



## **Préparation et suivi du vol**

**033**

**Page Volontairement Blanche**







033  
Préparation et suivi du vol  
Version Digitale

**Alain Nguyen**

**Page Volontairement Blanche**

# Sommaire

<b>PREAMBULE .....</b>	<b>7</b>
<b>033 01 NAVIGATION VFR .....</b>	<b>13</b>
033 01 01 PLAN DE NAVIGATION VFR .....	13
<b>033 02 NAVIGATION IFR   .....</b>	<b>33</b>
033 02 01 PLAN DE NAVIGATION IFR .....	33
<b>033 03 CARBURANT .....</b>	<b>77</b>
033 03 01 GENERALITES.....	77
033 03 02 CARBURANT POUR LES VOLS COMMERCIAUX .....	82
033 03 03 PROCEDURES PARTICULIERES DE CALCUL CARBURANT  .....	145
<b>033 04 PREPARATION PREVOL .....</b>	<b>163</b>
033 04 01 NOTAM – AIP.....	163
033 04 02 INFORMATIONS METEOROLOGIQUES .....	166
033 04 03 POINT EQUITEMPS ET POINT SUR DE RETOUR  .....	180
<b>033 05 PLAN DE VOL OACI .....</b>	<b>187</b>
033 05 01 PLAN DE VOL INDIVIDUEL .....	187
033 05 02 PLAN DE VOL RÉPÉTITIF (RPL) .....	203
033 05 03 PROCEDURES DE DEPOT DU PLAN DE VOL.....	205
<b>033 06 SUIVI ET REPLANIFICATION EN VOL .....</b>	<b>209</b>
033 06 01 SUIVI DU VOL.....	209
033 06 02 GESTION ET REPLANIFICATION EN VOL .....	213

**Page Volontairement Blanche**

# Préambule

L'ouvrage « Préparation et suivi du vol » est un cours destiné aux candidats à l'examen théorique des licences CPL et ATPL. Il a été élaboré conformément au programme officiel et aux LO (Learning Objectives) en vigueur, défini dans le cadre des connaissances théoriques du JAR-FCL.

Ce livre aborde d'une manière théorique l'ensemble des constituants d'une préparation d'un vol (préparation à longue échéance et à courte échéance), ainsi qu'un volet relatif au suivi et à la gestion en vol. Il comporte les principales sections suivantes.

• **La préparation à longue échéance avec les chapitres suivants :**

- la navigation VFR ;
- la navigation IFR.

Il s'agit pour ces deux chapitres d'étudier :

- des routes et les éléments associés (altitude de sécurité, zones réglementées...) à l'aide des cartes routiers ;
- des procédures standards de départ, d'arrivée et d'approche, à l'aide des fiches aérodromes.

• **La préparation à courte échéance avec :**

- la réglementation en matière d'import carburant et le calcul du carburant à l'aide des données de performances publiées aux manuels de vol des quatre avions figurant au programme ATPL du certificat 033 (voir note plus loin pour le programme CPL) ;
- l'étude du dossier prévol : AIP/NOTAM, informations météorologiques et la détermination des points PET (point équitemps) et PSR (point sûr de retour) ;
- la rédaction du plan de vol ATC et les modalités du dépôt du plan de vol.

• **Les règles de suivi et de gestion du vol.**

Compte tenu du contenu de ce programme, le candidat est invité à approfondir au préalable les modules « Météorologie », « Performances », « Navigation » et, en particulier, « Masse et centrage », qui ne seront pas abordés dans l'ouvrage mais qui constituent des éléments clés dans la préparation d'un vol.

**Il est donc vivement conseillé de revoir les notions de base concernant les différentes masses opérationnelles, telles que la masse de base, la masse sans carburant, la charge offerte, etc., pour faire face à d'éventuelles questions de masse et centrage à l'examen 033.**

De nombreux documents aéronautiques sont utilisés dans le cadre de ce module; ces documents sont des extraits :

- du *Student Pilot Route Manual* de Jeppesen pour la partie navigation VFR et IFR ;
- des manuels de vol des avions génériques publiés dans le CAP 697 (Civil Aviation Publication) et de l'Airbus A310 pour le calcul du carburant ;
- des messages et cartes météorologiques, en particulier les cartes TEMSI de type SWC EUR que nous aurons l'occasion d'approfondir dans le chapitre 04 « Préparation prévol ».

Il est important de rappeler aux candidats que l'ensemble de ces données fait partie intégrante du programme du certificat 033 et que la maîtrise de l'utilisation de ces informations constitue un des points clés dans la réussite de ce certificat, dont la durée d'examen est relativement longue pour prendre en compte le temps nécessaire à l'analyse des données (2 heures pour 43 questions en ATPL et 1 h 30 pour 33 questions en CPL).

Il est à noter que l'ensemble de ces cartes, fiches aérodromes, tableaux et abaques de performances utilisés dans ce module est strictement réservé à l'instruction au sol. Leur usage en situation opérationnelle est strictement interdit.

### Introduction au Student Pilot Route Manual de Jeppesen

En vue d'élaborer son plan de vol navigation, le pilote effectue la préparation de la navigation, appelée préparation à longue échéance, à l'aide :

- des cartes routiers ;
- des fiches de procédures du terrain de départ ;
- des fiches de procédures des terrains d'arrivée et de dégagement ;
- des fiches de procédures d'approche aux instruments des terrains de destination et de dégagement (pour les vols IFR).

L'ensemble des cartes routiers et des fiches terrains du programme de l'examen 033 est extrait du *Student Pilot Route Manual* de Jeppesen, qui est la référence pour les annexes de l'examen.

Ce manuel est composé de deux parties principales :

- la section « En route » comprend un ensemble de cartes routiers ;
- la section « Terminal » contient des fiches de procédures de départ et d'arrivée des aérodromes et les fiches d'approches aux instruments d'un certain nombre de terrains majeurs en Europe (Amsterdam, Londres, Madrid, Munich, Paris CDG...).



Pour préparer l'examen du certificat « Préparation et suivi du vol », les candidats sont invités à approfondir leur connaissance des cartes et fiches terrains publiées dans ce manuel et ils devront par ailleurs, connaître les différents sigles utilisés ainsi que les abréviations et les symboles les plus courants qu'on trouve dans les cartes et les fiches terrains.

Le lecteur trouvera les extraits de cartes ou de fiches terrains les plus représentatifs dans cet ouvrage et dans la banque électronique « e-learning » de Mermoz.

### Introduction au CAP 697 et aux données de l'A310

Le manuel CAP 697 (Civil Aviation Publication) présente les données de performances extraites des manuels de vol de plusieurs appareils génériques. Ces données, présentées sous forme de tableaux et d'abaques, permettent la détermination du carburant des différentes phases de vol d'une étape donnée, ainsi que la quantité de carburant réglementaire à emporter avant chaque départ.

Ces trois aéronefs portent les pseudonymes suivants :





- SEP (Single Engine Piston) : un monomoteur à pistons de type Beechcraft BE 36 ;
- MEP (Multi Engine Piston) : un bimoteur à pistons de type Piper Seneca PA 34 ;
- MRJT (Medium Range Jet Twin) : un binacteur de transport de passagers moyen-courrier ; il s'agit du Boeing 737-400.

Au-delà des données des trois appareils ci-dessus, le programme de l'examen du module 033 comporte également le calcul du carburant de l'Airbus A310. Les données de cet avion ne figurent pas dans le CAP 697 ; aussi, nous avons publié dans cet ouvrage et sur le site « e-learning de Mermoz » de nombreux exemples illustrant l'utilisation des abaques et tableaux de performances les plus représentatifs de cet appareil, ainsi que ceux des avions génériques du CAP 697.

Nous invitons les candidats du certificat 033 à s'entraîner régulièrement sur les exercices afin de se familiariser avec la présentation et le contenu des abaques et des tableaux des quatre aéronefs.

### Note sur le programme

Plusieurs logos permettent de différencier les parties de l'ouvrage en fonction du programme suivi :

-  : la partie ne concerne pas le programme CPL ;
-  : la partie ne concerne pas les élèves « hélicoptère » ;
-  : la partie concerne uniquement les élèves « hélicoptère » ;
-  : la partie ne concerne pas les élèves « hélicoptère » ATPL VFR.

### Bibliographie

- OACI Doc 4444 (PANS-RAC) : « Procédures pour les services de la navigation aérienne – Règles de l'air et services de la circulation aérienne », 15<sup>e</sup> édition. PANS-RAC : "Procedures for Air Navigation Services – Rules of the air and air traffic services".

- UE OPS Journal officiel de l'Union européenne : Annexe III du Règlement n°3922/91 – règles techniques et procédures administratives communes applicables au transport commercial par aéronefs.

OPS1 : réglementation du transport aérien commercial.

### Lexique des abréviations

#### A

AC	Altocumulus
ADF	Automatic Direction Finder
ADS	Automatic Dependent Surveillance
AFIS	Aerodrome Flight Information Service
AGL	Above Ground Level
AIP	Aeronautical Information Publication
AIP SUP	Supplément aux AIP
AIRAC	Aeronautical Information Regulation and Control
AIS	Aeronautical Information Services
ALS	Approach Light System
AMDT	Amendment (AIP Amendment)
AMSL	Above Mean Sea Level
APU	Auxiliary Power Unit
AS	Altostratus
ASFC	Above SurFaCe
ATC	Air Traffic Control
ATIS	Automatic Terminal Information Service
ATS	Air Traffic Service

#### B

BC	Bancs
BECMG	Becoming
BKN	Broken
BMJ	Bulletin de Mise à Jour

BR Brume

#### C

CAP	Civil Aviation Publication
CAS	Calibrated Airspeed
CAT	Clear Air Turbulence
CB	Cumulonimbus
CC	Cirrocumulus
Cc	Cap compas
CG	Centre de Gravité
CI	Cirrus
CIT	A proximité ou au-dessus des villes importantes
CL	Centerline Lights
Cm	Cap magnétique
COT	Sur les côtes
CPL	Current Flight Plan (plan de vol actif)
CS	Cirrostratus
CTA	Centre de contrôle Aérien
CU	Cumulus
Cv	Cap vrai

#### D

DER	Departure End of Runway
DH	Decision Height
Dm	Déclinaison magnétique

<b>DME</b>	Distant Measuring Equipment
<b>D<sub>PET</sub></b>	Position du point équitemps
<b>D<sub>FSR</sub></b>	Position du point sûr de retour
<b>DS</b>	Tempête de poussière
<b>DTC</b>	Distance Temps Consommation (en relation avec le carburant) ou Direct (en relation avec le type d'approche)
<b>DU</b>	Poussière
<b>DZ</b>	Bruine

## E

<b>EASA</b>	European Aviation Safety Agency
<b>EGT</b>	Exhaust Gas Temperature
<b>ELT</b>	Emergency Locator Transmitter
<b>EMBD</b>	CB noyées dans la masse nuageuse
<b>ETOPS</b>	Extended Twin-jet engines OPerationS
<b>EU-OPS</b>	European OperationsS

## F

<b>f</b>	Finesse
<b>FAF</b>	Final Approach Fix
<b>FEW</b>	peu (1 à 2 Octas)
<b>FG</b>	Brouillard
<b>FMS</b>	Flight Management System
<b>FL</b>	Flight Level
<b>FPL</b>	Filed Flight Plan (plan de vol déposé)
<b>FREQ</b>	CB ou TCU Fréquents
<b>FU</b>	Fumée
<b>FZ</b>	Se congélant

## G

<b>GPH</b>	Gallon Per Hour
<b>GNSS</b>	Global Navigation Satellite System
<b>GR</b>	Grêle
<b>GS</b>	Vitesse sol (Ground Speed)
<b>GS</b>	Grésil

## H

<b>HEL</b>	Helicopter
<b>HF</b>	High Frequency (3 000 à 30 000 kHz)
<b>HALS</b>	High Intensity Approach Lights
<b>HIREL</b>	High Intensity Runway Edge Lights
<b>HPA</b>	Hectopascal
<b>HST</b>	High Speed Taxiway Turn-off
<b>HZ</b>	Brume sèche

## I

<b>IAF</b>	Initial Approach Fix
<b>IAS</b>	Vitesse indiquée (Indicated AirSpeed)
<b>IC</b>	Cristaux de glace
<b>IFR</b>	IMC Flight Rules
<b>ILS</b>	Instrument Landing System
<b>IMC</b>	Instrument Meteorological Condition
<b>INS</b>	Inertial Navigation System
<b>IR-OPS</b>	Implementary Regulation OPS
<b>ISA</b>	International Standard Atmosphere
<b>ISOL</b>	CB ou TCU isolés

## J

<b>JAA</b>	Joint Aviation Agency
------------	-----------------------

## L

<b>L</b>	Locator
<b>LAN</b>	A l'intérieur des terres
<b>LAT</b>	Latitude
<b>LDA</b>	Longueur d'atterrissage utilisable (Landing Distance Available)
<b>Lon</b>	Longitude
<b>LOC</b>	Localement
<b>LORAN</b>	LORange Navigation
<b>LYR</b>	En couches

## M

<b>M</b>	Mach
<b>MAA</b>	Maximum Authorised Altitude
<b>MAPI</b>	Missed Approach Point
<b>MAR</b>	En mer
<b>MCA</b>	Minimum Crossing Altitude
<b>MCT</b>	Poussée maxi continue (Maxi Continuous Thrust)
<b>MDA</b>	Minimum Descent Altitude
<b>MEA</b>	Minimum En-route Altitude
<b>MEL</b>	Liste des tolérances techniques (Minimum Equipment List)
<b>MEP</b>	Multi Engine Piston
<b>METAR</b>	METEorological Airport Report
<b>MHA</b>	Minimum Holding Altitude
<b>MHz</b>	Megahertz
<b>MI</b>	Mince
<b>MLS</b>	Microwave Landing System
<b>MM</b>	Middle Marker
<b>M<sub>MO</sub></b>	Mach maximal en opération (Maximum Operating Mach)
<b>MNPS</b>	Minimum Navigation Performance Specifications
<b>MORA</b>	Minimum Off-Route Altitude
<b>MOCA</b>	Minimum Obstacle Clearance Altitude
<b>MR</b>	Vitesse/Mach Maxi Range
<b>MRJT</b>	Medium Range Jet Transport
<b>MSA</b>	Minimum Sector Altitude

## N

<b>NAT OTS</b>	North Atlantic Organized Track System
<b>ND</b>	Navigation Display
<b>NDB</b>	Non Directional radio Beacon
<b>NM</b>	Nautical Miles
<b>NOTAM</b>	NOTice To AirMen
<b>NS</b>	Nimbostratus

## O

<b>OACI</b>	Organisation de l'aviation civile internationale
<b>OCA</b>	Oceanic Control Area
<b>OCA</b>	Obstacle Clearance Altitude
<b>OCH</b>	Obstacle Clearance Height
<b>OCNL</b>	CB ou TCU occasionnels
<b>OTS</b>	Organised Track System
<b>OVC</b>	Couvert (8 octas)



**P**

<b>PANS</b>	Procedures for Air Navigation Services
<b>PAPI</b>	Precision Approach Path Indicator
<b>PET</b>	Point équitemps
<b>PL</b>	Granules de glace
<b>PO</b>	Tourbillons de poussières ou de sable
<b>PPL</b>	Private Pilote License
<b>PR</b>	Partiel
<b>PSR</b>	Point sûr de retour
<b>PTS</b>	Polar Track Structure
<b>PPR</b>	Prior Permission Required

**Q**

<b>QFU</b>	Orientation magnétique de la piste
<b>QDR</b>	Code indiquant le relèvement magnétique d'un aéronef

**R**

<b>RA</b>	Pluie
<b>RAI</b>	Runway Alignment Indicator
<b>Rm</b>	Route magnétique
<b>RNP</b>	Required Navigation Performance
<b>RPL</b>	Repetitive Flight Plan
<b>RS</b>	Rayon d'action Spécifique
<b>Rv</b>	Route vraie
<b>RVR</b>	Runway Visual Range
<b>RVSM</b>	Reduced Vertical Separation Minimum

**S**

<b>SA</b>	Sable
<b>SALS</b>	Short Approach Light System
<b>SCT</b>	Epars (3 à 4 ocas)
<b>SEP</b>	Single Engine Piston
<b>SFC</b>	En surface
<b>SFL</b>	Sequenced Flashing Lights
<b>SID</b>	Standard Instrument Departure
<b>SIV</b>	Service information vol
<b>SG</b>	Neige en grains
<b>SH</b>	Averse
<b>SN</b>	Neige
<b>SNOWTAM</b>	SNOW Notice to Airmen
<b>SQ</b>	Grains
<b>SS</b>	Tempête de sable
<b>ST</b>	Stratus
<b>STAR</b>	Standard Terminal Arrival Routes

**T**

<b>TAF</b>	Terminal Aerodrome Forecast
<b>TAS</b>	Vitesse propre ou vitesse vraie (True Air Speed)
<b>TACAN</b>	Tactical Air Navigation
<b>TCU</b>	Cumulus Congestus
<b>TDZ</b>	Touchdown Zone Lights
<b>TEMPSI</b>	Carte de TEMps Significatif
<b>TOC</b>	Top Of Climb
<b>TOD</b>	Top Of Descent
<b>T<sub>PSR</sub></b>	Temps estimé pour atteindre le point PSR
<b>T<sub>PET</sub></b>	Temps estimé pour atteindre le point PET
<b>TS</b>	Orage

**U**

<b>UTC</b>	Coordinated Universal Time (Temps universel coordonné)
------------	--

**V**

<b>VA</b>	Cendres volcaniques
<b>VAC</b>	Visual Approach Chart
<b>VAL</b>	Dans les vallées
<b>VASI</b>	Visual Approach Slope Indicator
<b>VFR</b>	Visual Flight Rules
<b>VHF</b>	Very High Frequency
<b>VMC</b>	Visual Meteorological Conditions
<b>VOLMET</b>	Meteorological Information for aircraft in flight
<b>VOR</b>	VHF Omnidirectional Range
<b>VORTAC</b>	Combinaison VOR et TACAN
<b>V<sub>P</sub></b>	Vitesse propre
<b>V<sub>SOL</sub></b>	Vitesse sol

**Autres**

<b>a</b>	Vitesse du son
<b>d</b>	Densité
<b>q</b>	Masse volumique

**Page Volontairement Blanche**

## 033 01 01 Plan de navigation VFR

En vue d'établir son journal de navigation, encore appelé « log de navigation », le pilote doit effectuer la préparation de la navigation de son vol VFR, qui représente la principale activité au stade de la préparation à longue échéance.

C'est une préparation relativement chargée, qui consiste à rassembler un ensemble d'informations à l'aide de la carte radionavigation et des fiches aérodromes judicieusement choisies en fonction de la route choisie.

Ce travail consiste à :

- sélectionner les routes les plus adéquates et décoder les symboles indiqués sur la carte de radionavigation, les fiches terrains de départ, d'arrivée et d'approche à vue ;
- identifier les espaces aériens et les zones réglementées ;
- choisir le niveau de vol adapté, en fonction de la direction de la route et de la marge de franchissement d'obstacles ;
- trouver, à l'aide des cartes, les routes vraies, les caps vrais, les distances et les déclinaisons magnétiques afin de déterminer les routes et les caps magnétiques, etc. ;
- recenser les informations de radiocommunication et de radionavigation ;
- et enfin, remplir le journal de navigation avec tous les éléments rassemblés ci-dessus.

Pour effectuer ce travail, les candidats doivent être en mesure de connaître les différents sigles utilisés, ainsi que les abréviations et les symboles OACI les plus couramment utilisés sur les cartes et les fiches terrains.

### A – Utilisation de la carte de radionavigation

Pour couvrir cet aspect de la préparation de la navigation, le programme du certificat 033 se réfère à la carte de radionavigation à vue de la région de Stuttgart extrait du *Student Pilot Route Manual* de Jeppesen.

Il s'agit de la carte « **VFR-GPS Chart, Germany ED-6** ». C'est une carte OACI au 1/500000<sup>e</sup> avec les positions latitudes et longitudes GPS fondées sur le système WGS-84. Elle contient un grand nombre d'informations nécessaires aux vols VFR.

Cette carte est une projection Lambert, conforme et conique ; sa présentation est très proche de celle des cartes de radionavigation 1/500000<sup>e</sup> qu'on utilise en PPL en France.

Le choix des routes et des altitudes de vol doit prendre en compte les points clés suivants :

- la classification des espaces aériens ;
- l'identification des espaces à usage restreint ;
- la prise en compte de la règle semi-circulaire ;
- le respect de l'altitude minimale de sécurité ;
- l'identification des aides radionavigation.

Nous voyons ci-après chacun de ces points précisément.



**1 - Classification des espaces aériens**

Dans l'espace aérien, il peut y avoir des interférences entre les trajectoires IFR et VFR ; aussi, pour protéger les vols IFR ou pour permettre aux organismes de contrôle de rendre les services adaptés de la circulation aérienne (séparation, information de trafic...), les espaces aériens sont affectés d'indices qualificatifs qu'on appelle « classe d'espace » : A, B, C, D, E, F ou G.

Les exigences et les services rendus sont rappelés dans le tableau ci-après.

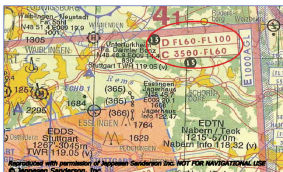
**L'espace aérien de classe A est interdit aux vol VFR.**

Classe d'espace	Vols admis *	Services rendus		Obligation radio	Obligation clearance
		contrôle	information/alerte		
<b>A</b>	IFR	Séparation IFR/IFR	OUI	OUI	OUI
<b>B</b>	IFR	Séparation IFR/IFR	OUI	OUI	OUI
	VFR	Séparation IFR/VFR VFR/VFR	OUI	OUI	OUI
<b>C</b>	IFR	Séparation IFR/IFR	OUI	OUI	OUI
	VFR	Séparation IFR/VFR Information trafic VFR/VFR	OUI	OUI	OUI
<b>D</b>	IFR	Séparation IFR/IFR Information trafic IFR/VFR	OUI	OUI	OUI
	VFR	Information trafic IFR/VFR VFR/VFR	OUI	OUI	OUI
<b>E</b>	IFR	Séparation IFR/IFR Information trafic IFR/VFR	OUI	OUI	OUI
	VFR	Non mais Information trafic IFR/VFR	OUI	NON	NON
<b>F</b>	IFR	Non mais séparation IFR/IFR	OUI	OUI	NON
	VFR	Non	OUI	NON	NON
<b>G</b>	IFR	Non	OUI	OUI	NON
	VFR	Non	OUI	NON	NON

\* Pour simplifier, nous ne mentionnons pas ici les cas du VFR de nuit ou du VFR spécial.

Les espaces aériens applicables en Allemagne sont indiqués sur le bandeau situé en bas de la carte VFR-ED6 mais également sur la carte de radionavigation elle-même.

On peut, en effet, lire sur les cartes de radionavigation les classes des espaces aériens, généralement indiquées par un contour en magenta centré sur l'aérodrome, comme l'illustre le cas de l'aérodrome de Stuttgart ci-après, avec les espaces aériens C (de 3 500 ft au FL 60) et D (du FL 60 au FL 100) sur le même secteur.



## 2 - Espaces à usage restreint

Identifier, grâce à des sigles figurant sur la carte de radionavigation, la présence des zones à statut particulier ou à activités se trouvant sur ou à proximité de la route choisie :

- **zone P** (« Prohibited ») : zone strictement **interdite** à la circulation aérienne ; par exemple ED(P)-51 ;
- **zone R** : zone **réglementée**, dont la pénétration est soumise à certaines conditions ; par exemple, ED(R)-132A ; l'accès dans cette zone peut être interdit pendant les heures d'activités des exercices militaires par exemple ;
- **zone D** : zone **dangereuse**, dont la pénétration ne nécessite aucune clairance au préalable, mais qui présente un danger pour la navigation aérienne (zone de tir...) ; par exemple, ED(D)-123.
- zone de parachutage, de vélivol ;
- etc.

**Note.** L'identification des zones P, R et D est précédée de l'identification de la région OACI et du pays concerné (ED : E pour la région OACI d'Europe du Nord et de l'Est, et D pour l'Allemagne, « Deutschland »).

**Note.** Sur les cartes de radionavigation, les zones P, R et D sont délimitées par des lignes hachurées, comme le montre le schéma ci-après.

Vérifier que la route prévue n'est pas affectée par les zones d'activités en question ; auquel cas, il faudrait envisager une modification de la route ou une nécessité d'obtenir une autorisation au préalable (radio ou clairance) avant d'entrer dans la zone.

Certaines zones sont non permanentes. De ce fait, elles font souvent l'objet des informations reportées au NOTAM : il est donc toujours nécessaire de les consulter avant le vol.

Exemple de l'identification des deux zones réglementées ED(R)-132A et ED(R)-132B sur l'extrait de la carte de radionavigation ci-après. L'activation de ces deux zones se fait par NOTAM.

Reproduced with permission of Jeppesen Sanderson Inc. NOT FOR NAVIGATIONAL USE © Jeppesen Sanderson, Inc.



### 3 - Sélection des altitudes

Pour valider la route choisie, il faudrait définir les altitudes de vol en respectant les critères suivants.

#### a) Hauteurs minimales de survol

La réglementation définit les hauteurs minimales de vol qui doivent être respectées dans tous les cas, sauf pour des besoins de décollage et d'atterrissage.

- Aucun vol VFR n'est autorisé au-dessus des zones à forte densité, des villes ou autres agglomérations ou de rassemblements de personnes en plein air, à moins de 300 m (1 000 ft) au-dessus de l'obstacle le plus élevé situé dans un rayon de 600 m autour de l'aéronef.
- Ailleurs qu'aux endroits spécifiés ci-dessus, un vol VFR ne doit pas être effectué à une hauteur inférieure à 150 m (500 ft) au-dessus du sol ou de l'eau.

D'autres règles de survol des zones habitées s'ajoutent à la réglementation générale ci-dessus. Les hauteurs minimales de survol varient suivant la taille de l'agglomération ; elles sont généralement indiquées dans le cartouche de la carte de radionavigation.

#### b) Altitude de sécurité de vol

Bien qu'il s'agisse de vol à vue et que tous les obstacles doivent être évités de façon visuelle, il est nécessaire de définir une altitude de sécurité pour chaque tronçon de la route afin de préserver une marge de sécurité par rapport aux obstacles.

Pour déterminer ces altitudes, on peut relever les « altitudes grille minimales » indiquées sur la carte de radionavigation. Ces dernières présentent une marge d'effacement de 1 000 ft par rapport au terrain et à l'obstacle le plus élevé dans un quadrangle d'un ½ degré de latitude et de longitude. Ce quadrangle est délimité par des croix en magenta + sur la carte. Quant à l'altitude de sécurité grille, elle est spécifiée sur la carte par une valeur de couleur magenta : par exemple, 43 = 4 300 ft.

**Note.** L'espace aérien couvert par la carte 1/500000<sup>e</sup> s'étend du sol jusqu'au plus haut des deux niveaux suivants :

- 5 000 ft par rapport au niveau de la mer ; ou
- 2 000 ft sol.

Aussi, les altitudes grille indiquées sur cette carte ne sont applicables que pour les obstacles n'excédant pas 5 000 ft QNH ou 2 000 ft sol.



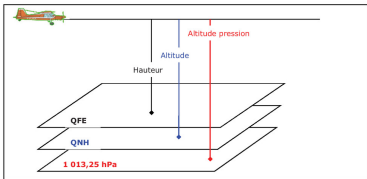
Si l'altitude grille minimale n'est pas indiquée, on peut appliquer le principe suivant pour déterminer l'altitude de sécurité de vol :

- relever la hauteur de l'obstacle le plus élevé du tronçon sur une bande de 5 NM de part et d'autre de la route ;
- appliquer une marge de sécurité, normalement entre 1 000 et 2 000 ft, selon la zone dans laquelle on évolue ;
- tenir compte des corrections altimétriques : il s'agit de la correction de pression et de température que nous détaillons dans le paragraphe suivant.

### c) Corrections altimétriques

Pour rappel, les différents calages altimétriques suivants sont utilisés :

- calage altimétrique QFE : ce calage permet de connaître la hauteur de l'avion par rapport à l'aérodrome ;
- calage altimétrique QNH : ce calage permet de connaître l'altitude de l'aéronef au-dessus du niveau moyen de la mer, aux abords de l'aérodrome sur lequel le QNH a été déterminé ;
- calage altimétrique standard à 1 013,25 hPa (QNE) : ce calage permet de connaître l'altitude pression de l'aéronef, c'est-à-dire son altitude par rapport à la surface isobarique correspondant à la pression 1 013,25 hPa.



Un altimètre est un baromètre étalonné selon les lois de l'atmosphère standard : 1 013,25 hPa et une température de 15 °C au niveau de la mer, qui diminue de 2 °C (1,98 °C) tous les 1 000 ft jusqu'à 36 090 ft, puis reste constante à - 56,3 °C dans nos contrées.

Ainsi, si l'atmosphère du jour est différente de l'atmosphère standard, ce qui est le cas la plupart du temps, il faut tenir compte de la différence de pression et de température par rapport à l'atmosphère standard.

Cette différence n'a pas de conséquences significatives pour la séparation des aéronefs dans le plan vertical, car ils subissent tous les mêmes effets. En revanche, ce phénomène doit être pris en compte pour déterminer l'altitude réelle de l'avion, afin de connaître la marge de survol des obstacles.

#### ♦ Correction de pression

Pour la navigation, le calage altimétrique standard est sélectionné au-dessus de l'altitude de transition. La différence entre 1 013,25 hPa et le QNH du terrain entraîne une erreur barométrique d'environ de 30 ft/hPa.

#### Exemple

Un avion vole à une altitude pression de 10 000 ft. Quelles sont l'altitude de l'avion par rapport au niveau moyen de la mer et la hauteur de l'avion par rapport à un aéroport situé à 600 ft, lorsque le QNH vaut :

- A) 1 023 hPa                      B) 999 hPa

#### Réponse

- **Cas A :** QNH = 1 023 hPa.

L'altitude de l'aéronef par rapport au niveau de la mer est de :

$$Z = 10\,000 + (1\,023 - 1\,013,25) \times 30 = 10\,300 \text{ ft.}$$

La hauteur de l'avion par rapport à l'aéroport est de :

$$H = 10\,300 - 600 = 9\,700 \text{ ft.}$$

- **Cas B :** QNH = 999 hPa.

L'altitude de l'aéronef par rapport au niveau de la mer est de :

$$Z = 10\,000 + (999 - 1\,013,25) \times 30 = 9\,580 \text{ ft.}$$

La hauteur de l'avion par rapport à l'aéroport est de :

$$H = 9\,580 - 600 = 8\,980 \text{ ft.}$$

#### ♦ Correction de température

Le facteur le plus influent sur l'espacement vertical des surfaces isobariques est la température. En effet, lorsque la température varie au-delà des conditions standards, l'erreur altimétrique augmente ; en particulier, elle peut être très significative sur le plan de la sécurité de vol (marge obstacle) lorsque l'air est froid.

Pour prendre en compte la correction de la température, on applique la formule simplifiée suivante pour calculer l'altitude vraie de l'aéronef en fonction de l'écart de la température lue au niveau de vol par rapport à la température standard à ce niveau.

$$Z_v = Z_i \times \left( 1 + \frac{4 \times \Delta ISA}{1\,000} \right)$$

$Z_v$  : altitude vraie de l'aéronef

$Z_i$  : altitude indiquée

$\Delta ISA$  : écart de la température réelle par rapport à la température standard



**Exemple**

Un avion vole à une altitude pression de 7 500 ft, quelle est son altitude vraie si la température extérieure est de - 10 °C (QNH = 1 013,25 hPa) ?

- A) 7 000 ft                      B) 7 200 ft  
B) 7 500 ft                      C) 7 700 ft

**Réponse**

A 7 500 ft, la température standard est de :  $15 - 2 \times 7,5 = 0$  °C.

$\Delta ISA = \text{température extérieure} - \text{température standard} = - 10$  °C

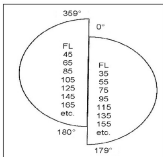
$Z_v = 7500 [1 + 4 \times (- 10) / 1\,000] = \mathbf{7\,200\,ft}$ .

**4 - Règle semi-circulaire en VFR**

Une fois établie l'altitude de sécurité, il ne faudrait pas perdre de vue que, pour les vols VFR opérés au-dessus de 3 000 ft ASFC (« Above surface »), on doit tenir compte de la règle semi-circulaire afin de déterminer l'altitude ou le niveau de croisière.

Cette règle impose l'adoption de l'altitude ou du niveau de croisière en fonction de la route magnétique (et non du cap magnétique !) suivie par l'aéronef.

Lorsque la route magnétique est comprise entre **000° et 179°** : le niveau de vol doit être un niveau **impair + 5** ou une altitude **impaire en multiple de 500** : FL 35, 55, 75, 95, 115, ... 275, ou 3 500 ft, 5 500 ft, 7 500 ft, 9 500 ft, 11 500 ft... 27 500 ft.



Lorsque la route magnétique est comprise entre **180° à 359°** : le niveau de vol doit être un niveau **pair + 5** ou une altitude **paire en multiple de 500** : FL 45, 65, 85, 105, 125... 285, ou 4 500 ft, 6 500 ft, 8 500 ft, 10 500 ft, 12 500 ft... 28 500 ft.

On peut utiliser le moyen mnémotechnique suivant pour se rappeler cette notion.

En partant de la France métropolitaine :

- si on vole vers l'est (000° à 179°), soit vers l'**I**talie, on vole à des niveaux impairs (« I » comme **I**talie) + 5 ;
- si on vole vers l'ouest (180° à 359°), soit vers le **P**ortugal, on vole à des niveaux pairs (« P » comme **P**ortugal) + 5.



**Exemple**

Une montagne de 6 011 ft au-dessus du niveau de la mer est située sur la route vraie de 356° d'un avion. La déclinaison magnétique est de 10° W et le cap magnétique 355°. Quel est le niveau de vol VFR le plus faible afin de préserver une marge de 2 000 ft au-dessus de la montagne avec un QNH de 990 hPa ? On retiendra pour le calcul 1 hPa = 30 ft.

- A) FL 075                      B) FL 090  
C) FL 095                      D) FL 085

**Réponse**

Avec 1 hPa = 30 ft, l'altitude de la montagne par rapport à un QNH = 1 013 hPa est de :  
 $6\,011 + (1\,013 - 990) \times 30 = 6\,701$  ft

L'altitude à laquelle l'avion doit effectuer son vol avec une marge de 2 000 ft est de :  
 $6\,701 + 2\,000 = 8\,701$  ft. Ainsi, le niveau de vol minimal doit être au FL 87.

Cependant, on doit tenir compte de la règle semi-circulaire, puisque le vol est effectué au-dessus de 3 000 ft sol.

Route magnétique (Rm) = route vraie (Rv) - déclinaison magnétique (Dm)  
 $= 356^\circ - (-10^\circ) = 006^\circ$  (pour rappel, W  $\Rightarrow$  « - » ; E  $\Rightarrow$  « + »)

Selon la règle semi-circulaire, le niveau de vol VFR, pour une Rm de 006°, doit être un niveau « impair + 5 ».

Le premier niveau impair disponible au-dessus du FL 87 est le **FL 95**.

**5 - Calcul de la distance et du temps de montée à un niveau ou une altitude donnée**

A l'aide des données de performances avion publiées dans le manuel de vol, on peut en extraire le taux de montée (vitesse verticale de montée) et/ou la pente de montée en fonction des conditions du jour. Ces deux paramètres permettent aux pilotes d'estimer le temps de vol en montée et la distance sol pour atteindre un niveau ou une altitude donnée en appliquant les différentes formules ci-après.

**a) Calcul du temps de montée**

Connaissant le gain en hauteur (H) et le taux de montée ( $V_z$ ), le temps de montée est obtenu par la formule :

$$\text{Temps de montée} = \frac{H}{V_z}$$

Temps de montée : en min

H : gain en hauteur en ft

$V_z$  : taux de montée en ft/min

**b) Calcul de la distance en montée**

Le calcul de la distance en montée peut être effectué à l'aide des différentes formules suivantes.

- Connaissant la pente air déterminée à l'aide du manuel de vol.

$$D_{AIR} = 100 \times \frac{H}{\gamma_{AIR}}$$

$D_{AIR}$  : distance air en ft

H : gain en hauteur en ft

$\gamma_{AIR}$  : pente air en montée (%)

$$D_{SOL} = D_{AIR} \times \frac{V_{SOL}}{V_P}$$

$D_{SOL}$  : distance sol parcourue

$D_{AIR}$  : distance air parcourue

$V_P$  : vitesse propre en kt

$V_{SOL}$  : vitesse sol en kt =  $V_P \pm \text{vent}$

• La distance sol peut également être obtenue en fonction du temps de vol en montée et du taux de montée ( $H/V_Z$ ).

$D_{SOL}$  = temps de montée (en h)  $\times V_{SOL}$ , soit :

$$D_{SOL} = \frac{H}{V_Z \times 60} \times V_{SOL}$$

$D_{SOL}$  : en NM

$H$  : gain en hauteur en ft

$V_Z$  : taux de montée en ft/min

$V_{SOL}$  = vitesse sol en kt

## 6 - Calcul de la distance et du temps de descente à partir d'un niveau ou une altitude donnée

Pour faire le parallèle avec la montée, on peut déterminer la durée et la distance en descente en fonction du taux de descente et/ou la pente de descente à l'aide des différentes formules ci-après.

### a) Calcul du temps de descente

Connaissant la hauteur de descente ( $H'$ ) et le taux de descente ( $V'_Z$ ), le temps de descente est obtenu par la formule :

$$\text{Temps de descente} = \frac{H'}{V'_Z}$$

Temps de descente : en min

$H'$  : hauteur de descente en ft

$V'_Z$  : taux de descente en ft/min

### b) Calcul de la distance en descente

Le calcul de la distance en descente peut être effectué à l'aide des différentes formules suivantes.

• Avec la pente air de descente déterminée à l'aide du manuel de vol.

$$D_{AIR} = 100 \times \frac{H'}{\gamma_{AIR}}$$

$D_{AIR}$  : distance air en ft

$H'$  : hauteur de descente en ft

$\gamma_{AIR}$  : pente air en descente (%)

$$D_{SOL} = D_{AER} \times \frac{V_{SOL}}{V_P}$$

$D_{SOL}$  : distance sol parcourue

$D_{AER}$  : distance air parcourue

$V_P$  : vitesse propre en kt

$V_{SOL}$  : vitesse sol en kt

• La distance sol de descente peut également être obtenue en fonction du temps de vol en descente et du taux de descente ( $H'/V_z$ ).

$D_{SOL}$  = temps de descente (en h) x  $V_{SOL}$  soit :

$$D_{SOL} = \frac{H'}{V_z \times 60} \times V_{SOL}$$

$D_{SOL}$  : en NM

$H'$  : hauteur de descente en ft

$V_z$  : taux de descente en ft/min

$V_{SOL}$  = vitesse sol en kt

## 7 - Identification des fréquences et indicatifs des moyens de radionavigation

Voir le paragraphe « Radiocommunication et radionavigation » (page 27).

## B - Détermination des routes et des distances

Le tracé du trajet sur la carte débute avec le terrain de départ pour aboutir au terrain d'arrivée. Dans le cas des terrains avec points de report obligatoires ou recommandés, le tracé de la route doit passer par ces points.

Le but de ce tracé sur la carte de radionavigation est de déterminer les points de report, mais également et surtout de collecter avec précision les routes et les distances afin de déterminer le temps de vol des différents tronçons du trajet.

A ce stade, il s'agit d'une préparation sans vent, les paramètres de navigation seront actualisés de l'effet du vent lors de la préparation à courte échéance.

### 1 - Points de report

En général, de grands repères visuels facilement identifiables, tels que les autoroutes, les chemins de fer, les villes, les lacs, les rivières, etc., seront retenus comme points de report.

