 heures.

Nous avons à amortir :

1.350.000 francs de moteurs en 500 heures soient.....	121.500 fr.
Une cellule de 5.000.000 francs en 1.000 heures.....	225.000 fr.

Nous aurons à payer :

Personnel .....	9.000 fr.
Frais généraux .....	100.000 fr.

Nous dépenserons en 45 heures :

23.040 kg. de combustible et ingrédient, soit environ .....	92.000 fr.
	<u>547.500 fr.</u>

On arrive ainsi à environ 600.000 francs par traversée. Si l'on emmène dix passagers, le prix de la traversée ressort à 60.000 francs par passager, ce qui est très élevé.

Ainsi, l'exploitation d'une ligne aérienne Paris-New-York et retour n'apparaît pas comme pratique en ce moment, parce qu'elle exigerait un appareil qui n'existe pas encore, et aussi parce que son prix d'exploitation serait exagéré.

Nous verrons plus loin ce qui permettrait de rendre le transport des passagers réalisable sur une telle ligne. Mais, nous pourrions examiner quel résultat nous pourrions obtenir en ne prenant que du courrier, soit un frêt de 200 kg. Le poids à emporter se réduit alors à 950 kg., ce qui nécessite une puissance motrice de 1.900 ch et un avion défini comme suit :

Poids de l'avion en ordre de marche .....	7.600 kg.
Poids de combustible et ingrédients .....	9.750 kg.
Poids de l'équipage, du frêt et des instruments .....	950 kg.
Poids total.....	<u>18.300 kg.</u>

Nous arrivons à un type d'avion comparable à des avions déjà réalisés, et qu'il serait sans doute possible de construire en les étudiant spécialement pour le but à atteindre.

Le prix de revient serait le suivant :

Nous avons à amortir :

600.000 francs de moteurs en 500 heures, soient.....	54.000 fr.
Une cellule de 2.000.000 en 1.000 heures .....	90.000 fr.

Nous aurons à payer :

Personnel .....	9.000 fr.
Frais généraux .....	100.000 fr.

Nous dépenserons en 45 heures :

13.680 kg. de combustible et ingrédients, soit environ.....	55.000 fr.
	<u>308.000 fr.</u>

Cela met le kilo de frêt à 1.540 francs, soit 0 fr. 26 au kilomètre environ, ce qui paraît très acceptable pour du courrier.

### C. — CONCLUSIONS

Dans quel sens faudra-t-il améliorer les qualités des avions pour obtenir un meilleur résultat ?

L'augmentation du poids par ch, tous les autres facteurs restant constants, est très efficace. Ainsi, si l'on porte ce poids à 11 kg. (augmentation de moins de 5 %), le voyage Paris-New-York de l'équipage de trois personnes par les Açores devient possible, avec une force motrice de 1.400 ch, c'est-à-dire avec un avion un peu moins important que celui à employer actuellement par la route orthodromique.

Pour obtenir le même résultat en n'influant que sur la vitesse, il faudrait faire la traversée en 44 heures, et marcher à une vitesse moyenne de 165 km./h. sans toucher à la

charge ni à la consommation, c'est-à-dire augmenter la vitesse de 10 %, ce qui paraît beaucoup plus difficile.

Enfin, pour obtenir ce résultat en agissant seulement sur la consommation moyenne horaire par ch, il faut la ramener à 150 gr., c'est-à-dire la diminuer de près de 7 %.

Ainsi, il semble que l'on doive chercher avant tout à augmenter la charge emportée par ch en gardant les mêmes performances; ou, ce qui revient au même, à diminuer le poids par ch de l'avion vide en ordre de marche. La diminution de la consommation est intéressante aussi. L'augmentation de la vitesse est difficile à obtenir et moins efficace.

Nous aurons les mêmes résultats si nous étudions le cas de l'avion commercial transportant des passagers. S'il peut emporter 10 kg. 500 au lieu de 9 kg. 500 par ch, nous arrivons à un avion de 2.250 ch, pesant en tout 22 tonnes, c'est-à-dire à un type d'avion qui n'est pas éloigné de ceux qu'on a déjà construits: on peut concevoir sa réalisation prochaine. Le prix de revient de la traversée avec un tel avion tombe à 334.500 francs, soit 35.000 francs environ par passager, ce qui est encore cher, mais abordable.

Les chiffres que nous donnons ne sont d'ailleurs qu'approchés et, dans la réalité, les phénomènes sont plus complexes.

Nous avons admis que l'avion marchait à une vitesse moyenne de 150 km. à l'heure pour une consommation moyenne de 160 gr. par ch/h. Mais, n'aurait-il pas été plus avantageux de ne marcher qu'à 120 km./h. avec une consommation moindre? Pour le savoir, il faudrait avoir des résultats d'expériences faites sur de longs parcours, donnant la vitesse et la consommation moyenne d'un avion pour des charges déterminées. Malheureusement, nous n'avons pas ces données, et il est tout à fait regrettable que les raids effectués jusqu'ici n'aient pas donné lieu à des observations plus nombreuses de la part de ceux qui les ont effectués. Ils devraient, dans la mesure du possible, noter leur vitesse propre et la quantité de combustible restant dans leurs réservoirs, à des intervalles réguliers, et chaque fois que changent leurs conditions de vol.

Pour bien marquer l'intérêt de la question, nous ferons une hypothèse. Supposons que l'avion qui consommait 160 gr. pour faire du 150 km./h., ne consomme que 120 gr. pour faire du 120 km./h. Quelle sera la vitesse la plus avantageuse en supposant qu'il ait un vent de 20 km. sur le nez? Avec le régime le plus élevé, il consommera 125 gr. aux 100 km. et avec le plus faible, 120 gr. Si le vent est nul, on consomme 106 gr. avec le plus élevé et 100 gr. avec le plus faible. Enfin, si l'on a un vent arrière de 20 km./h., on consomme 70 gr. au régime le plus élevé et 80 gr. au régime le plus faible.

Voici donc un cas où il y aurait intérêt, au point de vue consommation aux 100 km., à diminuer le régime quand le vent contraire augmente. Il serait donc de la plus haute importance, au cours de pareils voyages, de tenir compte de la vitesse du vent pour définir le régime du moteur. Mais cela nécessiterait une étude expérimentale qui n'est pas faite.