Par ailleurs, on peut retenir comme points de repère des émetteurs radioélectriques comme les VOR (VHF Omnidirectional Range) ou NDB (Non Directional Beacon) ou les utiliser pour matérialiser un point de repère par le passage par son travers (utilisation en flanking : voir cours de radionavigation).

Le passage de ces points constitue toujours une charge de travail non négligeable en vol ; aussi, il est nécessaire de les choisir suffisamment distants les uns des autres.

### 2 - Mesure des routes

Pour mesurer une route d'un tronçon donné, on utilise le rapporteur de navigation. Il suffit de placer le centre du rapporteur à l'intersection de la route et d'un méridien. L'angle lu sur le rapporteur est la **route vraie** ( $R_v$ ) en prenant le méridien comme origine.

Les angles de route se comptent de 0° à 360° dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du nord.

La **route magnétique** (Rm) se déduit de la route vraie à l'aide de la relation :

$$Rm = Rv - Dm$$

Dm est la valeur de la déclinaison magnétique indiquée par des lignes isogones en bleu et en pointillé sur la carte ED-6.

### 3 - Mesure des distances

L'unité utilisée pour la mesure des distances est le NM (Nautical Mile).

On dispose de plusieurs moyens pour mesurer une distance entre 2 points :

On peut utiliser une règle de navigation graduée en NM correspondant à l'échelle de la carte. La distance entre deux points est lue directement sur la règle.

Sinon, on peut utiliser n'importe quelle règle graduée pour mesurer la distance entre deux points puis :

- soit utiliser l'échelle de la carte pour en déduire la distance Terre avec la formule :  
échelle = distance lue sur la carte / distance Terre, exprimée dans les mêmes unités ;  
dans le cas de la carte ED-6, avec une échelle 1/500000<sup>e</sup>, 1 cm  $\approx$  5 km = 2,7 NM ;
- soit reporter la mesure sur le méridien le plus proche gradué en minutes et degrés pour lire le nombre de NM correspondant, sachant que 1 minute = 1 NM.

Connaissant la distance entre les deux points du segment et la vitesse propre moyenne, on peut en déduire le temps de vol sans vent par la formule :

$$\text{temps de vol} = \frac{\text{distance sol}}{\text{vitesse propre}}$$

#### Exemple

De l'aérodrome EDSZ Rottweil Zepfenhan (48° 12' N - 008° 44' E) à l'aérodrome EDTM Mengen (48° 03' N - 009° 22' E), déterminer la route magnétique (Rm) à suivre et la distance (d), ainsi que l'obstacle le plus élevé dans un couloir de 5 NM de part et d'autre de cette route.

- A) Rm = 108° ; d = 40 NM ; 2 920 ft.  
B) Rm = 288° ; d = 27 NM ; 3 331 ft.  
C) Rm = 108° ; d = 27 NM ; 3 760 ft.  
D) Rm = 288° ; d = 27 NM ; 2 605 ft.

#### Réponse

Voir l'extrait de la carte ci-après.

Identifier les deux aérodromes sur la carte à l'aide des coordonnées indiquées dans l'énoncé, puis tracer la route associée.

• La route vraie (Rv) à suivre de Rottweil à Mengen est approximativement de 108°.

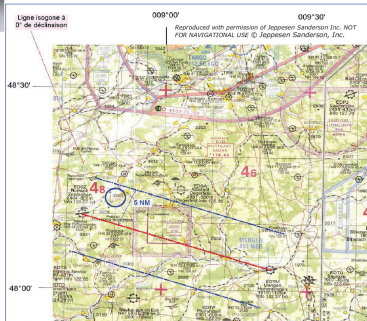
Route magnétique (Rm) = Rv - déclinaison magnétique (Dm).

Identifier les lignes isogones sur la carte pour lire la déclinaison magnétique. Pour la route considérée, la déclinaison magnétique est entre 0° (ligne bleue en pointillé débutant en haut de la carte à 008° 55' E) et 1°E (012° 15' E) ; on retiendra Dm = 0° (la ligne de déclinaison magnétique de 1°E ne figure pas sur la carte ci-après car cela nécessiterait un extrait de carte plus important).

D'où, **Rm = 108°**.

• La distance par rapport à l'échelle de la carte (1/500000<sup>e</sup>) est approximativement de **27 NM** (la carte n'est pas à l'échelle).

• Avec le tracé du couloir de 5 NM de part et d'autre de la route, on peut identifier l'obstacle le plus élevé, qui est une antenne située à l'est nord-est de l'aérodrome de Rottweil. Son altitude par rapport au niveau de la mer est de **3 760 ft**.



### C – Etude des fiches terrains (cartes VAC)

Lors de la préparation de la navigation, le pilote est amené à consulter les cartes d'approche à vue ou cartes VAC (Visual Approach and landing Chart) des terrains de départ et de destination, mais également celles des terrains de dégagement et de déroutement possible.

Les cartes VAC sont spécifiques à chacun des aérodromes ; aussi, la consultation de ces cartes est nécessaire lorsqu'on prévoit d'évoluer à proximité ou à destination d'un aérodrome.

Toutes les informations nécessaires à une approche à vue sont fournies sous forme d'une ou de plusieurs pages.

Elles contiennent :

- la position (coordonnées latitude et longitude de référence) et l'altitude de l'aérodrome ;
- les fréquences de radiocommunication des organismes de contrôle (centre de contrôle en approche, tour de contrôle, AFIS...) ; chacun de ces services peut exister en fonction de l'importance de l'aérodrome ;
- les heures d'ouverture ;







## D – Radiocommunication et radionavigation

L'ensemble des fréquences et indicatifs de radiocommunication et radionavigation susceptibles d'être utilisés durant le trajet est à reporter dans le journal de navigation.

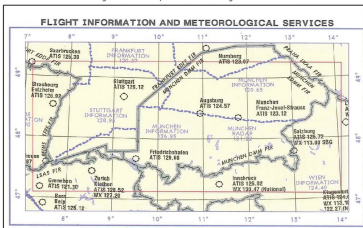
### 1 - Radiocommunication

Il est essentiel, pour chaque segment de la route, de relever les fréquences de radiocommunication nécessaires à l'exécution du vol. Elles permettent d'établir une liaison bilatérale permanente avec les organismes au sol.

• **Aérodromes de départ et d'arrivée.** Les fréquences des organismes de contrôle tels que le centre de contrôle approche, les tours de contrôle sol et vol, AFIS... sont indiquées sur l'entête des cartes VAC.

• **En route.** Les services information en vol (SIV) et les services météorologiques délivrent toute information utile à l'exécution des vols, telle que les conditions météorologiques sur le parcours, l'état des installations radioélectriques, les zones d'activités, etc.

Sur la carte VFR-ED6, leurs fréquences sont indiquées dans le bandeau intitulé « Flight Information and Meteorological Services », situé en bas et à gauche de la carte.



#### Exemple

Quelle est la fréquence de l'ATIS et du SIV pour Stuttgart ?

#### Réponse

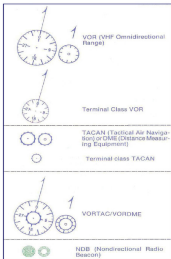
On ne trouvera pas les fréquences de l'ATIS ou du SIV de Stuttgart sur la carte ED-6 directement, mais dans l'encadré « Flight Information And Meteorological Services ».

Les fréquences de l'ATIS et du SIV pour Stuttgart lues sur l'encadré ci-dessus sont respectivement de **126,12 MHz** et **128,95 MHz**.

## 2 - Radionavigation

En fonction de l'équipement de radionavigation installé à bord, il est utile de relever les fréquences et indicatifs des moyens de radionavigation susceptibles d'être utilisés lors du trajet.

Ces aides sont facilement identifiables sur la carte ED-6, grâce aux symboles OACI suivants.



Nous ferons un rappel sur la description de l'ensemble des moyens de radionavigation au chapitre suivant 033 02 « Navigation IFR ».

### Exemple

Un aéronef, en vol VFR, s'approche de la position TANGO ( $48^{\circ} 37' N - 009^{\circ} 16' E$ ) au FL 055, tout en suivant la route magnétique de  $090^{\circ}$  à une distance de 20 NM du point TANGO.

Quel est le moyen d'aide radionavigation et la fréquence associée à TANGO ?

- A) VOR-TACAN 112,50 kHz
- B) DME 112,50 MHz
- C) VOR 112,50 sans DME
- D) VOR-TACAN 112,50 MHz

### Réponse

On commence par identifier la position TANGO ( $48^{\circ} 37' N - 009^{\circ} 16' E$ ) sur l'extrait de carte page 29.

La lecture du symbole figurant sur la carte indique qu'il s'agit d'un **VOR-TACAN** ou VOR-DME de fréquence **112,50 MHz** et d'indicatif **TGO**.



Toutefois, il n'est pas demandé aux candidats à l'examen théorique du certificat 033 de remplir un journal de navigation en entier (ceci est du ressort de la formation pratique), mais des questions isolées portent sur la détermination de tel ou tel élément du log de navigation.

Nous avons déjà vu dans les paragraphes précédents la détermination :

- des altitudes de sécurité en croisière ;
- de la distance, de la route magnétique et du temps de vol sans vent d'un tronçon donné ;
- des fréquences de radiocommunication et des fréquences/indicatifs des moyens de radionavigation.

Pour compléter, nous verrons dans ce paragraphe la détermination du point de fin de montée (TOC, « Top Of Climb »), du point de début de descente (TOD, « Top Of Descent »), du cap magnétique et du cap compas du trajet, ainsi que le calcul de la dérive, de la vitesse sol en fonction des dernières informations météorologiques obtenues lors de la préparation à courte échéance. La vitesse sol ainsi obtenue permet d'actualiser le temps de vol et le calcul du carburant à emporter.

**Note.** Le calcul du carburant fait l'objet du chapitre 033 03 « Carburant ».

### 1 - Détermination des points TOC et TOD

Nous allons illustrer le calcul des points TOC et TOD au travers de deux exemples.

#### Exemple 1 : calcul du TOC

Avec les données suivantes, calculer la distance nécessaire pour effectuer une montée jusqu'au FL 065 :

- vitesse sol moyenne de montée : 105 kt ;
- taux de montée ( $V_z$ ) : 800 ft/min.

- A) 12,7 NM                      B) 14,2 NM  
C) 18,8 NM                      D) 20,5 NM

#### Réponse

Le temps de montée au FL 65, avec un taux de montée de 800 ft/min est de :

Temps montée = altitude /  $V_z$  = 6 500 / 800 = 8,125 min

Distance sol nécessaire pour la montée =  $V_{sol}$  x temps de montée (en heures)  
= 105 x (8,125 / 60)  
= **14,2 NM.**

#### Exemple 2 : calcul du TOD

La descente est prévue de débuter à une altitude de 7 500 ft, de façon à atteindre une altitude de 1 000 ft à 6 NM du VOR-TACAN, avec une vitesse sol moyenne de descente de 156 kt et un taux de descente de 800 ft/min. A quelle distance du VOR-TACAN la descente doit-elle être débutée ?

- A) 11,7 NM                      B) 27,1 NM  
C) 30,2 NM                      D) 15,0 NM

#### Réponse

Le temps de descente depuis 7 500 ft jusqu'à 1 000 ft =  $(7\,500 - 1\,000) / 800 = 8,125$  min.

La distance de descente de 7 500 ft à 1 000 ft =  $V_p$  x temps de descente (en heures)  
= 156 x (8,125 / 60)  
= 21,1 NM.

La distance depuis le début de la descente jusqu'au VOR-TACAN est : 21,1 + 6 = **27,1 NM.**

## 2 - Calcul du cap magnétique et du cap compas

Pour chacun des segments du trajet, nous avons à reporter sur le journal de navigation le cap compas et/ou le cap magnétique à suivre.

Les formules de calcul sont vues en cours de navigation ; nous allons faire un rappel succinct au travers de l'exemple ci-après.

### Exemple

Déterminer le cap magnétique et le cap compas de l'avion avec les données suivantes :

- cap vrai relevé sur la carte :  $180^\circ$  ;
- déclinaison magnétique lue sur la carte :  $12^\circ$  W ;
- déviation du compas :  $3^\circ$  E.

- A) 168 ; 171                      B) 168 ; 165  
C) 192 ; 189                      D) 189 ; 192

### Réponse

• Cap magnétique ( $C_m$ ) = cap vrai ( $C_v$ ) - déclinaison magnétique.

La déclinaison magnétique est de  $12^\circ$  W ; par convention, le signe de la déclinaison est négatif à l'ouest.

$$C_m = 180 - (-12) = 192^\circ$$

• Cap compas ( $C_c$ ) = cap magnétique - déviation du compas.

La déviation du compas est de  $3^\circ$  E ; par convention, le signe de la déviation est positif à l'est.

$$C_c = 192 - (3) = 189^\circ$$

## 3 - Calcul de la dérive et vitesse sol

Les calculs de la dérive, vitesse sol... se font à l'aide du « computer » de navigation :

- calcul de la dérive et de la vitesse sol (côté plateau de route) ;
- calcul de la vitesse vraie, distance, etc. (côté règle de calcul).

### Exemple

Déterminer l'angle de correction de dérive et la vitesse sol avec les éléments suivants : route vraie  $017^\circ$  ; vent =  $340^\circ/30$ kt ;  $V_p = 420$  kt.

- A)  $-2^\circ$  ; 396 kt                      B)  $+2^\circ$  ; 396 kt  
C)  $-2^\circ$  ; 426 kt                      D)  $+2^\circ$  ; 416 kt

### Réponse

En utilisant le computer, on devrait trouver une **correction de la dérive de  $-2^\circ$**  (le vent vient de la gauche) et une **vitesse sol de 396 kt** (la composante de vent effectif est de face).

**Note.** Le vent est donné par rapport au Nord vrai (sauf le vent en ATIS, qui est donné par rapport au Nord magnétique) ; aussi, on doit utiliser la route vraie pour ce type de calcul.

## 4 - Rédaction du journal de navigation

Voir le paragraphe G « Rédaction du log de navigation » du chapitre 033 02 « Navigation IFR » pour l'illustration complète d'un journal de navigation.

**Page Volontairement Blanche**



## **033 02 01 Plan de navigation IFR**

### **A – Airways et routes**

Au stade de la préparation du vol, l'étude des cartes routiers consiste à déterminer la route publiée la plus directe pour atteindre l'aérodrome de destination, en tenant compte des points clés suivants :

- les contraintes de l'espace aérien (zones réglementées ou de restriction) ;
- les voies aériennes (airways) à sens unique, ainsi que les airways portant la mention « by ATC », qui ne sont utilisables que sur l'instruction du contrôle en vol ;
- les altitudes de sécurité minimales ;
- les altitudes maximales à respecter.

Dans le cadre d'un vol IFR, cette phase de vol est caractérisée par la navigation aux instruments sur les voies aériennes (airways) en utilisant les instruments de bord (FMS ou IRS) et les moyens de radionavigation implantés au sol.

### **1 - Présentation des cartes routiers**

Pour préparer l'examen, nous allons focaliser notre étude sur les quatre types de cartes suivants. Un grand nombre de questions pour l'épreuve sont issues de ces cartes.

#### **• Carte routier basse altitude Europe – E(LO)**

Six cartes portant l'indication E(LO) 1, E(LO) 2... (E, Europe ; LO, Low Altitudes) couvrant les différentes régions de l'Europe à basse altitude.

#### **• Carte routier haute altitude Europe – E(HI)**

Six cartes portant l'indication E(HI) 1, E(HI) 2... (E, Europe ; HI, High Altitudes) couvrant les différentes régions de l'Europe à haute altitude.

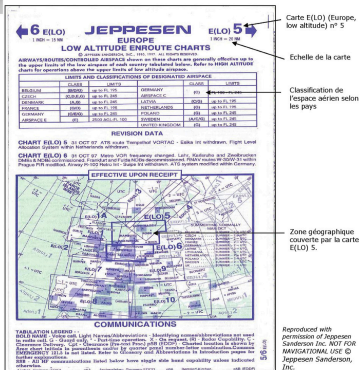
#### **• Carte routier atlantique haute altitude – AT(HI)**

Six cartes (AT, Atlantic ; HI, High Altitudes) de niveau supérieur ; nous retenons, pour notre étude, la carte **AT(HI) n° 5** portant sur les routiers polaires atlantiques haute altitude.

#### **• Carte Mid/North Atlantic Plotting (MID/NAP)**

Carte couvrant la zone Atlantique nord.

## Cartes routiers basse altitude Europe – E(LO)



Ce sont des cartes de projection Lambert conforme.

Les pays et la classification de l'espace aérien associé couverts par la carte sont indiqués sur la couverture de la carte.

Ces cartes sont effectives du sol jusqu'à un niveau limite supérieur qui est situé généralement entre le FL 195 et le FL 245 selon le pays.

Toutes les directions indiquées sur ces cartes sont en **degrés magnétiques**, toutes les distances sont en milles nautiques et toutes les altitudes sont présentées par rapport au niveau de la mer (QNH) ou sont données en niveau de vol (FL).

Ces cartes comportent des symboles et des légendes qui sont décodés dans le glossaire du manuel Jeppesen.



Quelle que soit la carte routier utilisée, il est important d'avoir une bonne connaissance des abréviations et des symboles les plus couramment utilisés pour une exploitation rapide des informations présentées sur la carte.

On pourra toujours se référer à la liste des symboles publiée en préface du manuel Jeppesen en cas de doute, mais il serait utile de les assimiler par la pratique régulière des exercices d'application.

### Cartes routiers haute altitude Europe – E(HI)

Ces cartes de projection Lambert conforme ont une présentation similaire à celle de la carte E(LO) vue précédemment.

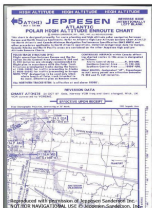
Ces cartes sont utilisées pour des vols en espace supérieur. La frontière entre l'espace aérien inférieur et supérieur varie d'un pays à un autre. En Europe, cette frontière se situe entre le FL 195 et FL 245, selon le pays.

Ces cartes ne présentent pas de moyens de radionavigation et de communications requis à basse altitude comme :

- les fréquences et indicatifs ILS ;
- les balises locator ;
- les fréquences de communication des terminaux.



### Cartes routiers Atlantique haute altitude – AT(HI)



Ces cartes sont utilisées dans le cadre de la préparation des vols avec une navigation transocéanique entre l'Europe et l'Amérique du Nord.

Nous nous intéressons plus particulièrement à la carte AT(HI) 5 – carte routier polaire Atlantique haute altitude. Cette carte de niveau supérieur est utilisée principalement pour l'étude des routes et la navigation polaire à haute altitude entre l'Europe et l'Amérique du Nord.

Ce sont des cartes de projection stéréographique polaire.

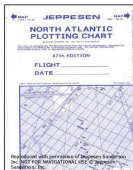
## Cartes Mid/North Atlantic Plotting (MID/NAP)

Ces cartes sont utilisées dans le cadre de la préparation des vols avec une navigation transocéanique entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Elles sont de projection Lambert conforme. Ces cartes sont utilisées pour le tracé des routes et les informations de position.

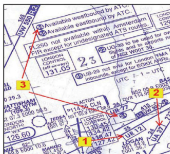
### 2 - Désignation des voies aériennes

L'espace aérien est organisé en voies aériennes (airways) portées à la connaissance des navigants par le biais des cartes routières. Les airways sont des couloirs empruntés par les vols IFR ; elles ont généralement une largeur de 10 NM et leurs axes sont souvent définis par des balises de radionavigation.

La préparation d'un vol IFR doit donc s'effectuer en fonction des routes publiées et le plan de vol a de grandes chances d'être accepté s'il est déposé en suivant ces voies aériennes.



#### a) Cartes de type E(LO) et E(HI)



**1** Voie aérienne UR 12, il s'agit d'une route de l'espace aérien supérieur.

**2** Voie aérienne à sens unique (UA 37), dont le sens est indiqué par la direction de la flèche.

**3** Voie aérienne à sens unique (UA 77). Néanmoins, l'utilisation de cette voie en sens inverse est possible sur instruction du contrôle ATC (cf. cartouche indiquant la particularité liée à cette route).

En Europe, sur les cartes Jeppesen, les désignations des voies aériennes suivantes sont utilisées.

- La désignation de base est composée d'une lettre alphabétique suivie d'un nombre compris entre 1 et 999. Exemple : A 20, R 12.

- Les suffixes et préfixes suivants sont ajoutés à la désignation :

- la lettre « D » est ajoutée en suffixe à la désignation de base, pour indiquer une route à service consultatif uniquement (ATS, Advisory Route) ; exemple : A 1D ;

- la lettre « F » est ajoutée en suffixe à la désignation de base pour indiquer que seul un service d'information de vol est fourni (Flight Information Service) ; exemple : W 43F ;

- la lettre « U » est ajoutée en préfixe à la désignation de base pour indiquer une route de l'espace aérien supérieur ; on trouve ce type de routes sur les cartes routières haute altitude (HI) ; exemple : UA 12, UR 41.

### b) Carte routier Atlantique haute altitude

Sur l'Atlantique nord, les routes océaniques sont organisées selon le système NAT OTS (North Atlantic Organized Track System). La construction de ces routes dépend du vent ; ainsi, les avions opérant des Etats-Unis vers l'Europe bénéficient de l'avantage des forts courants de vent arrière et les avions en direction de l'ouest éviteront ces vents. Les routes organisées sont publiées tous les jours.

Pour les vols vers l'est, la route la plus au nord est baptisée A, la suivante B et ainsi de suite. Pour les vols vers l'ouest, la route la plus au sud est baptisée Z, la suivante Y et ainsi de suite.

**Sur les cartes polaires Atlantique haute altitude de type AT(HI) 5**, un système de structure de routes polaires est construit pour des vols opérés entre l'Europe et la Canadian Arctic Control Area, pour des niveaux de vol entre le FL 280 et FL 390. Ce système de routes est appelé Polar Track Structure (PTS).

Le PTS comprend dix routes fixes dans la CTA de Reykjavik et cinq routes fixes dans la région de contrôle océanique (OCA, « Oceanic Control Area ») de Bodo. Exemple : PTS 4, PTS O.



### 3 - Points de report



L'établissement des voies aériennes (airways) est basé sur des points géographiques significatifs qui peuvent ou non coïncider avec la localisation d'une aide radionavigation.

Sur les routes définies par des points significatifs désignés, les comptes-rendus de position seront faits au passage de chaque point de report, ou dès que possible après ce passage.

Les points de report peuvent être définis de plusieurs façons :

- par des moyens de radionavigation (VOR, ADF) ;
- par des intersections d'axes radioélectriques ;
- par des points géographiques déterminés par leurs coordonnées latitudes et longitudes.

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Point de report facultatif (triangle blanc).  |
| 2 | Point de report facultatif concernant uniquement la route UA 57. Ainsi, la route passant par le VOR-DME Chatillon (CTL) n'est pas concernée par ce point de report. |
| 3 | Point de report obligatoire (triangle plein) non associé à un moyen radioélectrique.  |
| 4 | Point de report obligatoire (triangle plein) associé à un moyen de radionavigation.   |

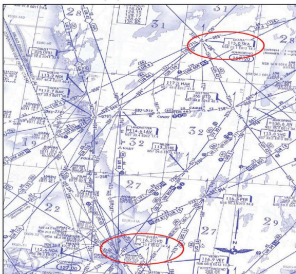
Les points de report sont spécifiés sur les cartes routiers (triangle plein pour les points de report obligatoires, et triangle blanc pour les points de report facultatifs).

#### 4 - Choix des routes

Pour des raisons évidentes d'économie de carburant et de gain en temps de vol, il faut trouver la route la plus directe (distance sol minimale) entre le point de sortie du terrain de départ et le point d'entrée du terrain de destination, tout en respectant les consignes suivantes :

- tenir compte des zones réglementées, des particularités (par exemple, ne pas planifier un vol en semaine sur une route réservée exclusivement pour le week-end) et des restrictions dues à des conflits ou exercices militaires ;
- prendre en considération le sens des airways et les itinéraires particuliers comme les voies aériennes à sens unique ;
- tenir compte des altitudes maximales et minimales en route en vue de respecter le survol des obstacles (cf paragraphe « Altitudes en route ») ;
- prendre en considération les restrictions ATC en matière de gestion de la circulation aérienne ; en particulier, les airways portant la mention « by ATC only », qui ne peuvent être déposés au plan de vol ATC car ils ne sont utilisables que sur instruction du contrôle en vol.

#### Exemple 1 : extrait d'une carte E(HI) 2



Un avion doit effectuer un vol en suivant les airways de SVEDA (56°10'N 012°34'E) à SKARA (58°23'N 013°15'E). Laquelle des routes suivantes est correcte ?

- |                              |                                     |
|------------------------------|-------------------------------------|
| A) SVD UB45 LAV UR156 SKA    | B) SVD UH40 PAPER UA9 BAK UB44 SKA  |
| C) UR1 HIL UV30 BTD UH42 SKA | D) SVD UH40 PAPER UA9 BAK UR156 SKA |

**Réponse**

Identifier les deux VOR sur la carte.

La route utilisable pour aller du VOR SVD au VOR SKA est la suivante :

SVD → UH40 → PAPER → UA9 → BAK → UB44 → SKA.

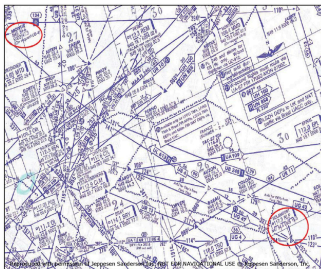
Les routes via UR1 et UB45 ne sont utilisables que pour un trafic en direction du sud (se référer au sens de la flèche dans l'encadré de la route), alors que la direction de notre route est vers le nord.

La proposition de réponse D est incorrecte, car il n'est pas possible d'emprunter la route UR156 au départ du point BAK.

Réponse **B**.

**B – Distances et relèvements****1 - Cas des cartes routiers basse et haute altitude – E(LO) et E(HI)**

Sur les cartes routiers Jeppesen, toutes les routes et tous les relèvements sont indiqués en orientation par rapport au Nord magnétique. Les informations de distance sont données en NM entre tous les points de report d'une route. La valeur de la distance est indiquée sur la route.

**Exemple 2 : extrait de la carte E(HI)**

Déterminer la route magnétique initiale et la distance totale de ROLAMPONT ( $47^{\circ} 54,4' N - 005^{\circ} 15,0' E$ ) à MONUR ( $49^{\circ} 51,6' N - 002^{\circ} 47,3' E$ ) au long de l'airway UB4 :

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| A) $321^{\circ}$ et 99 NM | B) $328^{\circ}$ et 53 NM  |
| C) $322^{\circ}$ et 69 NM | D) $321^{\circ}$ et 152 NM |

**Réponse**

La route magnétique initiale du VOR RLP au point d'intersection MONUR sur l'airway UB4 est de 321°. La distance du VOR RLP à MONUR est la somme des segments suivants :

- 99 NM (30 + 13 + 56) du VOR RLP au VOR CTL ;
- 53 NM du VOR CTL au point MONUR.

La distance totale est de 99 + 53 = **152 NM**.

Réponse **D**.

## 2 - Cas des cartes routiers polaires Atlantique haute altitude

### a) Calcul de la route grille des cartes AT(HI) 5

L'utilisation des références magnétiques pour la navigation dans cette région à hautes latitudes est impraticable pour plusieurs raisons :

- changement rapide de la déclinaison magnétique sur des distances relativement courtes ;
- convergence rapide des méridiens au fur et à mesure que la latitude augmente ; ceci conduit à un changement rapide de la direction de la route vraie sur de courtes distances.

Aussi, pour mesurer et maintenir une route à direction constante, la grille nord est utilisée comme référence.

Sur les cartes routiers polaires Jeppesen, le méridien de Greenwich est utilisé comme la référence grille nord séparant les longitudes est et ouest. Les routes grilles sont représentées par des lignes bleues épaisses parallèles de l'est à l'ouest avec 300 NM d'intervalle (voir extrait de la carte ci-après).

La formule de calcul de la route grille est indiquée en bas et à droite de la carte AT(HI) 5 :

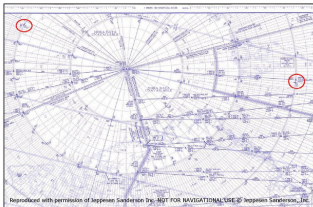
Grid bearing = true bearing + west longitude (or - east longitude).

**Route grille = route vraie**

**+ longitude OUEST**

**- longitude EST**

### Exemple 3 : extrait de la carte AT(HI) 5



Un vol de la position A (80° N - 170°E) vers la position B (75° N - 011° E). La route grille initiale est de 177°. Quelle est la route vraie initiale ?

- A) 177°      B) 357°      C) 347°      D) 167°

### Réponse

En appliquant la formule de calcul précédente pour ce type de cartes.

Route grille initiale = route vraie initiale - longitude est

D'où, route vraie initiale = route grille initiale + longitude est de la position A  
 = 177 + 170  
 = **347°**

Réponse C.

### b) Calcul de la distance

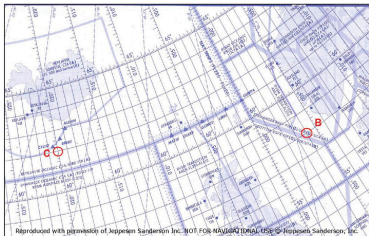
Sur les cartes polaires atlantiques haute altitude, les distances sont déterminées selon plusieurs méthodes :

- soit en mesurant des distances et en appliquant l'échelle de la carte pour trouver la distance terre : échelle carte = distance carte / distance terre ;
- soit en calculant la distance à l'aide des latitudes et longitudes des deux points sur la carte (le lecteur se reportera au cours « Navigation » pour approfondir le point).

### Exemple 4 :

Utiliser l'extrait de la carte NAP suivant et déterminer la distance en NM de C (62° N - 020° W) vers B (58° N - 004° E).

- A) 760      B) 775  
 C) 725      D) 700



### Réponse

Identifier les deux points sur la carte et tracer la route entre ces deux points.

• Mesurer la distance entre les deux points sur la carte et appliquer l'échelle de la carte : on devrait trouver une distance approximative de 760 NM (cette méthode n'est applicable que si l'échelle de l'extrait de la carte présenté ci-dessus est identique à celle de la carte, ce qui n'est pas le cas ici ; il n'est donc pas possible de retenir cette méthode).

• On peut également déterminer cette distance par le calcul suivant :

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Avec

$X = x^2$  et avec un arc de cercle centré à 60° N (valeur moyenne entre 62° N et 58° N) :

$$x = \cos 60^\circ \times 60 \times (20^\circ \text{ W} + 4^\circ \text{ E}) = \cos 60^\circ \times 60 \times 24 = 720 \text{ NM.}$$

et  $Y = y^2$  avec  $y = (62^\circ \text{ N} - 58^\circ \text{ N}) \times 60 = 240 \text{ NM}$

D'où,

$$D = \sqrt{(720^2 + 240^2)} = 760 \text{ NM}$$

Réponse **A**.

### C – Altitudes minimales et maximales

La réglementation du transport aérien impose aux navigants d'établir des altitudes minimales de vol afin de respecter le survol des obstacles tout au long de la route suivie.

Pour effectuer ce travail, ils utilisent les cartes routiers qui indiquent les différents types d'altitudes minimales de vol à respecter sur les airways. Ces altitudes garantissent, entre autres, la sécurité quant au survol des obstacles.

On y trouve également parfois les informations concernant les altitudes maximales devant être respectées sur les airways.

Les altitudes minimales sont généralement définies par les Autorités du pays concerné et elles sont reprises par les fournisseurs de cartes (Jeppesen, Lido,...). Lorsque ces altitudes ne sont pas définies, les fournisseurs de cartes proposent une méthode de détermination de ces altitudes qui est approuvée afin de garantir les marges de franchissement du relief.

Il est important, pour le candidat et futur pilote, de connaître la définition et les caractéristiques de ces altitudes, ainsi que leurs codifications pour une navigation en toute sécurité.

**Attention.** Les Marges de Franchissement des Obstacles (MFO) spécifiées ci-après sont des valeurs indiquées sur les cartes Jeppesen ; elles peuvent être différentes suivant la méthode d'établissement des altitudes minimales adoptée par d'autres fournisseurs de cartes.

#### 1 - MEA (Minimum Enroute Altitude)

La détermination de la MEA est fondée sur le point de relief le plus élevé le long du segment de route entre deux moyens de radionavigation de manière à recevoir les signaux radioélectriques ; cette altitude minimale garantit la marge de franchissement d'obstacles entre ces deux moyens.

La MEA s'applique sur une largeur comprise entre 5 NM et 60 NM (généralement, 10 NM) de part et d'autre de la route aérienne ou de segments de route entre les deux moyens de radionavigation. Sur les cartes Jeppesen, elle garantit, entre autres, une marge de franchissement d'obstacles (MFO) de 1 000 ft, sauf en zone montagneuse, où la marge est de 2 000 ft.

La MEA est publiée sur les airways sous forme d'altitude ou de niveau de vol, sans suffixe ni préfixe. Exemples : 5 000 ou FL 70.



**2 - MOCA (Minimum Obstacle Clearance Altitude)**

La MOCA est l'altitude minimale de survol des obstacles entre deux moyens de radionavigation. Tout comme la MEA, elle couvre la totalité de la largeur de la route aérienne ; cependant, elle ne permet pas d'assurer la parfaite réception des signaux radioélectriques.

La MOCA est donc toujours inférieure à la MEA.

La MOCA est identifiée par une altitude indiquée sur les airways suivie de la lettre « T ». Exemple : 3900T.

**3 - MORA (Minimum Off-Route Altitude)**

Il existe deux types de MORA : la MORA de route ; la MORA de grille (« grid MORA »).

Ce sont des altitudes minimales HORS route. Ces altitudes sont indiquées principalement sur les cartes routiers Jeppesen et elles sont publiées en complément de la MEA.

La MORA de route est calculée sur la base d'un couloir s'étendant sur 10 NM de chaque côté de la ligne médiane de la route aérienne et incluant un arc de cercle de 10 NM au-delà du moyen radio ou du point de report.

La valeur de la MORA offre une marge de franchissement d'obstacles (MFO) de :

- 1 000 ft au-dessus de tout relief/obstacle où le plus haut relief/obstacle est inférieur ou égal à 5 000 ft ;
- 2 000 ft pour toute zone où le relief ou les obstacles sont à 5 001 ft ou plus.

La MORA est identifiée par une altitude indiquée sur les airways suivie de la lettre « a ». Exemple : 4500a.

**4 - Grid MORA ou altitude grille minimale de sécurité**

Le calcul de cette altitude est fondé sur le relief le plus élevé hors route située dans la zone de la grille qui est représentée par un quadrangle (surface entre deux méridiens et deux parallèles) de 1° de latitude et de longitude.

A noter que, sur les cartes routiers Jeppesen, la MORA de grille présente les mêmes critères de marge de franchissement d'obstacles que la MORA de route dans l'aire de protection considérée.

La MORA de grille est indiquée en milliers et centaines de pieds par rapport au niveau de la mer, en omettant les deux derniers chiffres afin d'éviter une surcharge de la carte. Exemple : **134** = 13 400 ft.

**5 - MAA (Maximum Authorized Altitude)**

La MAA représente l'altitude ou le niveau de vol le plus élevé pouvant être utilisé dans une voie aérienne ou dans un espace aérien donné.

La MAA est exprimée en altitude ou niveau de vol, précédée de la mention MAA.

Exemple : MAA FL290 ou MAA 29000.

**6 - MCA (Minimum Crossing Altitude)**

Les airways sont normalement conçus de telle sorte que, lorsqu'un aéronef effectue un passage d'un segment d'un airway avec une MEA donnée vers un autre segment avec une MEA plus élevée, l'avion peut entreprendre une montée normale vers la MEA supérieure en toute sécurité. En principe, la montée s'effectue en franchissant le moyen de radionavigation de repère qui divise les deux segments en question.

Ainsi, la MCA (altitude minimale de passage) est définie comme la plus basse altitude à laquelle le moyen de radionavigation spécifié dans le paragraphe ci-dessus peut être franchi tout en effaçant tous les obstacles en toute sécurité lors du passage d'un airway à un autre.

## 7 - MHA (Minimum Holding Altitude)

La MHA est la plus basse altitude prescrite pour un circuit d'attente garantissant la couverture des aides de radionavigation et moyens de communication et respectant les exigences de marge de franchissement d'obstacles.

Voir illustration au paragraphe « STAR » de ce chapitre (page 49).

## 8 - Autres Indications

La mention « < E » (E, Even = « pair ») indiquée sur les airways signifie que :

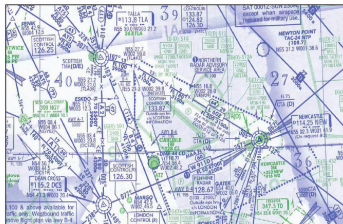
- les **altitudes/niveaux de vol pairs** sont à utiliser dans la direction de la flèche indiquée sur la route ;
- les **altitudes/niveaux de vol impairs** sont à utiliser dans le sens opposé et contraire à la règle semi-circulaire.

La mention « < O » (O, Odd = « impair ») signifie que les **altitudes/niveaux de vol impairs** sont à utiliser dans la direction de la flèche indiquée sur la route.

**Note.** Contrairement à la codification « < E », qui autorise le vol dans les deux sens suivant le niveau de vol pair ou impair, la mention « < O » n'autorise pas de voler dans le sens opposé à celui reporté sur la carte même si le niveau de vol est pair.

La mention **PPR** (Prior Permission Required) signifie que la clairance est requise de l'ATC avant d'emprunter la route suivant la direction de la flèche.

### Exemple 5 : extrait de carte E(LO) 1



Quelle est l'altitude minimum en route (MEA) sur l'airway W911D de NEWCASTLE 114,25 NEW (55° 02' N - 001° 41' W) à DEAN CROSS 115,2 DCS (54° 43' N - 003° 20' W) ?

- A) 4 200 ft      B) FL 50      C) 4 700 ft      D) FL 150

### Réponse

Sur l'airway W911D entre le VOR NEW et le VOR DCS, plusieurs chiffres en gras sont indiqués en dessous de et au-dessus de l'airway :

- En dessous de l'airway

FL 50 = MEA (Minimum Enroute Altitude).

4700T = MOCA (Minimum Obstruction Clearance Altitude).

4200a = MORA (Minimum Off-Route Altitude) = altitude minimale hors route.

- Au-dessus de l'airway

MAA FL 150 = (Maximum Authorized Altitude), l'altitude maximale autorisée est le FL 150.

Réponse **B**.

### Exemple 6.

Se référer à l'extrait de la carte E LO 1 de l'exercice précédent.

Quel est le niveau de vol approprié pour un vol sur airway A2 de TALLA 113,8 TLA (55° 30' N - 003° 21' W) à DEAN CROSS 115,2 DCS (54° 43' N - 003° 20' E) ?

- A) FL 100  
B) FL 80  
C) FL 90  
D) FL 50

### Réponse

Identifier l'airway A 2 entre le VOR TLA et le VOR DCS. La route magnétique en partant de TLA est de 185° ; selon la règle semi-circulaire pour un vol IFR, le niveau de vol doit être un niveau pair (voir paragraphe « Règle semi-circulaire » plus loin dans ce chapitre). Seulement, le symbole « < E » indique que, sur cette route, le niveau de vol doit être un niveau pair (E = even) suivant la direction de la flèche ; c'est-à-dire de DCS à TLA. Comme le vol en question est en sens inverse, le niveau de vol doit être un niveau impair.

On ne peut pas retenir le FL 50, car la MEA (altitude minimale en route) sur cette route est de FL 70 ; par conséquent, le niveau de vol approprié est le FL 90.

Réponse **C**.

## D - SID et STAR

La section « Terminal » du *Student Pilot Route Manual* de Jeppesen contient une gamme de fiches terrains des différents aérodromes. Dans le cadre du programme, nous nous intéressons principalement aux fiches suivantes :

- des fiches des procédures de départs aux instruments (SID, Standard Instrument Departure) ;
- des fiches des trajectoires d'arrivées standardisées aux instruments (STAR, Standard Terminal Arrival Routes) ;
- des fiches des procédures d'approche aux instruments.