Une dernière question se pose au sujet des qualités à exiger des appareils qui doivent traverser l'Atlantique. Faut-il prendre des avions ou des hydravions? Il est bien certain que ces derniers offrent une sécurité que n'ont pas les premiers. Mais, on a déjà bien du mal à obtenir de ceux-ci un poids de cellule qui permette d'emporter le combustible et le poids utile nécessaire; on est beaucoup plus loin de les avoir avec des appareils qui tiennent la mer. En outre, ceux-ci ne décollent qu'avec des charges bien plus faibles que les terrestres. Aussi, les raids exécutés jusqu'ici l'ont été avec des avions. Ceux que l'on tentera maintenant le seront encore avec des avions munis de dispositifs plus ou moins sûrs leur permettant de flotter s'ils ont à se poser sur l'eau. Il est certain qu'il y a là un grand risque, mais on ne voit guère, à l'heure présente, la possibilité de tenter la traversée sans le courir.

C'est là une difficulté de plus que rencontrera une exploitation commerciale. Aura-t-on avant longtemps des avions assez sûrs pour affirmer qu'ils n'auront pas à se poser sur l'eau au cours de pareilles traversées? Ou faudra-t-il réaliser les appareils que nous avons définis sous la forme d'hydravions à coque? Ceux-ci sont actuellement loin d'avoir les performances nécessaires.

### CHAPITRE III

## ÉTUDE des MÉTHODES et MOYENS de NAVIGATION

Nous avons déjà abordé à plusieurs reprises la question navigation au cours de l'Étude des Routes (Chapitre I). Il nous reste néanmoins à voir ce qu'on peut attendre des moyens de navigation connus au cours de la traversée ; nous étudierons successivement ce que peuvent donner les mesures faites à la vue, le calcul du point astronomique et la T. S. F. Enfin, nous examinerons quels sont les instruments de tenue de cap et de pilotage à emporter.

#### A. — MESURES à la VUE

Les mesures les plus importantes à faire à la vue sont celles de la *dérive* et de la *vitesse*. Quel que soit l'instrument employé pour mesurer à la vue la dérive et la vitesse, on ne peut l'utiliser que quand on a des repères. Il faut donc que la visibilité soit suffisante pour les apercevoir. En mer, ces repères sont rares : ce sont les crêtes des lames ou des taches fixes qui peuvent se former sur l'eau. Quand on fait de courts voyages, on emporte des bouteilles d'huile colorée qu'on laisse tomber ; on crée ainsi à volonté ces taches sur lesquelles on peut faire des visées. Mais, au cours d'un pareil voyage, il faudrait emporter une telle quantité de bouteilles qu'on surchargerait l'appareil pour un résultat problématique et qu'on doit y renoncer. Car, elles seraient inutiles non seulement par mauvaise visibilité, mais aussi de nuit. On peut même affirmer que de nuit, en mer, l'emploi d'un cinémo-dérivomètre n'est possible que dans des cas exceptionnels. Est-ce à dire qu'il faudra se priver d'emporter un tel appareil ? Certes non, car il est léger et peu encombrant et, chaque fois qu'il sera possible de l'utiliser, il rendra de grands services.

Quel appareil choisir ? Ou plutôt quelles qualités exiger de l'appareil qu'on choisira ? Il devra avant tout avoir un grand champ, car les repères sur mer sont rares. Sa clarté sera aussi grande que possible et, en particulier, il pourra être employé sans qu'aucun verre ne soit interposé entre l'œil de l'observateur et les repères : c'est une condition essentielle pour pouvoir faire une mesure de nuit, même sur terre.

Un autre instrument, très simple et léger, qui pourra rendre beaucoup de services, est le *taximètre*, qui permet de prendre des relèvements sur des repères connus. Ce peuvent être des repères fixes sur terre et à proximité des côtes, ce peuvent être des bateaux feux, ce peuvent être, enfin, des navires faisant une route déterminée. Les premiers sont situés sur la carte ; les navires ne peuvent être situés que si on communique avec eux. Si l'on n'a pas la T. S. F., on pourra venir leur demander leur position par signaux conventionnels (ou à la voix), en les survolant. On n'aura plus besoin à ce moment de faire de mesure ; mais, si on est loin d'eux, il est préférable de ne pas se dérouter, de pouvoir leur demander leur position, leur route et leur vitesse par T. S. F., et de se situer par rapport à eux par un ou plusieurs relèvements.

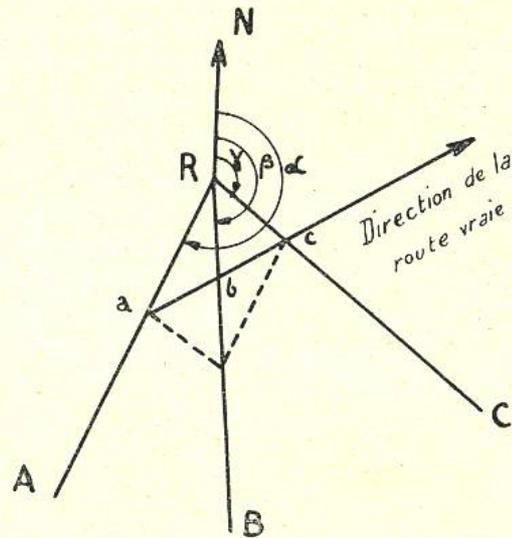
Avec un relèvement sur un repère quelconque, on obtient un lieu géométrique de la position de l'avion au moment du relèvement.

Si l'avion marche à vitesse constante et à cap constant et si le repère R est fixe, on peut obtenir la direction de la route vraie en faisant sur ce repère trois mesures successives à intervalles de temps égaux. La *figure 1* indique la construction à faire pour obtenir ce résultat.

Si l'on connaît la vitesse vraie, on peut obtenir la route suivie et, par conséquent, la position de l'avion, puisqu'on connaît les longueurs des segments *ab* et *bc*. Inversement, connaissant la position, on peut calculer la vitesse.

Toutes ces constructions, de même que celle du triangle des vitesses, impliquent qu'on dispose d'un plateau calculeur ou d'un rapporteur Grenier. Nous n'entrons pas ici dans le détail de la description de ces instruments, que nous supposons connus.

Bien entendu, comme nous l'avons déjà dit, ces appareils ne peuvent servir que si la visibilité permet leur emploi; mais ils sont très légers, leur usage est simple et facile, et quiconque entreprend un voyage comme la traversée de l'Atlantique doit les emporter, même s'il s'agit d'un pilote effectuant seul la traversée. D'ailleurs, Lindbergh avait un dérivomètre; mais, nous ne pensons pas qu'aucun des équipages américains qui ont traversé l'Atlantique ait emporté un taximètre, qui peut cependant rendre beaucoup de services.



a, b, c, sont les trois relevements successifs pris à intervalles de temps égaux

(Fig. 1)

### B. — CALCUL du POINT ASTRONOMIQUE

Les mesures à effectuer pour faire le point astronomique ne sont possibles que si le ciel est découvert. Cela arrivera par temps clair, et aussi par temps couvert ou brumeux quand l'avion pourra voyager au-dessus des nuages ou de la brume.

Par temps clair, les mesures de dérive et de vitesse, les relevements qu'il aura faits permettront au navigateur de connaître sa position avec une assez grande approximation. Néanmoins, il faut toujours compter qu'il commettra des erreurs et que le pilote ne réussira pas à tenir son cap avec une perfection absolue. Admettre une erreur de 2° sur la route suivie, de 5 km. à l'heure sur la vitesse mesurée n'est pas exagéré. Or, au bout de 3.000 km., l'erreur de 2° en angle donne *latéralement une erreur de position de 42 km.* et comme on a mis environ 23 heures pour effectuer ce parcours, l'erreur de position est de 115 km. *dans le sens de la route.* Nous verrons plus loin que les mesures au sextant faites en avion donnent des erreurs telles qu'on obtient le point avec une approximation de l'ordre de 10 milles, c'est-à-dire de l'ordre de 13 km., donc très supérieure à celle qu'on aura après une longue navigation au dérivomètre.

Par ailleurs, si l'avion vient à être obligé de se poser sur l'eau, il est possible, à ce moment, de faire le point dans les mêmes conditions qu'en bateau.

Il existe actuellement plusieurs types de sextants qu'on peut employer, sextants à bulle ou sextants à toupie gyroscopique. Ils demandent encore à être perfectionnés, mais on peut dès maintenant les utiliser et faire avec eux des mesures de hauteur à environ 5 *minutes près.* La mesure faite, il faut calculer la position de la droite de hauteur correspondante, qui donne un lieu géométrique de la position de l'avion. Ce calcul est assez long. Plusieurs méthodes ont été proposées pour le simplifier, ou au moins simplifier le travail à faire à bord de l'avion. L'Amiral Couthino et le Commandant Sacadura Cabral en ont employé deux qui sont décrites dans les « *Anais do Club Militar et Naval* ».

On peut aussi utiliser le carnet Bertin. Avec les sextants à bulle, l'erreur d'observation dans le cas de mesures cap sur l'astre ou l'astre par l'arrière, descend à moins de 5 minutes pour un observateur entraîné. D'autre part, les corrections, calculs et reports sur la carte peuvent être faits en moins de 4 minutes, la prise de cinq hauteurs en moins de 3 minutes, ce qui permet d'obtenir une droite *en moins de 7 minutes* en utilisant, pour les calculs et corrections, le carnet Bertin et les éphémérides nautiques. L'incertitude est de l'ordre de 7 à 8 milles, dont 4 environ pour l'observation. Nous compterons 10 milles pour nous réserver une légère marge.

On peut obtenir plus simplement certains renseignements à l'aide du sextant. Quand on voit le soleil au moment de son passage au méridien, on peut mesurer sa hauteur à cet instant. Cette hauteur, sans aucun calcul, donne une droite de hauteur, qui est un parallèle. La même opération peut d'ailleurs être faite de nuit sur des étoiles au moment de leur passage au méridien. On peut compter faire ainsi une mesure dont la précision est de l'ordre de 10 minutes.

Or, dans le cas de la traversée de l'Atlantique, la route est souvent voisine de la direction Est-Ouest; ou de la direction inverse, on aura donc une droite de hauteur très voisine de la route suivie. En particulier, quand on passe par l'orthodromie, l'itinéraire que nous avons arrêté suit un parallèle du cap Clear au point D. La droite de hauteur représentera donc, à 10 minutes près, c'est-à-dire à 10 milles près, la route que l'on suit réellement.

Une mesure faite un peu avant le coucher du soleil donnera une droite de hauteur, qui recoupera le parallèle trouvé à midi vers le point où on est alors. De nuit, si l'on fait successivement une droite de hauteur avec une étoile passant au méridien et une autre avec une étoile dont l'azimuth est sensiblement à 90° de la première, on aura encore le point par deux droites à peu près rectangulaires, dont la première n'aura pas à être transportée pour tenir compte du déplacement de l'avion entre les deux mesures.

Tous ces détails nous montrent que l'emploi du sextant peut être très efficace au cours d'une traversée de l'Atlantique. Il est trop complexe pour qu'un pilote seul puisse s'en servir en vol. Mais, un équipage comportant un navigateur devra avoir un sextant. Les appareils et documents à emporter pèsent environ 5 kg. et il ne faut pas se priver de leur secours.

Quand nous aurons montré au Chapitre suivant que le même équipage ne peut raisonnablement partir sans la T. S. F., on nous demandera sans doute à quoi bon emporter un moyen de faire le point qui présente certaines difficultés d'emploi et qui sera souvent inutilisable à cause du temps, alors que la T. S. F. suffirait. Nous répondrons à cela que, pour un navigateur expérimenté, il n'est pas de moyen qui se suffise à lui-même. Tous les moyens s'ajoutent et se contrôlent mutuellement. Un bon navigateur qui aura eu la chance de mesurer sa dérive et sa vitesse pendant tout le début de son parcours n'en aura pas moins fait des mesures au sextant et utilisé le radiogoniomètre. Il aura comparé l'un à l'autre, vérifié l'un par l'autre, trouvé des erreurs et leur cause, et quand un ou plusieurs moyens viendront à lui manquer, il continuera à naviguer avec les autres en toute sécurité. Il faut, enfin, considérer que le poste de T. S. F. peut avoir une panne, et que le sextant sera alors bien utile.