Il est utile de noter que les routes spécifiées sur les fiches terrains sont des routes magnétiques (route vraie corrigée de la déclinaison magnétique), et non pas des caps magnétiques.

L'étude des fiches SID et STAR permet aux navigants d'identifier les différentes procédures de trajectoires de départ et d'arrivée et de les raccorder aux voies aériennes présentées sur les cartes routières.

Nous allons expliciter dans ce paragraphe la description des informations indiquées sur les fiches de procédures de départ standard aux instruments (SID) et de procédures d'arrivée standard aux instruments (STAR) au travers de l'étude de cas concrets. Bien entendu, il est impossible de recenser tous les cas particuliers qui peuvent exister, chaque fiche et chaque procédure ayant ses caractéristiques propres.

Les candidats à l'examen sont donc invités à pratiquer les exercices de la banque électronique de QCM en français de Mermoz.

Les procédures SID ou STAR sont un ensemble de trajectoires établies pour chaque piste des aérodromes destinés aux aéronefs volant selon les règles de vols IFR.

Elles sont fondées principalement sur un ou plusieurs moyens radioélectriques, mais également sur des repères pertinents de l'aérodrome. Elles sont publiées et mises à jour par les autorités de chaque État.

Il est important de noter que, très souvent, ces procédures sont longues (plusieurs dizaines de NM) ; aussi, pour pouvoir être facilement illustrées graphiquement sur une fiche présentée généralement en format A5, **ces procédures ne sont donc pas représentées à l'échelle.**

## 1 - SID

Les procédures de départ standard aux instruments, établies en espace aérien contrôlé en TMA sont appelées SID. Hors espace aérien contrôlé, les procédures de départ omnidirectionnel peuvent être proposées. Nous nous intéressons, dans le cadre du programme, uniquement aux SID.

La procédure de départ standard aux instruments (SID) est l'ensemble des trajectoires que doit suivre un aéronef depuis l'extrémité de la DER (Departure End of Runway), qui est l'extrémité de la piste ou du prolongement dégagé (clearway), jusqu'au premier waypoint de raccordement avec la phase en route.

Une ou plusieurs procédures de départ sont établies pour chaque piste. Ces procédures sont publiées sous forme de routes magnétiques et elles sont élaborées pour tenir compte :

- de l'environnement du terrain, en particulier de la présence des obstacles. La pente de montée tous moteurs en fonctionnement des aéronefs doit être au minimum de 3,3 % ; cette pente peut être augmentée afin d'assurer une marge minimale de franchissement d'obstacles ; dans ce cas, la valeur de la pente à respecter est publiée dans la fiche pour chaque trajectoire ;
- des contraintes ATC, pour assurer une séparation minimale entre les trajectoires ou des restrictions éventuelles des espaces aériens protégés ;
- de l'environnement, en termes de protection des nuisances sonores.

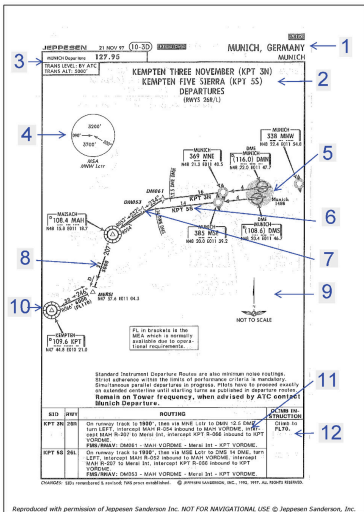
## Exemples de SID

Les SID sont identifiés par un nom pour faciliter les échanges de communications radio avec le contrôle. En général, le nom des SID correspond au waypoint de raccordement avec la phase en route.

On trouve deux types de présentations :

- un seul nom de SID par fiche : par exemple, les fiches SID de Munich ou d'Amsterdam ;
- plusieurs noms de SID sur une même fiche, regroupés selon les orientations géographiques : par exemple, les fiches SID de Paris - Charles-de-Gaulle.

Nous allons détailler les informations indiquées sur les fiches SID de Jeppesen ; pour ce faire, la fiche SID 10-3D de Munich nous servira de fil conducteur.



- 1 Identification de la fiche : il s'agit d'une fiche SID de Munich.
- 2 Les différents SIDs des pistes 26R/L : KPT 3N et KPT 5S. Les noms des SIDs correspondent au VOR-DME KEMPTEN (KPT), qui est le premier waypoint en route.
- Cartouche donnant :
  - 3 - la fréquence ATC de départ : Munich Departure 127,95 ;
  - le niveau de transition, calculé par l'ATC et donné via l'ATIS ;
  - l'altitude de transition : 5 000 ft QNH.
- L'altitude minimale du secteur (**MSA, Minimum Sector Altitude**).  
 Cette altitude minimale garantit une marge de franchissement d'obstacles de 1 000 ft dans un cercle de 25 NM centré soit sur l'aérodrome, soit sur un moyen de radionavigation. En général, la MSA est divisée en plusieurs secteurs, avec une altitude de sécurité minimale différente (en ft QNH) pour chaque secteur.  
 Dans le cadre de notre exemple, le cercle de 25 NM est centré sur le locator MNW, et il est divisé en deux secteurs avec des MSA différentes : 3 200 ft pour le secteur nord, et 3 700 ft pour le secteur sud. Ainsi, on peut statuer que l'altitude minimale du secteur à respecter pour les SID KPT 3N et KPT 5S est de 3 700 ft.
- 5 Présentation des pistes de l'aérodrome de Munich, avec l'altitude du terrain indiquée en ft (1 486 ft).
- 6 Nom du SID.
- 7 Point de virage, avec son nom DM053 : virage à gauche à 14 NM DME de DMS.
- 8 Distance entre deux waypoints (21 NM) et la MEA en altitude QNH (5 000 ft).
- 9 Pour rappel, la représentation graphique des SID n'est pas à l'échelle.  
 A titre d'illustration, on remarquera que la distance entre les points MSE et MAH est de 14 NM et la distance entre le point MAH et le point d'intersection MERSE, présentée par un segment plus court sur la fiche, est de 21 NM.
- 10 Point de sortie. C'est le premier waypoint de la phase en route.
- 11 Description détaillée de la trajectoire pour chacun des SID.
- 12 Instruction de montée pour atteindre le premier niveau de vol.

Sur certaines fiches, on peut trouver les informations supplémentaires suivantes.

- Les **altitudes minimales requises** au passage de certains waypoints de la SID.

ALTITUDE	
<b>UB 1</b> , if requested FL above <b>FL245</b> : Cross Arkon Int above <b>FL230</b> , Gisar Int at or above <b>FL250</b> .	
<b>UG 9</b> , if requested FL above <b>FL245</b> : Cross RKN VORDME above <b>FL210</b> , D7.5 RKN above <b>FL230</b> , Remko Int at or above <b>FL250</b> .	

- La **vitesse maximale** à respecter.

<b>MAXIMUM CLIMB SPEED</b> <b>250 KT IAS BELOW FL100.</b>
--

## 2 - STAR

La procédure d'arrivée standard aux instruments (STAR) est un ensemble de trajectoires que doit suivre un aéronef depuis le dernier waypoint de la phase en route pour rallier le point de repère d'approche initiale (IAF, Initial Approach Fix), qui est le point auquel débute la procédure d'approche que nous verrons plus loin au paragraphe suivant.

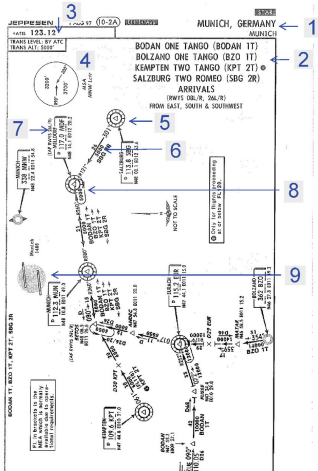
Comme pour les SID, les STAR sont identifiées par un nom pour faciliter les échanges de communications radio avec le contrôle. En général, le nom des STAR correspond au dernier waypoint de la phase en route.

Contrairement aux fiches des SID, on trouve généralement plusieurs STAR sur chaque fiche. Les symboles et les présentations sont identiques à ceux utilisés pour les SID.

### Exemple de STAR

Nous allons étudier en détail les informations présentées sur ces fiches. A titre d'exemple, nous utilisons la fiche STAR 10-2A de Munich.

1	Identification de la fiche : il s'agit d'une fiche STAR de Munich.
2	Les différentes STAR des pistes 26R/L et 08L/R : BODAN 1T, BZO 1T, KPT 2T, SGB 2R. Les noms des STAR correspondent aux derniers waypoints de la phase en route.
3	Cartouche donnant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- la fréquence de l'ATIS : 123,12 MHz ;</li> <li>- le niveau de transition, calculé par l'ATC et donné via l'ATIS ;</li> <li>- l'altitude de transition : 5 000 ft QNH.</li> </ul>
4	L'altitude minimale du secteur (MSA, Minimum Sector Altitude). Le cercle de protection de secteur de 25 NM est centré sur le locator MNW et comporte deux secteurs : la MSA pour le secteur nord-est de 3 200 ft et pour le secteur sud de 3 700 ft.
5	Point de départ de la STAR SGB 2R, qui est le dernier waypoint de la phase en route, représenté ici par le VOR-DME SBG.
6	On trouve sur ce segment : <ul style="list-style-type: none"> <li>- la distance entre deux waypoints, SBG et MDF : 26 NM ;</li> <li>- la MEA : 5 000 ft ;</li> <li>- le nom de la STAR (SBG 2R).</li> </ul>
7	IAF (Initial Approach Fix) pour les pistes 26L/R. C'est le point de raccordement avec les procédures d'approche aux instruments pistes 26L/R ; il est représenté par le VOR-DME MDF.  Pour les pistes 08L/R, l'IAF est représenté par le point BETOS.
8	Circuit d'attente. Le chiffre 5000 représente l'altitude minimale d'attente en ft QNH ( <b>MHA, Minimum Holding Altitude</b> ).  La <b>MHA</b> est l'altitude pour laquelle le secteur d'attente est protégé. C'est l'altitude la plus basse qui permet d'effectuer une attente à la verticale d'un moyen de radionavigation en toute sécurité. En général, il s'agit de l'altitude de début de procédure d'approche.
9	Présentation des pistes de l'aérodrome de Munich, avec l'altitude du terrain indiquée en ft (1 486 ft).



Reproduced with permission of Jeppesen Sanderson Inc. NOT FOR NAVIGATIONAL USE © Jeppesen Sanderson, Inc.



Sur certaines fiches, on peut trouver les informations supplémentaires suivantes :

- la description détaillée pour chacune des procédures STAR ;
- la limitation de vitesse dans la TMA.

## **E – Cartes d’approche aux instruments**

La procédure d’approche est définie comme une série de manœuvres prédéterminées, effectuées en utilisant uniquement les références instrumentales depuis le repère d’approche initiale jusqu’au point à partir duquel l’atterrissage pourra être effectué ou, si l’atterrissage n’est pas effectué, jusqu’au point où les critères de franchissement d’obstacles en attente ou en route deviennent de nouveau applicables.

Autrement dit, la procédure d’approche aux instruments est un ensemble de trajectoires fondées sur les moyens radioélectriques ou des repères permettant de rallier le point de raccordement à l’IAF, jusqu’à la piste ou au point de remise de gaz (MAPt, Missed Approach Point).

Sur les aéroports de grande taille, il existe généralement plusieurs procédures d’approche aux instruments pour chacune des pistes de l’aérodrome.

Au stade de la préparation du vol, le pilote consulte le TAF (Terminal Aerodrome Forecast) du terrain de destination pour choisir la piste offrant les meilleures chances de percée en fonction des conditions météorologiques et les NOTAM (Notice To Airmen), afin de déterminer la procédure la plus performante en termes de minima d’atterrissage.

En vol et avant l’atterrissage, le choix de cette procédure d’approche est ensuite confirmé ou infirmé à l’aide de l’ATIS (Automatic Terminal Information Service) le plus récent qui donne, entre autres, la piste d’atterrissage et le type d’approche aux instruments en service.

La procédure d’approche aux instruments peut être décomposée en plusieurs segments :

- segment d’arrivée ;
- segment d’approche initiale : de l’IAF (Initial Approach Fix) à l’IF (Intermediate Fix) ;
- segment d’approche intermédiaire : de l’IF au FAF (Final Approach Fix) ;
- segment d’approche finale : du FAF au point de remise de gaz (MAPt, Missed Approach Point) ;
- segment de remise de gaz : à partir du MAPt.

Nous allons étudier la description des procédures d’approche aux instruments à travers la fiche 11-4 de Munich.

Contrairement aux fiches SID et STAR, la fiche de procédure d’approche aux instruments est une représentation graphique souvent **à l’échelle**.

La fiche de procédure d’approche aux instruments est publiée pour chacune des pistes de l’aéroport dans un format standard organisé autour de quatre sections distinctes :

- en-tête ;
- vue en plan ;
- vue de profil ;
- minima d’atterrissage.

## JFRR5PM

4 AUGUST 2007

11-4 **NOTES**

MUNICH, GERMANY

MUNICH

ILS Rwy 26R

LOC 108.7 BANW

Source: <http://www.irs.gov>

**PATH 123.12**

WEIGHT: Arrived (LBS) North **128.02** South **120.77**

**Journal of Management Education**

MANAGE Today 118.7 (Nov. 2000)

121.97

Ground 1 & 2 - 77 Hwy 94N/200  
 1 mile down Hwy 94N on road

432

Trans. elev.: 89 ALC  
Trans. alt.: 5000' (1500')

\_\_\_\_\_

3280°

Lowest cost

5700'



100

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

IL9

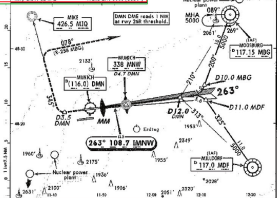
100

LOC 1

01.54  
007 Burke

0.000

VUE EN  
PLAN



VUE DE  
PROFIL

LOC	LOC DATE	3.0	4.0	6.6	7.3	8.3	10.3
(DB alt)	ALTITUDE (MFT)	2150 (661')	2450 (767')	5080 (1651')	5380 (1741')	5710 (2261')	6540 (2891')

CCA08 RWY 25R  
 ILS A: 1500' (145')  
 B: 1949' (155')  
 C: 3000' (125')  
 D: 1618' (149')  
 GS end 1050' (401')

RWY 25R 1449'  
 TCR 49'  
 MM  
 LOC 2660' (1211')  
 DME 7 DMM GS 2660' (2111')  
 D12.0 (2051')  
 26.5°  
 5000' (3551')

MISSED APPROACH: Climb STRAIGHT AHEAD to D3.5 DMM, then turn RIGHT on track 345° towards MJQ NDB to intercept and follow R-258 inbound MBG VOR climbing to 5000' (3551')

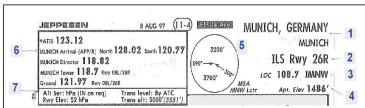
### MINIMA D'ATTERRISSEGE

STRAIGHT-BLANDING RHY 21R									
<div> <div> <div>IS</div> <div>LOC (IS not)</div> </div> <div> <div>RAV1 1649 (200')</div> <div>RAV2 1850 (401')</div> </div> </div>									
RLL		TD or IL out		RIL out		MIL out		SIL out	
A									
B	vis 250m vis 800m	vis 720m vis 800m	1200m	vis 720m vis 800m		NOT AUTH	vis 720m vis 800m		
C				1200m			2000m		
D									
Dist speed dist				70	90	100	120	140	160
at 2.5, 100' or 100' constant Gradient 5.2%				377	485	539	647	756	862
				ALAP at 100'					

CH4 VOICE: Mutual approach

© JEFFERSON LABORATORY, INC., 1992, 1993. ALL RIGHTS RESERVED.

## 1 - En-tête



## 1 Ville et pays, suivi du nom de l'aéroport.

La catégorie de procédure pour la piste 26R.

## 2 La catégorie de procédure dépend des moyens de radionavigation utilisés pour effectuer la procédure sur la piste en question ; on peut citer les catégories d'approches aux instruments suivantes : ILS, ILS-DME, NDB-DME, VOR-DME, VOR-ILS-DME...mais également des procédures RNAV (GNSS), qui reposent sur des points géographiques et non plus sur des balises.

## 3 Moyen(s) de radionavigation utilisé(s) pour la procédure avec fréquence (108,7 MHz) et son indicatif (IMNW).

## 4 Altitude de référence de l'aérodrome (1 486 ft).

On retrouve ici l'altitude minimale du secteur (MSA, Minimum Sector Altitude).

## 5 Pour rappel, le cercle de protection de secteur de 25 NM est centré sur le locator MNW avec deux secteurs : la MSA pour le secteur nord-est est de 3 200 ft et pour le secteur sud 3 700 ft.

Dans ce cartouche, on trouve les fréquences de communication avec l'ATC dans l'ordre chronologique de leur utilisation en approche : ATIS, APP, TWR et GND.

6 **Note 1.** L'astérisque devant une fréquence (ici, le cas de l'ATIS) indique des opérations fractionnées (non H24).

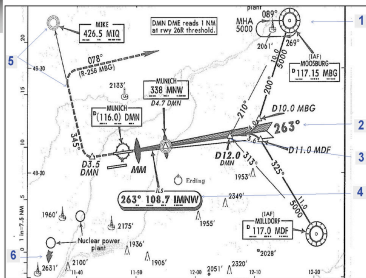
**Note 2.** « MUNICH Director » est un service d'approche et il fournit un service radar sur la fréquence indiquée.

Détails des informations d'altitude avec :

- Alt Set (Altimeter Setting) : référence de calage altimétrique en hPa (en inches sur demande) ;
- Rwy Elev (Runway Elevation) : hauteur du seuil de la piste 26R donnée sous forme de  $\Delta$ hPa entre le calage QNH et QFE (1 hPa = 28 ft) ;
- Trans level (Transition Level) : le niveau de transition est fourni par l'ATS ;
- Trans alt (Transition Altitude) : l'altitude de transition est de 5 000 ft en QNH et, entre parenthèses, de 3 551 ft en QFE.

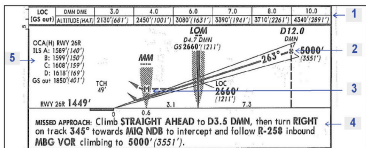
## 2 - Vue en plan

La présentation de la vue en plan est orientée par rapport au Nord vrai. Elle est représentée conformément à l'échelle qui est indiquée en bas et à gauche du cadre (1 in = 7,5 NM).



La lecture des différents symboles ne pose pas de difficultés particulières ; nous indiquons ci-après les points clés de la vue en plan.

- 1 L'un des deux IAF (Initial Approach Fix) de procédure d'approche aux instruments pour la piste 26R. Ce point est basé sur le VOR-DME de fréquence 117,15 MHz, de l'indicatif MBG.
- 2 Le radial QDM d'approche finale du localiser pour la piste 26R est de 263° magnétique.  
Point FAF (le point d'approche finale est repéré par une croix sur la vue de profil que nous verrons plus loin). Ici, le FAF de l'approche ILS se trouve à 12 NM DME du VOR-DME DMN.
- 3 **Note.** Le point IF (point d'approche intermédiaire) n'est pas systématiquement indiqué sur la fiche.
- 4 La fréquence de l'ILS est 108,7 MHz et son indicatif est IMNW. Le code morse est également indiqué dans la case.
- 5 Présentation de la procédure de remise de gaz. Cette procédure est basée sur le NDB-Locator MIKE, de fréquence 426,5 kHz et d'indicatif MIQ.  
La description détaillée de la procédure de remise de gaz est indiquée en langage clair dans la section « vue de profil » ci-après.
- 6 Le point le plus élevé de la fiche est indiqué par la double flèche noire.

3 - Vue de profil

Cette présentation permet une visualisation du profil de l'approche finale dans le plan vertical. Les points suivants méritent d'être signalés.

- 1 Lorsque le glide slope est inopérant, ce tableau indique une altitude recommandée à tenir pour respecter le plan de descente en fonction de la distance DME de l'aéronef par rapport au VOR-DME DMN.  
Exemple : 4 NM DME, l'altitude doit être de 2 450 ft QNH (1 001 ft QFE).
- 2 La croix indique le FAF pour l'approche ILS, ce point est situé à 12 NM DME du VOR-DME DMN et l'altitude recommandée à ce point est de 5 000 ft QNH (3 551 ft QFE).  
Le point M indique le point d'approche interrompue (MAPt, Missed Approach Point).
- 3 C'est le point auquel ou avant lequel, la procédure prescrite de remise de gaz doit être initiée, afin de garantir la marge de franchissement d'obstacles en approche interrompue.  
Ici, le point MAPt se trouve à 0,6 NM par rapport au seuil de la piste.
- 4 La procédure de remise de gaz est indiquée ici en langage clair.  
Pour une procédure d'approche de précision ou une approche classique, l'OCA/H (Obstacle Clearance Altitude/Height) est l'altitude/hauteur la plus faible par rapport au seuil de piste à laquelle la procédure de remise de gaz doit être initiée afin de garantir la marge de franchissement d'obstacles réglementaire.
- 5 Cette altitude/hauteur est définie en fonction de la catégorie d'aéronefs (A, B, C et D); cette dernière est fonction de la vitesse d'approche.  
En cas de panne du glide slope, l'OCA/H est unique, quelle que soit la catégorie d'avion.

4 - Minima d'atterrissage

Sont indiquées, dans ce tableau, les valeurs d'altitude/hauteur du plafond DA/H (ou MDA/H) et de RVR/Visi les plus basses autorisées pour une approche classique avec l'ILS en état de fonctionnement (ou avec le glide slope inopérant).

STRAIGHT-IN LANDING RWY 26R									
ILS					LOC (GS out)				
DA(H) 1649' (200')					MDA(H) 1850' (401')				
FULL		TDE or CL out		ALS out			MM out		ALS out
A	RVR 550m VIS 800m	RVR 720m VIS 800m	1200m	1200m	RVR 720m VIS 800m		RVR 1500m VIS 1600m		2000m
B					NOT AUTH				
C									
D									
Grid speed-Kts				70	90	100	120	140	160
ILS GS 3.00° or LOC Descent Gradient 5.2%				377	485	539	647	755	862
				MAP at MM					

1

Pour une approche, on définit une altitude/hauteur de décision (DA/H, Decision Altitude/Height) lorsque l'ILS est en état de fonctionnement, ou une altitude/hauteur minimale de descente (MDA/H, Minimum Descent Altitude/Height) lorsque le glide slope est inopérant.

La MDA/H est l'altitude/hauteur minimale de descente qui ne doit pas être franchie si les références visuelles ne sont pas acquises ; une remise de gaz s'impose dans ce cas. L'OCA/H sert de base au calcul de la DA/H ou de la MDA/H ; de ce fait, la DA/H ou la MDA/H ne peuvent pas être inférieures à l'OCA/H définie précédemment.

2

La RVR (Runway Visual Range, « portée visuelle de piste ») est définie comme étant la distance jusqu'à laquelle un pilote d'aéronef placé dans l'axe de la piste peut voir les marques sur la surface de la piste ou les feux balisant la piste.

La RVR est utilisée pour définir les minima pour toutes les approches, classiques ou de précision. Cette valeur varie selon la catégorie de l'aéronef et le type d'approche.

3

Tableau donnant la vitesse verticale de descente (en ft/min) en fonction de la vitesse sol d'approche pour respecter la pente de descente de 3°.

Exemple : pour une vitesse sol de 100 kt, le variomètre de descente à afficher est de 539 ft/min.

Une nouvelle méthode de détermination des minimums opérationnels indiqués sur les cartes d'approche aux instruments a été introduite pour être conforme à la réglementation européenne.

Ainsi, depuis le 30 juin 2011, les minimums opérationnels sont indiqués sur les cartes d'approche aux instruments (IAC) publiées par les services de la navigation aérienne.

**Note.** Les critères de détermination des minimums opérationnels pour les départs ne sont pas concernés par cette règle.

Désormais, les deux hypothèses suivantes sont utilisées pour déterminer les minimums opérationnels.

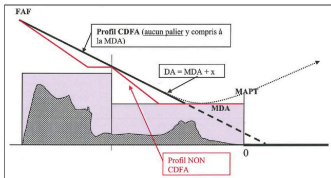
- Les approches classiques sont réalisées selon la technique d'approche finale en descente continue (CDFA, Continuous Descent in Final Approach) ;
- Les approches de précision avec une RVR inférieure à 750 m sont réalisées à l'aide d'un pilote automatique (PA) ou d'un directeur de vol (DV).

Les minima pour les approches de précision ne changent pas ; en revanche, les nouveaux minima publiés pour les approches classiques supposent l'utilisation de la technique d'approche finale en descente continue (CDFA).

Cette technique est définie de la manière suivante :

« Technique spéciale consistant à effectuer le segment d'approche finale d'une procédure d'approche classique aux instruments en descente continue, **sans palier**, depuis une altitude/hauteur égale ou supérieure à l'altitude/hauteur du point d'approche finale jusqu'à un point situé à environ 15 m (50 ft) au-dessus du seuil de la piste d'atterrissage ou jusqu'au point où la manœuvre d'arrondi devrait commencer pour le type d'avion utilisé. »

Cf. schéma suivant.



Lorsque l'approche n'est pas effectuée selon la technique CDFA, le texte réglementaire précise :

« Toutes les approches classiques sont effectuées selon la technique des approches finales à descente continue (CDFA), sauf si l'autorité approuve une procédure différente pour une approche particulière vers une piste particulière. Lors du calcul des minima conformément, **l'exploitant veille à ce que la valeur minimale de la RVR soit augmentée de :**

- **200 m pour les avions de cat. A/B et,**
- **400 m pour les avions de cat. C/D pour les approches** qui ne sont pas effectuées selon la technique CDFA, étant entendu que la valeur de RVR/CMV qui en résulte ne dépasse pas 5 000 m. »

#### • OCA/H, MDA/H, DA/H

On a vu précédemment que la MDA/H est la hauteur/altitude minimale de descente qui ne doit pas être franchie si les références visuelles ne sont pas acquises.

Elle est déterminée à partir d'une OCA/H (altitude/hauteur de franchissement d'obstacles) qui ne tient pas compte de la perte d'altitude de l'avion lors de la remise de gaz.

La technique CDFA exige une remise de gaz en cas de non-acquisition des repères visuels à la DA/H (altitude/hauteur de décision).

Le respect des marges de franchissement d'obstacles en remise de gaz repose alors sur un déclenchement de la manœuvre par le pilote suffisamment tôt pour ne pas descendre en dessous de la MDA/H.

#### • Utilisation de la MDA/H en DA/H

Afin d'éviter le franchissement de la MDA/H, il est préconisé pour les approches classiques directes d'ajouter une marge verticale à la MDA/H (descente) pour la convertir en DA/H (décision).

Cette marge dépend de la vitesse anémométrique vraie de l'avion, et varie donc selon sa catégorie. Les valeurs suivantes sont proposées (sur la base d'une pente d'approche finale de 3°).

Catégorie d'aéronefs (IAS)	Marge
A (100 kt)	20 ft
B (130 kt)	30 ft
C (160 kt)	40 ft
D (185 kt)	60 ft

### 5 - Dispositif des feux d'approche et d'atterrissage

Afin de maintenir un plan d'approche approprié dans l'axe de la piste, le pilote peut être aidé par un dispositif visuel lumineux tel que le PAPI (Precision Approach Path Indicator) ou le VASI (Visual Approach Slope Indicator), l'ALS (Approach Light System)...

À la MDA/H ou à la DA/H, si le pilote a la vue du sol (et donc de la piste) et estime pouvoir se poser, il poursuit l'approche et l'atterrissage en se référant à des repérages visuels lumineux tels que les feux de seuil, les feux d'identification du seuil, les feux de l'aire de toucher des roues, les feux de bordure de piste...

L'ensemble de ces informations figurent sur les fiches terrains.

Sur les fiches Jeppesen, elles se trouvent dans la rubrique « Additional Runway Information » de la fiche « Airport ».

#### Exemple : extrait de la fiche « Airport » de Londres

ADDITIONAL RUNWAY INFORMATION						
RWY			USABLE LENGTHS		TAKE-OFF	WIDTH
			LANDING BEYOND	Threshold		
09L	HIRL(25m) CL(25m) HEALS TDZ PAPI-L(3.0°) ① RVR	11,801' 3597m	10,889' 3318m	②	③	④ 148' 45m
09R	HIRL(25m) CL(25m) HEALS TDZ PAPI-L(3.0°) ① RVR	11,647' 3550m	②	③	④	⑤
① HST-Block 17 ② HST-Block 10/36 ③ Western extension of runway 09L with 26'(8m) wide weight bearing shoulders along each side.						
④ TAKE-OFF RUN AVAILABLE From rwy head 12,862' (3902m) Block 18 11457' (3492m)						
09R	HIRL(25m) CL(25m) HEALS TDZ PAPI-L(3.0°) ① RVR	11,006' 3352m	10,030' 3097m	②	③	④ 148' 45m
27L	HIRL(25m) CL(25m) HEALS TDZ PAPI-L(3.0°) ① RVR	10,907' 3323m	②	③	④	⑤
① HST-Block 81/104 and 81/109 ② Western extension of runway 09R with 26'(8m) wide weight bearing shoulders along each side.						
③ TAKE-OFF RUN AVAILABLE RWY 09R: From rwy head 12,000' (3658m) Block 79 9577' (2919m) RWY 27L: From rwy head 12,080' (3658m) Block 86 10,536' (3216m)						
23	HIRL(60m) HEALS SFL PAPI-L (3.0°) grooved				3881' 1182m	148' 45m



Pour le QFU 09L par exemple, les dispositifs de feux installés sur cette piste sont les suivants (voir la liste des abréviations dans la légende du *Student Pilot Route Manual* de Jeppesen ou du chapitre préambule de cet ouvrage) :

- HIRL (High Intensity Runway Edge Lights) ;
- CL (standard Centerline Lights) ;
- HIALS (High Intensity Approach Lights) ;
- TDZ (Touchdown Zone Lights) ;
- PAPI (Precision Approach Path Indicator).

## F – Communications et aides radionavigation

Parmi les éléments fondamentaux pour une navigation IFR, on peut sans aucun doute citer les moyens de communication et de radionavigation.

### 1 - Radiocommunications

Un aéronef naviguant en IFR doit être muni de l'équipement de radiocommunication permettant une liaison bilatérale permanente avec les services du contrôle de la navigation aérienne désignés.

Les fréquences allouées sont dans la plage VHF : 118 MHz à 135,975 MHz.

Pour rappel, la portée de ces fréquences est de portée optique et peut être déterminée par la relation :

$$d = 1,23 \sqrt{h}$$

d : portée (en NM) et h : hauteur de l'aéronef (en pieds)

### 2 - Obtention des informations météorologiques en vol

Les services de la circulation aérienne doivent assurer également le service d'information de vol, en particulier concernant les renseignements météorologiques.

Pour obtenir les dernières informations météorologiques, la fréquence radio à utiliser est indiquée :

- pour la phase en route, sur les cartes routiers IFR, dans un encadré ovale précédé de la mention « WX » ;
- pour le décollage, d'arrivée et d'approche, sur les fiches associées (ATIS).

#### Exemple 7 : extrait de la carte E(HI) 1

Se référer à l'extrait donné à la page suivante.

Un avion effectue un vol vers GOW (55° 52' N – 004° 27' W) sur l'airway UN 615 avant une arrivée dans la FIR de Londres. Selon les informations indiquées sur la carte, quelle est la fréquence radio la plus appropriée pour obtenir les dernières informations météorologiques pour le secteur de Londres ?

- |           |           |
|-----------|-----------|
| A) 115,4  | B) 129,22 |
| C) 126,60 | D) 133,67 |

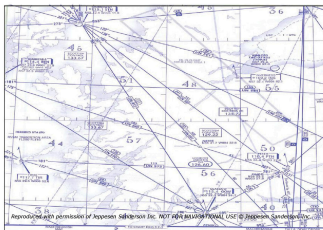
#### Réponse

Identifier le VOR de GLASGOW (GOW) et l'airway UN 615. Vous arrivez au VOR GOW sur cette airway du secteur nord-ouest.

Au nord du VOR GOW, on peut lire dans un encadré ovale l'information suivante : « LONDON (NORTH) WX 126,60 ».

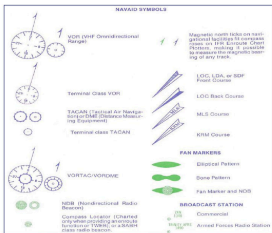
On obtient donc les dernières informations météorologiques pour la zone de Londres par une arrivée du nord sur la fréquence 126,60 MHz.

Réponse C.



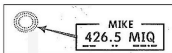
### 3 - Aides à la radionavigation

Les différents symboles d'aides à la radionavigation suivants sont reportés sur les cartes routiers, les fiches de départ (SID), d'arrivée (STAR) et d'approche de Jeppesen.



### a) NDB (Non Directional Beacon) ou L (Locator)

Cet équipement, implanté le plus souvent aux points clés des régions de contrôle ou à proximité de certains aérodromes dans l'axe de piste comme support à des procédures d'approche aux instruments, fournit à bord de l'avion une indication de gisement.

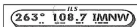


On trouve : symbole du NDB, nom de la station (MIKE), fréquence (426,5 kHz), indicatif (MIQ), code morse.

Le NDB fonctionne dans la plage moyenne fréquence (MF) de 200 kHz à 1 750 kHz.

### b) ILS (Instrument Landing System)

Cet émetteur au sol est une aide à l'atterrissage ; il émet deux faisceaux radioélectriques permettant de matérialiser l'axe de la piste et un plan de descente.



On voit : fréquence de l'ILS (LOC, 108,7 MHz), indicatif (IMNW), le radial QDM à suivre (263°, magnétique).

L'ILS se compose de deux éléments.

- Le **localizer** (LOC), qui fournit des indications d'écart latéral par rapport à l'axe de la piste. Il peut être reçu en principe par n'importe quel récepteur VOR, la gamme de fréquences allant de 108 à 111,9 MHz.

- Le **glide slope** (GS), qui fournit une indication de pente de descente calée généralement à 3°. Le GS fonctionne en UHF, sur une fréquence appariée à la fréquence VHF du LOC. Il suffit donc d'afficher la fréquence VHF du LOC et le GS est automatiquement réglé.

### c) Les markers

Les markers sont des balises radioélectriques qui émettent un faisceau vertical très étroit. Lorsque l'avion passe dans ce faisceau en approche, une lumière clignotante de couleur s'allume au tableau de bord et un signal sonore est émis.



MM (Middle Marker) et OM (Outer Marker) avec NDB.

Les markers sont associés à l'ILS et sont au nombre de trois, du plus loin au plus près de la piste : OM (Outer Marker), MM (Middle Marker) et IM (Inner Marker).

### d) VOR (VHF Omni Range)

Le VOR est un système de positionnement radioélectrique. Cet équipement directionnel fournit une information de radial (QDR/QDM). C'est l'aide de radionavigation en route la plus importante et la plus fréquemment utilisée. L'émission du VOR se fait dans la plage de fréquences VHF de 108 MHz à 118 MHz. Très souvent, le VOR est apparié à l'ILS, le TACAN ou le DME (cf. plus loin).



Présentation du VOR sur les cartes routiers HI.



VOR sur cartes routiers LO ou fiches terrains.

1. Nom de la station.
2. Fréquence/indicatif (112,5 MHz/BSN).
3. Coordonnées géographiques de l'implantation.
4. Symbole du VOR.

### e) TACAN (Tactical Air Navigation)

L'équipement TACAN est un système de radionavigation complet militaire, dont seul la partie mesure de distance peut être utilisée par des équipements récepteurs DME civils.

Souvent, les fréquences des équipements VOR et TACAN sont couplées, pour donner un VOR-TAC, qui est une aide de radionavigation composée de deux équipements VOR et TACAN donnant les informations suivantes :

- azimut VOR ;
- azimut TACAN, non utilisable par les avions civils ;
- distance TACAN.



1. Symbole du TACAN, identique à celui du DME (voir ci-après).
2. Canal du TACAN (TAC-82).
3. Indicatif du TACAN (WTM).
4. Fréquence (113,5 MHz).
5. Coordonnées géographiques de l'implantation.

### f) DME (Distance Measuring Equipment)

Cet équipement fournit sur un récepteur de bord une information de distance oblique en NM entre la station et l'aéronef.

Le DME fonctionne en UHF et la gamme de fréquences pour cet équipement varie entre 960 MHz et 1 215 MHz.

Souvent cet équipement est coimplanté avec un VOR donnant une station VOR-DME ou un TACAN ou un ILS. Dans ces cas, la fréquence du DME est appariée à celui du VOR ou du TACAN ou de l'ILS, de telle sorte que le pilote règle en une seule fois ses équipements de bord avec la fréquence du VOR, du TACAN ou de l'ILS.

Sur les cartes routiers ou les fiches SID, STAR et d'approche, la mention « D » précède la fréquence et l'indicatif indique cette coimplantation.



- VOR-DME sur les cartes routiers LO ou les fiches terrains.
1. Symbole du VOR-DME.
  2. La lettre **D** indique la coimplantation VOR-DME.



VOR-DME sur les cartes routiers HI.

## G – Rédaction du log de navigation

Avant d'entreprendre la rédaction du plan de vol d'exploitation et d'en déduire le devis carburant, il faut obtenir au préalable, entre autres, les informations de navigation.

La navigation se prépare avec l'ensemble des cartes routiers et des fiches aérodromes que nous avons détaillées précédemment.

Il faut commencer par examiner les cartes routiers et déterminer la route publiée la plus directe pour atteindre l'aérodrome de destination, en tenant compte des contraintes de l'espace aérien.

L'étude des routes doit permettre d'extraire :

- la route magnétique des airways entre les waypoints ;
- les altitudes de vol, en respectant la règle semi-circulaire et le survol des obstacles (MEA, MOCA, MORA...) ;
- la distance des différents segments de la route ;
- les fréquences et indicatifs des moyens de radionavigation et de radiocommunication.

L'étude des fiches aérodromes SID et STAR permet d'identifier les différentes procédures et de raccorder la route prévue aux trajectoires de sortie de l'aérodrome de départ et aux procédures d'arrivée de l'aérodrome de destination. On portera l'attention sur l'étude des points suivants :

- identifier la procédure de montée initiale, ainsi que les pentes de montée minimales à respecter ;
- étudier l'existence des procédures antibruit à respecter ;
- respecter les vitesses limites imposées par l'ATC ;
- calculer et identifier les points de fin de montée (TOC, Top of Climb) et de début de la descente (TOD, Top of Descent) sur les cartes ;
- repérer la procédure d'approche et d'arrivée (STAR).

La plupart des éléments cités ci-dessus ont été abordés dans les différents paragraphes de ce chapitre. Pour le compléter, nous nous intéressons plus particulièrement aux points suivants :

- règle semi-circulaire IFR ;
- calcul de la dérive et de la vitesse sol ;
- exemple de calcul du TOC et du TOD.

### 1 - Règle semi-circulaire

Dans la phase croisière d'une navigation IFR, un aéronef doit suivre un niveau de vol autorisé selon la règle dite « règle semi-circulaire ». Cependant, il est à noter que, lorsqu'il y a une dérogation à cette règle, les consignes sont portées à la connaissance des navigateurs par le biais des publications des informations aéronautiques indiquées sur les cartes routiers.

La règle semi-circulaire est différente suivant le type d'espace aérien : espace RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum) ou espace hors RVSM.

En espace RVSM, l'espacement vertical entre deux aéronefs est de 1 000 ft jusqu'au niveau de vol 410 inclus. Au-dessus du niveau 410, l'espacement vertical est de 2 000 ft.

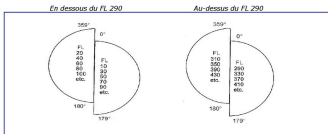
En espace hors RVSM, le niveau de référence est le FL 290 :

- en dessous du FL 290, l'espacement de séparation verticale entre deux aéronefs est de 1 000 ft ;
- au-dessus du FL 290, l'espacement vertical est de 2 000 ft.