### C. — La T. S. F.

Nous l'envisagerons comme moyen de navigation proprement dit, c'est-à-dire que nous examinerons comment elle peut donner à l'avion sa position, les éléments de sa route; nous verrons aussi tous les services que peuvent rendre les communications qu'elle permet d'établir.

Reportons-nous à la Carte n° 4. Les stations qui communiquent avec les bateaux y sont portées en noir. La limite de réception de quelques-unes d'entre elles y est indiquée en traits et points. Les radiogoniomètres côtiers sont figurés en rouge.

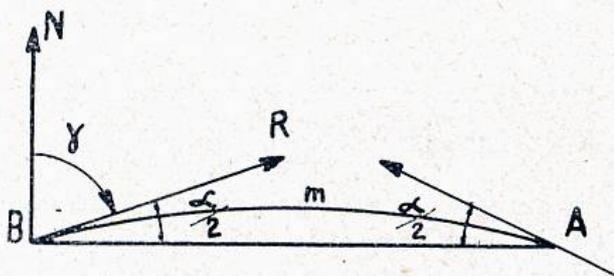
L'avion emportera à bord un poste de portée relativement faible pour ne pas se surcharger. Admettons qu'il pèsera 75 kg. et que sa puissance (alimentation) sera 200 watts. Il pourra être entendu en mer par un récepteur moyen à 800 km. environ, et un bon radiogoniomètre pourra lui donner un relèvement à 500 km. environ.

Ainsi, il pourra recevoir des communications de terre pendant une grande partie de sa route; il ne pourra être reçu de terre qu'au départ et à l'arrivée; de même, les radiogoniomètres côtiers ne lui donnent de relèvements qu'au départ et à l'arrivée. En cours de route, il n'échangera de communications qu'avec des bateaux, et seuls ceux qui ont un radiogoniomètre lui donneront des indications précises sur sa position.

Sauf sur la route des transatlantiques, on ne peut compter naviguer d'un bout à l'autre de la route, par radiogoniométrie si l'on n'a pas de radiogoniomètre à bord. Mais on est sûr d'avoir des relèvements par T. S. F. dès qu'on approche des côtes, et c'est là un point essentiel. Un navigateur égaré finira par obtenir des relèvements et retrouvera sa route.

Il utilisera ces relèvements, absolument comme il utilise les relèvements faits au taxi-mètre.

Mais, il n'est pas toujours facile de les reporter sur la carte de Mercator sans commettre d'erreur. En effet, quand en un point B, on fait un relèvement  $\gamma$  sur un radiogoniomètre situé en A (fig. 2), ce que l'on mesure, c'est l'angle de la tangente BR à l'orthodromie AB au point B. Cette tangente fait sur la carte de Mercator un angle  $\frac{\alpha}{2}$  avec la droite AB.



(Fig. 2)

Cet angle est donné par la formule :

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} m \operatorname{tg} \varphi_m \sin A$$

où  $m$  est la longueur de l'orthodromie AB,  $\varphi_m$  est la latitude moyenne,  $A$  l'azimuth de AB. Sur les routes considérées,  $\varphi_m$  est de l'ordre de  $45^\circ$ . Pour les relèvements faits vers l'Est ou l'Ouest (cas du départ ou de l'arrivée), l'angle  $\frac{\alpha}{2}$  est de l'ordre de  $1^\circ$  pour une distance AB égale à 100 milles. Il peut donc devenir assez important pour qu'il y ait lieu d'en tenir compte.

M. Favé a construit un abaque, porté sur un calque, qui, placé sur la carte de Mercator, permet de tracer une orthodromie entre deux points, ou de tracer l'orthodromie qui part d'un point sous un angle donné. Mais, il est pratiquement impossible d'utiliser ce procédé en avion. Les Américains ont établi des courbes qui permettent, étant donné l'angle  $\gamma$ , la latitude de B et la distance  $m$ , de trouver  $\gamma + \frac{\alpha}{2}$ . Leur emploi est un peu compliqué pour que l'on s'en serve en avion.

Il sera plus facile de se faire à l'avance un tableau donnant, à la latitude de  $45^\circ$ , les angles  $\frac{\alpha}{2}$  en fonction de la distance  $m$  et de l'azimuth. La précision des relèvements sera, sauf cas exceptionnel, supérieure à  $3^\circ$ , ce qui, à la limite de portée que nous avons admise (500 km.), donne une erreur de position de 21 km.; c'est une erreur encore très admissible, qui diminuera à mesure qu'on sera plus près des stations, pour devenir très faible à proximité des radiogoniomètres.

Au départ, il y aura donc intérêt à faire des mesures dès qu'on quittera les côtes, car les erreurs de position faibles qu'on fait alors permettront de bien déterminer les éléments de la navigation. On continuera ensuite à demander des mesures fréquentes aux radiogoniomètres jusqu'à la limite de portée. La comparaison des mesures successives entre elles et avec les résultats des mesures faites à la vue ou au sextant permettra d'éliminer les plus fortes erreurs et, par conséquent, de s'engager sur l'océan dans les meilleures

conditions possibles. A l'arrivée, l'avion aura un renseignement très intéressant si des radiogoniomètres côtiers lui donnent, à 500 km., sa position à 21 km. près. Se rapprochant ensuite, il l'aura avec une précision de plus en plus grande, jusqu'à la retrouver avec une exactitude pratiquement complète à son arrivée sur les côtes. Chaque fois que l'appareil se trouvera dans le rayon d'action d'un bateau muni d'un radiogoniomètre, il opérera de même.

La navigation serait encore bien meilleure si l'avion avait un radiogoniomètre à bord. Car, il pourrait alors se repérer sur n'importe quel émetteur. L'écoute des grandes stations européennes et américaines lui permettrait de prendre des relèvements pendant toute la traversée. Il pourrait en avoir aussi sur les émetteurs de T. S. F. de tous les bateaux qu'il rencontrerait. Une question, toutefois, se poserait : celle de savoir quelle précision il obtiendrait dans ses relèvements à très grande distance sur les stations puissantes. Les mesures faites à terre dans ces conditions donnent des erreurs considérables à certaines heures du jour. Il n'est pas certain qu'on les retrouve en avion au-dessus de la mer. Une expérimentation spéciale sera nécessaire pour le savoir. Si elle montre que ces erreurs sont admissibles, l'emploi du radiogoniomètre à bord pourrait transformer complètement la navigation par le procédé suivant.

Un inventeur français, M. Busignies, a établi ce qu'il appelle une boussole hertzienne. Cet appareil est un radiogoniomètre muni d'un dispositif spécial, grâce auquel une aiguille indique sur un cadran l'angle de l'axe de l'avion avec la direction de l'émetteur. Si ce cadran est devant le pilote, et si l'émetteur est au point d'arrivée, le pilote, en maintenant l'aiguille au zéro, gardera toujours son cap sur le point d'arrivée. Il fera donc une navigation parfaite par dérive nulle. S'il y a de la dérive à droite ou à gauche, il lui suffira de maintenir sur le cadran l'angle correspondant à cette dérive pour que l'avion suive l'orthodromie qui le réunit au point d'arrivée. Si l'on ne peut connaître la dérive à la vue, des mesures faites avec le goniomètre sur deux autres émetteurs, et rapportées à la première, donneront, par segments capables, des angles trouvés, les positions successives de l'avion et, par conséquent, la dérive (Il faudra, là encore, dans la construction, tenir compte de l'écart  $\alpha/2$  entre l'orthodromie et la loxodromie).

Cette méthode revient donc à remplacer à chaque instant, comme axe de référence, le Nord magnétique par l'orthodromie qui joint la position de l'avion au point d'arrivée. Les avantages en sont les suivants.

Quelles que soient les erreurs faites, on aboutit toujours au point d'arrivée et leur seule conséquence est d'allonger le trajet. Il n'y a plus à tenir compte de la déclinaison, à calculer le cap géographique; les seules données de navigation sont la dérive et la vitesse. Il y a donc là une grande simplification dans les calculs. Malheureusement, ces procédés ne sont pas encore au point et leur étude n'est pas parfaite en vol. On peut, néanmoins, espérer les utiliser dans un avenir assez prochain.

*Les communications T. S. F.* faciliteront aussi la navigation. Un bateau aperçu au loin pourra donner sa position, sa route et sa vitesse. Nous avons vu comment l'avion, sans se dérouter, tirera parti de ces renseignements. Les messages reçus pourront faire modifier au navigateur sa route, car les avertissements météorologiques lui indiqueront qu'il y a dans telle région de la neige ou du brouillard, un vent plus ou moins favorable. Enfin, quand les services météorologiques auront amélioré leur réseau, il sera peut-être possible d'avoir, sur les vents en altitude, des renseignements qui permettront de naviguer à la hauteur la plus favorable.

Ces nombreux services que rend la T. S. F. imposent son emploi à tout avion multiplace qui traversera l'Atlantique, que ce soit un avion de raid ou un avion commercial. C'est un moyen qui ne lui fera jamais défaut s'il a des appareils robustes : pluie, brouillard, tempête n'influent pas sur son fonctionnement. Et, tout est là dans cette traversée où, comme nous l'avons vu, les chances de beau temps ininterrompu d'un bout à l'autre sont infimes. L'expérience en a d'ailleurs été faite, car si Lindbergh et Chamberlin ont eu la chance de réussir leur traversée sans être sensiblement dérivés, Byrd se serait sans doute perdu sans la T. S. F. Il a fait des mesures de dérives chaque fois qu'il a pu; il a chaque fois trouvé des résultats très différents, lui montrant dans quelle atmosphère tourmentée il se déplaçait.

Heureusement pour lui, plusieurs bateaux lui ont donné des relèvements, et ceux-ci ont été les seuls renseignements sûrs qu'il ait eu pendant sa traversée.

#### D. — INSTRUMENTS de TENUE du CAP et de PILOTAGE

##### Compas.

Tous les procédés de navigation dont nous venons de parler supposent que l'on peut, à bord de l'avion, se référer à un axe de direction connu par rapport au globe terrestre. Cet axe est donné par le compas. Il est donc essentiel d'avoir un compas précis et de bonne qualité.

La question se pose tout naturellement de savoir s'il convient d'employer un compas à induction terrestre, comme ceux qu'avaient les trois Américains qui ont traversé l'Atlantique, ou un bon compas magnétique. Le succès de Lindbergh et le bon fonctionnement de cet appareil sur son avion avaient provoqué un emballement en sa faveur. Les difficultés qu'ont eu Chamberlin et surtout Byrd avec les leurs l'ont aussitôt déconsidéré : « puisque « cette mécanique est sujette à de mauvais fonctionnements, il ne faut pas l'emporter ».

Nous croyons, qu'au contraire, il est très intéressant de l'emporter, car il facilite beaucoup la tenue du cap par le pilote, et comme on doit ménager dans toute la mesure du possible la fatigue de celui-ci, c'est un élément de succès que d'avoir un appareil de tenue du cap facile à observer. Ce compas est, en outre, répéteur, c'est-à-dire que le navigateur marque au pilote ses caps depuis son poste. Celui-ci n'a à s'occuper que de maintenir une aiguille au zéro, sans se soucier de retenir le cap, ni de savoir ce que fait son navigateur. Bien entendu, il faudra doubler ce compas d'un compas magnétique bien compensé, pour le remplacer s'il vient à ne plus fonctionner, pour le contrôler tant qu'il fonctionnera.