Il est à noter que le niveau de vol à respecter dépend de la route magnétique (et non du cap magnétique) suivi par l'aéronef.

En espace hors RVSM :

- **De 000° à 179°** : le niveau de vol doit être un niveau **impair** : FL 10, 30, 50... 290 puis, 330, 370, 410, 450, etc.
- **De 180° à 359°** : le niveau de vol doit être un niveau **pair** : FL 20, 40, 60... 280 puis, 310, 350, 390, 430, etc.



## 2 - Calculs de la dérive, vitesse sol

Les calculs de la dérive, vitesse sol... se font à l'aide du « computer » de navigation. Nous allons illustrer ces calculs au travers de l'exemple ci-après.

**Note.** On a vu précédemment que la route magnétique est indiquée sur les cartes routiers IFR et les fiches terrains. Aussi, pour déterminer la vitesse vraie et la dérive, il faut déterminer au préalable la route vraie ( $R_v = R_m + \text{déclinaison magnétique}$ ), car la direction du vent en altitude est donnée par rapport au Nord vrai.

### Exemple 10 : fiche SID de Paris Charles-de-Gaulle 20-3

Se référer à la carte donnée page 65.

Un vol IFR est prévu entre Paris-CDG et Londres. La SID est ABB 8A.

Déclinaison magnétique : 3° W.

Vitesse propre : 430 kt.

Vent : 280°/40 kt.

La distance pour accomplir la montée est de 50 NM. Déterminer la route magnétique, la vitesse sol et la correction de dérive de la fin de la montée (TOC) jusqu'au VOR ABB 116,6.

- Route magnétique 349°, vitesse sol 414 kt et dérive - 5°.
- Route magnétique 169°, vitesse sol 450 kt et dérive + 4°.
- Route magnétique 349°, vitesse sol 414 kt et dérive + 5°.
- Route magnétique 169°, vitesse sol 414 kt et dérive + 5°.

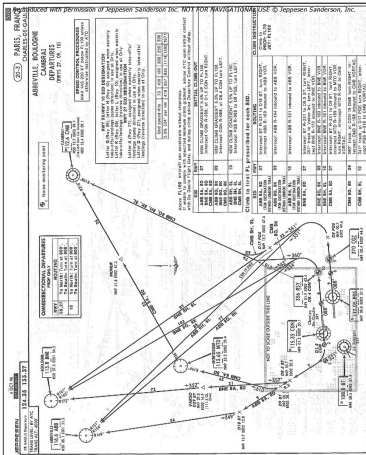
#### Réponse

La SID ABB 8A donne les distances suivantes des différents segments, depuis la fin de la piste 27 (DER27) jusqu'au VOR ABB : 2 + 7 + 0,5 + 9 + 56 = 74,5 NM.

Comme la distance de la montée est de 50 NM, on peut déduire que la distance depuis la fin de la montée (TOC) jusqu'au VOR ABB est de : 74,5 - 50 = 24,5 NM.

Sur ce segment de 24,5 NM, la route magnétique ( $R_m$ ) est de **349°** (valeur indiquée sur le segment de la trajectoire vers le VOR ABB).

Route vraie ( $R_v$ ) =  $R_m + \text{déclinaison magnétique}$  = 349 + (- 3) = 346° (la déclinaison est négative, car elle est d'ouest).



**3 - Détermination des TOC et TOD****a) Détermination du TOC****Exemple 10**

Se référer à la fiche SID de Paris-Charles-de-Gaulle 20-3.

Un vol IFR est planifié de Paris-Charles-de-Gaulle piste 27 à Londres. La distance de Paris à la fin de la montée (TOC), déterminée à l'aide de l'abaque de montée, est de 50 NM (cf. chapitre 033 03 « Carburant »).

Identifier le point de fin de montée (TOC) et déterminer la distance depuis la fin de la montée (TOC) jusqu'à ABB 116,6.

- A) 74,5 NM                      B) 50 NM  
C) 35,5 NM                      D) 24,5 NM

**Réponse**

Les deux SID possibles au départ de la piste 27 de Paris-CDG sont ABB 8A et ABB 8D ; en fait, les deux cheminements sont identiques.

La distance depuis la fin de la piste 27 au VOR ABB est la somme des segments :  $2 + 7 + 0,5 + 9 + 56 = 74,5$  NM. Comme la distance depuis la fin de la piste 27 jusqu'à la fin de la montée est de 50 NM, le point de fin de montée se trouve dans le segment compris entre le point D18 BT et le VOR ABB. La distance depuis la fin de la montée jusqu'au VOR ABB est de :  $74,5 - 50 = 24,5$  NM.

**b) Détermination du TOD****Exemple 12**

Un vol IFR doit effectuer la croisière au niveau de vol 155 à la vitesse propre de 260 kt, le pilote prévoit une descente à 500 pieds/min pour arriver au VOR MAN à 2 000 ft (QNH 1 030 hPa) situé à 5 NM de l'aérodrome de destination. La vitesse propre restera constante lors de la descente, le vent est négligeable, la température est standard.

Déterminer la position du TOD à partir de laquelle l'équipage doit initier la descente vers l'aérodrome de destination ?

- A) 121 NM                      B) 116 NM  
C) 126 NM                      D) 135 NM

**Réponse**

Avec 1 hPa  $\approx$  30 ft, l'altitude du VOR par rapport à 1 013 hPa est de :

$$\begin{aligned}\text{Alt pression VOR} &= \text{altitude du VOR à 1 030} + (1\,013 - 1\,030) \times 30 \\ &= 2\,000 - 510 \\ &= 1\,490 \text{ ft}\end{aligned}$$

L'écart entre FL155 et l'altitude pression du VOR est de :  $15\,500 - 1\,490 = 14\,010$  ft.

Le temps de descente depuis le FL 155 jusqu'au VOR est de :  $14\,010 / 500 = 28$  min.

La distance du VOR à laquelle le pilote débute sa descente est égale à  $V_p \times \text{temps de descente en heure}$  ; soit  $260 \times (28 / 60) = 121$  NM.

La position du TOD à laquelle le pilote doit débiter pour atteindre l'aérodrome de destination est de  $121 + 5 = 126$  NM.

**4 - Log de navigation**

A titre d'exemple, nous considérons une route allant de Londres Heathrow EGLL (N51 29 W000 28) à Paris CDG LFPG (N49 01 E02 33) avec les éléments de navigations suivants.



**• Cartes**

SID : Londres (fiche 10-33) : départ de EGLL en utilisant le SID MID 3G au VOR-DME MID.

Cartes routiers E(HI) 4 et E(LO) 2 :

- route UA1 de MID à WOR ; BOGNA sur carte E(LO) 2 ;
- route ATS de WOR à HARDY ;
- route UA47 de HARDY à UIR N50 21,1 E000 38,5 ;
- route UA475 de DPE à SOKMU.

STAR : Paris Charles de Gaulle (fiche 20-2A) : arrivée via la STAR DPE 1E, 1W à Paris CDG.

**• Niveaux de vol**

FL 150 de MID à HARDY

FL 270 de HARDY à DPE

**• Vents**

FL 150 300/80

FL 250 300/60

**• TAS**

Voir les vitesses propres indiquées dans le log de navigation.

L'avion est au départ de Londres à 0825 UTC.

A l'aide des éléments ci-dessus et des extraits de carte des pages suivantes, compléter le log de navigation donné à la page suivante et relever les altitudes minimales et maximales pertinentes indiquées sur la fiche 10-3 de Londres et la carte E(LO) 2.

De	A	Route SID/STAR	Niveau de vol	Vent (mag.)	Route (mag.)	Cap (mag.)	Vp (kt)	Corr vent (kt)	Vsol (kt)	Dist (NM)	Temps (min)	ETA* (min)
EGLL	D12LON		En montée							14	5	08:30
D12LON	MID (TOC*)		En montée						320			
MID			FL 150				340					
	HARDY		FL 150				340					
	UIR R00 21.1 E000 18.5		FL 270				380					
			FL 270				380					
	SOKMU		ATC						350			
	MERUE (TOC*)		ATC						320			
MERUE	LPG		ATC							40	12	
									<b>Totaux</b>			

SID

JEPPESEN

13 JUN 97

(10-3J)

LONDON, UK  
HEATHROW

LONDON Control 120.47

TRANS LEVEL: BY ATC  
TRANS ALT: 5000'

MIDHURST THREE FOXTROT (MID 3F)  
MIDHURST THREE GOLF (MID 3G)  
MIDHURST THREE HOTEL (MID 3H)  
DEPARTURES  
(RWYS 27L/R, 23)



**SPEED CONTROL PROCEDURE**  
Speed limit: 250 KT IAS below FL100  
unless otherwise cleared by ATC.

D5.5 LON  
NSI 26.4 W000 35.4  
Above 3000'

D12 LON  
NSI 17.6 W000 32.8  
Above 4000'

D17 LON  
Above 5000'



All SIDs include noise preferential routes. Initial climb straight ahead to 500' (500' QFE). Cross appropriate Noise Monitoring Terminal (refer to chart 10-48) at a minimum of 1000' (1000' QFE), thereafter maintain a minimum climb gradient of 243' per nm (4%) to 4000'.

Grnd speed-Kts	75	100	150	200	250	300
243' per nm	304	405	608	810	1013	1215

Cruising levels will be issued after take-off by London Control.  
Do not climb above the altitudes shown in the SIDs until specifically cleared by ATC to do so.

## TAKE-OFF

SID	RWY	ROUTING
MID 3F	27R	Straight ahead, turn LEFT, intercept LON R-244 to D5.5 LON, turn LEFT.
MID 3G	27L	Straight ahead, intercept LON R-244 to D5.5 LON, turn LEFT.
MID 3H	23	Straight ahead.

## ROUTING

Intercept 100° bearing from BUR NDB to BUR NDB, turn RIGHT, intercept MID R-022 inbound to MID VORDME.

## ALTITUDE

Cross D5 LON above 3000', D12 LON above 4000', D17 LON (D10 MID) above 5000', MID VORDME at 5000'.

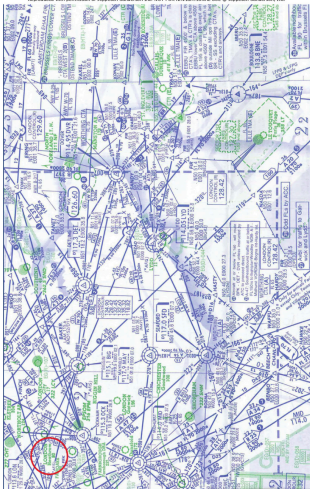
Reproduced with permission of Jeppesen Sanderson Inc. NOT FOR NAVIGATIONAL USE © Jeppesen Sanderson, Inc.

## Carte E(HI) 4



## Carte E(LO) 2

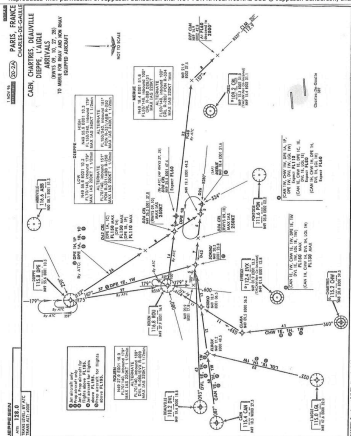
Reproduced with permission of Jeppesen Sanderson Inc. NOT FOR NAVIGATIONAL USE © Jeppesen Sanderson, Inc.



## Agrandissement de l'extrait de la carte E(LO) 2 pour la lecture des MAA, MEA et MORA...



Reproduced with permission of Jeppesen Sanderson Inc. NOT FOR NAVIGATIONAL USE © Jeppesen Sanderson, Inc.



## Réponse

De	A	Route SID/STAR	Niveau de vol	Vent (mag.)	Route (mag.)	Cap (mag.)	Vp (kt)	Corr vent (kt)	Vsol (kt)	Dist (NM)	Temps (min)	ETA (min)
EGLL	D12LON	MID 3G	En montée							14	5	08:30
D12LON	MID (TOC)	MID 3G	En montée		202°				320	16	3	08:33
MID	WOR (BOGNA)	UA1 *	FL 150	300/80	151°	157°	340	+ 68	408	25	3.5	08:36.5
WOR	HARDY	ATS	FL 150	300/80	121°	121°	340	+ 80	420	32	4.5	08:41
HARDY	UIR N50 21.1 E600 36.5	UA47 *	FL 270	300/60	146°	150°	380	+ 50	430	9	1	08:42
UIR N50 21.1 E600 36.5	DPE	UA47	FL 270	300/60	146°	150°	380	+ 50	430	33	4.5	08:46.5
DPE	SOKMU	UA47S	ATC		167°				350	38	6.5	08:53
SOKMU	MERUE (TOO)	STAR DPE 1W	ATC		100°				320	17	3	08:56
MERUE	LFPG	1W	ATC							40	1.2	09:08
									<b>Totaux</b>	224	43	

\* UA1 = A1 et UA47 = A47 sur la carte E(LO) 2



**Détermination des altitudes minimales du trajet étudié.****Fiche 10-3 de Londres**

La SID MID 3G se trouve dans le secteur ouest de l'aérodrome. On peut lire sur cette fiche une **MSA de 2 100 ft.**

**Carte E(LO) 2**

Sur cette carte, nous pouvons relever les altitudes minimales et maximales (le cas échéant) pour chacun des segments du trajet :

- Segment MID → BOGNA ou WOR sur carte E(HI) 4 de l'airway A1 :

MEA = FL70

MORA = 2000a

Grid MORA = 2<sub>2</sub> (2 200 ft), puis 2<sub>1</sub> (2 100 ft)

Le niveau de vol programmé sur ce segment (FL 150) respecte les altitudes minimales spécifiées.

- Segment BOGNA → HARDY par la route directe (ATS)

MAA = FL 150

MEA = FL90

MORA = 1800a

Grid MORA = 2<sub>1</sub>

Le niveau de vol programmé sur ce segment (FL 150) respecte les altitudes maximales et minimales spécifiées.

- Segment HARDY → WPT N50 21,1 E000 38,5 de l'airway A47

MEA = FL70

MORA = 2000a

Grid MORA = 2<sub>1</sub>

Le niveau de vol programmé sur ce segment (FL 270) respecte les altitudes minimales spécifiées.

**Note.** Il est précisé pour ce segment que : « Only for arrivals Paris TMA, except Orly, Toussus-le-Noble and Villacoublay airports. FL70 2000a. » Ainsi, pour aller vers la TMA de Paris, il faut respecter les niveaux indiqués (FL 70 2000a) ; sinon, pour les arrivées vers Orly, Toussus-le-Noble et Villacoublay, les niveaux du segment précédent sont conservés ; à savoir, FL 80 2000a.

- Segment HARDY → DPE de l'airway A47

MEA = FL50

MORA = 2400a

Grid MORA = 2<sub>1</sub>

Le niveau de vol programmé sur ce segment (FL 270) respecte les altitudes minimales spécifiées.

**Page Volontairement Blanche**

Dans le cadre de l'examen théorique, la qualification ATPL requiert aux candidats l'aptitude à établir un devis de carburant au stade de la préparation du vol en utilisant les données publiées dans le chapitre « Performances » du manuel de vol.

Après avoir abordé dans ce chapitre les généralités et les exigences réglementaires relatives au calcul du carburant, nous poursuivons l'étude avec l'utilisation de l'ensemble des différents abaques et tableaux publiés dans le CAP 697 pour les trois appareils génériques suivants :

- le monomoteur à pistons de type Beechcraft BE36, présenté sous le pseudonyme SEP (Single Engine Piston) ;
- le bimoteur à pistons de type Piper Seneca PA34, appelé MEP (Multi Engine Piston) ;
- le biréacteur B737-400, appelé MRJT (Medium Range Jet Transport).

Nous étudierons également les données de performances de l'Airbus A310, qui font partie intégrante du programme de l'examen du certificat 033 ATPL.

Dans l'optique d'établir un devis de carburant au stade de la préparation du vol, le pilote doit être en mesure de déterminer les éléments suivants, à l'aide des données de performances du manuel de vol :

- distance, temps, consommation (DTC) pour la montée ;
- point de fin de montée (TOC, Top Of Climb) ;
- consommation horaire et vitesse propre de croisière, en vue de déduire la consommation distance ou le rayon d'action spécifique ;
- distance, temps, consommation (DTC) pour la croisière ;
- point de début de la descente (TOD, Top Of Descent) ;
- distance, temps, consommation (DTC) pour la descente.

## 033 03 01 Généralités

Afin de pouvoir exploiter l'ensemble des données publiées au chapitre « Performances » du manuel de vol en vue d'établir un devis de carburant au stade de la préparation du vol, le pilote doit, au préalable, être en mesure de maîtriser les définitions et l'utilisation des paramètres suivants : consommation horaire, autonomie de vol, consommation spécifique, consommation distance, distance air versus distance sol...

A toutes fins utiles, nous allons faire un rappel de l'ensemble de ces notions de base explicitées dans l'ouvrage 031(A)-032 « Performances avions » et également de la conversion des unités, qui fait partie du programme en vigueur du certificat 033.

### **A – Conversion d'unités**

De nombreux exercices font appel la conversion des unités ; aussi, il est important de bien connaître les facteurs de conversion de base des différentes unités communément utilisées en aviation.

Masse	Longueur	Volume
	1 m = 3,28 ft	
1 kg = 2,205 lb	1 ft = 0,305 m	1 US gal = 3,785 litres
1 lb = 0,454 kg	1 pouce = 2,54 cm	1 litre = 0,264 US gal
	1 mille nautique = 1 852 m	

**Densité :**

La densité (d) représente le rapport entre la masse volumique du fluide et celle de l'eau. La densité est une grandeur sans dimension et sa valeur s'exprime sans unité de mesure.

$$d = \frac{\rho_{\text{liquide}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

Comme l'eau a une masse volumique de 1 kg/l dans le système international, on peut donc statuer que la densité d'un liquide est égale à la masse volumique de ce liquide.

Exemple, la densité du carburant est de 0,79  $\rightarrow d_{\text{carburant}} = \rho_{\text{carburant}} = 0,79 \text{ kg/l} \rightarrow$  la masse d'un litre de ce carburant est égale à 0,79 kg.

**Exemple**

La consommation horaire (voir définition paragraphe suivant) d'un turbopropulseur est de 220 l/h avec une densité de carburant de 0,8. Si la densité est de 0,75, quelle est la nouvelle consommation horaire ?

A) 220 l/h

B) 200 l/h

C) 176 l/h

D) 235 l/h

**Réponse**

La consommation horaire exprimée en masse par heure (kg/h par exemple) reste inchangée avec la densité du carburant ; en revanche, si la consommation horaire est donnée en volume par heure (l/h par exemple), cette dernière varie avec la densité du carburant.

Une consommation horaire de 200 l/h à une densité de 0,8 donne une valeur de :

$$220 \times 0,8 = 176 \text{ kg/h.}$$

Avec 176 kg/h à une densité de 0,75, la consommation horaire reste inchangée à 176 kg/h. En revanche, si on veut l'exprimer en l/h, la nouvelle valeur de consommation horaire est de :

$$176 / 0,75 = 235 \text{ l/h.}$$

Réponse D.

**B - Consommation horaire, autonomie, rayon spécifique, consommation distance****1 - Consommation horaire et autonomie de vol**

La **consommation horaire** ( $C_h$ ) représente la consommation de carburant par unité de temps exprimée en général en kg/heure, litre/heure ou US gal/heure (GPH). Autrement dit, il s'agit du débit total de carburant (exemple :  $C_h = 2\,000 \text{ kg/h}$  ou  $300 \text{ l/h}$ ).

Cette valeur dépend, entre autres, du régime de vol et du niveau de vol choisi. Le régime qui permet d'avoir une consommation horaire minimale est le régime d'attente.

$$C_H = \frac{\text{consommation}}{\text{temps de vol}}$$

L'**autonomie de vol** représente la durée totale pendant laquelle un avion peut voler avec une quantité de carburant à bord donnée.

Cette valeur dépend donc de la consommation horaire (vitesse, niveau de vol...) et de la quantité de carburant utilisable à bord, selon la relation suivante.

$$\text{Autonomie} = \frac{\text{carburant utilisable}}{C_H}$$

### Exemple

Le vol est planifié sur une distance de 440 NM. Les données de vent en fonction de l'altitude sont les suivantes :

- FL 50 : - 30 kt ;
- FL 100 : - 50 kt ;
- FL 180 : - 70 kt.

Le manuel de vol fournit les données de performances suivantes :

Niveau de vol	40	80	120	160	200
TAS (kt)	190	198	204	212	220
Consommation horaire (l/h)	210	202	182	170	156

Lequel des niveaux suivants offre la meilleure performance en distance franchissable ?

- A) FL 050
- B) FL 050 ou FL 100, au choix
- C) FL 180
- D) FL 100

### Réponse

Calculons la consommation pour les trois niveaux proposés.

- FL 50. On obtient par interpolation :

TAS = 192 kt  $\Rightarrow$  vitesse sol = 192 - 30 = 162 kt  $\Rightarrow$  temps de vol pour couvrir 440 NM :  
 $440 / 162 = 2,7$  h.

Avec une consommation horaire de 208 l/h et un temps de vol de 2,7 h, la consommation carburant est de :  $208 \times 2,7 = 561$  l.

- FL 100. On obtient par interpolation :

TAS = 201 kt  $\Rightarrow$  vitesse sol = 201 - 50 = 151 kt  $\Rightarrow$  temps de vol pour couvrir 440 NM :  
 $440 / 151 = 2,9$  h.

Avec une consommation horaire de 192 l/h et un temps de vol de 2,9 h, la consommation carburant est de :  $192 \times 2,9 = 557$  l.

- FL 180. On obtient par interpolation :

TAS = 216 kt  $\Rightarrow$  vitesse sol = 216 - 70 = 146 kt  $\Rightarrow$  temps de vol pour couvrir 440 NM :

$440 / 146 = 3 \text{ h}$ .

Avec une consommation horaire de 163 l/h et un temps de vol de 3 h, la consommation carburant est de :  $163 \times 3 = 489 \text{ l}$ .

Le niveau à choisir est le **FL 180**, car la consommation est la plus faible pour parcourir les 440 NM.

Réponse C.

## 2 - Rayon d'action spécifique et consommation distance

Le rayon d'action spécifique (RS) est le rapport :

$$RS = \frac{\text{distance sol}}{\text{carburant consommé}}$$

ou

$$RS = \frac{\text{vitesse sol}}{C_H \text{ totale}}$$

Le rayon spécifique est donc la distance sol qui peut être parcourue par unité de carburant consommé. Il est exprimé en général en NM/kg ou NM/t.

Exemple :  $RS = 30 \text{ NM/t}$   $\Leftrightarrow$  avec 1 tonne de carburant, l'avion peut parcourir une distance de 30 NM.

**Note.** Par « pure » définition, le RS est exprimé par le rapport  $V_H/C_H$  totale. Mais, bien évidemment, dans le cadre du calcul du carburant en exploitation, le vent doit être pris en compte. Aussi, dans ce cas, on doit remplacer la  $V_P$  (vitesse propre) par la vitesse sol, et on parle de  $RS_{sol}$ .

La **consommation distance** est l'inverse du rayon d'action spécifique. Elle représente le carburant consommé par unité de distance, et elle est généralement exprimée en kg/NM ou t/NM.

$$C_D = \frac{1}{RS} = \frac{C_H}{TAS}$$

## 3 - Calcul de la consommation

En fonction des paramètres du vol (vitesse propre, vent, altitude, température extérieure et régime de vol) et les données de performances publiées ou calculées à l'aide du manuel de vol ( $C_H$ , RS et  $C_D$ ), on peut en déduire la consommation carburant du vol à l'aide des différentes formules suivantes :

- Connaissant la consommation horaire ( $C_H$ ) et le temps de vol estimé :  
consommation carburant =  $C_H \times$  temps de vol estimé.
- Connaissant le rayon d'action spécifique (RS) et la distance sol à parcourir :  
consommation carburant = distance sol / RS
- Connaissant la consommation distance ( $C_D$ ) et la distance sol à parcourir :  
consommation carburant = distance sol  $\times C_D$

**Exemple**

Avec une distance sol de 50 NM à parcourir pour atteindre le terrain de destination, quelle est la quantité de carburant requise pour couvrir cette distance pour un avion équipé de moteurs à pistons avec une consommation horaire moyenne de 92 lb/h et une vitesse sol de 230 kt ?

- A) 20 lb
- B) 35 lb
- C) 40 lb
- D) 55 lb

**Réponse**

Calculons d'abord le rayon d'action spécifique :

$$RS_{\text{sol}} = 230 / 92 = 2,5 \text{ NM/lb}$$

Pour parcourir 50 NM, il faut donc prévoir :

$$\begin{aligned} \text{consommation carburant} &= \text{distance sol} / RS \\ &= 50 / 2,5 \\ &= 20 \text{ lb de carburant} \end{aligned}$$

Réponse **A**.

**Note.** En plus du délestage nécessaire pour couvrir les 50 NM, la réglementation en matière de gestion en vol impose aux navigants la prise en compte de la réserve finale, qui correspond à 45 min de vol pour les avions équipés de moteurs à pistons. En toute rigueur, il faudrait donc avoir à bord une quantité de carburant égale à 20 + 69 (réserve finale = 92 x 45/60), soit 89 lb. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce point et d'approfondir la règle de gestion de vol au chapitre 033 06.

**C – Distance air / distance sol**

La plupart des abaques publiées dans le CAP 697 se réfèrent à des distances exprimées en mille nautique air (NAM). Ils représentent la mesure de la distance air ( $D_{\text{AIR}}$ ) parcourue en vol par un avion ; c'est-à-dire la distance parcourue à la vitesse propre ( $V_p$ ).

En présence du vent, on fait référence à la distance sol ( $D_{\text{sol}}$ ), qui représente la distance parcourue par un aéronef au-dessus du sol ; c'est-à-dire la distance parcourue à la vitesse sol ( $V_{\text{sol}}$ ).

- En vent nul, la distance air est égale à la distance sol.
- En présence de vent de face, la distance air parcourue par l'avion sera plus grande que la distance sol.
- En présence de vent arrière, la distance air parcourue par l'avion sera plus faible que la distance sol.

On peut exprimer la relation entre la distance air ( $D_{\text{AIR}}$ ) et la distance sol ( $D_{\text{sol}}$ ) par la formule :

$$\frac{D_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{D_{\text{AIR}}}{V_p}$$

**Exemple**

Un avion parcourt 50 NAM à la vitesse propre de 152 kt. Si la composante de vent est de 15 kt arrière, quelle est la distance sol parcourue ?

**Réponse**

$$V_P = 152 \text{ kt}$$

$$V_{SOL} = 152 + 15 = 167 \text{ kt}$$

En appliquant la formule ci-dessus, on obtient :

$$D_{SOL} = D_{AIR} \times V_{SOL} / V_P = 50 \times 167 / 152 = \mathbf{54,9 \text{ NM.}}$$

## 033 03 02 Carburant pour les vols commerciaux

### A – Carburant réglementaire

Le carburant réglementaire requis pour assurer un vol est constitué de la somme des quantités prévues pour accomplir les différentes phases de l'étape, en tenant compte :

- des caractéristiques relatives aux performances de l'avion ;
- des masses opérationnelles estimées ;
- des conditions météorologiques et d'environnement (restrictions et procédures spécifiques imposées par les services de la circulation aérienne, temps d'attente prolongé à l'arrivée...) estimées pour l'heure de la réalisation du vol.

#### 1 - Exigences réglementaires pour les avions

Pour une étape standard, le carburant réglementaire est la somme des quantités de carburant suivantes.

<b>Roulage</b>	
<b>Délestage d'étape</b>	
<b>Réserves</b>	Réserve de route
	Réserve de dégagement
	Réserve finale
<b>Carburant additionnel</b>	
<b>Carburant supplémentaire</b>	

Afin de faciliter la compréhension du texte réglementaire concernant la politique carburant, il n'est pas jugé utile de reproduire ici l'intégralité du texte en question, mais d'explicitier les principales exigences relatives à la quantité de carburant minimale réglementaire devant se trouver à bord pour réaliser un vol commercial.

#### a) Roulage

Quantité de carburant nécessaire pour assurer la mise en route des moteurs, la consommation du groupe auxiliaire de puissance (APU) correspondant et le roulage jusqu'au point de lâcher des freins.

#### b) Délestage

Quantité de carburant nécessaire depuis le lâcher des freins à l'aérodrome de départ jusqu'au toucher des roues à l'aérodrome de destination, compte tenu de toutes les conditions prévisibles sur la route. Elle représente la somme des quantités suivantes :

- carburant utilisé pour le décollage et la montée jusqu'à l'altitude ou niveau de croisière initial, tout en prenant en compte le cheminement de départ prévu (SID) ;



- carburant depuis la fin de la montée (TOC) jusqu'au début de descente (TOD), en tenant compte des paliers de montée et de descente intermédiaires ;
- carburant depuis le début de la descente jusqu'au repère d'approche initiale (IAF, Initial Approach Fix), en tenant compte de la procédure d'arrivée prévue ;
- carburant nécessaire à l'approche et à l'atterrissage sur l'aérodrome de destination.

### c) Réserves

On distingue trois types de réserves réglementaires : réserve de route, réserve de dégagement, réserve finale.

#### • Réserve de route

Au stade de la préparation du vol, les facteurs susceptibles d'avoir une incidence sur la consommation carburant jusqu'à l'aérodrome de destination ne peuvent pas tous être évalués. La réserve de route est donc embarquée pour compenser les éléments tels que :

- écarts de consommation d'un aéronef par rapport aux données constructeurs ;
- écarts par rapport aux conditions météorologiques prévues ;
- écarts par rapport aux routes et aux altitudes ou niveaux de croisière prévus.

La réserve de route représente la quantité suivante au lâcher des freins :

- soit **5 % du délestage d'étape prévu** ou, en cas de replanification en vol, 5 % de la consommation prévue pour le reste de l'étape ;
- soit 3 % de la consommation d'étape ou, en cas de replanification en vol, 3 % de la consommation prévue pour le reste de l'étape si un aérodrome de dégagement en route est accessible ;
- soit une quantité correspondant à 20 minutes de la consommation d'étape prévue pour ce vol ; pour cela, il faut que l'exploitant ait établi un programme de suivi de la consommation individuelle de chaque avion et intègre ces données dans le calcul du carburant à emporter ;
- soit une quantité de carburant basée sur une méthode statistique approuvée par l'autorité qui assure une couverture statistique appropriée de l'écart entre la consommation d'étape prévue et réelle.

En aucun cas, **la réserve de route ne peut être inférieure à une quantité de carburant correspondant à 5 minutes d'attente à 1 500 ft au-dessus de l'aérodrome de destination** en conditions standard.

**Note.** Pour les exercices de l'examen, la réserve de route est égale au carburant correspondant à 5 % du délestage ou à 5 minutes d'attente à 1 500 ft, en retenant le chiffre le plus élevé des deux.

#### • Réserve de dégagement

Quantité de carburant nécessaire depuis la remise de gaz à l'aérodrome de destination à partir de la DH (Decision Height) ou MDA (Minimum Descent Altitude) jusqu'au toucher des roues sur l'aérodrome de dégagement, compte tenu de toutes les conditions prévisibles sur la route ; à savoir : les conditions météorologiques, la trajectoire de remise de gaz, les procédures de la circulation aérienne durant la phase de croisière, la procédure d'arrivée prévue et la procédure d'approche et d'atterrissage sur l'aérodrome de dégagement, etc.

#### • Réserve finale

Quantité de carburant forfaitaire calculée dans les conditions de vol suivantes :

- pour les avions équipés de **moteurs à pistons** : elle correspond à la quantité nécessaire à un vol de **45 minutes** ;

- pour les avions équipés de **moteurs à turbine** : elle correspond à la quantité nécessaire pour effectuer **30 minutes d'attente à une hauteur de 1 500 ft au-dessus de l'aérodrome de dégagement en conditions standard** et à la **masse estimée à l'aérodrome de dégagement** ou à l'aérodrome de destination, si aucun aérodrome de dégagement n'est exigé.

#### d) Carburant additionnel

Cette quantité de carburant devrait permettre :

- d'effectuer une **attente de 15 minutes, à 1 500 ft au-dessus de l'aérodrome de destination**, en conditions standard, lorsque le vol est exploité **en IFR et sans aérodrome de dégagement à destination** ;
- et suite à la panne éventuelle d'un moteur ou du système de pressurisation ; en supposant que la panne se produit au point le plus critique de la route :
  - de descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'à un aérodrome adéquat ;
  - et d'attendre ensuite pendant 15 minutes à 1 500 ft au-dessus de l'aérodrome en conditions standard ;
  - et d'effectuer une approche et un atterrissage.

Il est à noter que l'emport de carburant additionnel est requis uniquement si la quantité ci-dessus (déstage + réserves) ne permet pas de faire face à une telle défaillance.

#### e) Carburant supplémentaire

Quantité de carburant décidée par le commandant de bord, en supplément de la quantité minimale réglementaire.

## 2 - Exigences réglementaires pour les hélicoptères (HEL)

Pour une étape standard, le carburant réglementaire est la somme des quantités de carburant suivantes.

<b>Carburant pour la translation</b>	
<b>Déstage d'étape</b>	
<b>Réserves</b>	Réserve de route
	Réserve de dégagement
	Réserve finale
<b>Carburant additionnel</b>	
<b>Carburant supplémentaire</b>	

#### a) Translation

Le carburant pour la translation ne devrait pas être inférieur à la quantité qu'il est prévu d'utiliser avant le décollage. Les conditions locales à l'héliport de départ et la consommation du groupe auxiliaire de puissance devraient être prises en compte.

#### b) Déstage d'étape

La consommation d'étape devrait inclure :

- le carburant utilisé pour le décollage et la montée du niveau de l'héliport jusqu'à l'altitude ou le niveau de croisière initial, en tenant compte du cheminement de départ prévu ;
- le carburant utilisé de la fin de la montée au début de la descente, en tenant compte de toute montée ou descente par paliers ;
- le carburant utilisé du début de la descente jusqu'au début de la procédure d'approche, en tenant compte de la procédure d'arrivée prévue ;
- le carburant nécessaire à l'approche et à l'atterrissage sur l'héliport de destination.

### c) Réserves

On distingue trois types de réserves réglementaires : réserve de route, réserve de dégagement et réserve finale.

#### • Réserve de route

La réserve de route correspond :

- pour les vols IFR, ou pour les vols VFR en environnement hostile (hors zone habitée), **10 % de la consommation d'étape prévue** ;
- pour les vols VFR en environnement non hostile, **5 % de la consommation d'étape prévue**.

#### • Réserve de dégagement

Le carburant de dégagement est la somme :

- du carburant nécessaire à une approche interrompue à partir de la MDA/DH applicable à l'héliport de destination jusqu'à l'altitude d'approche interrompue, en tenant compte de l'ensemble de la trajectoire d'approche interrompue ;
- du carburant nécessaire à une montée de l'altitude d'approche interrompue jusqu'à l'altitude ou le niveau de croisière ;
- du carburant nécessaire à la croisière, entre la fin de la montée et le début de la descente ;
- du carburant nécessaire à la descente, du début de la descente jusqu'au début de l'approche initiale, en tenant compte de la procédure d'arrivée prévue ;
- du carburant nécessaire à l'approche et l'atterrissage sur l'héliport de dégagement sélectionné conformément à la réglementation relative aux minimums opérationnels.

#### • Réserve finale

La réserve finale correspond :

- pour les vols VFR de jour avec navigation par références visuelles au sol, la quantité de carburant nécessaire à un vol de **20 minutes** à la vitesse de meilleur rayon d'action ;
- ou, pour les vols IFR ou les vols VFR lorsque la navigation s'effectue par des moyens autres que par références visuelles au sol ou de nuit, la quantité de carburant nécessaire à un vol de **30 minutes à la vitesse d'attente à 1 500 ft** au-dessus de l'héliport de destination, en condition standard, calculée en fonction de la masse estimée à l'arrivée à l'héliport de dégagement ou à l'héliport de destination, si aucun héliport de dégagement n'est exigé.

### d) Carburant additionnel

Lorsque le vol est en régime IFR, le carburant additionnel devrait permettre à l'hélicoptère, suite à la panne d'un moteur et en supposant que la panne se produise au point le plus critique de la route :

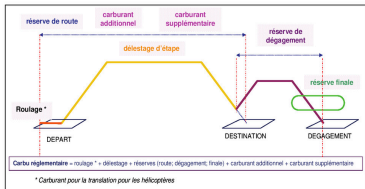
- de descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'à un héliport adéquat ;
- d'attendre ensuite pendant 15 minutes à 1 500 ft au-dessus de l'héliport en conditions standard, si celui-ci est en zone hostile ;
- et d'effectuer une approche et un atterrissage.

#### e) Carburant supplémentaire

Quantité de carburant décidée par le commandant de bord en supplément de la quantité minimale réglementaire.

### 3 - Synthèse des exigences réglementaires carburant

Pour schématiser et synthétiser les exigences réglementaires d'emport carburant, la figure ci-après illustre l'ensemble des quantités de carburant requises associées aux différentes phases de vol d'une étape standard.



### 4 - Exemples de calcul carburant

#### a) Exemple de calcul du carburant de roulage

Le carburant de roulage est indiqué dans le manuel de vol sous forme de :

- valeur forfaitaire (par exemple, 10 lb de carburant pour le SEP pour le roulage et démarrage moteur) ;

- consommation horaire (par exemple, 11 kg/min pour le B737 ; cette valeur correspond à une valeur moyenne de roulage à laquelle il faut ajouter la valeur de 115 kg/h pour le fonctionnement de l'APU).

### b) Exemple de calcul du délestage étape

Nous verrons dans les paragraphes suivants le détail du calcul du délestage d'étape à l'aide des données publiées dans le manuel de vol pour chacun des quatre avions génériques du programme.

### c) Exemple de calcul de la réserve finale

Prenons exemple du calcul de la réserve finale pour le MRJT (Medium Range Jet Transport).

Le tableau d'attente publié pour le B737-400 permet de déterminer la réserve finale en fonction de la masse atterrissage prévue au terrain de dégagement.

On notera les deux points clés suivants :

- il s'agit des données de consommation horaire d'une attente en hippodrome ; si l'attente est effectuée en ligne droite, ces valeurs peuvent être réduites de 5 % ;
- les valeurs de consommation horaire données dans le tableau sont des valeurs de consommation totale et non pas la consommation par moteur.

Press Alt. ft	Weight x 1,000 kg													
	66	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40
	FUEL FLOW in kg per hour													
37,000					2,740	2,540	2,400	2,260	2,160	2,080	1,980	1,900	1,800	1,740
35,000		3,020	2,820	2,660	2,520	2,420	2,320	2,220	2,140	2,060	1,960	1,860	1,800	1,720
30,000	2,840	2,740	2,660	2,560	2,480	2,400	2,300	2,220	2,140	2,060	1,960	1,860	1,800	1,740
25,000	2,940	2,780	2,680	2,580	2,500	2,420	2,320	2,240	2,160	2,080	2,000	1,920	1,840	1,780
20,000	2,840	2,760	2,680	2,580	2,500	2,420	2,340	2,260	2,180	2,100	2,020	1,940	1,860	1,800
15,000	2,880	2,800	2,700	2,620	2,540	2,480	2,380	2,300	2,220	2,140	2,060	1,980	1,920	1,860
10,000	2,920	2,820	2,740	2,660	2,580	2,500	2,420	2,340	2,260	2,180	2,100	2,020	1,960	1,900
5,000	2,960	2,860	2,780	2,700	2,620	2,540	2,460	2,380	2,300	2,220	2,140	2,060	2,020	1,960
1,500	2,900	2,800	2,720	2,640	2,560	2,500	2,420	2,340	2,260	2,180	2,100	2,020	2,000	1,980

Figure 4.4 Holding Fuel Flow – Flaps Retracted

### Exemple

Sont donnés :

- masse atterrissage prévue à destination : 48 000 kg ;
- masse atterrissage prévue au dégagement : 45 000 kg.

Quelle est la réserve finale pour le biréacteur, en supposant une attente de 30 minutes en circuit hippodrome ?