L'emploi d'un compas à induction terrestre peut avoir un autre intérêt. Quand on utilise un compas magnétique, on obtient de lui des mesures exactes en compensant l'action des fers doux qui sont à bord et celle des métaux magnétiques qui prennent une aimantation permanente. On trace ensuite la courbe des déviations qui donne les erreurs résiduelles, dont on tient compte dans les calculs. Or, au cours d'un aussi long voyage, l'intensité du champ terrestre varie, son action sur les métaux magnétiques, et, par suite, l'aimantation de ceux-ci peut varier aussi. Il en résulte que la courbe des déviations n'est plus exacte, et cela peut causer des erreurs. Comme l'on conserve le même cap pendant de nombreuses heures, il faudra donc s'astreindre à vérifier assez fréquemment la variation. Si le temps est resté longtemps couvert, on la mesurera dès que l'on pourra faire un relèvement du soleil ou d'un autre astre. Avec le compas à induction terrestre, ces difficultés disparaissent, car la partie active du compas, celle qui utilise le champ terrestre, peut être placée loin du pilote et du navigateur, en un point de l'avion où les masses magnétiques sont faibles, et la compensation se réduit à très peu de chose ; en sorte que les variations des masses magnétiques n'agissent pas d'une manière sensible.

##### Altimètre et indicateur de vitesse.

Il est deux autres instruments de bord de très grande importance pour la navigation : l'altimètre et l'indicateur de vitesse.

L'altimètre a besoin d'être précis pour deux raisons : d'abord, si l'on navigue sur terre dans la brume, il faut se tenir à une altitude supérieure aux points les plus élevés de la région survolée. Si l'altimètre n'est pas précis, il faudra prendre une marge de sécurité considérable et peut-être se mettre dans de mauvaises conditions de vol à cause de l'incertitude que donne cet instrument. Ensuite, si l'on veut faire une mesure de vitesse, la précision de l'observation dépendra de celle de l'altimètre, avec les cinémo-dérivomètres utilisant une base de longueur connue.

Si précis que soit l'altimètre, les variations de la pression atmosphérique agiront sur

ses indications pour les fausser. Une variation de 1 mm. de mercure de la pression au sol donne une erreur d'altitude voisine de 10 mètres. Si l'avion a la T. S. F. et que des stations terrestres ou de bateaux puissent lui donner la pression au sol dans la région où il se trouve, il serait utile de munir l'altimètre d'un dispositif permettant de le régler en vol.

La connaissance de la vitesse propre de l'avion permet, connaissant sa vitesse vraie, de trouver celle du vent. Inversement, connaissant celle du vent, elle permet d'avoir la vitesse vraie. La connaissance de la vitesse du vent est utile au pilote qui cherche à naviguer à l'altitude où il lui est le plus favorable. Elle peut aussi lui servir à faire un changement de cap. Les instruments de mesure de vitesse couramment employés sont des tubes de Pitot (pression) conjugués avec une prise de pression statique. Ils ont le gros avantage de ne pas se décaler dans la neige ou la pluie. Ils marchent et leur indication est correcte, ou ils ne marchent pas et l'aiguille demeure au repos. Il peut leur arriver, en effet, au bout d'un très long parcours dans la neige de se boucher complètement. L'aiguille retombe à zéro brusquement. Mais, jusqu'à ce moment, leur indication est demeurée correcte. Tandis que dans les appareils utilisant des trompes de Venturi (dépression), la neige agit en faussant d'abord les indications progressivement jusqu'au moment où l'aiguille est revenue au zéro, trompe complètement bouchée. En outre, la pluie et le brouillard peuvent amener par suite de la détente, la production de glace qui fausse, puis supprime les indications.

Même avec un tube de Pitot, il sera bon d'avoir un dispositif qui permette de le déboucher, par exemple, en soufflant de l'air dans la canalisation.

#### **Contrôleur de vol et indicateur de pente longitudinale.**

Pour voler correctement dans toutes les circonstances, il faut connaître la position de son aéronef à tout moment. Le contrôleur de vol indique si l'appareil s'incline à droite ou à gauche, s'il vire à droite ou à gauche, l'indicateur de pente longitudinale permet de connaître l'assiette de l'aéronef et de savoir si les virages effectués sont corrects. Avec ces deux instruments, on pilote sans voir l'horizon, on vole à travers les nuages, la brume ou la nuit noire. Byrd a personnellement souligné l'importance de cet instrument, quand il a dit qu'il avait volé 10 heures de suite sans rien voir du tout, ne pilotant que d'après les indications du contrôleur de vol et du compas.

Le pilote disposera d'une montre de bord et le navigateur aura un chronographe. De plus, s'il veut faire des observations astronomiques, il devra emporter un compteur du modèle en usage sur les torpilleurs.

Le pilote aura à sa disposition, bien visibles, tous les instruments nécessaires pour la conduite des moteurs. En particulier, les jaugeurs seront en nombre voulu pour qu'il puisse se rendre compte de la consommation pendant tout le vol.

---

## CHAPITRE IV

---

# CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nous avons étudié successivement, au cours des Chapitres précédents, les routes à suivre pour traverser l'Atlantique, les caractéristiques à donner aux avions destinés à cette traversée et les méthodes de navigation.

Nous pensons avoir montré que, si ce voyage présente, particulièrement dans le sens Paris-New-York, des difficultés considérables il peut néanmoins être fait par des avions de raid. Un effort est à demander aux industriels pour qu'ils construisent un avion commercial capable d'assurer un trafic sur une pareille ligne. Cet effort vaut la peine d'être fait en France, car nous sommes particulièrement bien placés pour drainer le trafic aérien Amérique du Nord-Europe lorsqu'il s'établira. En effet, le plus long trajet à faire si la ligne passe aux Açores est le trajet Açores-New-York. Il est indépendant du point de départ ou d'arrivée en Europe. Il s'agit donc d'y avoir un terminus qui, n'étant pas trop loin des Açores, aura des communications faciles avec toutes les villes importantes du continent, et Paris est particulièrement indiqué pour cela.

L'effort demandé peut aboutir. Nous avons vu, en effet, que quelques grammes gagnés sur le poids emporté par ch et sur le poids par ch de l'avion vide améliorent considérablement son rayon d'action et ses capacités de transport sur un grand parcours. L'économie de quelques grammes sur la consommation horaire par ch des moteurs peut aussi être escomptée et donner des résultats importants.

Mais, il est hors de doute que le résultat sera atteint beaucoup plus vite par des avions que par des hydravions. Faut-il, malgré l'impossibilité où ils sont d'amerrir, les orienter dans cette voie ? Il serait peut-être bien imprudent de répondre non, car un avion qui serait en état de réparer en vol ses moteurs pourrait tenter d'assurer au moins le service du courrier, si l'on estime qu'il n'est pas assez sûr pour les passagers. Et, comme nous l'avons vu, un avion bien étudié pourrait dès maintenant être construit pour assurer le transport de 200 kg. de courrier.