- 2 180 kg
- 1 090 kg
- 2 140 kg

D) 1 070 kg

**Réponse**

La réserve finale d'un avion équipé de moteurs à turbine correspond à la quantité de carburant nécessaire pour effectuer 30 minutes d'attente à une hauteur de 1 500 ft à la masse estimée à l'aérodrome de décollage (et non la masse prévue à destination).

La lecture du tableau d'attente à 1 500 ft d'altitude pression donne les valeurs de consommation horaire suivantes :

- masse 44 t       $\Rightarrow$     2 140 kg/h ;
- masse 46 t       $\Rightarrow$     2 220 kg/h.

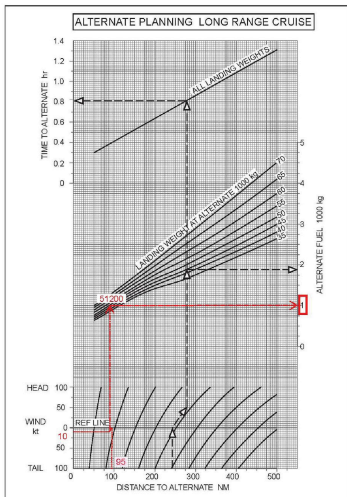
Par interpolation, avec une masse estimée au décollage de 45 t, on obtient une consommation horaire totale de 2 180 kg/h.

La réserve finale correspondant au carburant nécessaire pour effectuer 30 minutes d'attente est de  $2\,180 / 2 = 1\,090$  kg.

Réponse **B**.

**d) Exemple de calcul de la réserve de décollage (MRJT)**

L'abaque suivant, fournie par le constructeur, permet de déterminer le carburant de décollage. Son utilisation est relativement simple ; elle sera largement explicitée dans le paragraphe consacré au calcul de carburant du MRJT de ce chapitre.



**Figure 4.3.6** Simplified Flight Planning – Alternate Distances to 500 NM

**Exemple**

Se référer à l'abaque donné page 89.

Déterminer la réserve de dégagement avec les éléments suivants :

- masse de base : 35 500 kg ;
- charge marchande : 14 500 kg ;
- réserve finale : 1 200 kg ;
- distance de dégagement depuis l'aérodrome de destination : 95 NM ;
- composante de vent arrière : 10 kt.

- A) 1 000 kg  
B) 1 300 kg  
C) 800 kg  
D) 600 kg

**Réponse**

Avant de rentrer dans l'abaque pour déterminer la réserve de dégagement, il faudrait calculer au préalable la masse prévue à l'atterrissage.

Masse atterrissage = masse de base + charge marchande + réserve finale  
= 35 000 + 14 500 + 1 200  
= 51 200 kg

A l'aide de l'abaque, on trouve une réserve de dégagement de 1 000 kg (cf. correction sur abaque).

Réponse **A**.

**e) Exemple de calcul du carburant total à bord**

Les éléments suivants sont donnés pour un avion équipé de turboréacteurs :

- carburant pour le roulage : 600 kg ;
- consommation horaire à la vitesse de croisière : 10 000 kg/h ;
- consommation horaire en attente : 8 000 kg/h ;
- réserve de dégagement (avec réserve additionnelle) : 10 200 kg ;
- durée de vol estimée : 6 heures ;
- visibilité prévue à l'aérodrome de destination : 2 000 m.

Quelle est la quantité minimale de carburant devant se trouver à bord au parking au départ ?

- A) 80 500 kg  
B) 79 200 kg  
C) 77 800 kg  
D) 76 100 kg

**Réponse**

Carburant roulage : 600 kg.

Délestage :  $10\,000 \times 6\text{ h} = 60\,000\text{ kg}$ .

Réserve de route : valeur la plus élevée entre 5 % du délestage ( $60\,000 \times 5\% = 3\,000\text{ kg}$ ) et 5 min d'attente à 1 500 ft ( $8\,000 \times 5 / 60 = 666\text{ kg}$ ) ; on retiendra donc, pour la réserve de route, la valeur de 3 000 kg.

Réserve de dégagement (avec réserve additionnelle) : 10 200 kg.

Réserve finale (30 min d'attente à 1 500 ft) :  $8\,000 / 2 = 4\,000\text{ kg}$ .

Carburant minimal au parking = carburant roulage + délestage + réserve de route  
+ réserve de dégagement (avec réserve additionnelle)  
+ réserve finale  
=  $600 + 60\,000 + 3\,000 + 10\,200 + 4\,000$   
= 77 800 kg.

Réponse **C**.



## B – Calculs de carburant pour SEP (Single Engine Piston)



Pour illustrer l'établissement d'un devis carburant pour le SEP 1 (BE36), nous étudierons, dans ce paragraphe, l'utilisation des différents abaques et tableaux suivants publiés dans le manuel de vol de cet avion :

- abaque décollage/montée (fig 2.1 du CAP 697) ;
- tableaux de croisière (fig 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 et 2.3.1 du CAP 697) ;
- abaque de rayon d'action (fig 2.4 du CAP 697) ;
- abaque d'autonomie (fig 2.5 du CAP 697).

### 1 - Abaque décollage/montée

Cet abaque (voir page suivante) permet de déterminer le temps, le carburant et la distance air parcourue depuis le lâcher des freins jusqu'à l'altitude de croisière choisie.

La méthode d'utilisation de l'abaque est clairement explicitée à travers l'exemple donné dans l'abaque ; néanmoins, il est important de noter les points suivants.

- Si l'altitude de l'aérodrome de départ est au niveau de la mer, les résultats (temps, distance, carburant) sont lus directement sur la courbe en une seule fois.

- Si l'altitude de l'aérodrome de départ n'est pas située au niveau de la mer, les résultats sont obtenus en deux étapes :

- déterminer la distance air, temps et consommation (DTC) avec l'altitude du terrain de départ et la température extérieure relevée à cette altitude ;
- déterminer la distance air, temps et consommation avec l'altitude de croisière choisie et la température extérieure relevée à cette altitude.

En faisant la différence entre les résultats obtenus des deux étapes ci-dessus, on obtient la distance air, le temps et le carburant, depuis l'aérodrome de départ jusqu'à l'altitude de croisière choisie.

La distance lue sur l'abaque est une distance air. Aussi, si l'on veut obtenir la distance sol, il faut adopter la démarche suivante :

- déterminer la vitesse propre, en divisant la distance air par le temps ;
- calculer la vitesse sol à partir de la composante de vent moyenne pendant la montée ;
- déterminer la distance sol, en appliquant la formule  $D_{AIR} / D_{SOL}$  vue précédemment.

### Exemple

Masse au décollage : 3 500 lb ; altitude pression de l'aérodrome de départ : 2 500 ft et la température extérieure est de + 10 °C ; premier niveau de croisière : FL 140, température : - 5 °C ; la composante moyenne de vent en montée : + 25 kt (arrière).

Déterminer le temps, le carburant, la distance air et la distance sol pour la montée depuis le point de lâcher des freins.

- A) 22 min ; 6,7 gal ; 45 NM ; 53,4 NM      B) 24 min ; 7,7 gal ; 47 NM ; 56 NM  
C) 16,5 min ; 4,9 gal ; 34,5 NM ; 48,6 NM      D) 23 min ; 7,7 gal, 50 NM ; 59,1 NM

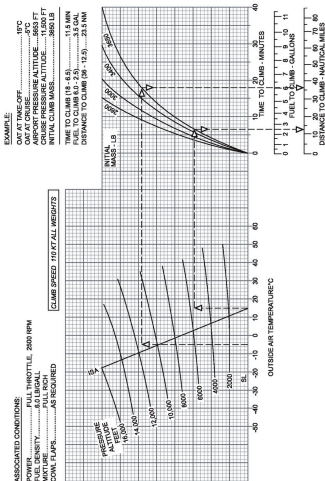


Figure 2.1 Time, Fuel and Distance to Climb

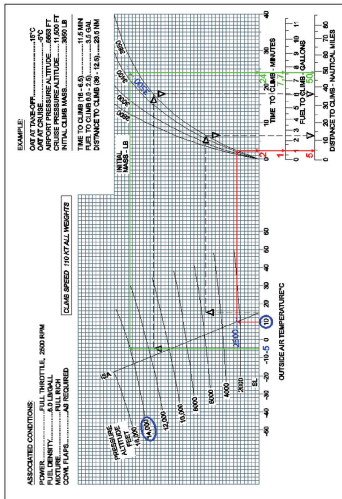


Figure 2.1 Time, Fuel and Distance to Climb

**Réponse**

Se référer au document précédent.

a) La détermination du temps, du carburant et de la distance air se fait en deux étapes.

- Avec un aérodrome de départ à 2 500 ft et une température extérieure de 10 °C, le temps, le carburant et la distance sont respectivement de 2 min, 1 US gal et 5 NM (cf. tracés rouges).

- Avec une altitude de croisière de 14 000 ft et une température extérieure de - 5 °C, le temps, le carburant et la distance sont respectivement de 24 min, 7,7 US gal et 50 NM (cf. tracés verts).

Le temps de montée de l'aérodrome de départ au FL 140 est de :  $24 - 2 = 22$  min.

Le carburant de montée de l'aérodrome de départ au FL 140 est de :  $7,7 - 1 = 6,7$  US gal.

La distance air de montée de l'aérodrome de départ au FL 140 est de :  $50 - 5 = 45$  NM.

b) Détermination de la distance sol

Vitesse propre ( $V_p$ ) = distance air / temps (heure) =  $45 / (22 / 60) = 122,7$  kt

Vitesse sol ( $V_s$ ) =  $V_p \pm \text{vent} = 122,7 + 25 = 145,7$  kt.

Distance sol ( $D_{\text{sol}}$ ) =  $D_{\text{air}} \times V_s / V_p = 45 \times 145,7 / 122,7 = 53,4$  NM.

Réponse **A**.

## 2 - Tableaux de croisière

Les données de croisière du SEP 1 publiées dans le CAP 697 sont présentées sous forme de tableaux à différents affichages (puissance, mélange appauvri).

Tableau 2.2.1 : 25 in.Hg (or full throttle) @ 2 500 RPM.

Tableau 2.2.2 : 25 in.Hg (or full throttle) @ 2 100 RPM.

Tableau 2.2.3 : 23 in.Hg (or full throttle) @ 2 300 RPM.

Tableau 2.3.1 : 21 in.Hg (or full throttle) @ 2 100 RPM.

A titre d'illustration, nous ne publions ici que les tableaux 2.2.1 et 2.2.2. Les autres tableaux sont identiques.

Ces tableaux permettent d'obtenir la vitesse propre et la consommation horaire en fonction de la température extérieure, de l'altitude pression et du régime de croisière affiché.

En pratique, le niveau de puissance à afficher dépend des paramètres visés, à savoir la vitesse, l'économie carburant, le rayon d'action et l'autonomie.

Afin de pouvoir effectuer une comparaison pertinente des différentes options d'affichage offertes, il est utile de calculer le rayon d'action spécifique (RS) qui, pour rappel représente la distance parcourue par unité de consommation.

### Exemple

Utiliser les tableaux 2.2.1 et 2.2.2 ci-après et comparer les résultats obtenus en termes de consommation horaire en lb/heure, vitesse propre et consommation distance en NM/lb.

Sont donnés :

- mélange pauvre ;
- FL 100 ;
- température extérieure : + 5 °C.

Table 2.2.1 25.0 in. Hg (or full throttle) @ 2,500 rpm  
Off-peak EGT Cruise lean mixture @ cruise weight 3,400 lb

ISA Dev.	Press. Alt.	IOAT		Man. Press.	Fuel Flow		Airspeed	
°C	Feet	°C	°F	in. Hg	PPH	GPH	KIAS	KTAS
-20	0	-3	27	25.0	86.3	14.4	168	159
	2,000	-6	20	25.0	89.3	14.9	168	164
	4,000	-10	13	25.0	92.3	15.4	168	169
	6,000	-14	6	24.1	89.8	15.0	164	170
	8,000	-18	-1	22.3	82.6	13.8	157	168
	10,000	-22	-8	20.6	76.0	12.7	150	165
	12,000	-26	-15	19.1	70.2	11.7	143	162
	14,000	-30	-23	17.7	65.5	10.9	135	158
	16,000	-35	-30	16.3	60.8	10.1	126	152
0	0	17	63	25.0	82.9	13.8	163	160
	2,000	14	56	25.0	85.6	14.3	163	165
	4,000	10	50	25.0	88.5	14.8	163	170
	6,000	6	42	24.1	86.1	14.4	159	171
	8,000	2	35	22.3	79.3	13.2	152	169
	10,000	-2	28	20.6	73.3	12.2	145	166
	12,000	-6	21	19.1	67.8	11.3	137	162
	14,000	-10	13	17.7	63.5	10.6	129	157
	16,000	-15	6	16.3	59.1	9.9	120	150
+20	0	37	99	25.0	79.5	13.3	158	161
	2,000	34	92	25.0	82.1	13.7	158	166
	4,000	30	86	25.0	84.7	14.1	158	171
	6,000	26	79	24.1	82.5	13.8	154	172
	8,000	22	71	22.3	76.2	12.7	147	169
	10,000	18	64	20.6	70.5	11.8	140	165
	12,000	14	57	19.1	65.5	10.9	132	161
	14,000	10	49	17.7	61.5	10.3	123	155
	16,000	5	42	16.3	57.5	9.6	113	146

Figure 2.2 Recommended Cruise Power Settings

NOTE 1: Full-throttle manifold pressure settings are approximate.

NOTE 2: Shaded areas represent operation with full throttle.

NOTE 3: Fuel flows are to be used for flight planning. Lean using the EGT.

Table 2.2.2                      25.0 in. Hg (or full throttle) @ 2,100 rpm  
Off-peak EGT                      Cruise lean mixture @ cruise weight 3,400 lb

ISA Dev.	Press. Alt.	IOAT		Man. Press.	Fuel Flow		Airspeed	
°C	Feet	°C	°F	in. Hg	PPH	GPH	KIAS	KTAS
-20	0	-3	26	25.0	63.8	10.6	148	140
	2,000	-7	19	25.0	66.4	11.1	149	145
	4,000	-11	12	25.0	68.9	11.5	149	150
	6,000	-15	5	24.3	68.3	11.4	147	152
	8,000	-19	-2	22.5	63.9	10.7	139	148
	10,000	-23	-9	20.8	60.1	10.0	132	144
	12,000	-27	-17	19.3	56.7	9.5	123	139
	14,000	-31	-24	17.9	54.5	9.1	113	132
	16,000	-35	-32	16.5	52.2	8.7	95	114
0	0	17	62	25.0	61.9	10.3	143	140
	2,000	13	55	25.0	64.2	10.7	143	145
	4,000	9	48	25.0	66.6	11.1	144	150
	6,000	5	41	24.3	66.1	11.0	141	152
	8,000	1	34	22.5	61.9	10.3	134	148
	10,000	-3	27	20.8	58.5	9.8	126	143
	12,000	-7	19	19.3	55.6	9.3	116	136
	14,000	-11	12	17.9	53.5	8.9	103	125
	16,000	-	-	-	-	-	-	-
+20	0	37	98	25.0	60.1	10.0	138	140
	2,000	33	91	25.0	62.1	10.4	138	145
	4,000	29	84	25.0	64.4	10.7	139	150
	6,000	25	77	24.3	63.9	10.7	136	151
	8,000	21	70	22.5	60.2	10.0	128	147
	10,000	17	63	20.8	56.8	9.5	119	141
	12,000	13	55	19.3	54.5	9.1	108	131
	14,000	-	-	-	-	-	-	-
	16,000	-	-	-	-	-	-	-

Figure 2.2      Recommended Cruise Power Settings (continued)

NOTE 1: Full-throttle manifold pressure settings are approximate.

NOTE 2: Shaded areas represent operation with full throttle.

NOTE 3: Fuel flows are to be used for flight planning. Lean using the EGT.

**Réponse**

- Calcul du  $\Delta ISA$  :

$$ISA \text{ au FL } 100 = 15 - 2 \times 10 = -5 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

$$\Delta ISA = OAT - ISA = 5 - (-5) = 10 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

- Calcul de la  $V_P$ , de la consommation horaire ( $C_H$ ) et du rayon d'action spécifique (RS).

Pour calculer la consommation horaire et la vitesse propre au niveau 100 et à  $ISA + 10$ , on effectue une interpolation entre  $ISA$  et  $ISA + 20$  pour lire :

Tableau	RPM	$C_H$ (lb/h)	$V_P$ (kt)	RS (NM/lb)
2.2.1	2 500	71,9	166	2,3
2.2.2	2 100	57,65	142	2,46

Par cette comparaison, on constate que la croisière à 2 100 RPM offre une meilleure économie carburant avec un RS plus élevé.

Cependant, la vitesse propre est significativement plus faible, ce qui rallonge le temps de vol.

**3 - Abaque de rayon d'action**

L'abaque de rayon d'action (page suivante) permet de déterminer la distance air parcourue lors des phases de montée et de croisière.

La distance air (ou rayon d'action) calculée à l'aide du graphique comprend par ailleurs le carburant pour :

- le roulage ;
- les essais moteurs ;
- 45 minutes de réserve.

Le rayon d'action varie en fonction de l'affichage de la puissance. Pour chaque puissance, le rayon d'action décroît avec l'altitude, puis augmente à l'altitude à laquelle la pleine puissance est atteinte.

Le graphique permet également de déterminer la vitesse propre, en fonction de l'altitude et de la puissance affichée.

**Exemple**

Se référer à l'abaque page suivante.

Quelle est la distance air maximale pouvant être atteinte avec une puissance affichée à plein gaz de 2 300 RPM ?

Donner l'altitude à laquelle on obtient la distance air maximale.

- 1 010 NM ; 12 500 ft
- 907 NM ; 13 200 ft
- 1 010 NM ; 13 200 ft
- 907 NM ; 12 500 ft

Réponse page 99.

## ASSOCIATED CONDITIONS:

MASS ..... 3663 LB BEFORE ENGINE START  
 FUEL ..... AVIATION GASOLINE  
 FUEL DENSITY ..... 6.0 LB/GAL  
 INITIAL FUEL LOAD ..... 74 U.S. GAL (444 LB)  
 TAKE-OFF ALTITUDE ..... SEA LEVEL  
 WIND ..... ZERO

## EXAMPLE:

CRUISE ALTITUDE ..... 11,500 FT  
 POWER SETTING ..... FULL THROTTLE 2500 RPM  
 RANGE ..... 866 NM

ISA

20°C LEAN OF PEAK EGT

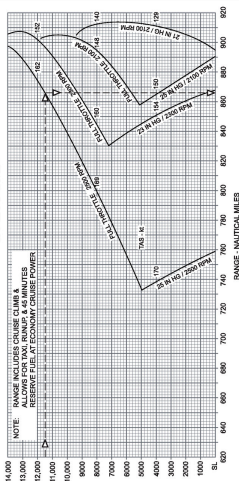


Figure 2.4 Range



## Réponse

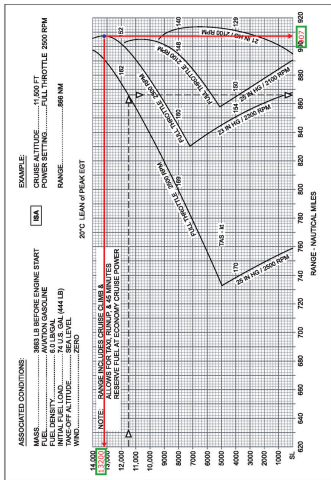


Figure 2.4 Range

Sur la courbe « Full Throttle - 2 300 RPM », repérer le point donnant la distance air maximale. A partir de ce point, tracer une ligne horizontale pour trouver l'altitude à laquelle on obtient la distance air maximale.

Distance air maximale = 907 NM.

Altitude = 13 200 ft.

Réponse **B**.

**Note.** Le rayon d'action obtenu avec le graphique est une distance air. Une composante de vent de face ou arrière peut affecter le calcul de la distance de manière significative.

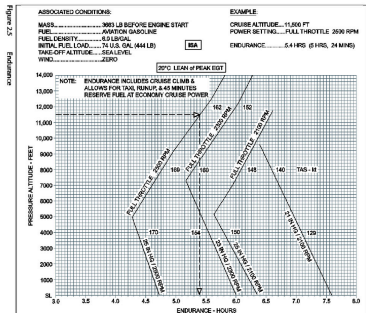
#### 4 - Abaque d'autonomie

L'abaque ci-dessous permet de déterminer l'autonomie d'un avion en vol. La méthode d'utilisation de cet abaque est identique à celle de l'abaque de rayon d'action vu précédemment.

**Note.** L'autonomie n'est pas affectée par le vent.

#### Exemple

Déterminer l'autonomie de vol, avec une puissance affichée à plein gaz 2 300 RPM et à une altitude de 10 000 ft.



## Réponse

Figure 2.5 Endurance

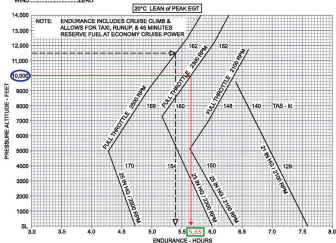
## ASSOCIATED CONDITIONS:

MASS.....3963 LB BEFORE ENGINE START  
 FUEL.....AVIATION GASOLINE  
 FUEL DENSITY.....6.0 LB/GAL  
 INITIAL FUEL LOAD.....74 U.S. GAL (444 LB)  
 TAKE-OFF ALTITUDE.....SEA LEVEL  
 WIND.....ZERO

ISA

## EXAMPLE:

CRUISE ALTITUDE.....11,500 FT  
 POWER SETTING.....FULL THROTTLE 2500 RPM  
 ENDURANCE.....5.4 HRS (5 HRS, 24 MINS)



Autonomie = 5,65 h, soit 5 h 39 min.

## C – Calcul carburant pour MEP (Multi Engine Piston)



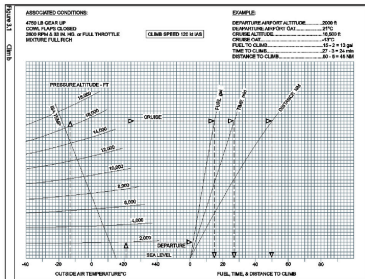
Les abaques et tableaux publiés dans le manuel de vol de l'avion générique bimoteur à pistons (Piper Seneca) sont identiques à ceux du SEP décrits précédemment.

Avec ces données, on devrait être en mesure de déterminer le carburant nécessaire pour les phases de : décollage et montée (fig 3.1 du CAP 697) ; croisière (fig 3.3 du CAP 697) ; descente (fig 3.6 du CAP 697).

D'autres données sont disponibles pour déterminer le rayon d'action et l'autonomie de vol avec :

- abaque de rayon d'action (fig 3.2 du CAP 697) ;
- abaque d'autonomie (fig 3.5 du CAP 697).

## 1 - Abaque décollage/montée



Le traitement de cet abaque est identique à celui du SEP.

### Exemple

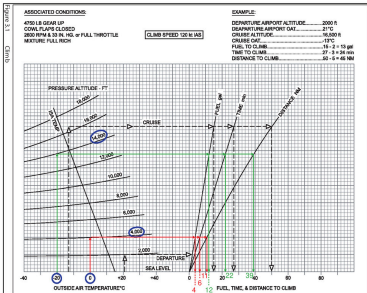
Sont donnés :

- altitude pression de l'aérodrome de départ : 4 000 ft, avec une température extérieure de 0 °C ;
- niveau de croisière visé : FL 140, température : - 20 °C ;
- composante moyenne de vent en montée : - 40 kt (de face).

Déterminer le temps, le carburant, la distance air et la distance sol pour la montée depuis le point de lâcher des freins.

- A) 22 min ; 6,7 gal ; 35 NM ; 29,4 NM      B) 24 min ; 7,7 gal ; 27 NM ; 21 NM  
C) 16 min ; 8,0 gal ; 28 NM ; 17,3 NM      D) 23 min ; 7,7 gal ; 30 NM ; 25,1 NM

## Réponse



a) La détermination du temps, du carburant et de la distance air se fait en deux étapes.

- Avec un aéroport de départ de 4 000 ft et une température extérieure de 0 °C, le temps, le carburant et la distance sont respectivement de 6 min, 4 US gal et 11 NM (cf. tracés rouges).

- Avec une altitude de croisière de 14 000 ft et une température extérieure de - 20 °C, le temps, le carburant et la distance sont respectivement de 22 min, 12 US gal et 39 NM (cf. tracés verts).

Le temps de montée de l'aéroport de départ au FL 140 est de : 22 - 6 = **16 min.**

Le carburant de montée de l'aéroport de départ au FL 140 est de : 12 - 4 = **8 US gal.**

La distance air de montée de l'aéroport de départ au FL 140 est de : 39 - 11 = **28 NM.**

b) Détermination de la distance sol.

Vitesse propre ( $V_p$ ) = distance air / temps (en heure) = 28 / (16 / 60) = 105 kt.

Vitesse sol ( $V_s$ ) =  $V_p \pm vent$  = 105 - 40 = 65 kt.

Distance sol ( $D_{sol}$ ) =  $D_{air} \times V_s / V_p$  = 28 x 65 / 105 = **17,3 NM.**

Réponse C.

## 2 - Tableau de croisière

POWER		75%				65%				55%						45%					
FUEL FLOW		29.0 GPH				23.3 GPH				18.7 GPH						16.0 GPH					
RPM		2,500	2,600	2,400	2,500	2,600	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500	2,600			
PRESS ALT (ft)	ISA °C	MANIFOLD ABSOLUTE PRESSURE (Hg in) (MAP)																			
0	15	34.0	33.0	33.8	32.0	31.0	31.2	30.3	29.4	28.2	27.2	26.3	27.1	26.4	25.8	24.3	23.3	22.6			
2,000	11	33.8	32.7	33.2	31.7	30.7	30.5	29.7	28.8	27.8	26.8	26.0	26.4	25.8	24.6	23.7	22.8	22.1			
4,000	7	33.6	32.4	32.8	31.5	30.5	30.0	29.2	28.3	27.4	26.4	25.6	25.8	25.0	24.0	23.2	22.3	21.8			
6,000	3	33.4	32.2	32.6	31.2	30.3	29.7	28.8	28.0	27.0	26.2	25.3	25.3	24.5	23.5	22.8	21.9	21.5			
8,000	-1	33.1	32.0	32.3	31.0	30.1	29.4	28.4	27.7	26.8	25.7	25.0	24.8	24.0	23.0	22.4	21.6	21.2			
10,000	-5	33.0	31.9	32.0	30.9	30.0	-	28.3	27.5	26.5	25.5	24.7	24.4	23.7	22.8	22.0	21.4	21.0			
12,000	-9	32.5	31.8	31.8	30.7	29.8	-	28.3	27.2	26.3	25.3	24.6	24.0	23.3	22.5	21.7	21.2	20.8			
14,000	-13	-	31.7	-	30.5	29.7	-	-	27.1	26.1	25.2	24.4	-	23.0	22.3	21.4	21.1	20.8			
16,000	-17	-	31.6	-	30.4	29.5	-	-	-	25.9	25.0	24.3	-	-	22.0	21.3	21.0	20.6			
18,000	-21	-	-	-	-	29.4	-	-	-	-	25.0	24.2	-	-	-	21.2	20.9	20.5			
20,000	-25	-	-	-	-	29.3	-	-	-	-	-	24.2	-	-	-	21.2	20.8	20.4			
22,000	-28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1	-	-	-	-	-	20.4			
MAX EGT		1,525°F				1,650°F															
24,000	-33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4			
25,000	-34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.4			

Figure 3.3 Power Setting Table

Les affichages de la puissance de croisière sont exprimés en pourcentage de puissance selon les modes de croisière :

- 75 % (croisière rapide) ;
- 65 % (croisière économique) ;
- 55 % et 45 % (croisière long range).

a) Entrer dans le tableau avec le pourcentage de puissance choisi pour obtenir la consommation horaire.

Exemple : avec la puissance de croisière économique (65 %), la consommation horaire est de 23,3 US gal/h.

b) Chaque colonne de pourcentage de puissance est subdivisée pour permettre la sélection de la pression d'admission et du RPM en fonction de l'altitude pression en atmosphère standard.

Exemple : la puissance de croisière rapide (75 %) et une consommation horaire de 29 US gal/h sont atteintes au FL 60 avec :

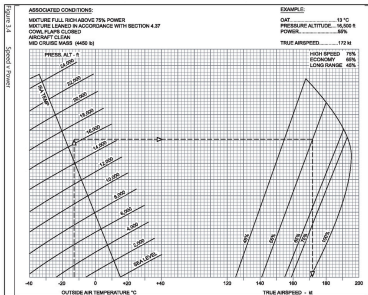
- une pression d'admission de 33,4 in.Hg @ 2 500 RPM ;
- ou une pression d'admission de 32,2 in.Hg @ 2 600 RPM.

### Détermination de la vitesse propre

Contrairement au tableau de croisière du SEP, la vitesse propre n'est pas donnée dans le tableau de croisière.

Il faut utiliser l'abaque suivant pour déterminer la vitesse propre en fonction de l'altitude de croisière, de la température extérieure à ce niveau et du pourcentage de la puissance.

L'utilisation de cet abaque ne présente pas de difficulté particulière.



### 3 - Abaque de descente

Il se différencie de celui d'un avion monomoteur à pistons, pour lequel on considère que la consommation carburant pour la descente est proche de celle de la croisière.

Le bimoteur à pistons ayant une puissance moteur et une consommation carburant plus élevées, il y a une différence plus marquée entre la consommation en descente et celle de la croisière.

De ce fait, la publication d'un abaque spécifique de descente est nécessaire pour ce type d'appareil.

L'utilisation du graphique de descente est identique à celle de la montée.

## Exemple

Sont donnés :

- la descente débute au niveau 120, avec une température extérieure de  $-20^{\circ}\text{C}$  ;
- l'altitude pression de l'aérodrome d'arrivée est de 4 000 ft et la température extérieure est de  $0^{\circ}\text{C}$  ;
- la composante moyenne de vent en descente est de  $-20\text{ kt}$  (de face).

Déterminer le temps, le carburant, la distance air et la distance sol en descente.

- A) 12 min ; 3,7 gal ; 29 NM ; 23,4 NM  
 B) 8 min ; 2 gal ; 22 NM ; 19,3 NM  
 C) 10,5 min ; 2,9 gal ; 24,5 NM ; 21,6 NM  
 D) 15 min ; 4,7 gal ; 50 NM ; 47,1 NM

Figure 3/6

Fuel, Time and Distance to Descend

## ASSOCIATED CONDITIONS:

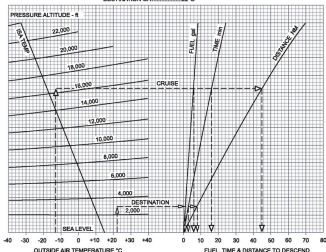
145 kt IAS 1000 FPM DESCENT  
 AIRCRAFT CLEAN  
 NO WIND

## EXAMPLE:

CRUISE ALTITUDE.....16,500 ft  
 CRUISE OAT..... $-13^{\circ}\text{C}$   
 DESTINATION ALT.....3000 ft  
 DESTINATION OAT..... $22^{\circ}\text{C}$

## SOLUTION:

FUEL TO DESCEND..... $8 - 1 = 7\text{ gal}$   
 TIME TO DESCEND..... $16 - 3 = 13\text{ min}$   
 DISTANCE TO DESCEND..... $45 - 8 = 37\text{ NM}$



Réponse page suivante.



## Réponse

Figure 3-6

Fuel, Time and Distance to Descend

## ASSOCIATED CONDITIONS:

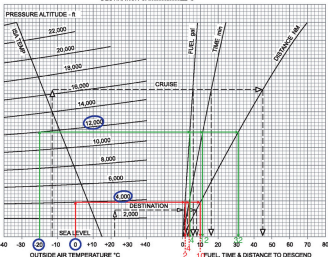
145 kt IAS 1000 FPM DESCENT  
AIRCRAFT CLEAN  
NO WIND

## EXAMPLE:

CRUISE ALTITUDE.....16,500 ft  
CRUISE OAT.....-13°C  
DESTINATION ALT.....3000 ft  
DESTINATION OAT.....22°C

## SOLUTION:

FUEL TO DESCEND.....6 - 1 = 5 gal  
TIME TO DESCEND.....16 - 3 = 13 min  
DISTANCE TO DESCEND.....45 - 8 = 37 NM



a) La détermination du temps, du carburant et de la distance air se fait en deux étapes.

- Au FL 120 et avec une température extérieure de -20 °C, le temps, le carburant et la distance air sont respectivement de 12 min, 4 US gal et 32 NM (cf. tracés verts).
- Avec un aéroport d'arrivée de 4 000 ft et une température extérieure de 0 °C, le temps, le carburant et la distance air sont respectivement de 4 min, 2 US gal et 10 NM (cf. tracés rouges).

Le temps de descente du FL 120 au terrain d'arrivée est de : 12 - 4 = **8 min**.

Le carburant de descente du FL 120 au terrain d'arrivée est de : 4 - 2 = **2 US gal**.

La distance air de descente du FL 120 au terrain d'arrivée est de : 32 - 10 = **22 NM**.

b) Détermination de la distance sol.

Vitesse propre ( $V_p$ ) = distance air / temps (en heure) = 22 / (8 / 60) = 165 kt.

Vitesse sol ( $V_s$ ) =  $V_p \pm$  vent = 165 - 20 = 145 kt.

Distance sol ( $D_{sol}$ ) =  $D_{AIR} \times V_s / V_p$  = 22 x 145 / 165 = **19,3 NM**.

Réponse **B**.

#### 4 - Abaques de rayon d'action et d'autonomie

Ces deux abaques permettent de déterminer respectivement le rayon d'action (distance air) et l'autonomie de vol, avec les deux hypothèses suivantes :

- rayon et autonomie avec 45 minutes de réserves à 45 % de la puissance ;
- rayon et autonomie sans réserves.

Par ailleurs, ces deux abaques sont établis à la masse maximale de structure de décollage, avec une montée et une descente standards et un forfait de 4,2 US gal est pris en compte pour la mise en route, le roulage et le décollage.

**Note.** L'abaque de rayon d'action a été établi en conditions standards. Aussi, en conditions non standards, il y aura lieu d'apporter une correction de  $\pm 1$  NM pour  $1^\circ$  de  $\Delta ISA$  (voir l'encadré en haut et à gauche de l'abaque rayon d'action).

#### Exemple

A l'aide des deux abaques suivants, déterminer le rayon d'action et l'autonomie de vol, avec une puissance économique et au niveau 100 en conditions ISA.

#### Réponse

Voir corrections avec les deux abaques donnés en page 111.

	Avec réserves	Sans réserves
Rayon :	760 NM	850 NM
Autonomie :	4,5 h (4 h 30)	5 h

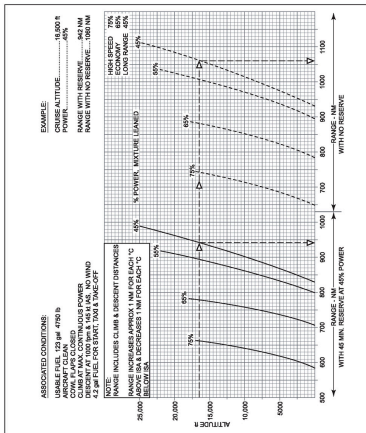


Figure 3.2 Range

Abaque rayon d'action.

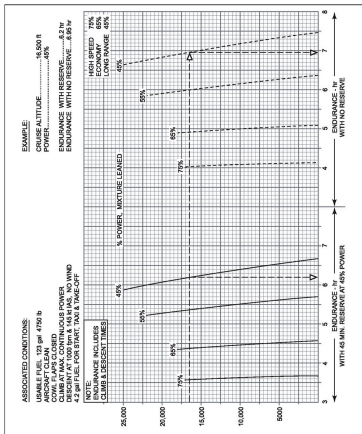
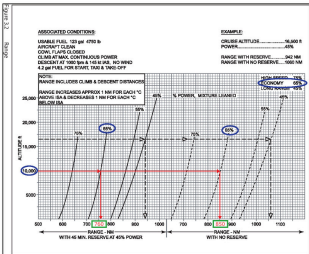
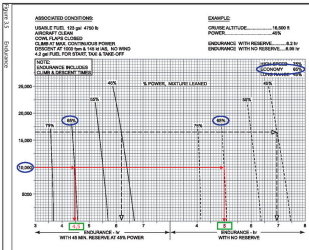


Figure 3.5 Endurance

Abaque autonomie de vol.

Figure 3.2  
RangeFigure 3.5  
Endurance

**D – Calcul carburant pour Boeing 737-400 (MRJT)**

Pour exploiter les informations publiées dans le CAP 697 pour cet avion, nous allons effectuer les calculs suivants :

- calcul de l'altitude optimale et l'altitude croisière à courte distance ;
- calcul du délestage proprement dit pour une étape standard. Ce calcul peut se faire par des techniques différentes ; nous nous intéressons aux deux méthodes suivantes :
  - méthode 1 : utilisation des abaques « Simplified Flight Planning » ; ces données permettent la détermination rapide du délestage et du temps de vol estimé pour une étape donnée et ce, à partir du lâcher des freins jusqu'à l'atterrissage, en passant par les trois phases de vol principales : montée (procédure de départ directe), croisière et descente (procédure d'approche directe) ;
  - méthode 2 : utilisation des tableaux de marche et des tableaux « Masses Milles Air » ; c'est une méthode analytique permettant de déterminer d'une manière plus précise le délestage d'une étape par le calcul de la consommation carburant pour chacune des phases de vol : montée, croisière et descente.

**1 - Altitude optimale et altitude croisière à courte distance****a) Altitude optimale**

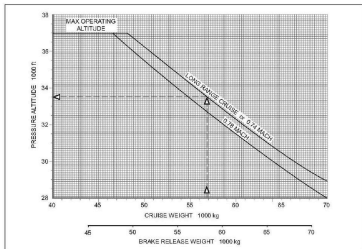
Pour rappel, pour une **vitesse ou un Mach donné**, l'altitude optimale est l'altitude à laquelle le **rayon d'action spécifique est maximal** ; autrement dit, c'est l'altitude à laquelle il faudrait voler pour avoir une consommation de carburant minimale en croisière.

L'abaque présenté dans le CAP 697 (reproduit en page 113) permet de calculer les altitudes optimales en fonction des lois de vitesses suivantes :

- Mach long range ou M.74 ;
- M.78.

L'utilisation de cet abaque ne présente aucune difficulté particulière.

Considérons l'exemple spécifié sur l'abaque : avec une masse de croisière de 56,8 t ou une masse au lâcher des freins (brake release weight) approximativement de 58,5 t et un Mach de croisière long range ou M.74, la lecture du graphique donne une altitude optimale de 33 500 ft.



**Figure 4.1** Optimum Altitude

Sur ce graphique, on observe par ailleurs que l'altitude optimale augmente au fur et à mesure que la masse diminue en fonction du délestage en croisière.

La croisière idéale serait celle d'une croisière ascendante, qui suivrait l'altitude optimale au fur et à mesure que la masse diminue en raison du délestage.

Seulement, pour des commodités de gestion de circulation dans l'espace aérien, la croisière ascendante n'est pas autorisée par l'ATC. Il faut donc envisager d'évoluer par paliers successifs, à des altitudes aussi proches que possible de l'altitude optimale au fur et à mesure que la masse de l'avion diminue.

Il en résulte que, lorsqu'on s'écarte de l'altitude optimale, que ce soit au-dessus ou en dessous, le rayon d'action spécifique diminue ; ce qui pénalise la consommation carburant.

Le tableau ci-après donne la pénalité de carburant en fonction de l'écart d'altitude par rapport à l'altitude optimale calculée aux différents Mach de croisière.

Off-Optimum Condition	Fuel Mileage Penalty %	
	LRC or Mach 0.74	Mach 0.78
2,000 ft above	-1	-1
Optimum	0	0
2,000 ft below	-1	-2
4,000 ft below	-4	-4
8,000 ft below	-10	-11
12,000 ft below	-15	-20

**Table 4.1** Off-Optimum Fuel Penalty

## b) Altitude croisière courte distance

Pour les vols de courte distance (distance < 250 NM), l'avion ne pourrait pas atteindre son niveau de croisière optimale publié dans le graphique précédent avant de débiter la descente.