Les études de ces avions, comme d'ailleurs l'étude des avions destinés à assurer le trafic sur de grands parcours seraient bien facilitées, si l'on obtenait un certain nombre de données expérimentales, qui nous ont fait défaut au cours de ce travail, comme nous l'avons signalé, par exemple, vitesse moyenne et consommation moyenne par ch sur un grand parcours.

En ce qui concerne la navigation, nous avons vu que les moyens existants, judicieusement appliqués, permettraient actuellement de faire le voyage avec une grande sûreté. Nous avons, néanmoins, constaté des améliorations à apporter à certains instruments de bord, et nous avons vu que l'emploi sûr de grands parcours du radiogoniomètre, qui est à peu près indispensable, était encore susceptible de progrès. Ceux-ci peuvent être obtenus assez rapidement. Et, si la traversée courante de l'Atlantique n'est possible qu'avec des avions à grand rayon d'action capables de naviguer sur de longues distances, avec beaucoup de précision, on peut dire que dès maintenant la question de navigation est seule résolue, mais que celle des avions est encore à résoudre.

Nous avons vu aussi toute l'importance des renseignements météorologiques pour l'accomplissement de cette traversée. Les services en cours d'organisation à bord des bateaux augmenteront certainement la précision des données générales que l'on possède actuellement. Leur développement permettra aux avions d'obtenir des renseignements précieux en vol au cours de leur traversée.

Ajoutons pour terminer que nous n'avons considéré dans tout ceci que le matériel. Nous avons implicitement supposé qu'il était mis en œuvre par un personnel instruit, endurant, expérimenté. Et la formation d'un tel personnel est encore un problème à résoudre.

P. FRANCK,  
Ingénieur en Chef de l'Aéronautique.

V. CHALAMAND  
Lieutenant de Vaisseau

---

Ce tableau indique le fractionnement adopté pour l'étude météorologique des différentes routes. (Tableaux 5, 6, 7, 8, 9 et 10).

## I) ROUTE ORTHODROMIQUE.

Le secteur 1 va de Paris	à un point situé par	52°05' N et 18° W
" 2 " 52°05' N et 18° W	"	51°30' N et 40° W
" 3 " 51°30' N et 40° W	"	47° N et 60° W
" 4 " 47° N et 60° W	à New-York.	

## II) ROUTE DES TRANSATLANTIQUES.

Le secteur 5 va de Paris	à un point situé par	49° N et 19° W
" 6 " 49° N et 19° W	"	46° N et 33°30' W
" 7 " 46° N et 33°30' W	"	41° N et 47° W
" 8 " 41° N et 47° W	"	42° N et 57°30' W
" 9 " 42° N et 57°30' W	à New-York.	

## III) ROUTE DES AÇORES.

Le secteur 10 va de Paris	à un point situé par	45° N et 13° W
" 11 " 45° N et 13° W	aux Açores (groupe central) 38°40' N et 27°20' W	
" 12 va des Açores	à un point situé par	41° N et 47° W

Les signes adoptés dans les *tableaux 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 14* ont la signification suivante :

● ciel couvert ;	: pluie ;
◐ ciel 3/4 couvert ;	≡ brouillard ;
◑ ciel 1/2 couvert ;	∞ brume sèche ;
◒ ciel 1/4 couvert ;	* neige ;
○ sans nuage ;	⊙ calme.

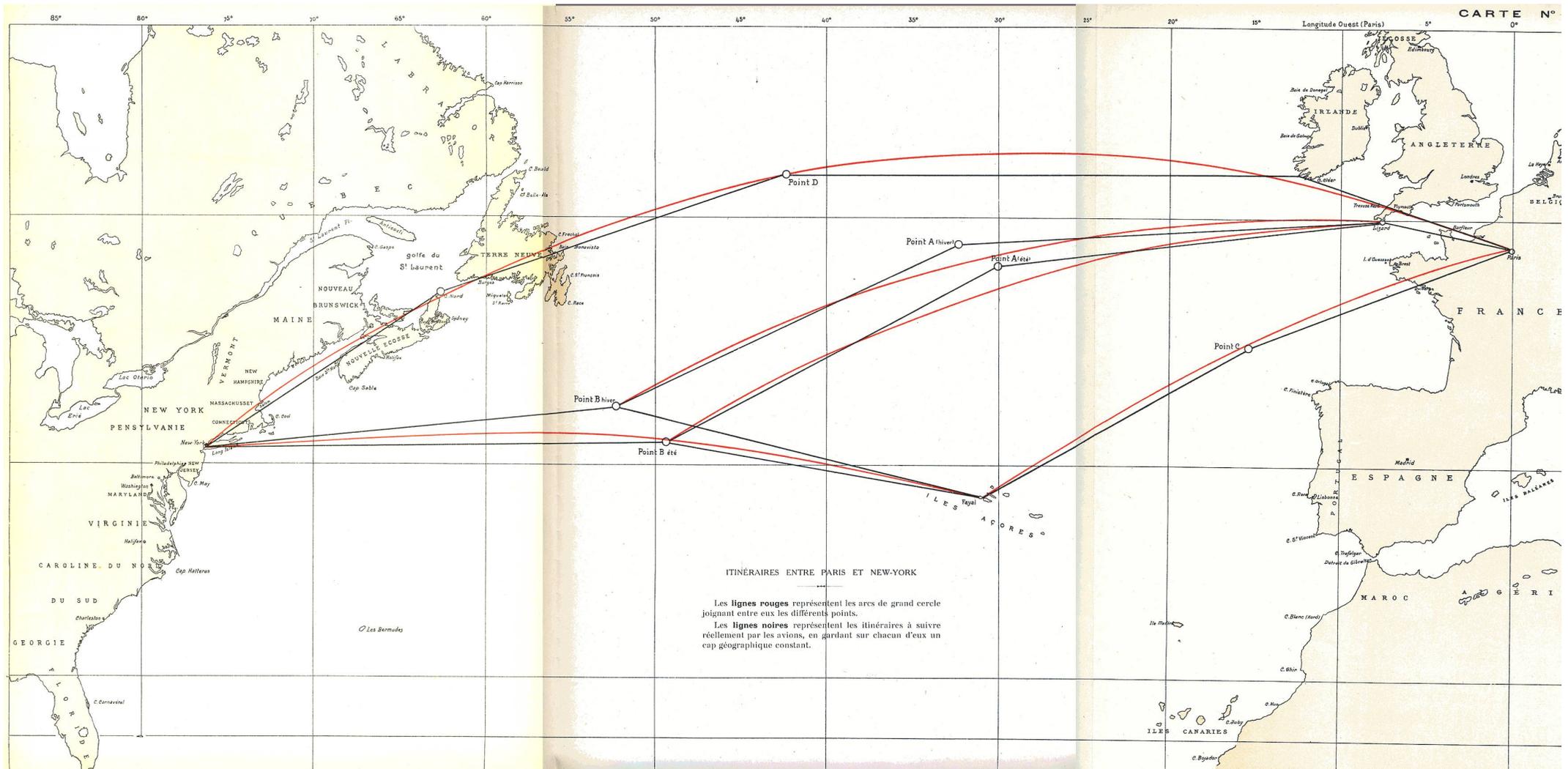
d dérive à gauche ;