Le graphique ci-dessous permet de déterminer l'altitude la plus élevée en fonction de la distance à parcourir autorisant un temps minimal de croisière d'au moins une minute.

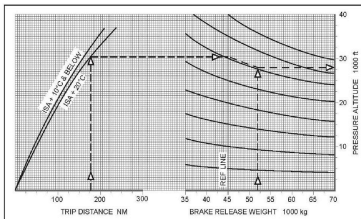


Figure 4.2 Short Distance Cruise Altitude

On entre dans le graphique avec la distance sol à parcourir ainsi que l'écart de température par rapport à l'ISA et la masse au décollage pour lire l'altitude optimisée pour une croisière de courte distance.

## Exemple

L'exemple est celui indiqué sur l'abaque.

Distance sol à parcourir : 175 NM.

Température : ISA + 20 °C.

Masse au lâcher des freins : 52 000 kg.

Quelle est l'altitude de croisière courte distance ?

- A) 28 000 ft
- B) 29 000 ft
- C) 30 000 ft
- D) 31 000 ft

## Réponse

L'altitude de croisière courte distance est de **28 000 ft**.

On notera que, pour les mêmes conditions de vol, cette altitude est bien inférieure à l'altitude optimale obtenue avec l'abaque du paragraphe précédent.



## 2 - Méthode 1 : calcul du délestage d'une étape standard avec les abaques « Simplified Flight Planning »

Les abaques sont référencés par rapport aux différentes lois de vitesses de croisière suivantes :

- croisière long range ;
- croisière M.74 ;
- croisière M.78 ;
- croisière à 300 kt IAS ;
- croisière avec des montées par paliers : cet abaque permet d'optimiser le carburant en encadrant l'altitude optimale par des paliers successifs de  $\pm 2\,000$  ft ; le régime de croisière utilisé pour cet abaque est le long range ou M.74 ;
- croisière de dégagement au long range : ce graphique inclut la procédure de remise de gaz suivi d'une montée puis une croisière long range et une descente avec une approche directe ; il permet de déterminer la réserve de dégagement.

Il est à noter que le délestage obtenu à partir de ces abaques ne prend pas en compte :

- le carburant de roulage (11 kg/min) et l'utilisation de l'APU au sol (115 kg/h) ;
- les pénalités de consommation, en fonction de l'écart avec l'altitude optimale ;
- la majoration de carburant due aux prélèvements : packs à haut débit (+ 1 % de la consommation croisière), utilisation de l'antigivrage (antigivrage moteur : 70 kg/h et antigivrage total : 180 kg/h) ;
- le carburant d'attente.

La présentation et l'utilisation de ces abaques sont similaires aux abaques abordés précédemment.

Nous allons illustrer l'utilisation de ces abaques à travers deux exemples :

- exemple 1 : calcul du délestage et du temps de vol ;
- exemple 2 : calcul de la distance sol maximale pour une quantité de carburant donnée.

### Exemple 1

Se référer à l'abaque 4.3.1c du CAP 697 : croisière long range (page 116).

Pour un vol de 2 400 NM sol, on dispose des éléments suivants :

- vent arrière : 25 kt ;
- température : ISA - 10°C ;
- altitude de croisière : 31 000 ft ;
- masse prévue à l'atterrissage : 52 000 kg.

Quels sont le délestage d'étape et le temps de vol ?

- A) 14 200 kg ; 5 h 30 min  
 B) 16 200 kg ; 5 h 45 min  
 C) 13 600 kg ; 6 h 30 min  
 D) 12 000 kg ; 5 h 15 min

**Note.** Les distances à parcourir sont toujours données en nautique sol.

### Réponse

Voir correction page 117.

L'abaque est établie pour les lois de vitesses suivantes :

- montée à 280 kt/M.74 ;
- croisière à la vitesse long range ;
- descente à M.74/250 kt.

Dans ces conditions, le délestage et le temps de vol sont respectivement de 14 200 kg et 5 h 30 min. Voir correction sur l'abaque ci-après.

Réponse **A**.

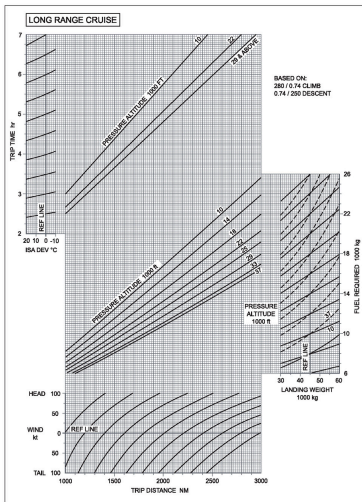


Figure 4.3.1 c Simplified Flight Planning – Trip Distances 1,000 NM to 3,000 NM

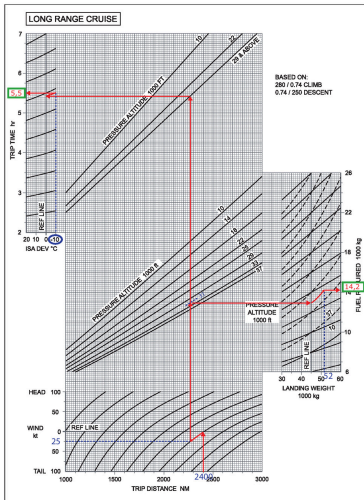


Figure 4.3.1 c Simplified Flight Planning – Trip Distances 1,000 NM to 3,000 NM

**Exemple 2**

Les abaques « Simplified Flight Planning » peuvent être utilisés pour déterminer la distance sol maximale pouvant être couverte en fonction du carburant disponible à bord. Nous allons illustrer ce cas de calcul.

Se référer à l'abaque ci-dessous. Dans les conditions suivantes :

- composante de vent arrière : 10 kt ;
- température : ISA + 10 °C ;
- masse au lâcher des freins : 63 000 kg ;
- carburant d'étape disponible : 20 000 kg.

Quelle est la distance maximale de vol réalisable ?

- A) 3 500 NM                      B) 3 640 NM  
C) 3 740 NM                      D) 3 250 NM

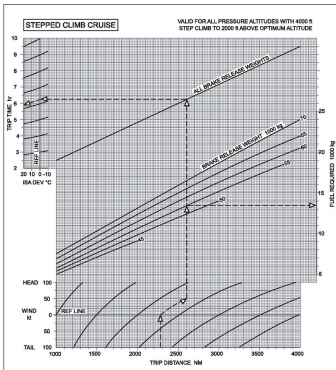


Figure 4.3.5 Simplified Flight Planning – Trip Distances 1,000 NM to 4,000 NM

**Réponse**

La distance franchissable maximale est de 3 740 NM.

Réponse C.

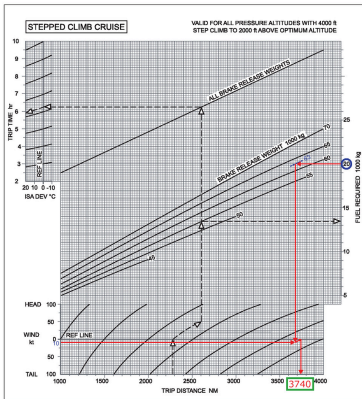


Figure 4.3.5 Simplified Flight Planning – Trip Distances 1,000 NM to 4,000 NM

### 3 - Méthode analytique : tableaux de marche et tableaux « Masses Milles Air ».

Par rapport à la méthode précédente, l'utilisation des tableaux de marche et des tableaux « Masses Milles Air » permet d'effectuer un calcul de carburant plus fin pour chacune des phases de vol d'un trajet : montée, croisière, descente et attente.

#### a) Montée

Les tableaux de marche de montée du B737 sont fondés sur le régime de vitesse 280 kt/M.74 ; ils sont donnés pour différentes températures et permettent d'obtenir :

- le temps de montée ;
  - le carburant en montée : les valeurs de délestage sont données pour un terrain situé au niveau de la mer ; pour des terrains situés au-dessus du niveau de la mer, il faudrait appliquer les corrections de délestage données en bas de chaque tableau.
  - la distance air ;
- Note.** Pour obtenir la distance sol, on applique la formule  $D_{sol} = D_{air} \times V_{sol} / V_p$  (avec  $D_{sol}$  = distance sol,  $D_{air}$  = distance air et  $V_{sol}$  = vitesse sol).
- la vitesse propre moyenne de montée.

#### Exemple

Se référer au tableau 4.5.1 « En-route Climb 280/.74 » (page 121).

Sont données :

- masse au lâcher des freins : 58 000 kg ;
- température : ISA + 15 °C.

Quel est le carburant requis pour effectuer une montée d'un aérodrome situé à 4 000 ft d'altitude jusqu'au FL 300 ?

- A) 1 350 kg                      B) 1 400 kg  
C) 1 450 kg                      D) 1 250 kg

#### Réponse

Le tableau de montée en question est valable pour une température allant de ISA + 6 °C à ISA + 15 °C.

Le calcul se fait en deux étapes.

- A 58 000 kg et au FL 300, la lecture de ce tableau donne une consommation pour la montée de 1 350 kg depuis 0 ft d'altitude.
- Pour un aérodrome situé à 4 000 ft d'altitude, en prenant en compte la correction dans le cartouche en bas du tableau, on obtient une consommation corrigée de :  
 $1\,350 - 100 = 1\,250$  kg.

## ISA +6°C TO +15°C

Press. Alt. ft	Units Min/Kg NAUM/Kt	BRACE RELEASE WEIGHT (KG)															
		60000	65000	70000	75000	80000	85000	90000	95000	100000	105000	110000	115000	120000	125000	130000	135000
37000	Time/Fuel				33/2350	21/2000	24/1850	22/1700	21/1600	18/1500	16/1400	14/1300	12/1200	10/1100	8/1000	6/900	4/800
	Dist/TAS				212/1009	95/8404	147/462	123/400	111/387	95/366	83/344	73/324	63/314	53/304	43/294	33/284	23/274
38000	Time/Fuel			35/2250	26/2000	23/1850	21/1700	20/1600	18/1500	16/1400	14/1300	12/1200	10/1100	8/1000	6/900	4/800	2/700
	Dist/TAS			188/405	101/402	143/400	138/398	119/387	102/366	88/344	76/324	65/314	54/304	43/294	33/284	23/274	13/264
39000	Time/Fuel	35/2610	26/2250	23/2050	21/1900	20/1750	18/1650	16/1550	14/1450	12/1350	10/1250	8/1150	6/1050	4/950	2/850	1/750	1/650
	Dist/TAS	224/402	100/402	157/399	141/397	129/396	115/395	103/394	95/392	83/391	73/390	63/389	53/388	43/387	33/386	23/385	13/384
40000	Time/Fuel	28/2250	25/2050	23/1900	21/1800	20/1650	18/1550	16/1450	14/1350	12/1250	10/1150	8/1050	6/950	4/850	2/750	1/650	1/550
	Dist/TAS	173/400	130/393	127/391	118/390	109/389	100/388	95/388	84/386	74/385	64/384	54/383	44/382	34/381	24/380	14/379	4/378
41000	Time/Fuel	29/1810	21/1650	20/1750	18/1650	16/1550	14/1450	12/1350	10/1250	8/1150	6/1050	4/950	2/850	1/750	1/650	1/550	1/450
	Dist/TAS	136/390	126/388	117/388	108/387	102/386	95/385	88/384	79/383	70/382	62/381	53/380	44/379	35/378	26/377	17/376	8/375
42000	Time/Fuel	20/1850	20/1750	18/1650	16/1550	14/1450	12/1350	10/1250	8/1150	6/1050	4/950	2/850	1/750	1/650	1/550	1/450	1/350
	Dist/TAS	125/386	116/385	108/384	101/383	95/382	88/381	84/381	74/380	64/379	55/378	46/377	37/376	28/375	19/374	10/373	1/372
43000	Time/Fuel	15/1850	16/1650	15/1550	14/1450	12/1350	10/1250	8/1150	6/1050	4/950	2/850	1/750	1/650	1/550	1/450	1/350	1/250
	Dist/TAS	98/376	90/375	82/374	74/373	66/372	58/371	50/370	42/369	34/368	26/367	18/366	10/365	2/364	1/363	1/262	1/161
44000	Time/Fuel	18/1700	16/1600	15/1500	14/1400	12/1300	10/1200	8/1100	6/1000	4/900	2/800	1/700	1/600	1/500	1/400	1/300	1/200
	Dist/TAS	166/376	90/376	82/375	74/374	66/373	58/372	50/371	42/370	34/369	26/368	18/367	10/366	2/365	1/364	1/263	1/162
45000	Time/Fuel	17/1600	17/1550	16/1450	15/1400	14/1300	12/1200	10/1100	8/1000	6/900	4/800	2/700	1/600	1/500	1/400	1/300	1/200
	Dist/TAS	95/371	90/371	84/370	78/369	72/368	66/367	60/366	54/365	48/364	42/363	36/362	30/361	24/360	18/359	12/358	6/357
46000	Time/Fuel	16/1650	15/1450	14/1400	14/1300	12/1200	10/1100	8/1000	6/900	4/800	2/700	1/600	1/500	1/400	1/300	1/200	1/100
	Dist/TAS	87/366	82/366	77/366	72/365	67/365	62/364	57/363	52/362	47/361	42/360	37/359	32/358	27/357	22/356	17/355	12/354
47000	Time/Fuel	15/1450	15/1400	14/1350	13/1250	12/1150	11/1050	10/950	9/850	8/750	7/650	6/550	5/450	4/350	3/250	2/150	1/50
	Dist/TAS	80/362	75/362	71/361	67/361	63/361	59/360	55/359	51/358	47/357	43/356	39/355	35/354	31/353	27/352	23/351	19/350
48000	Time/Fuel	14/1400	14/1350	13/1250	12/1150	11/1050	10/950	9/850	8/750	7/650	6/550	5/450	4/350	3/250	2/150	1/50	1/0
	Dist/TAS	73/356	68/357	64/357	60/357	56/356	52/356	48/355	44/354	40/353	36/352	32/351	28/350	24/349	20/348	16/347	12/346
49000	Time/Fuel	13/1350	13/1250	12/1200	11/1100	10/1000	9/900	8/800	7/700	6/600	5/500	4/400	3/300	2/200	1/100	1/0	1/0
	Dist/TAS	67/354	63/353	60/353	57/353	54/353	51/353	48/352	44/352	40/351	36/350	32/349	28/348	24/347	20/346	16/345	12/344
50000	Time/Fuel	12/1250	12/1200	11/1100	10/1000	9/900	8/800	7/700	6/600	5/500	4/400	3/300	2/200	1/100	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	61/350	58/349	55/349	52/349	49/349	46/348	43/348	40/347	36/346	32/345	28/344	24/343	20/342	16/341	12/340	8/339
51000	Time/Fuel	12/1200	11/1150	10/1050	9/950	8/850	7/750	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	56/346	54/346	51/346	48/346	46/346	43/345	40/345	37/344	34/343	31/342	28/341	25/340	22/339	19/338	16/337	13/336
52000	Time/Fuel	11/1150	11/1100	10/1000	9/900	8/800	7/700	6/600	5/500	4/400	3/300	2/200	1/100	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	52/343	49/342	47/342	44/342	42/342	39/341	36/341	33/340	30/339	27/338	24/337	21/336	18/335	15/334	12/333	9/332
53000	Time/Fuel	10/1100	10/1050	9/950	8/850	7/750	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	47/339	45/339	43/339	41/339	39/339	37/338	35/338	32/337	29/336	26/335	23/334	20/333	17/332	14/331	11/330	8/329
54000	Time/Fuel	10/1050	9/950	8/850	7/750	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	43/336	41/336	39/336	37/336	35/336	33/335	31/335	29/334	27/333	25/332	23/331	21/330	19/329	17/328	15/327	13/326
55000	Time/Fuel	9/1000	8/900	7/800	6/700	5/600	4/500	3/400	2/300	1/200	1/100	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	39/332	38/332	36/332	34/332	33/332	31/332	30/332	27/331	25/330	23/329	21/328	19/327	17/326	15/325	13/324	11/323
56000	Time/Fuel	8/950	8/850	7/750	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	36/329	34/329	32/329	30/329	28/329	26/328	24/328	22/327	20/326	18/325	16/324	14/323	12/322	10/321	8/320	6/319
57000	Time/Fuel	8/900	8/800	7/700	6/600	5/500	4/400	3/300	2/200	1/100	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	33/326	31/326	30/326	28/326	26/326	24/326	22/325	20/324	18/323	16/322	14/321	12/320	10/319	8/318	6/317	4/316
58000	Time/Fuel	8/850	7/750	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	29/323	28/323	26/323	24/323	23/323	21/322	20/322	18/321	16/320	14/319	12/318	10/317	8/316	6/315	4/314	2/313
59000	Time/Fuel	7/800	6/700	5/600	4/500	3/400	2/300	1/200	1/100	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	26/321	25/321	24/321	22/320	21/320	19/319	18/319	16/318	14/317	12/316	10/315	8/314	6/313	4/312	2/311	1/310
60000	Time/Fuel	7/750	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	24/318	23/318	22/318	21/318	20/318	18/317	17/317	15/316	13/315	11/314	9/313	7/312	5/311	3/310	1/309	1/308
61000	Time/Fuel	6/700	6/600	5/500	4/400	3/300	2/200	1/100	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	21/315	20/315	19/315	18/315	17/315	15/314	14/314	12/313	10/312	8/311	6/310	4/309	2/308	1/307	1/306	1/305
62000	Time/Fuel	6/650	5/550	4/450	3/350	2/250	1/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	19/312	18/312	17/312	16/312	15/312	13/311	12/311	10/310	8/309	6/308	4/307	2/306	1/305	1/304	1/303	1/302
63000	Time/Fuel	6/600	5/500	4/400	3/300	2/200	1/100	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	16/310	15/310	14/310	13/310	12/310	10/309	9/309	8/308	7/307	6/306	5/305	4/304	3/303	2/302	1/301	1/300
64000	Time/Fuel	6/550	5/450	4/350	3/250	2/150	1/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	14/306	13/306	12/306	11/306	10/306	9/305	8/305	7/304	6/303	5/302	4/301	3/300	2/299	1/298	1/297	1/296
65000	Time/Fuel	6/500	5/400	4/300	3/200	2/100	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	13/303	12/303	11/303	10/303	9/303	8/302	7/302	6/301	5/300	4/299	3/298	2/297	1/296	1/295	1/294	1/293
66000	Time/Fuel	6/450	5/350	4/250	3/150	2/50	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	12/300	11/300	10/300	9/299	8/299	7/298	6/298	5/297	4/296	3/295	2/294	1/293	1/292	1/291	1/290	1/289
67000	Time/Fuel	6/400	5/300	4/200	3/100	2/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	11/297	10/297	9/297	8/296	7/296	6/295	5/295	4/294	3/293	2/292	1/291	1/290	1/289	1/288	1/287	1/286
68000	Time/Fuel	6/350	5/250	4/150	3/50	2/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
	Dist/TAS	10/294	9/294	8/294	7/293	6/293	5/292	4/292	3/291	2/290	1/289	1/288	1/287	1/286	1/285	1/284	1/2

**b) Croisière : tableaux « Masses Milles Air »**

Les tableaux de croisière sont publiés sous forme de tableaux « Masses Milles Air » calculés pour une vitesse de croisière et un niveau de vol donnés (voir page suivante). Ils permettent la détermination rapide de la consommation carburant en croisière pour une **distance air** de croisière donnée.

Le principe de l'utilisation de ces tableaux est relativement simple : l'écart de deux masses publiées dans le tableau représente une quantité de carburant consommé et les deux distances correspondant à ces deux masses représentent la distance air pouvant être parcourue pour cette masse de carburant.

Ne perdons pas de vue que ces tableaux permettent de déterminer uniquement le délestage en croisière. Pour obtenir le délestage d'étape, il faudrait y ajouter la quantité de carburant nécessaire pour la montée, la descente, ainsi que les procédures de départ et d'arrivée.

Deux remarques importantes relatives à l'utilisation des tableaux « Masses Milles Air ».

- La distance à utiliser dans ces tableaux est une **distance air**. Il est donc nécessaire de convertir la distance sol en distance air avant d'entrer dans ces tableaux ; pour ce faire, on peut utiliser soit le graphique de conversion distance sol/distance air fourni par le constructeur, soit la formule de conversion  $D_{AIR} = D_{SOL} \times (V_F / V_{SOL})$ .  
**Attention** : dans ce deuxième cas, il y a souvent lieu d'apporter une correction à la  $V_F$  en fonction de l'écart de la température extérieure par rapport à l'ISA ; les valeurs de correction sont données en bas du tableau.
- Le délestage publié dans le tableau est calculé en conditions ISA. Il faut donc effectuer une correction en cas d'écart de température, suivant les indications données en bas du tableau.



All Engines		Maximum Cruise Thrust Limits					A/C Auto				
PRESSURE ALTITUDE		31,000 ft					LONG RANGE CRUISE				
GROSS		0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
WT. kg	TAS	CRUISE DISTANCE NAUTICAL AIR MILES									
35000	391	0	22	44	66	88	110	132	154	176	199
36000	396	221	242	264	286	308	330	352	374	395	417
37000	399	439	461	482	504	525	547	569	590	612	633
38000	403	655	676	698	719	740	762	783	804	825	847
39000	406	868	889	910	931	952	973	995	1016	1037	1058
40000	410	1079	1100	1120	1141	1162	1183	1204	1225	1245	1266
41000	414	1297	1308	1328	1349	1369	1390	1410	1431	1452	1472
42000	417	1493	1513	1533	1554	1574	1594	1615	1635	1655	1676
43000	420	1696	1716	1736	1756	1776	1796	1816	1837	1857	1877
44000	423	1897	1917	1936	1956	1976	1996	2016	2036	2056	2076
45000	425	2095	2115	2135	2154	2174	2194	2213	2233	2252	2272
46000	428	2292	2311	2331	2350	2369	2389	2408	2428	2447	2466
47000	430	2486	2505	2524	2543	2563	2582	2601	2620	2639	2658
48000	432	2678	2697	2716	2735	2754	2772	2791	2810	2829	2848
49000	433	2867	2886	2905	2924	2942	2961	2980	2998	3017	3036
50000	435	3055	3073	3092	3110	3129	3147	3166	3184	3203	3221
51000	436	3240	3258	3276	3295	3313	3331	3350	3368	3386	3405
52000	437	3423	3441	3459	3477	3495	3513	3531	3550	3568	3586
53000	437	3604	3622	3640	3657	3675	3693	3711	3729	3747	3765
54000	437	3783	3800	3818	3836	3853	3871	3889	3906	3924	3942
55000	437	3959	3977	3994	4012	4029	4047	4064	4082	4099	4117
56000	437	4134	4152	4169	4186	4203	4221	4238	4255	4272	4290
57000	437	4307	4324	4341	4358	4375	4392	4409	4426	4443	4461
58000	437	4478	4494	4511	4528	4545	4562	4579	4596	4612	4629
59000	437	4646	4663	4679	4696	4713	4729	4746	4763	4779	4796
60000	437	4813	4829	4845	4862	4878	4895	4911	4928	4944	4960
61000	437	4977	4993	5009	5025	5042	5058	5074	5090	5107	5123
62000	437	5139	5155	5171	5187	5203	5219	5235	5251	5267	5283
63000	437	5299	5315	5331	5346	5362	5378	5394	5410	5425	5441
64000	437	5457	5473	5488	5504	5519	5535	5550	5566	5582	5597
65000	437	5613	5628	5643	5659	5674	5690	5705	5720	5736	5751
66000	437	5768	5782	5797	5812	5827	5842	5857	5873	5888	5903
67000	437	5981	5993	5998	5963	5978	5993	6008	6023	6037	6052
<b>NOTE 1:</b> OPTIMUM WEIGHT FOR PRESSURE ALTITUDE IS 63,500 kg											
A) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +10 AND COLDER EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT											
B) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +15 EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT											
C) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +20 EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT											
<b>NOTE 2:</b> ADJUSTMENTS FOR OPERATION AT NON-STANDARD TEMPERATURES											
A) INCREASE FUEL REQUIRED BY 0.6 PERCENT PER 10 DEGREES C ABOVE ISA											
B) DECREASE FUEL REQUIRED BY 0.6 PERCENT PER 10 DEGREES C BELOW ISA											
C) INCREASE TAS BY 1 KNOT PER DEGREE C ABOVE ISA											
D) DECREASE TAS BY 1 KNOT PER DEGREE C BELOW ISA											

Figure 4.5.3.1 Long Range Cruise – Pressure Altitude 31,000 ft

**Graphique de conversion distance sol en distance air.**

Comme nous l'avons précisé précédemment, cet abaque est conçu pour convertir la distance sol en distance air. Elle est utilisée en conjonction avec les tableaux « Masses Mille Air ». Son utilisation est relativement simple.

**Exemple**

Se référer à l'abaque donné page 125 .

Vitesse propre = 450 kt.

Distance sol = 500 NM.

Vent effectif = 50 kt de face.

Quelle est la distance air correspondante ?

A) 504 NM

B) 562 NM

C) 450 NM

D) 615 NM

**Réponse**

Voir correction sur l'abaque page 126.

La distance air correspondante est approximativement de 560 NM.

Réponse **B**.

On peut également obtenir la réponse en appliquant la formule  $D_{AIR} = D_{SOL} \times (V_P / V_{SOL})$ .

Avec  $V_{SOL} = 450 - 50 = 400$  kt :

$D_{AIR} = 500 \times (450 / 400) = 562$  NM.



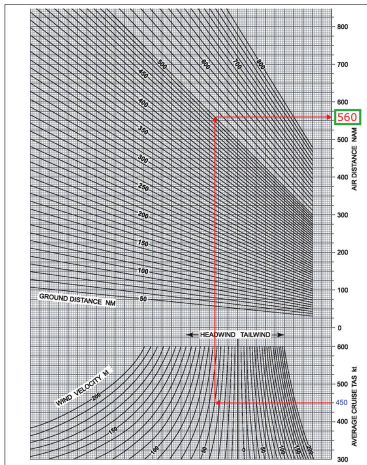


Figure 4.5.2 Wind Range Correction Graph

## Tableaux « Masses Mille Air » B737

Nous allons expliciter l'utilisation de ces tableaux à travers l'exemple suivant.

**Exemple**

Se référer au tableau 4.5.3.3 « Mach 0.78 Croisière – Pressure Altitude 30 000 ft » (page suivante).

Sont donnés :

- distance sol A-B : 1 200 NM ;
- croisière Mach 0,78 au FL 300 ;
- température : ISA - 14 °C ;
- composante de vent arrière : 40 kt ;
- masse en A : 50 200 kg.

Quel est le carburant de croisière nécessaire pour effectuer le segment A-B ?

- A) 5 850 kg                      B) 6 150 kg  
C) 7 300 kg                      D) 7 050 kg

**Réponse**

Se référer à la correction page 129.

**a) Etape 1 :** calcul de la distance air à parcourir entre A et B

La  $V_p$  (TAS) est toujours indiquée dans le tableau « Masses Mille Air », soit en en-tête du tableau pour des Mach fixes, soit dans la deuxième colonne du tableau pour le Mach long range (cf. tableau page 128).

$V_p$  (ISA) = 460 kt.

La correction en bas du tableau (note 2) permet de déterminer la  $V_p$  à ISA - 14 °C :

$V_p$  (ISA - 14 °C) = 460 - 14 = 446 kt.

L'abaque 4.5.2 « Wind Range Correction » permet de convertir une distance sol de 1 200 NM en une distance air. Cependant, il est plus facile d'obtenir le résultat en appliquant directement la formule :

$D_{AIR} = D_{SOL} \times (V_p / V_{SOL})$ , avec  $V_{SOL} = 446 + 40 = 486$  kt

$D_{AIR} = 1\,200 \times (446 / 486) = 1\,101$  NM

**b) Etape 2 :** lecture du tableau « Masses Mille Air »

Le tableau est calculé pour des pas de masse de 100 kg ; une interpolation linéaire peut être effectuée entre les deux valeurs de masses consécutives pour augmenter la précision du résultat.

	Masse (kg)		Mille Air (NM)
Au début du segment (au point A)	50 200	→	2 800
Distance air à parcourir entre A et B			- 1 101
			-----
En fin du segment (au point B)	44 000	←	1 699

Le carburant requis en conditions ISA est de 50 200 - 44 000 = 6 200 kg.

**c) Etape 3 :** carburant requis corrigé de l'écart de la température standard

Le carburant requis ci-dessus est donné en conditions standards. Il y a donc lieu d'apporter une correction en fonction de l'écart de température par rapport aux conditions standards. La correction de température à effectuer est donnée en bas du tableau (note 2) ; elle est de - 0,60 % pour 10 °C ΔISA.

A ISA - 14, la correction de carburant est de - 0,84 %, soit - 6 200 kg x 84 % = - 52 kg.

Carburant requis = 6 200 - 52 = **6 148 kg**.

Réponse **B**.

All Engines		Maximum Cruise Thrust Limits						A/C Auto		
PRESSURE ALTITUDE 30,000 ft MACH 0.78 CRUISE TAS 460 kt										
GROSS	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
WT. kg	CRUISE DISTANCE NAUTICAL AIR MILES									
35000	0	19	38	57	77	96	115	135	154	173
36000	193	212	231	250	269	289	308	327	346	365
37000	385	404	423	442	461	480	499	519	538	557
38000	576	595	614	633	652	671	690	709	728	747
39000	766	785	804	823	842	860	879	898	917	936
40000	955	974	993	1011	1030	1049	1068	1086	1105	1124
41000	1143	1161	1180	1199	1217	1236	1255	1273	1292	1311
42000	1329	1348	1366	1385	1403	1422	1440	1459	1477	1496
43000	1514	1533	1551	1569	1588	1606	1624	1643	1661	1679
44000	1698	1716	1734	1752	1771	1789	1807	1825	1844	1862
45000	1880	1898	1916	1934	1952	1970	1988	2006	2024	2042
46000	2061	2078	2096	2114	2132	2150	2168	2186	2204	2222
47000	2239	2257	2275	2293	2310	2328	2346	2363	2381	2399
48000	2417	2434	2452	2469	2487	2504	2522	2539	2557	2574
49000	2592	2609	2627	2644	2661	2679	2696	2713	2731	2748
50000	2765	2783	2800	2817	2834	2851	2868	2886	2903	2920
51000	2937	2954	2971	2988	3005	3022	3039	3056	3073	3090
52000	3107	3123	3140	3157	3174	3191	3207	3224	3241	3258
53000	3274	3291	3308	3324	3341	3357	3374	3390	3407	3423
54000	3440	3456	3473	3489	3506	3522	3538	3555	3571	3587
55000	3604	3626	3636	3652	3668	3684	3701	3717	3733	3749
56000	3765	3781	3797	3813	3829	3845	3861	3877	3893	3909
57000	3925	3940	3956	3972	3988	4003	4019	4035	4050	4066
58000	4082	4097	4113	4128	4144	4160	4175	4191	4206	4222
59000	4237	4252	4268	4283	4298	4314	4329	4344	4360	4375
60000	4390	4405	4421	4436	4451	4466	4481	4496	4511	4526
61000	4541	4556	4571	4586	4601	4616	4631	4646	4661	4676
62000	4691	4705	4720	4735	4749	4764	4779	4794	4808	4823
63000	4838	4852	4867	4881	4896	4910	4925	4939	4954	4968
64000	4983	4997	5011	5025	5040	5054	5068	5083	5097	5111
65000	5125	5140	5154	5168	5182	5196	5210	5224	5238	5252
66000	5266	5280	5294	5308	5322	5335	5349	5363	5377	5391
67000	5405	5418	5432	5446	5459	5473	5487	5500	5514	5528
NOTE 1: OPTIMUM WEIGHT FOR PRESSURE ALTITUDE IS 64,200 kg										
A) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +10 AND COLDER EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT										
B) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +15 EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT										
C) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +20 EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT										
NOTE 2: ADJUSTMENTS FOR OPERATION AT NON-STANDARD TEMPERATURES										
A) INCREASE FUEL REQUIRED BY 0.6 PERCENT PER 10 DEGREES C ABOVE ISA										
B) DECREASE FUEL REQUIRED BY 0.6 PERCENT PER 10 DEGREES C BELOW ISA										
C) INCREASE TAS BY 1 KNOT PER DEGREE C ABOVE ISA										
D) DECREASE TAS BY 1 KNOT PER DEGREE C BELOW ISA										

Figure 4.5.3.3 Mach 0.78 Cruise – Pressure Altitude 30,000 ft

All Engines		Maximum Cruise Thrust Limits					A/C Auto			
PRESSURE ALTITUDE		30,000 ft		MACH 0.78 CRUISE			TAS 460 kt			
GROSS	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
WT. kg	CRUISE DISTANCE NAUTICAL AIR MILES									
35000	0	19	38	57	77	96	115	135	154	173
36000	193	212	231	250	269	289	308	327	346	366
37000	385	404	423	442	461	480	499	519	538	557
38000	576	595	614	633	652	671	690	709	728	747
39000	766	785	804	823	842	860	879	898	917	936
40000	956	974	993	1011	1030	1049	1068	1086	1105	1124
41000	1143	1161	1180	1199	1217	1236	1255	1273	1292	1311
42000	1329	1348	1366	1385	1403	1422	1440	1459	1477	1496
43000	1514	1533	1551	1569	1588	1606	1624	1643	1661	1679
44000	1698	1716	1734	1752	1771	1789	1807	1825	1844	1862
45000	1880	1898	1916	1934	1952	1970	1988	2006	2024	2042
46000	2061	2079	2096	2114	2132	2150	2168	2186	2204	2222
47000	2239	2257	2275	2293	2310	2328	2346	2363	2381	2399
48000	2417	2434	2452	2469	2487	2504	2522	2539	2557	2574
49000	2592	2609	2627	2644	2661	2679	2696	2713	2731	2748
50000	2765	2783	2800	2817	2834	2851	2868	2886	2903	2920
51000	2937	2954	2971	2988	3005	3022	3039	3056	3073	3090
52000	3107	3123	3140	3157	3174	3191	3207	3224	3241	3258
53000	3274	3291	3308	3324	3341	3357	3374	3390	3407	3423
54000	3440	3456	3473	3489	3506	3522	3538	3555	3571	3587
55000	3604	3620	3636	3652	3668	3684	3701	3717	3733	3749
56000	3765	3781	3797	3813	3829	3845	3861	3877	3893	3909
57000	3925	3940	3956	3972	3988	4003	4019	4035	4050	4066
58000	4082	4097	4113	4128	4144	4160	4175	4191	4206	4222
59000	4237	4252	4268	4283	4298	4314	4329	4344	4360	4375
60000	4390	4405	4421	4436	4451	4466	4481	4496	4511	4526
61000	4541	4556	4571	4586	4601	4616	4631	4646	4661	4676
62000	4691	4705	4720	4735	4749	4764	4779	4794	4808	4823
63000	4838	4852	4867	4881	4896	4910	4925	4939	4954	4968
64000	4983	4997	5011	5025	5040	5054	5068	5083	5097	5111
65000	5125	5140	5154	5168	5182	5196	5210	5224	5238	5252
66000	5266	5280	5294	5308	5322	5335	5349	5363	5377	5391
67000	5405	5418	5432	5446	5459	5473	5487	5500	5514	5528
NOTE 1: OPTIMUM WEIGHT FOR PRESSURE ALTITUDE IS 64,200 kg										
A) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +10 AND COLDER EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT										
B) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +15 EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT										
C) THRUST LIMITED WEIGHT FOR ISA +20 EXCEEDS STRUCTURAL LIMIT										
NOTE 2: ADJUSTMENTS FOR OPERATION AT NON-STANDARD TEMPERATURES										
A) INCREASE FUEL REQUIRED BY 0.6 PERCENT PER 10 DEGREES C ABOVE ISA										
B) DECREASE FUEL REQUIRED BY 0.6 PERCENT PER 10 DEGREES C BELOW ISA										
C) INCREASE TAS BY 1 KNOT PER DEGREE C ABOVE ISA										
D) DECREASE TAS BY 1 KNOT PER DEGREE C BELOW ISA										

Figure 4.5.3.3 Mach 0.78 Cruise – Pressure Altitude 30,000 ft

## c) Descente

Les tableaux de descente du B737-400 sont établis pour les lois de vitesses suivantes :

- M.74/250 kt IAS : descente de type économique ;
- M.70/280/250 kt IAS : descente en condition de turbulence.

Les données de ces tableaux comprennent une procédure d'approche directe avec un forfait de 2 minutes et 100 kg de carburant.

Ces tableaux permettent de déterminer le temps, la consommation et la distance air parcourue pendant la descente depuis le niveau de croisière. Ils ne posent pas de problème particulier pour l'utilisation.

Le seul point à souligner concerne le calcul de la distance sol parcourue. En effet, si la distance sol est demandée à la place de la distance air dans l'énoncé, il faudrait appliquer la formule suivante :  $D_{SOL} = (D_{AIR} \times V_{SOL}) / V_F$ .

Dans ce cas, le calcul de la vitesse propre se fait avec une altitude moyenne en tenant compte de l'écart de température par rapport à l'ISA.

## Exemple

Se référer à l'abaque suivant.

Masse atterrissage = 45 000 kg ; altitude de croisière = 30 000 ft ; vent effectif = 50 kt de face ; température = ISA ; régime de descente : M.74/250 kt.

Quels sont le temps, la consommation et la distance sol de descente ?

- A) 25 min ; 302 kg ; 98 NM ; 79 NM      B) 19,5 min ; 277,5 kg ; 90 NM ; 75 NM  
C) 32 min ; 325 kg ; 102 NM ; 87 NM      D) 17,5 min ; 265 kg ; 85 NM ; 71 NM

0.74 M/250 KIAS (Economy) Descent

PRESS. ALT. ft	TIME min	FUEL kg	AIR DISTANCE TRAVELLED NM				
			LANDING WEIGHT kg				
			35,000	45,000	55,000	65,000	75,000
37,000	23	295	98	109	114	114	110
36,000	22	290	94	105	110	110	106
33,000	21	285	89	99	103	103	101
31,000	20	280	83	93	97	98	95
29,000	19	275	78	87	91	91	89
27,000	19	270	73	81	85	85	83
25,000	18	260	68	75	79	79	77
23,000	16	255	63	69	72	73	71
21,000	15	245	58	64	66	67	66
19,000	14	235	53	58	60	61	60
17,000	13	225	48	52	54	55	54
15,000	12	215	43	46	48	49	48
10,000	9	185	30	32	33	34	33
5,000	6	140	18	18	18	18	18
3,700	5	130	14	14	14	14	14



## Réponse

## 0.74 M/250 KIAS (Economy) Descent

PRESS. ALT. ft	TIME min	FUEL kg	AIR DISTANCE TRAVELLED NM				
			LANDING WEIGHT kg				
			35,000	45,000	55,000	65,000	75,000
37,000	23	295	98	109	114	114	110
35,000	22	290	94	105	110	110	106
33,000	21	285	89	99	103	103	101
31,000	20	280	83	93	97	98	95
29,000	19.5	277.5	78	87	91	91	89
27,000	19	270	73	81	85	85	83
25,000	18	260	68	75	79	79	77
23,000	16	255	63	69	72	73	71
21,000	15	245	58	64	66	67	66
19,000	14	235	53	58	60	61	60
17,000	13	225	48	52	54	55	54
15,000	12	215	43	46	48	49	48
10,000	9	185	30	32	33	34	33
5,000	6	140	18	18	18	18	18
3,700	5	130	14	14	14	14	14

• La lecture par interpolation du tableau ci-dessus donne les éléments de réponses suivants :

- temps = 19,5 minutes ;
- consommation = 277,5 kg ;
- distance air = 90 NM.

• Calcul de la  $D_{SOL}$  de descente

$$D_{SOL} = (D_{AIR} \times V_{SOL}) / V_p$$

L'altitude moyenne pour le calcul de la  $V_p$  est de 15 000 ft.