d très forte dérive à gauche ;

d dérive à droite ;

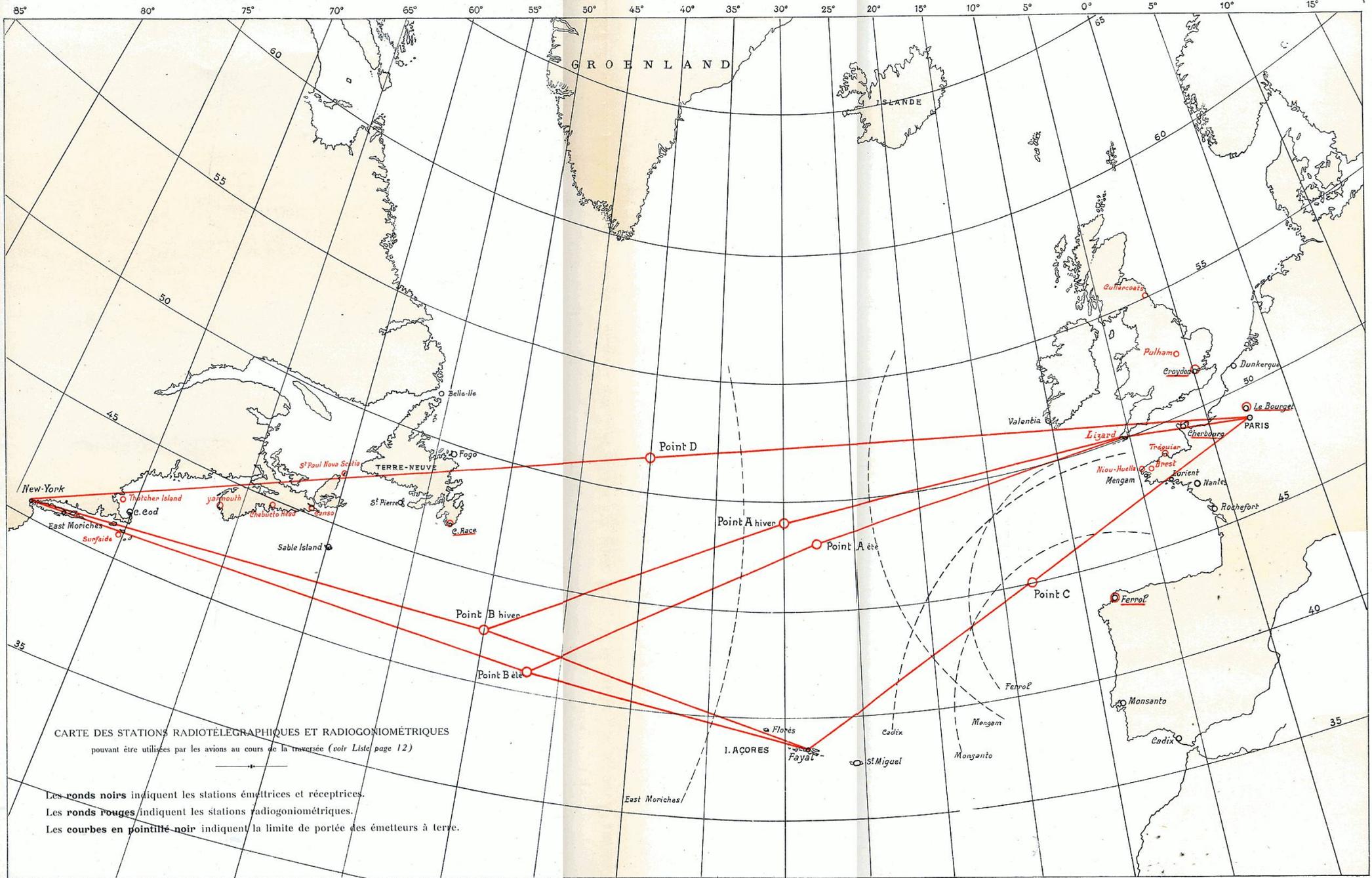
d très forte dérive à droite ;

Les vitesses du vent sont données en degrés de l'échelle Beaufort.



ITINÉRAIRES ENTRE PARIS ET NEW-YORK

Les lignes rouges représentent les arcs de grand cercle joignant entre eux les différents points.  
 Les lignes noires représentent les itinéraires à suivre réellement par les avions, en gardant sur chacun d'eux un cap géographique constant.



CARTE DES STATIONS RADIOTÉLEGRAPHIQUES ET RADIOGONIOMÉTRIQUES  
pouvant être utilisées par les avions au cours de la traversée (voir Liste page 12)

Les ronds noirs indiquent les stations émettrices et réceptrices.  
 Les ronds rouges indiquent les stations radiogoniométriques.  
 Les courbes en pointillé noir indiquent la limite de portée des émetteurs à terre.