Ainsi, à l'aide du computer,  $V_p$  (250 kt IAS à 15 000 ft et à ISA) = 315 kt

$$V_{SOL} = 315 - 50 = 265 \text{ kt}$$

$$D_{SOL} = (90 \times 265) / 315$$

$$= 75 \text{ NM}$$

Réponse B.

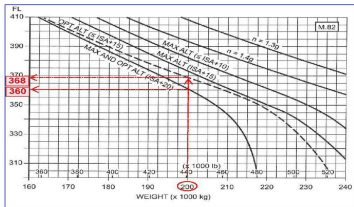
## E – Calcul carburant pour airbus A310



Pour faire le parallèle avec le calcul du carburant pour le B737, nous abordons les différents points de calcul suivants pour l'A310 :

- détermination de l'altitude optimale ;
- calcul du déstage proprement dit pour une étape standard :
  - méthode 1 : utilisation des tableaux « Flight Planning From Brake Release To Landing » ;
  - méthode 2 : utilisation des tableaux « Masses Millies Air » et ceux de la montée et de descente.

## 1 - Altitude optimale



Les abaques « Altitude optimale » sont élaborés pour différentes lois de vitesses (Mach long range, M.80, M.82...).

L'abaque ci-dessus est calculé pour M.82 ; elle permet de déterminer l'altitude optimale, mais également les altitudes d'accrochage (altitude maximale obtenue avec la poussée maxi croisière à différentes températures), ainsi que les limites de manœuvre 1,3 g et 1,4 g.

L'exemple reporté sur l'abaque donne, pour une masse de 200 t :

- une altitude optimale de 36 800 ft pour une température  $\leq$  ISA + 15 °C ;
- une altitude optimale de 36 000 ft pour ISA + 20 °C.

**Note.** En principe, l'altitude optimale ne varie pratiquement pas en fonction de la température (cf. ouvrage 032 Performances). Dans le cas présent, l'altitude d'accrochage à ISA + 20 °C se trouve en-dessous de l'altitude optimale. Il est donc physiquement impossible d'atteindre celle-ci : l'altitude optimale est alors limitée par l'altitude d'accrochage ISA + 20 °C.

## **2 - Méthode 1 : calcul du délestage d'une étape standard avec les tableaux « Flight Planning From Brake Release To Landing »**

### **a) Tableau de conversion distance sol en distance air**

L'utilisation de ce tableau est relativement simple ; elle est basée sur l'application de la formule suivante :  $D_{AIR} = D_{SOL} \times (V_F / V_{SOL})$ .

Exemple : tableau de conversion  $D_{SOL}$  en  $D_{AIR}$  pour M.82 page 134.

### **b) Tableaux « Flight Planning From Brake Release To Landing »**

Les tableaux « Flight Planning From Brake Release To Landing » (voir page 135) permettent une détermination rapide du délestage d'étape et le temps de vol estimé pour couvrir une distance air donnée.

Ils sont établis avec les hypothèses de calcul suivantes :

- montée (250 kt/300 kt/M.80) ; croisière (M.80 ou M.82 ou M.84 ou LR) ; descente (Mach croisière/300 kt/250 kt) ;
- condition standard (ISA) ;
- masse de référence à l'atterrissage : 140 000 kg ;
- CG = 37 % ;
- conditionnement d'air normal ;
- antigivrage sur « OFF ».

**Ainsi, lorsque les conditions de calcul diffèrent de celles des hypothèses de calcul ci-dessus, il y aura lieu d'appliquer les corrections de carburant appropriées :**

- les corrections de masse à l'atterrissage et de prélèvement sont indiquées dans les tableaux ;
- pour la correction de température, appliquer la règle de correction suivante pour chaque degré au-dessus de la température standard (formule de correction fournie à l'examen sous forme d'annexe) :  $0,010 \text{ (kg/}^\circ\text{C/NM)} \times \Delta \text{ ISA (}^\circ\text{C)} \times \text{distance air (NM)}$ .

Nous allons illustrer l'utilisation de ces tableaux à travers l'exemple suivant.

### **Exemple**

Se référer aux tableaux pages suivantes.

Distance sol à parcourir : 2 000 NM ; niveau de vol croisière : FL 330 ; vitesse de croisière : M.82 (vitesse propre = 470 kt) ; composante de vent de face : 30 kt ; masse atterrissage prévue à destination : 160 000 kg ; température : ISA ; CG : 37 % ; antigivrage total mis sur « ON » ; conditionnement d'air sur « HI ».

Le carburant nécessaire pour effectuer un tel vol est de :

- A) 27 950 kg
- B) 28 450 kg
- C) 29 650 kg
- D) 25 920 kg

GROUND DIST (NM)	AIR DISTANCE (NM)						
	TAIL WIND		WIND COMPONENT (KTS)			HEAD WIND	
	+150	+100	+50	0	-50	-100	-150
10	8	8	9	10	11	13	15
20	15	17	18	20	22	25	29
30	23	25	27	30	34	38	44
40	30	33	36	40	45	51	59
50	38	41	45	50	56	63	73
100	76	83	90	100	112	127	146
200	152	165	181	200	224	254	293
300	228	248	271	300	335	381	439
400	304	330	362	400	447	507	586
500	380	413	452	500	559	634	732
1000	759	825	904	1000	1118	1268	1465
1500	1139	1238	1357	1500	1677	1903	2197
2000	1518	1651	1809	2000	2237	2537	2930
2500	1898	2063	2261	2500	2796	3171	3662
3000	2277	2476	2713	3000	3355	3805	4395
3500	2657	2889	3165	3500	3914	4439	5127
4000	3036	3302	3617	4000	4473	5073	5860
4500	3416	3714	4070	4500	5032	5708	6592
5000	3795	4127	4522	5000	5591	6342	7324
5500	4175	4540	4974	5500	6151	6976	8057
6000	4555	4952	5426	6000	6710	7610	8789
6500	4934	5365	5878	6500	7269	8244	9522
7000	5314	5778	6330	7000	7828	8878	10254
7500	5693	6190	6783	7500	8387	9513	10987
8000	6073	6603	7235	8000	8946	10147	11719
8500	6452	7016	7687	8500	9506	10781	12451
9000	6832	7428	8139	9000	10065	11415	13184
9500	7211	7841	8591	9500	10624	12049	13916
10000	7591	8254	9043	10000	11183	12683	14649

M.82

**Tableau de conversion distance sol en distance air.**

FLIGHT PLANNING FROM BRAKE RELEASE TO LANDING CLIMB: 250KTS/300KTS/M.80 - CRUISE: M.82 - DESCENT: M.82/300KTS/250KTS IMC PROCEDURE: 240 KG (6 MIN)									
REF. LANDING WEIGHT = 140.000 KG NORMAL AIR CONDITIONING ANTI ICING OFF				ISA CG = 37,0 %		FUEL CONSUMED (KG) TIME (H.MIN)			
AIR DIS. (NM)	FLIGHT LEVEL					CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (KG/1.000 KG)			
	310	330	350	370	390	410	FL310 FL330	FL350 FL370	FL390 FL410
200	3537 0.39	3531 0.39					11		
300	4784 0.51	4684 0.52	4622 0.52	4579 0.52	4555 0.52	4548 0.52	13	16	18
400	5993 1.04	5840 1.04	5711 1.04	5609 1.05	5536 1.05	5489 1.05	16	18	22
500	7225 1.16	6998 1.17	6803 1.17	6642 1.17	6510 1.17	6434 1.17	18	21	25
600	8460 1.29	8160 1.29	7898 1.30	7679 1.30	7506 1.30	7383 1.30	20	24	29
700	9698 1.41	9323 1.42	8996 1.43	8718 1.43	8496 1.43	8335 1.43	22	27	32
800	10938 1.54	10490 1.55	10096 1.55	9759 1.56	9490 1.56	9291 1.56	25	29	36
900	12180 2.06	11659 2.07	11199 2.08	10804 2.08	10486 2.09	10251 2.09	27	32	40
1000	13425 2.19	12831 2.20	12305 2.21	11851 2.21	11465 2.21	11213 2.21	29	35	44
1100	14673 2.31	14005 2.32	13413 2.33	12901 2.34	12487 2.34	12180 2.34	32	38	48
1200	15924 2.44	15182 2.45	14525 2.46	13954 2.47	13492 2.47	13149 2.47	34	41	51
1300	17178 2.56	16363 2.58	15640 2.59	15010 3.00	14501 3.00	14123 3.00	37	44	55
1400	18434 3.09	17546 3.10	16758 3.12	16070 3.12	15514 3.12	15101 3.12	39	47	59
1500	19693 3.21	18732 3.23	17879 3.24	17132 3.25	16530 3.25	16083 3.25	42	50	64
1600	20955 3.34	19921 3.36	19003 3.37	18197 3.38	17550 3.38	17069 3.38	45	53	68
1700	22221 3.46	21114 3.48	20129 3.50	19268 3.51	18574 3.51	18060 3.51	47	56	72
1800	23489 3.59	22310 4.01	21260 4.03	20337 4.04	19601 4.04	19054 4.04	50	59	77
1900	24761 4.11	23506 4.13	22394 4.15	21412 4.16	20632 4.16	20052 4.16	53	63	82
2000	26035 4.24	24710 4.26	23531 4.28	22491 4.29	21667 4.29	21067 4.29	56	66	87
2100	27311 4.37	25914 4.39	24671 4.41	23573 4.42	22707 4.42	22078 4.42	58	69	92
2200	28591 4.49	27122 4.51	25814 4.53	24658 4.55	23750 4.55	23093 4.55	61	73	97
2300	29875 5.02	28333 5.04	26960 5.06	25746 5.07	24796 5.08	24113 5.08	64	76	102
2400	31161 5.14	29546 5.18	28110 5.19	26837 5.20	25846 5.20	25136 5.20	67	79	107
2500	32450 5.27	30764 5.29	29263 5.32	27932 5.33	26920 5.33	26165 5.33	70	82	113
2600	33742 5.39	31985 5.42	30419 5.44	29030 5.46	27962 5.46	27198 5.46	73	86	118
2700	35038 5.52	33209 5.54	31577 5.57	30131 5.59	29047 5.59	28237 5.59	75	90	122
PACK FLOW LO		PACK FLOW HI OR/AND CARGO COOL ON			ENGINE ANTI ICE ON		TOTAL ANTI ICE ON		
ΔFUEL = -0,4 %		ΔFUEL = +1 %			ΔFUEL = +1,5 %		ΔFUEL = +7 %		

Tableau « Flight Planning From Brake Release To Landing ».

**Réponse**

Se référer à la correction page 137.

**a) Calcul de la distance air**

Nous pouvons utiliser le tableau de conversion distance sol/distance air du paragraphe précédent, mais il est plus simple et plus rapide d'appliquer la formule suivante :

$$\begin{aligned}\text{Distance air} &= \text{distance sol} \times (\text{TAS} / \text{VSOL}) \\ &= 2\,000 \times (470 / 470 - 30) \\ &= 2\,136 \text{ NM}\end{aligned}$$

**b) Lecture du tableau « Flight Planning From Brake Release To Landing » (en rouge dans le tableau)**

Avec un FL 330, la lecture du tableau donne les éléments suivants :

- $D_{\text{AIR}} = 2\,100 \text{ NM} \Rightarrow \text{consommation} = 25\,914 \text{ kg}$  ;
- $D_{\text{AIR}} = 2\,300 \text{ NM} \Rightarrow \text{consommation} = 27\,122 \text{ kg}$  ;

Par interpolation, avec une distance air de 2 136 NM, le délestage obtenu est de 26 349 kg.

**c) Correction du délestage en fonction du prélèvement et de la masse (en bleu dans le tableau)**

Les corrections du délestage en fonction du prélèvement sont indiquées en bas du tableau.

- correction antigivrage total « ON » : + 7 % ;
- correction Packs HI (High) : + 1 %.

Le délestage corrigé du prélèvement d'air est de :  $26\,349 \times 1,08 = 28\,457 \text{ kg}$ .

Ce délestage est établi avec une masse atterrissage de référence de 140 000 kg. Comme la masse prévue à l'atterrissage est de 160 000 kg, on applique une correction carburant due à l'écart de masse entre 160 000 kg et 140 000 kg.

La lecture de la colonne de correction de masse à droite du tableau donne, par interpolation, une correction de 59 kg pour 1 000 kg d'écart par rapport à 140 000 kg ; soit une correction de masse totale de  $59 \times (160\,000 - 140\,000) / 1\,000 = 1\,180 \text{ kg}$ .

Consommation de carburant totale =  $28\,457 + 1\,180 = 29\,637 \text{ kg}$ .

Réponse C.

FLIGHT PLANNING FROM BREAK-RELEASE TO LANDING								
CLIMB: 250KTS/300KTS/M.80 - CRUISE: M.82 - DESCENT: M.82/300KTS/250KTS IMC PROCEDURE: 240 KG (6 MIN)								
REF. LANDING WEIGHT = 140.000 KG NORMAL AIR CONDITIONING ANTI-ICING OFF			ISA CG = 37,0 %		FUEL CONSUMED (KG)			
AIR DIS. (NM)	FLIGHT LEVEL						CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (KG/1.000 KG)	
	310	330	350	370	390	410	FL310 FL330	FL350 FL370 FL390 FL410
200	3537 0.39	3531 0.39					13	16
300	4764 0.51	4684 0.52	4622 0.52	4579 0.52	4555 0.52	4548 0.52	16	18
400	5893 1.04	5840 1.04	5711 1.04	5609 1.05	5536 1.05	5489 1.05	18	22
500	7225 1.16	6998 1.17	6803 1.17	6642 1.17	6519 1.17	6434 1.17	21	25
600	8460 1.29	8160 1.29	7898 1.30	7679 1.30	7508 1.30	7383 1.30	24	29
700	9698 1.41	9323 1.42	8996 1.43	8718 1.43	8496 1.43	8335 1.43	27	32
800	10938 1.54	10490 1.55	10098 1.55	9759 1.56	9490 1.56	9291 1.56	29	36
900	12180 2.06	11559 2.07	11189 2.08	10804 2.08	10486 2.09	10251 2.09	32	40
1000	13425 2.19	12831 2.20	12305 2.21	11851 2.21	11485 2.21	11213 2.21	35	44
1100	14673 2.31	14005 2.32	13413 2.33	12901 2.34	12487 2.34	12180 2.34	38	48
1200	15924 2.44	15182 2.45	14525 2.46	13954 2.47	13492 2.47	13149 2.47	41	51
1300	17178 2.56	16383 2.58	15840 2.59	15010 3.00	14501 3.00	14123 3.00	44	55
1400	18434 3.09	17548 3.10	16758 3.12	16070 3.12	15514 3.12	15101 3.12	47	59
1500	19693 3.21	18732 3.23	17879 3.24	17132 3.25	16530 3.25	16083 3.25	50	64
1600	20955 3.34	19921 3.36	19003 3.37	18197 3.38	17550 3.38	17069 3.38	53	68
1700	22221 3.46	21114 3.48	20129 3.50	19266 3.51	18574 3.51	18060 3.51	56	72
1800	23489 3.59	22310 4.01	21260 4.03	20337 4.04	19601 4.04	19054 4.04	59	77
1900	24761 4.11	23508 4.13	22394 4.15	21412 4.16	20632 4.16	20052 4.16	63	82
2000	26035 4.24	24710 4.26	23531 4.28	22491 4.29	21667 4.29	21067 4.29	66	87
2100	27314 4.37	25914 4.39	24671 4.41	23573 4.42	22707 4.42	22078 4.42	69	92
2200	28594 4.49	27122 4.51	25914 4.53	24658 4.55	23750 4.55	23093 4.55	73	97
2300	29875 5.02	28333 5.04	26960 5.06	25746 5.07	24796 5.08	24113 5.08	76	102
2400	31161 5.14	29546 5.16	28110 5.19	26837 5.20	25846 5.20	25136 5.20	79	107
2500	32450 5.27	30784 5.29	29283 5.32	27932 5.33	26920 5.33	26185 5.33	82	113
2600	33742 5.39	31985 5.42	30419 5.44	29030 5.46	27982 5.46	27198 5.46	86	118
2700	35038 5.52	33209 5.54	31577 5.57	30131 5.59	29047 5.59	28237 5.59	90	122
PACK FLOW LO		BACK FLOW HI OR/AND CARGO COOL ON		ENGINE ANTI ICE ON		TOTAL ANTI ICE ON		
ΔFUEL = -0.4 %		ΔFUEL = +1 %		ΔFUEL = +1.5 %		ΔFUEL = +7 %		

### 3 - Méthode analytique : tableaux «Masses Milles Air» et les tableaux de correction de montée et de descente

Les tableaux « Masses Milles Air » de l'A310 (voir ci-dessous) sont élaborés selon le même principe que ceux du B737. Ils ont été calculés pour une vitesse de croisière et un niveau de vol donnés et permettent la détermination rapide de la consommation carburant en croisière pour une **distance air** donnée.

Pour une condition de vol différente des hypothèses de calcul de ces tableaux, les corrections indiquées en bas des tableaux doivent être prises en compte.

Le principe de calcul du délestage d'étape est légèrement différent de celui du B737 : pour obtenir le délestage d'étape, on entre dans le tableau « Masses Milles Air » avec la distance air totale de l'étape correspondant à la distance depuis la verticale du terrain de départ jusqu'à la verticale du terrain de destination, afin de lire la quantité de carburant nécessaire pour couvrir cette distance.

Il faudrait ensuite prendre en compte les corrections de carburant de montée et de descente publiées par le constructeur pour obtenir le délestage d'étape final (voir pages 139 et 140).

INTEGRATED CRUISE												
MAX. CRUISE THRUST LIMITS NORMAL AIR CONDITIONING ANTICING OFF			ISA CG = 37.9 %		DISTANCE (NM) TIME (MIN)		LR FL 350				TAS (KTS)	
WEIGHT (1000 KG)	0	.2	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	TAS (KTS)	
126	0	22	43	65	87	108	130	151	173	194	377	
128	216	237	258	280	302	323	344	366	387	408	386	
130	432	451	472	492	514	536	557	578	599	622	392	
132	647	662	683	704	725	746	767	788	809	829	400	
134	863	871	892	913	933	954	975	995	1016	1037	411	
136	1079	1078	1099	1119	1140	1160	1181	1201	1222	1242	418	
138	1295	1283	1304	1324	1345	1365	1385	1406	1426	1446	423	
140	1467	1487	1507	1528	1548	1568	1589	1609	1629	1649	421	
142	1639	1659	1679	1699	1719	1739	1759	1779	1799	1819	423	
144	1811	1831	1851	1871	1891	1911	1931	1951	1971	1991	429	
146	1983	2003	2023	2043	2063	2083	2103	2123	2143	2163	427	
148	2155	2175	2195	2215	2235	2255	2275	2295	2315	2335	429	
150	2327	2347	2367	2387	2407	2427	2447	2467	2487	2507	431	
152	2500	2519	2539	2559	2579	2599	2619	2639	2659	2679	434	
154	2672	2691	2711	2731	2751	2771	2791	2811	2831	2851	437	
156	2844	2863	2883	2903	2923	2943	2963	2983	3003	3023	436	
158	3016	3035	3055	3075	3095	3115	3135	3155	3175	3195	441	
160	3188	3207	3227	3247	3267	3287	3307	3327	3347	3367	444	
162	3360	3379	3399	3419	3439	3459	3479	3499	3519	3539	444	
164	3532	3551	3571	3591	3611	3631	3651	3671	3691	3711	448	
166	3704	3723	3743	3763	3783	3803	3823	3843	3863	3883	450	
168	3876	3895	3915	3935	3955	3975	3995	4015	4035	4055	451	
170	4048	4067	4087	4107	4127	4147	4167	4187	4207	4227	451	
172	4220	4239	4259	4279	4299	4319	4339	4359	4379	4399	453	
PACK FLOW LO												
PACK FLOW HI OR AND CARGO COOL ON												
ENGINE ANTICING ON												
TOTAL ANTICING ON												
AFUEL = +0.4 %												
AFUEL = +0.5 %												
AFUEL = +0.6 %												

**Tableau « Masses  
Milles Air » :  
LR au niveau 350**



## Tableaux de correction de montée

- Tableau 1 : montée à un niveau fixe (applicable aux régimes LR, M.80, M.82 et M.84)

CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (1000 kg)												
FL	WEIGHT AT BRAKE RELEASE (1000 kg)											time correction
	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	
410	2.3	2.4	2.6	2.7	2.7	-	-	-	-	-	-	5 min
390	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	-	-	-	-	-	5 min
370	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	-	-	-	-	5 min
350	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	-	6 min
330	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	6 min
310	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.8	3.0	5 min
290	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	5 min
270	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	5 min
250	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	4 min
200	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	3 min
150	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	3 min
100	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	3 min

- Tableau 2 : montée à l'altitude optimale de croisière

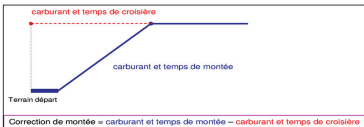
## CLIMB TO OPTIMUM FL

CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (1000 kg)												
SPEED	WEIGHT AT BRAKE RELEASE (1000 kg)											time correction
	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	
LRC	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	6 min
M.80	2.3	2.4	2.6	2.6	2.7	2.8	2.8	3.0	3.0	3.0	3.0	6 min
M.82	2.2	2.4	2.6	2.6	2.6	2.8	2.8	2.9	3.0	3.0	3.0	6 min
M.84	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	7 min

La correction de montée des tableaux ci-dessus représente l'écart en consommation et en temps de vol entre :

- la montée effectuée depuis le lâcher des freins jusqu'au niveau de croisière ;
- et la croisière correspondant à ce même niveau et prise en compte depuis la verticale du terrain de départ.

**Note.** On entre dans les tableaux ci-dessus avec la masse au lâcher des freins.



## Tableaux de correction de descente

- Tableau 1 : descente à partir d'un niveau de croisière fixe

## LONG RANGE CRUISE

CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (1000 kg)								
FL	WEIGHT OVERHEAD DESTINATION (1000 kg)							time correction
	130	140	150	160	170	180	190	
290 and above	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	10 min
270	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	8 min
250	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	
200	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
150	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	
100	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	

- Tableau 2 : descente à partir de l'altitude optimale de croisière

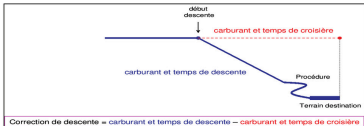
## LRC, M.80, M.82, M.84 FROM OPTIMUM FL

CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (1000 kg)							time correction
WEIGHT OVERHEAD DESTINATION (1000 kg)							
130	140	150	160	170	180	190	11 min
0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	

La correction de descente des tableaux ci-dessus est élaborée selon le même principe que celle des tableaux de correction de montée. Elle représente l'écart en consommation et en temps de vol entre :

- la descente effectuée depuis le point de début de descente (TOD, Top Of Descent) jusqu'à l'atterrissage, comprenant la procédure d'arrivée ;
- et la croisière correspondant depuis le TOD jusqu'à la verticale du terrain d'arrivée.

Il est important de noter qu'on entre dans ces tableaux avec la **masse estimée au début de la descente**.



**Exemple**

Se référer au tableau « Masse Milles Air » de la page 138, et aux tableaux de correction de montée et de descente donnés pages 139 et 140.

Quel est le délestage d'étape du décollage à l'atterrissage pour couvrir une distance air de 2 000 NM avec les données suivantes ?

Masse au décollage : 150 000 kg.

Altitude de croisière prévue : FL 350.

Régime « long range ».

Température : ISA.

CG : 37 %.

A) 20 260 kg

B) 22 360 kg

C) 19 660 kg

D) 21 760 kg

**Réponse**

a) Calcul de la consommation croisière à l'aide du tableau « Masses Milles Air » (voir correction tableau page suivante)

La lecture du tableau donne, par interpolation, les résultats suivants (voir correction du tableau)

	Masse (kg)		Mille Air (NM)
Au début du segment	150 000	→	2 464
Distance air à parcourir			- 2 000
			-----
En fin de segment	130 336	←	464

La consommation pendant le tronçon de croisière est de :  $150\,000 - 130\,336 = 19\,664$  kg.

b) Calcul de la correction de montée (voir tableau page 143)

Avec une masse au lâcher des freins de 150 t et un niveau de croisière au FL 350, la lecture du tableau de montée donne une correction de montée de 2 100 kg (voir correction dans le tableau ci-après).

c) Calcul de la correction de descente (voir tableau page 143)

Masse estimée en descente = masse décollage - carbu croisière - carbu montée  
 $= 150\,000 - 19\,664 - 2\,100$   
 $= 128\,236$  kg ( $\approx 130\,000$  kg)

Avec un niveau de croisière au FL 350 (FL 290 and above), la lecture du tableau de descente donne une correction de descente de 600 kg (voir correction ci-après).

**Note.** La majoration de 600 kg en descente est due essentiellement à la procédure d'approche.

d) Le délestage total de l'étape est de :  $19\,664 + 2\,100 + 600 = 22\,364$  kg.

Réponse B.

Tableau Masses Milles Air

INTEGRATED CRUISE												
MAX. CRUISE THRUST LIMITS NORMAL AIR CONDITIONING ANTI-ICING ON				ISA CG = 37.0 %		DISTANCE (NM) TIME (MIN)		LR FL 350				
WEIGHT (1000 KG)	0	2	4	.6	.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	TAS (KTS)	
126	0	22	43	65	87	108	130	151	173	194	377	
128	216	237	259	280	302	323	344	366	387	408	385	
130	430	451	472	493	514	536	557	578	599	620	392	
132	641	662	683	704	725	746	767	788	809	829	400	
134	850	871	892	913	933	954	975	996	1016	1037	411	
136	1057	1078	1099	1119	1140	1160	1181	1201	1222	1242	418	
138	1263	1283	1304	1324	1345	1365	1385	1406	1426	1446	420	
140	1467	1487	1507	1528	1548	1568	1589	1609	1629	1649	421	
142	1668	1690	1710	1730	1750	1770	1790	1810	1830	1850	423	
144	1870	1890	1910	1930	1950	1970	1990	2010	2030	2050	425	
146	2070	2090	2109	2129	2149	2169	2189	2208	2228	2248	427	
148	2268	2287	2307	2327	2346	2366	2385	2405	2425	2444	429	
150	2466	2483	2503	2522	2542	2561	2581	2600	2619	2639	431	
152	2658	2678	2697	2716	2736	2755	2774	2793	2813	2832	434	
154	2851	2870	2889	2909	2928	2947	2966	2985	3004	3023	437	
156	3042	3062	3081	3100	3119	3138	3157	3175	3194	3213	439	
158	3232	3251	3270	3289	3308	3327	3345	3364	3383	3402	441	
160	3421	3439	3458	3477	3496	3514	3533	3551	3570	3589	442	
162	3607	3626	3645	3663	3682	3700	3719	3737	3756	3774	444	
164	3793	3811	3830	3848	3866	3885	3903	3922	3940	3958	446	
166	3977	3995	4013	4031	4050	4068	4086	4104	4123	4141	448	
168	4159	4177	4195	4213	4232	4250	4268	4286	4304	4322	450	
170	4340	4358	4376	4394	4412	4430	4448	4466	4484	4502	451	
172	4520	4538	4556	4573	4591	4609	4627	4645	4662	4680	453	
PACK FLOW LO			PACK FLOW HI OR/ AND CARGO COOL ON			ENGINE ANTI ICE ON			TOTAL ANTI ICE ON			
ΔFUEL = -0.4 %			ΔFUEL = +1 %			ΔFUEL = +1.5 %			ΔFUEL = +6 %			

Tableau de correction de montée

FL	CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (1000 kg)											time correction
	WEIGHT AT BRAKE RELEASE (1000 kg)											
	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	
410	2.3	2.4	2.6	2.7	2.7	-	-	-	-	-	-	5 min
390	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	-	-	-	-	-	5 min
370	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	-	-	-	-	5 min
350	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	-	6 min
330	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	6 min
310	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.7	2.8	2.8	3.0	5 min
290	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	5 min
270	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	5 min
250	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	4 min
200	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	3 min
150	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	3 min
100	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	3 min

Tableau de correction de descente

## LONG RANGE CRUISE

CORRECTION ON FUEL CONSUMPTION (1000 kg)								
FL	WEIGHT OVERHEAD DESTINATION (1000 kg)							time correction
	130	140	150	160	170	180	190	
290 and above	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	10 min
270	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	8 min
250	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	
200	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	
150	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	
100	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	

## F – Log carburant

A l'examen théorique du module 033, il n'est pas demandé aux candidats de remplir un log de carburant en entier, ceci nécessiterait une durée de traitement relativement longue, non compatible avec celle de l'examen.

Nous allons illustrer une question type pouvant être posée à l'examen concernant la rédaction d'un log carburant.

## Exemple

A l'aide du tableau donné page suivante, compléter le calcul de l'autonomie et du carburant d'un bimoteur à réaction.

La réserve de route retenue est de 5 % du délestage prévu et la consommation horaire pour le carburant supplémentaire est de 2 400 kg/h.

Quelle est l'autonomie du vol ?

- A) 4 h 06 min
- B) 3 h 52 min
- C) 3 h 37 min
- D) 4 h 12 min

	Carburant (kg)	Temps (h:min)
Délestage d'étape	5 800	02:32
Réserve de route	.....	.....
Réserve de dégagement	1 800	00:42
Réserve finale	1 325	.....
Carburant minimum au décollage	.....	.....
Carburant supplémentaire	.....	.....
Carburant réel au décollage	.....	.....
Carburant pour le roulage	200	.....
Carburant au parking	10 000	.....

**Réponse**

On procède par la rédaction des cases manquantes du tableau ci-dessus, en opérant dans l'ordre.

- Ligne « Réserve de route »

réserve de route = délestage  $\times$  5 % = 5 800  $\times$  5 % = 290 kg

Comme la consommation horaire du délestage est égale au rapport « délestage d'étape/temps de vol », on obtient une consommation horaire en croisière de :

5 800 / 2,53 = 2 292 kg/h.

Ainsi, l'autonomie de la réserve de route est de 290 / 2292 = 0,126 h, soit 7,34 min.

- Ligne « Réserve finale »

Pour un avion à réaction, la réserve finale réglementaire est de 30 min d'attente à 1 500 ft. Nous pouvons donc remplir l'autonomie de la réserve finale à 30 min.

- Ligne « Carburant minimum au décollage »

carburant minimum au décollage = délestage + réserve de route + réserve dégagement + réserve finale  
 = 5 800 + 290 + 1 800 + 1 325  
 = 9 215 kg

- Ligne « Carburant réel au décollage »

carburant réel au décollage = carburant au parking - carburant pour roulage  
 = 10 000 - 200  
 = 9 800 kg

- Ligne « Carburant supplémentaire »

Quantité de carburant supplémentaire = carburant réel au décollage - carburant minimum au décollage  
 = 9 800 - 9 215  
 = 585 kg

Avec une consommation horaire de 2 400 kg/h, l'autonomie du carburant supplémentaire est de : 585 / 2 400 = 0,24 h, soit 14,38 min

- Ligne « Carburant au parking »

L'addition de l'ensemble des temps de vol donne une autonomie pour ce plan de vol de 4 h 06 min.

Résultat du calcul autonomie/carburant

	Carburant (kg)	Temps (h:min:s)
Déstage d'étape	5 800	02:32
Réserve de route	290	00:07:34
Réserve de dégagement	1 800	00:42
Réserve finale	1 325	00:30
Carburant minimum au décollage	9 215	
Carburant supplémentaire	585	00:14:38
Carburant réel au décollage	9 800	
Carburant pour roulage	200	
Carburant au parking	10 000	04:06

Réponse A.

### 033 03 03 Procédures particulières de calcul carburant

Outre les exigences réglementaires de base concernant la quantité de carburant à emporter pour un vol commercial, il existe un certain nombre de particularités en matière de réglementation carburant qui sont applicables dans le cadre des procédures suivantes :

- procédure avec point de décision ;
- procédure pour un aéroport isolé ;
- procédure du point prédéterminé.

Nous aborderons également dans ce paragraphe :

- la procédure de transport carburant : c'est une méthode d'exploitation concernant la politique d'import carburant couramment pratiquée par les compagnies aériennes ;
- la planification des vols ETOPS.

#### A – Procédure avec point de décision

##### 1 - Principe

La procédure de décision concerne la **réserve de route**.

Nous avons vu précédemment que la réserve de route est exigée pour faire face aux aléas du voyage, tels qu'une déviation de route pour contourner un cumulonimbus, une composante de vent effectif plus défavorable que prévu, un niveau de croisière inférieur à celui planifié du plan de vol initial...

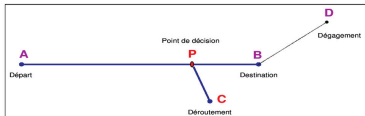
Historiquement, la réserve de route a été définie comme la quantité de carburant la plus élevée entre 5 % du déstage d'étape et 5 minutes de vol à la vitesse d'attente à 1 500 ft.

Pour un vol long-courrier, la réserve de route est généralement prise à 5 % du déstage d'étape, ce qui représente une quantité de carburant relativement importante à emporter pour un vol de 10 à 15 heures. Aussi, la réglementation a mis en place une procédure avec point de décision, afin de permettre aux opérateurs de **diminuer la réserve de route** et, par conséquent, d'améliorer la charge offerte sur une étape limitative.

Le principe de cette procédure est la suivante (voir le schéma de principe ci-après). Au lieu de déposer un plan de vol sur l'étape A-B avec dégagement vers D, on le dépose sur le trajet A-P, avec déroutement vers C, de manière à diminuer la quantité totale de carburant à emporter. Pour ce faire, l'opérateur choisit, au stade de la préparation du vol, un point de décision P situé sur la route d'une étape A-B.

Arrivé à ce point, le pilote établit un bilan du carburant restant à bord et opte pour l'une des deux possibilités suivantes :

- soit poursuivre le vol jusqu'à l'aérodrome de destination B, si la quantité de carburant restante à bord est supérieure à la quantité réglementaire nécessaire pour rejoindre B ;
- soit dérouter vers l'aérodrome de déroutement C accessible via le point de décision pour se ravitailler avant de reprendre le vol vers B.



Pour illustrer cette procédure à travers un exemple concret, prenons le cas d'un vol de la Réunion (aérodrome A) vers Paris (B), avec Marseille choisi comme aérodrome de déroutement (C).

L'équipage choisira le long de la route un point de décision P (qui n'est pas forcément un aérodrome), où une décision sera prise :

- soit poursuivre sa route vers la destination commerciale – Paris – s'il n'a pas consommé la réserve de route pendant le trajet ;
- soit dérouter vers Marseille pour se ravitailler avant de reprendre le vol pour Paris.

## 2 - Carburant requis

Selon la réglementation, la quantité de carburant à emporter dans le cadre de la procédure avec point de décision devrait être la plus **élevée** des deux quantités de carburant Q1 et Q2 suivantes.

- **Q1** est la somme des quantités suivantes :
  - le carburant pour le roulage ;
  - la consommation d'étape jusqu'à l'aérodrome de destination via le point de décision ;
  - la réserve de route égale ou supérieure à 5 % du carburant estimé pour aller du point de décision jusqu'à l'aérodrome de destination ;
  - le carburant de dégagement ;
  - la réserve finale ;
  - le carburant additionnel ;
  - le carburant supplémentaire, si le commandant de bord le demande.
- **Q2** est la somme des quantités suivantes :
  - le carburant pour le roulage ;
  - la consommation d'étape depuis l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de déroutement accessible via le point de décision ;
  - la réserve de route égale ou supérieure à 3 % du carburant estimé pour aller de l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de déroutement ;
  - la réserve finale ;
  - le carburant additionnel ;
  - le carburant supplémentaire, si le commandant de bord le demande.



$$Q1 = \text{Roulage}_A + \text{Délestage}_{AB} + 5\% \text{ Délestage}_{PB} + \text{Dégagement}_{ED} + \text{Finale}_O + \text{Additionnel} + \text{Supplémentaire}$$

$$Q2 = \text{Roulage}_A + \text{Délestage}_{AC} + 3\% \text{ Délestage}_{AC} + \text{Finale}_C + \text{Additionnel} + \text{Supplémentaire}$$

Ainsi, pour mesurer le gain en carburant pour une étape donnée avec la procédure « point de décision », nous devons comparer ce qui est comparable, c'est-à-dire une comparaison entre la quantité de carburant nécessaire pour une étape standard ( $Q_{STD}$ ) et la quantité  $Q1$  de la procédure avec point de décision. Nous pouvons constater le bénéfice d'une diminution de la réserve de route correspondant à 5 % du délestage entre A et P ; cette quantité représente la différence entre 5 % du délestage AB et 5 % du délestage PB, comme l'illustre l'encadré ci-après.

$$Q1 = \text{Roulage}_A + \text{Délestage}_{AB} + 5\% \text{ Délestage}_{PB} + \text{Dégagement}_{ED} + \text{Finale}_O + \text{Additionnel} + \text{Supplémentaire}$$

$$Q_{STD} = \text{Roulage}_A + \text{Délestage}_{AB} + 5\% \text{ Délestage}_{AB} + \text{Dégagement}_{ED} + \text{Finale}_O + \text{Additionnel} + \text{Supplémentaire}$$

## B - Procédure pour un aéroport isolé

### 1 - Principe

Cette procédure concerne la **réserve additionnelle**.

Un aéroport isolé est un aéroport pour lequel il n'existe pas de terrain de dégagement, tel les îles de Pâques ou les aéroports en zone désertique...

La définition d'un aéroport isolé concerne également un aéroport déclaré momentanément isolé lorsque le terrain de dégagement associé n'est plus adéquat.

### 2 - Carburant requis pour un avion

Dans le cas d'une planification à destination de tel aéroport, la quantité de carburant au départ devrait inclure :

- le carburant pour le roulage ;
- la consommation d'étape ;
- la réserve de route ;
- le carburant additionnel :
  - pour les avions équipés de moteurs à pistons, la plus faible des deux quantités suivantes :
    - 45 minutes de vol plus 15 % du temps de vol prévu pour la croisière ;
    - ou 2 heures de vol ;
  - pour les avions équipés de moteurs à turbine, le carburant nécessaire à un vol de 2 heures au régime normal de croisière après avoir atteint l'aéroport de destination ;
- et le carburant supplémentaire, si le commandant de bord le demande.

**Note.** La réserve finale est comprise dans le carburant additionnel.

#### Exemple

Un avion à pistons a une consommation horaire carburant moyenne de 20 US gal/h en croisière pour une durée prévisionnelle de 3 h. Si l'aéroport de destination est un aéroport isolé, l'avion devra emporter, en plus de la réserve de route, une quantité de carburant additionnel égale à :

- A) 20 US gal      B) 40 US gal      C) 24 US gal      D) 12 US gal

**Réponse**

On applique ici le calcul du carburant additionnel pour la procédure avec un aérodrome isolé.

Pour un avion équipé de moteurs à pistons à destination d'un aérodrome isolé pour lequel il n'existe aucun aérodrome de dégagement, la quantité de carburant au départ devrait inclure un carburant additionnel qui ne peut être inférieure à la plus faible quantité entre :

- 45 minutes de vol plus 15% du temps de vol prévu pour la croisière ; soit au total 1 h 12 minutes ou 1,2 h de vol ;
- ou 2 h de vol.

La quantité de carburant additionnel à emporter est donc égale à  $1,2 \times 20 = 24$  US gal.

Réponse C.

**Exemple**

Un avion à réaction a une consommation horaire carburant de 4 060 kg/h en croisière et de 3 690 kg/h en attente. Si l'aérodrome de destination est un aérodrome isolé, l'avion devra emporter, en plus de la réserve de route, une quantité de carburant additionnel égale à :

- A) 7 380 kg
- B) 8 120 kg
- C) 1 845 kg
- D) 3 500 kg

**Réponse**

On applique ici le calcul du carburant additionnel pour la procédure avec un aérodrome isolé.

Pour un avion équipé de moteurs à turbine, la quantité de carburant au départ devrait inclure un carburant additionnel qui ne peut être inférieure à **2 heures au régime normal de croisière** (et non en régime d'attente) après avoir atteint l'aérodrome de destination.

Comme la consommation horaire en croisière est de 4 060 kg/h, en deux heures, la quantité de carburant additionnel est de :  $4\,060 \times 2 = 8\,120$  kg.

A noter que la réserve finale est comprise dans cette quantité.

Réponse B.

**3 - Carburant requis pour un hélicoptère (HEL)**

En cas de planification d'un vol en IFR ou en VFR à destination d'un héliport isolé pour lequel il n'existe aucun héliport de dégagement, la quantité de carburant au départ devrait inclure :

- le carburant pour la translation ;
- le délestage d'étape ;
- la réserve de route ;
- **la quantité de carburant additionnelle nécessaire à un vol de 2 heures à la vitesse d'attente, réserve finale comprise ;**
- et le carburant supplémentaire à la discrétion du commandant de bord.

**Exemple**

Un hélicoptère a une consommation horaire de carburant de 350 kg/h en croisière et de 320 kg/h à la vitesse d'attente. Si l'aérodrome de destination est un aérodrome isolé, l'avion devra emporter, en plus de la réserve de route, une quantité de carburant additionnel égale à :

- A) 700 kg
- B) 640 kg
- C) 160 kg
- D) 175 kg

**Réponse**

On applique ici le calcul du carburant additionnel pour la procédure avec un aérodrome isolé.

Pour un hélicoptère, en cas de planification à destination d'un aéroport isolé pour lequel il n'existe aucun aéroport de décollage à destination, la quantité de carburant au départ devrait inclure un carburant additionnel qui ne peut être inférieure à **2 heures au régime normal d'attente** après avoir atteint l'aéroport de destination.

Comme la consommation horaire en attente est de 320 kg/h, en deux heures, la quantité de carburant additionnel est de :  $320 \times 2 = 640$  kg.

Réponse **B**.

## C - Procédure du point prédéterminé

### 1 - Principe

Cette procédure est similaire à celle avec point de décision. La différence vient du fait qu'elle est applicable dans le cas d'un aéroport isolé pour lequel il n'existe aucun aéroport de décollage à destination.

Elle s'applique donc dans le cadre d'une planification de vol de A vers B sans décollage, en passant par un point prédéterminé P ; cette procédure permet aux équipages de décider au point P la poursuite du vol à destination ou le détournement vers l'aéroport D retenu au stade de la préparation de vol.



### 2 - Carburant requis

La quantité de carburant à emporter dans le cadre de la procédure avec point de décision devrait être la plus élevée des deux quantités de carburant Q1 et Q2 suivantes :

- **Q1** est la somme des quantités suivantes :
  - le carburant pour le roulage ;
  - la consommation d'étape jusqu'à l'aéroport de destination via le point prédéterminé ;
  - la réserve de route égale ou supérieure à 5 % du carburant estimé pour aller du point prédéterminé jusqu'à l'aéroport de destination ;
  - le carburant additionnel :
    - pour les avions équipés de moteurs à pistons, la plus faible des deux quantités suivantes :
      - 45 minutes de vol plus 15% du temps de vol prévu pour la croisière ;
      - ou 2 heures de vol ;
    - pour les avions équipés de moteurs à turbine, le carburant nécessaire à un vol de 2 heures au régime normal de croisière après avoir atteint l'aéroport de destination ;
  - et le carburant supplémentaire, si le commandant de bord le demande.

**Note.** La réserve finale est comprise dans le carburant additionnel.

- **Q2** est la somme des quantités suivantes :
  - le carburant pour le roulage ;
  - la consommation d'étape depuis l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de déroutement accessible via le point prédéterminé ;
  - la réserve de route égale ou supérieure à 5 % du carburant estimé pour aller de l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de déroutement ;
  - le carburant additionnel :
    - pour les avions équipés de moteurs à pistons, le carburant nécessaire à un vol de 45 minutes ;
    - pour les avions équipés de moteurs à turbine, le carburant nécessaire pour voler pendant 30 minutes, au régime d'attente, en condition standard à 1 500 ft au-dessus de l'aérodrome ;
  - le carburant supplémentaire, si le commandant de bord le demande.

**Note.** La réserve finale est comprise dans le carburant additionnel.

- **Pour un avion équipé de moteurs à pistons**

**Q1** = Roulage<sub>A</sub> + Délestage<sub>AB</sub> + 5 % Délestage<sub>PA</sub>  
+ Additionnel (45' de vol + 15 % croisière ou 2 h de vol) + Supplémentaire

**Q2** = Roulage<sub>A</sub> + Délestage<sub>AD</sub> + 5 % Délestage<sub>AD</sub>  
+ Additionnel (45' de vol) + Supplémentaire

- **Pour un avion équipé de moteurs à turbin**

**Q1** = Roulage<sub>A</sub> + Délestage<sub>AB</sub> + 5 % Délestage<sub>PA</sub>  
+ Additionnel (minimum 2 h de croisière) + Supplémentaire

**Q2** = Roulage<sub>A</sub> + Délestage<sub>AD</sub> + 5 % Délestage<sub>AD</sub>  
+ Additionnel (30' attente à 1 500 ft) + Supplémentaire

## D – Procédure de transport carburant

### 1 - Principe

Le coût de carburant peut être très différent d'un aérodrome à un autre.

Aussi, dans l'optique d'une recherche d'optimisation des prises de carburant pour assurer la réalisation du vol dans de bonnes conditions économiques, il peut être intéressant de transporter du carburant supplémentaire lorsque le prix du carburant de l'aérodrome de destination est bien plus élevé que celui pratiqué à l'aérodrome de départ.

Le surplus de carburant ainsi transporté pourra être utilisé pour le vol de retour ou pour la poursuite du vol pour la rotation suivante.

Cependant, le fait de transporter du carburant supplémentaire génère un surcroît de consommation dû à l'augmentation de la masse totale de l'avion.

La perte due à l'augmentation de la consommation peut être largement compensée par le gain réalisé par la différence de prix carburant entre les aérodromes de départ et de destination.

Il faudrait donc s'assurer au préalable que le bilan de coût carburant est favorable. Autrement dit, il faudrait que l'écart du prix de carburant entre le départ et la destination soit suffisamment élevé pour qu'un transport de carburant soit économiquement rentable.

Nous allons aborder les méthodes de calcul de transport carburant proposées pour le B737, d'une part, et pour l'A310 d'autre part.

## **2 - Procédure de transport carburant pour B737-400**

Le principe de calcul proposé par le constructeur repose sur la question suivante : pour un prix de carburant au départ, quel est le seuil du prix de carburant à destination au-delà duquel il est bénéfique de faire du transport carburant ?

Nous passons par les deux étapes successives suivantes pour traiter la question.

### **• Abaque « Fuel Tankering » (fig. 4.8.1, page 152)**

Ce graphique, publié pour les Mach long range et M.74, permet de déterminer la valeur en pourcentage de la surconsommation carburant due au transport du carburant supplémentaire. Ainsi, une valeur de surconsommation de 15 %, par exemple, signifie qu'il faut tenir compte d'une consommation de 15 kg de carburant pour en transporter 100 kg.

Attention, la distance utilisée dans cet abaque est une distance air. Il y a donc lieu de convertir la distance sol en distance air avant d'entrer dans le graphique.

### **• Abaque « Fuel Price Differential » (fig. 4.8.2, page 153)**

La valeur de surconsommation obtenue avec l'abaque précédent et le prix de carburant au départ, ce graphique permet d'obtenir le prix carburant minimal à destination (seuil de rentabilité) au-delà duquel il serait intéressant de faire du transport carburant.

### **Exemple**

Un avion est planifié pour effectuer un vol au Mach .74, au niveau 310, à ISA + 15 °C, avec une masse atterrissage (sans transport carburant) de 40 000 kg. La composante de vent est de + 25 kt et la distance de l'étape est de 1 000 NM sol.

Déterminer le prix carburant correspondant au seuil de rentabilité à l'aéroport de destination pour envisager le transport de carburant, sachant que le prix de carburant à l'aérodrome de départ est égal à 75 centimes/US gal.

- A) 80 centimes
- B) 85 centimes
- C) 90 centimes
- D) 95 centimes

Réponse page 153 et 154.

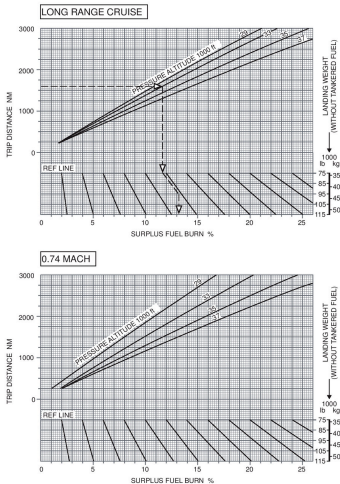


Figure 4.8.1 Fuel Tankering (LRC and 0.74 M)

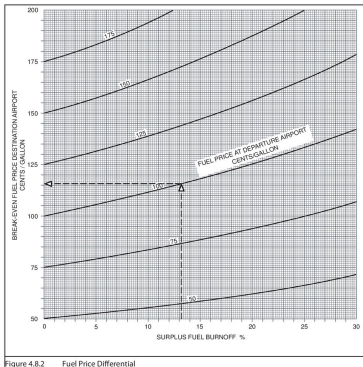


Figure 4.8.2 Fuel Price Differential

**Réponse**

a) Etape 1 : lecture de l'abaque « Fuel Tankering » (cf. correction page suivante)

L'utilisation du computer à M.74, au FL 310 et à ISA + 15 °C permet de déterminer une vitesse propre de 450 kt.

En appliquant la formule  $D_{AIR} = (D_{SOL} \times V_F) / V_{SOL}$  avec  $V_{SOL} = 450 + 25 = 475$  kt, on obtient  $D_{AIR} = 1\,000 \times 450 / 474 = 947$  NM.

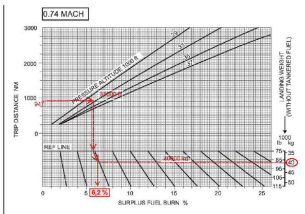
La lecture du graphique donne une valeur de surconsommation d'environ 6,2%.

b) Etape 2 : lecture de l'abaque « Fuel Price Differential »

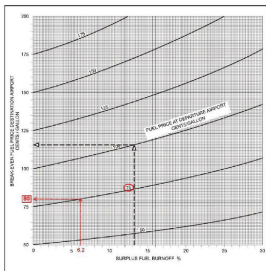
Avec une surconsommation de 6,2 % et le prix du carburant au départ de 75 centimes, on trouve, à l'aide de l'abaque, le prix carburant correspondant au seuil de rentabilité à l'aéroport de destination : 80 centimes.

Ainsi, il serait donc économiquement intéressant d'envisager le transport du carburant si le prix carburant pratiqué au terrain de destination était supérieur à 80 centimes/US gal.

Réponse A.



**Figure 4.8.1** Fuel Tankering (LRC and 0.74 Mach)



**Figure 4.8.2** Fuel Price Differential



### 3 - Procédure de transport carburant pour A310

Pour l'A310, le concept de la procédure de transport carburant est différent du B737. Il s'agit ici de déterminer la quantité supplémentaire optimale de carburant à transporter en fonction du rapport de prix carburant entre les aéroports de départ et de destination.

Pour ce faire, on passe par les deux étapes de calcul suivantes.

- Utiliser le graphique pour déterminer la masse optimale au décollage en fonction du ratio prix carburant départ/destination et de la distance air à parcourir.

**ATTENTION !** La masse optimale au décollage ainsi calculée doit être limitée à la masse maximale certifiée au décollage.

- La quantité de carburant supplémentaire à transporter est obtenue par la différence entre la masse optimale au décollage calculée précédemment et la masse prévue au décollage.

**ATTENTION !** La quantité de carburant supplémentaire ainsi calculée doit être limitée à la capacité maximale des réservoirs carburant.

Il faudrait par ailleurs veiller à ne pas dépasser la masse maximale certifiée à l'atterrissage, compte tenu du délestage d'étape.

#### Exemple

Compte tenu du ratio prix carburant départ/destination de 0,92, le commandant de bord décide d'optimiser le transport carburant en utilisant les données suivantes :

- niveau de vol de croisière : FL 350 ;
- distance air à parcourir : 1 830 NM ;
- masse prévue au décollage : 190 000 kg (avec la quantité de carburant réglementaire de 30 000 kg, dont 22 000 kg de délestage d'étape) ;
- masse maximale certifiée à l'atterrissage : 180 000 kg ;
- masse maximale certifiée au décollage : 205 000 kg ;
- capacité maximale des réservoirs : 40 000 kg ;

La quantité de carburant supplémentaire à emporter sera de :

- A) 10 000 kg                      B) 0 kg  
C) 12 000 kg                    D) 15 000 kg

#### Réponse

a) Etape 1 : lecture du graphique

En utilisant l'abaque ci-après, avec un ratio prix carburant de 0,92 et une distance air de 1 830 NM, la masse optimale au décollage pour le transport carburant est de 210 000 kg. Cette masse est supérieure à la masse maximale certifiée au décollage, on doit donc la limiter à 205 000 kg.

b) Etape 2 : calcul de la quantité de carburant supplémentaire à transporter

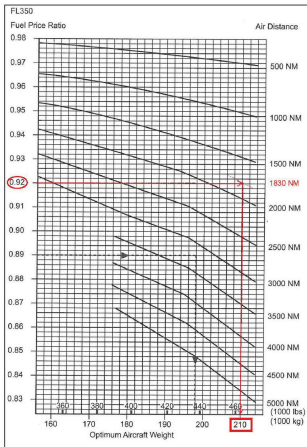
$$\begin{aligned}\text{carburant supplémentaire} &= \text{masse optimale au décollage} - \text{masse prévue de décollage} \\ &= 205\,000 - 190\,000 \\ &= 15\,000 \text{ kg}\end{aligned}$$

Seulement, avec une nouvelle masse de décollage de 205 000 kg ( $190\,000 + 15\,000$ ), la masse prévue à l'atterrissage sera de :  $205\,000 - 22\,000$  (délestage) = 183 000 kg ; cette dernière est supérieure à la masse maximale certifiée à l'atterrissage (180 000 kg).

L'import carburant doit donc être limité à :  $15\,000 - 3\,000 = 12\,000$  kg (3 000 kg représente la différence entre 183 000 kg et 180 000 kg).

Or, avec 30 000 kg de carburant réglementaire, si l'on ajoute 12 000 kg de carburant supplémentaire, on dépassera la capacité maximale des réservoirs, qui est de 40 000 kg. Ainsi, le carburant supplémentaire maximal pouvant être transporté pour ce vol est de 10 000 kg.

Réponse **A**.



## E – Planification des vols ETOPS

Le concept **ETOPS** est basé sur l'exploitation d'un avion bimoteur sur une route comportant un point éloigné d'un aéroport adéquat d'une distance supérieure à celle parcourue par l'avion, en conditions standard, vent nul, en 60 minutes à la vitesse de croisière monomoteur approuvée.

On désigne alors ce vol par le vocable « vol ETOPS ».

Une dérogation à la règle ci-dessus est possible pour étendre la distance maximale d'éloignement ETOPS à plus de 60 minutes (90, 120, 180, 207, 330 minutes...) si :

- au niveau de la certification, le constructeur est capable de démontrer que ses systèmes avion et le système de propulsion répondent aux exigences ETOPS en termes de conception et de fiabilité ;
- au niveau opérationnel, l'exploitant est en mesure de démontrer que son organisation et ses moyens, en termes de formation des équipages techniques, de préparation des vols, de suivi d'exploitation et de maintenance sont de nature à assurer des opérations ETOPS sûres.

### 1 - Carburant critique

C'est la quantité de carburant réglementaire qui permet, à partir de l'aéroport de départ, de rejoindre le point critique de la route et d'effectuer un décollage en route vers un aéroport d'appui ETOPS dans les conditions du plus pénalisant des deux scénarios suivants :

- **panne simultanée d'un moteur et de la pressurisation** : après une descente d'urgence, le vol est poursuivi à 10 000 ft vers un aéroport d'appui d'ETOPS à la vitesse choisie par l'exploitant ;
- **panne de pressurisation tous moteurs en fonctionnement** : après une descente d'urgence, le vol est poursuivi à 10 000 ft vers un aéroport d'appui ETOPS à la vitesse LR.

Les abaques suivants (figures 4.71a, page 158, et 4.71b, page 159) permettent de déterminer les délestages des deux scénarios ci-dessus. L'utilisation de ces abaques est relativement simple. Nous invitons le lecteur à se reporter au chapitre 033 06 « Suivi en vol et replanification en vol » pour voir un exemple concret de leur utilisation.

### 2 - Distance maximale d'éloignement ETOPS

Pour un vol donné, la distance maximale d'éloignement ETOPS est la distance franchissable à la vitesse approuvée monomoteur ETOPS en conditions standard, vent nul, dans une durée de vol définie par la capacité ETOPS (90, 120, 180, 207, 330 minutes...).

**Note.** Les distances d'éloignement par rapport aux terrains d'appui ETOPS sont matérialisées par des cercles sur les cartes ETOPS.

Le tableau du B737-400 donné page 160 permet de déterminer la distance maximale d'éloignement en question. Pour ce faire, rentrer dans le tableau à la vitesse monomoteur approuvée par les autorités avec la masse estimée au moment du déroutement ETOPS et la capacité ETOPS de l'avion pour lire la distance maximale d'éloignement ETOPS.

#### Exemple

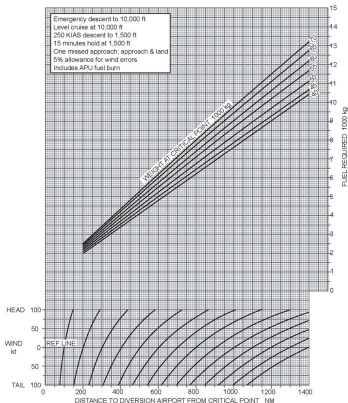
Se référer au tableau page 160. Un avion, lors d'un vol ETOPS, ne doit pas s'éloigner de plus de 180 minutes de son terrain de déroutement adéquat.

En régime de croisière LR et conditions standards à une masse au moment du déroutement de 50 000 kg, quelle est la distance air maximale d'éloignement ETOPS ?

- A) 1 200 NM      B) 1 101 NM      C) 915 NM      D) 975 NM

## ONE ENGINE INOPERATIVE

Emergency descent to 10,000 ft  
 Level cruise at 10,000 ft  
 250 KIAS descent to 1,500 ft  
 15 minutes hold at 1,500 ft  
 One missed approach; approach & land  
 5% allowance for wind errors  
 Includes APU fuel burn

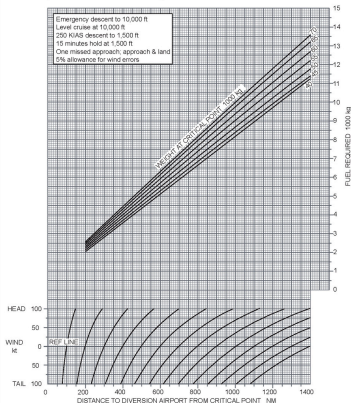


INCREASE FUEL REQUIRED BY 0.5% FOR EACH 10°C HOTTER THAN ISA CONDITIONS.  
 IF ICING CONDITIONS EXIST, INCREASE FUEL REQUIRED BY 20% TO ACCOUNT FOR  
 ENGINE & WING A.I. ON & ICE ACCUMULATION ON UNHEATED SURFACES.  
 ALLOWANCE FOR PERFORMANCE DETERIORATION NOT INCLUDED.  
 COMPARE THE FUEL REQUIRED FROM THIS CHART WITH CRITICAL FUEL RESERVES  
 FOR TWO ENGINES OPERATIVE. USE THE HIGHER OF THE TWO.

Figure 4.7.1a Critical Fuel Reserve – One Engine Inoperative

## ALL ENGINES OPERATIVE

Emergency descent to 10,000 ft  
 Level cruise at 10,000 ft  
 250 KIAS descent to 1,500 ft  
 15 minutes hold at 1,500 ft  
 One missed approach; approach & land  
 5% allowance for wind errors



INCREASE FUEL REQUIRED BY 0.5% FOR EACH 10°C HOTTER THAN ISA CONDITIONS  
 IF ICING CONDITIONS EXIST, INCREASE FUEL REQUIRED BY 18% TO ACCOUNT FOR  
 ENGINE & WING A.I. ON & ICE ACCUMULATION ON UNHEATED SURFACES.  
 ALLOWANCE FOR PERFORMANCE DETERIORATION NOT INCLUDED.  
 COMPARE THE FUEL REQUIRED FROM THIS CHART WITH CRITICAL FUEL RESERVES  
 FOR ONE ENGINE INOPERATIVE. USE THE HIGHER OF THE TWO.

Figure 4.7.1b Critical Fuel Reserve – All Engines Operating

Speed M/KIAS	Div. Wt 1000 kg	TIME MINUTES															
		60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
.70/280	35	406	472	539	605	672	738	805	871	938	1004	1071	1137	1204	1271	1337	
	40	402	467	533	598	663	729	794	860	925	990	1056	1121	1187	1252	1318	
	45	397	462	526	590	654	718	782	846	910	975	1039	1103	1167	1231	1295	
	50	392	454	517	580	642	705	768	830	893	956	1018	1081	1144	1207	1269	
	55	385	446	507	568	630	691	752	813	875	936	997	1058	1119	1181	1242	
	60	377	437	497	557	616	676	736	796	855	915	975	1035	1094	1154	1214	
	65	369	427	486	544	602	660	718	776	835	893	951	1009	1067	1125	1183	
	70	363	419	476	532	589	645	702	758	815	871	928	985	1041	1098	1154	
.74/290	35	412	478	545	612	678	745	811	878	945	1011	1078	1145	1211	1278	1345	
	40	409	474	540	606	672	737	803	869	935	1000	1066	1132	1198	1263	1329	
	45	404	469	533	598	663	727	792	856	921	986	1050	1115	1180	1244	1309	
	50	400	463	526	590	653	717	780	844	907	970	1034	1097	1161	1224	1288	
	55	393	455	517	579	641	704	766	828	890	952	1014	1077	1139	1201	1263	
	60	386	447	508	568	629	690	751	812	872	933	994	1055	1116	1176	1237	
	65	378	437	497	556	615	675	734	793	853	912	971	1031	1090	1149	1209	
	70	372	430	488	546	603	661	719	777	835	893	950	1008	1066	1124	1182	
.74/310	35	415	482	548	615	681	748	814	881	948	1014	1081	1147	1214	1280	1347	
	40	413	479	545	611	677	743	810	876	942	1008	1074	1140	1206	1272	1338	
	45	410	476	541	607	672	737	803	868	933	999	1064	1130	1195	1260	1326	
	50	407	472	536	601	665	730	794	859	923	988	1052	1116	1181	1245	1310	
	55	402	466	529	592	656	719	783	846	908	973	1036	1100	1163	1226	1290	
	60	397	459	521	583	646	708	770	833	895	957	1019	1082	1144	1206	1269	
	65	391	452	513	574	635	696	757	818	879	940	1002	1063	1124	1185	1246	
	70	385	445	505	565	625	685	744	804	864	924	984	1044	1103	1163	1223	
.74/330	35	416	482	548	614	680	746	811	877	943	1009	1075	1141	1207	1273	1339	
	40	415	481	547	613	678	744	810	875	941	1007	1072	1138	1204	1270	1335	
	45	414	480	545	610	676	741	806	871	937	1002	1067	1133	1198	1263	1328	
	50	412	477	542	607	671	736	801	865	930	995	1059	1124	1189	1254	1318	
	55	408	472	536	600	664	728	792	856	920	984	1048	1112	1176	1240	1304	
	60	404	467	530	593	656	719	783	846	909	972	1035	1098	1161	1224	1287	
	65	399	461	523	586	648	710	772	834	896	958	1020	1082	1144	1207	1269	
	70	395	457	518	579	640	701	762	823	884	945	1006	1067	1128	1190	1251	
LRC	35	368	428	488	548	608	668	728	787	847	906	965	1024	1083	1141	1200	
	40	372	433	493	554	614	674	735	794	854	914	973	1032	1092	1151	1209	
	45	376	437	497	558	619	679	739	799	859	919	979	1038	1097	1157	1216	
	50	379	440	501	561	622	682	742	803	862	922	982	1041	1101	1160	1219	
	55	380	441	502	562	623	683	743	803	863	922	982	1041	1100	1159	1218	
	60	381	442	503	563	624	684	744	804	863	923	982	1041	1100	1159	1218	
	65	381	442	503	563	623	683	742	802	861	921	980	1038	1097	1156	1214	
	70	383	444	504	564	623	683	742	802	860	919	978	1036	1094	1152	1210	
ISA BASED ON DRIFT DOWN STARTING AT OR NEAR OPTIMUM ALTITUDE																	

Figure 4.7.2 Area of Operation – Diversion Distance One Engine Inoperative

## Réponse

Speed M/KIAS	Div. Wt 1000 kg	TIME MINUTES																		
		60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200				
.70/280	35	406	472	539	605	672	738	805	871	938	1004	1071	1137	1204	1271	1337				
	40	402	467	533	598	663	729	794	860	925	990	1056	1121	1187	1252	1318				
	45	397	462	526	590	654	718	782	846	910	975	1039	1103	1167	1231	1295				
	50	392	454	517	580	642	705	768	830	893	956	1018	1081	1144	1207	1269				
	55	385	446	507	568	630	691	752	813	875	936	997	1058	1119	1181	1242				
	60	377	437	497	557	616	676	736	796	855	915	975	1035	1094	1154	1214				
	65	369	427	486	544	602	660	718	776	835	893	951	1009	1067	1125	1183				
.74/290	70	363	419	476	532	589	645	702	758	815	871	928	985	1041	1098	1154				
	35	412	478	545	612	678	745	811	878	945	1011	1078	1145	1211	1278	1345				
	40	409	474	540	606	672	737	803	869	935	1000	1066	1132	1198	1263	1329				
	45	404	469	533	598	663	727	792	856	921	986	1050	1115	1180	1244	1309				
	50	400	463	526	590	653	717	780	844	907	970	1034	1097	1161	1224	1288				
	55	393	455	517	579	641	704	766	828	890	952	1014	1077	1139	1201	1263				
	60	386	447	508	568	629	690	751	812	872	933	994	1055	1116	1176	1237				
.74/310	65	378	437	497	556	615	675	734	793	853	912	971	1031	1090	1149	1209				
	70	372	430	488	546	603	661	719	777	835	893	950	1008	1066	1124	1182				
	35	415	482	548	615	681	748	814	881	948	1014	1081	1147	1214	1280	1347				
	40	413	479	545	611	677	743	810	876	942	1008	1074	1140	1206	1272	1338				
	45	410	476	541	607	672	737	803	868	933	999	1064	1130	1195	1260	1326				
	50	407	472	536	601	665	730	794	859	923	988	1052	1116	1181	1245	1310				
	55	402	466	529	592	656	719	783	846	908	973	1036	1100	1163	1226	1290				
.74/330	60	397	459	521	583	646	708	770	833	895	957	1019	1082	1144	1206	1269				
	65	391	452	513	574	635	696	757	818	879	940	1002	1063	1124	1185	1246				
	70	385	445	505	565	625	685	744	804	864	924	984	1044	1103	1163	1223				
	35	416	482	548	614	680	746	811	877	943	1009	1075	1141	1207	1273	1339				
	40	415	481	547	613	678	744	810	875	941	1007	1072	1138	1204	1270	1335				
	45	414	480	545	610	676	741	806	871	937	1002	1067	1133	1198	1263	1328				
	50	412	477	542	607	671	736	801	865	930	995	1059	1124	1189	1254	1318				
LRC	55	408	472	536	600	664	728	792	856	920	984	1048	1112	1176	1240	1304				
	60	404	467	530	593	656	719	783	846	909	972	1035	1098	1161	1224	1287				
	65	399	461	523	586	648	710	772	834	896	958	1020	1082	1144	1207	1269				
	70	395	457	518	579	640	701	762	823	884	945	1006	1067	1128	1189	1251				
	35	368	428	488	548	608	668	728	787	847	906	965	1024	1083	1141	1200				
	40	372	433	493	554	614	674	735	794	854	914	973	1032	1092	1151	1209				
	45	376	437	497	558	619	679	739	799	859	919	979	1038	1097	1157	1216				
50	50	379	440	501	561	622	682	742	803	862	922	982	1041	1101	1160	1219				
	55	380	441	502	562	623	683	743	803	863	922	982	1041	1100	1159	1218				
	60	381	442	503	563	624	684	744	804	863	923	982	1041	1100	1159	1218				
	65	381	442	503	563	623	683	742	802	861	921	980	1038	1097	1156	1214				
	70	383	444	504	564	623	683	742	802	860	919	978	1036	1094	1152	1210				
ISA BASED ON DRIFT DOWN STARTING AT OR NEAR OPTIMUM ALTITUDE																				

Figure 4.7.2 Area of Operation – Diversion Distance One Engine Inoperative

La lecture du tableau 4.7.2 avec les conditions spécifiées (180 minutes de vol ETOPS, régime long range, masse 50 000 kg) donne une distance air maximale de d'éloignement ETOPS de 1 101 NM.

Réponse **B**.

**Page Volontairement Blanche**



On a vu qu'au stade de la préparation du vol à longue échéance, le pilote doit collecter l'ensemble des informations aéronautiques suivantes pour établir son journal de navigation :

- les procédures ATC des terrains de départ, de déroutement, de destination et de dégagement ;
- les routes planifiées pour la navigation IFR ;
- les fréquences de communication et de radionavigation en route et des aérodromes du vol ;
- les aides de radionavigation en approche ;
- les zones réglementées, interdites ou dangereuses ; les zones d'exercices militaires, les obstacles en route et les activités aériennes (parachutisme, vélivol, montgolfières...) ;
- etc.

Lors de la préparation à courte échéance, appelée « préparation prévol », l'accent est mis sur l'étude attentive de l'ensemble des renseignements récents en vue d'actualiser son journal de navigation ; cette étude comporte une analyse approfondie :

- des renseignements concernant les dernières mises à jour des informations aéronautiques nécessaires à la circulation aérienne ;
- des bulletins et prévisions météorologiques les plus récents, afin d'actualiser les éléments du journal de navigation et de finaliser le calcul du carburant ;
- de l'étude et l'établissement des points critiques en fonction des données de vent les plus récentes ; ces points critiques constituent, de fait, des points d'aide à la décision très utiles pour l'équipage technique dans l'éventualité d'un événement potentiel survenu au cours du vol (panne technique, problème médical urgent à bord...).

Dans cette optique, nous nous intéressons dans ce chapitre aux trois éléments clés suivants du dossier de vol :

- informations aéronautiques (AIP, NOTAM) ;
- informations météorologiques (METAR, SPECI, TAF, carte TEMSI, carte WINTEN) ;
- calcul de la position du point équitemps (PET) et du point sûr de retour (PSR).

## 033 04 01 **NOTAM – AIP**

La source principale des informations aéronautiques provient des autorités aéronautiques de chaque Etat, qui échangent ces données avec d'autres Etats.

Il appartient à chaque Etat de désigner le bureau en charge de la publication des informations aéronautiques. En France, l'organisme central désigné est le SIA (Service de l'Information Aéronautique).

Les informations aéronautiques sont communiquées aux communautés aéronautiques internationales sous forme de documents AIP et NOTAM.

### • **AIP (Air Information Publication)**

Les publications d'informations aéronautiques permanentes pour la navigation aérienne sont éditées par le service aéronautique de chaque pays ; elles sont mises à la disposition des usagers.

Les modifications temporaires des informations contenues dans les AIP sont publiées sous forme de pages spéciales. Elles constituent les suppléments aux AIP (SUP AIP). Les SUP AIP concernent essentiellement les modifications de procédures et les modifications ou créations d'espaces à statut particulier.

#### • NOTAM (Notice To Airmen)

Ce sont des messages publiés par le Service de l'information aéronautique. Un NOTAM sera établi et émis rapidement, toutes les fois que les informations à diffuser auront un caractère temporaire et de courte durée ou que des modifications permanentes importantes en exploitation ou temporaires de longue durée seront apportées avec un bref préavis.

## A – AIP

### 1 - Généralités

Les publications d'informations aéronautiques (AIP) sont destinées à répondre aux besoins internationaux en matière d'échange des informations aéronautiques de caractère permanent qui sont essentielles pour la navigation aérienne.

Les AIP constituent donc une source fondamentale et officielle pour l'information aéronautique permanente et les modifications temporaires de longue durée.

L'information aéronautique permanente est régulièrement mise à jour, tous les 28 jours, par des bulletins de mise à jour (BMJ), selon un calendrier international fixé par l'OACI appelé AIRAC (Aeronautical Information Regulation and Control).

### 2 - Structure d'un AIP

Le format d'un AIP doit être conforme aux dispositions de l'annexe 15 de l'OACI. Il est constitué de trois parties :

- « GEN », pour les généralités ;
- « ENR », pour les informations relatives à la phase en route ;
- « AD », pour les informations relatives aux aéroports.

Chacune de ces parties est elle-même divisée en sections et sous-sections contenant les principaux éléments suivants de l'information aéronautique.

#### 1<sup>ère</sup> partie : « Généralités (GEN) »

GEN 0 – Préface

GEN 1 – Règlements nationaux et exigences (formalités de douanes et de santé, facilitations...)

GEN 2 – Tables et codes

GEN 3 – Services (procédures de recherches et de sauvetage...)

GEN 4 – Taxes et redevances aéroportuaires

#### 2<sup>e</sup> partie : « En route (ENR) »

ENR 0 – Préface

ENR 1 – Règles générales et procédures

ENR 2 – Espaces ATS

ENR 3 – Routes ATS

ENR 4 – Moyens et systèmes de navigation

ENR 5 – Dangers à la navigation

ENR 6 – Cartes en route

#### 3<sup>e</sup> partie : « Aéroports (AD) »

AD 0 – Préface

AD 1 – Introduction aéroports/hélistations

AD 2 – Aéroports

AD 3 – Hélistations

## B – NOTAM

Les NOTAM sont des messages publiés par le Service de l'information aéronautique en vue de compléter les AIP et de diffuser rapidement les informations, chaque fois qu'il est nécessaire de prévenir sans délai d'un changement ou d'un événement.

Les messages NOTAM sont diffusés par télécommunication et peuvent être consultés sur les sites officiels.

L'information aéronautique temporaire (normalement inférieure à une durée de trois mois) est donc publiée sous forme de NOTAM ; s'il est prévu que la validité du NOTAM sera supérieure à trois mois, l'information sera publiée par le biais d'un SUP AIP.

Les messages NOTAM sont destinés aux navigants ou aux personnels en charge des opérations aériennes pour signaler l'ensemble des points suivants.

### 1 - Aérodromes de départ, de destination et de dégagement

- La mise en service, fermeture ou modification importante dans l'exploitation d'un aérodrome.
- Les travaux sur piste impactant les aires de manœuvre au sol et la réduction des longueurs de piste disponibles au décollage et à l'atterrissage.
- La présence des obstacles temporaires dans la trouée d'envol pouvant modifier la trajectoire de décollage (exemple : présence de grue en raison des travaux).
- L'interruption ou la remise en service d'éléments majeurs des dispositifs de balisage lumineux d'aérodrome.
- La mise en service ou le retrait d'aides radioélectriques ou d'aérodrome.
- La mise en service, le retrait ou la modification importante d'aides visuelles.
- Les modifications des conditions sur l'aire de mouvement (neige, eau, glace) ; voir plus loin la définition du SNOWTAM.
- Le changement de la protection SSIS d'un aérodrome (changement de catégorie, par exemple).
- L'installation, le retrait ou la remise en service des phares de danger balisant des obstacles.

### 2 - Airways et espaces aériens

- L'institution, la suppression ou la modification importante de procédures pour les services de la navigation aérienne.
- Le changement des fréquences des aides de radionavigation et de radiocommunication.
- Les modifications apportées aux règlements et nécessitant des mesures immédiates : par exemple, la création de zones interdites à cause d'opérations SAR (Search And Rescue).
- La plage horaire des activités des zones à statut particulier.
- L'existence de dangers affectant la navigation aérienne (obstacles, exercices militaires, manifestations aériennes...).
- La mise en place, le retrait ou la modification dans le fonctionnement des services aéronautiques.
- Les épidémies et les modifications des règlements sanitaires.
- Le dégagement dans l'atmosphère de produits toxiques.
- Les prévisions de rayonnements cosmiques.

Pour les aérodromes, en cas de piste contaminée (piste recouverte de contaminants tels que neige, slush, glace...), l'état de contamination des pistes est indiqué par un NOTAM spécifique connu sous l'appellation de « SNOWTAM ». Il indique des informations concernant le type de contaminant, son épaisseur, le coefficient de friction...

Enfin, un NOTAM, appelé « NOTAM Trigger », est un NOTAM particulier diffusé afin d'attirer l'attention de l'utilisateur sur la présence d'un SUP AIP modifiant l'information aéronautique permanente.

A titre d'information, ci-après un fac-similé d'un NOTAM (il n'est pas demandé aux candidats de savoir décoder un NOTAM à l'examen du certificat 033).

```

ORION REF: 5539927_ BY: LFFAYNYX ON: 071218 1707
NOTAM REF: A 4794 / 07 / _ CLASS 1_ NOF LFFA COID OFF STATUS: A TYPE: R
REFERING : A 4784 / 07 / _ CLASS 1_ NOF LFFA GAF: Y
Q) FIR: LFFF QCODE: QCACR TRAFFIC: IV PURPOSE: B SCOPE: E
  LOWER: 195 UPPER: 265 CO-ORDINATES: 4725N 00027E RADIUS: 60
A) LOC: LFFF F PARIS FIR DEST:
B) _ FROM: 071218 1707 C) TO: 080318 2359 PERM:
D) TIME SCHEDULE:
E) COM _ freq secteur de cti oy paris cti 134.880mhz hors service :
  utiliser freq ot paris cti 118.725mhz
F) LOWER LIMIT: FL195 G) UPPER LIMIT: FL265
  
```

## 033 04 02 Informations météorologiques

Lors de la préparation du vol, les informations météorologiques à étudier doivent couvrir l'étendu du vol (plage horaire estimée du vol et étendue géographique du trajet).

Elles doivent être récupérées à l'heure la plus proche possible de l'heure de départ.

Le dossier météorologique comporte :

- des données météo de surface, communiquées sous forme de **messages** météo d'aérodrome : METAR, TAF, etc. ;
- des informations météo d'altitude, présentées sous forme de **cartes**.

### A – Messages météorologique d'aérodrome

Les messages météorologiques d'aérodrome sont de deux types :

- messages d'**observation** : METAR, SPECI ;
- messages de **prévision** : TAF.

La lecture approfondie de ces messages permet, d'une part, de prendre connaissance des informations météorologiques actuelles du terrain de départ et, d'autre part, de se faire une idée sur la prévision météorologique du terrain de destination et de dégagement, qui conditionne l'accessibilité de ces terrains.

Par ailleurs, les informations météorologiques les plus récentes sur les cartes météorologiques en route permettent aux navigants d'actualiser les données du plan de vol ; en particulier :

- la mise à jour du choix des altitudes optimales en fonction du vent et des altitudes d'accrochage en fonction de la température ;
- l'actualisation du calcul des altitudes vraies en fonction de l'écart de la température relevée au niveau de vol par rapport à la température standard, et ce afin de préserver les marges d'effacement d'obstacle requises ;
- la confirmation ou la modification des caps magnétiques et des vitesses sol pour chacun des segments de la route suivie ; ces derniers paramètres, en particulier les vitesses sol, permettent de recalculer éventuellement le temps de vol et la consommation carburant pour chacun des segments de la route afin d'en déduire le temps de vol et la consommation totale jusqu'à destination.

## 1 - METAR

Les METAR ou SPECI sont des messages d'**observation d'aérodrome** ; ils sont élaborés par les stations météorologiques qui effectuent des observations sur le temps.

Les **METAR** sont des messages réguliers, très fiables. Ils sont émis systématiquement toutes les heures ou demi-heures, pour décrire les conditions météorologiques d'un aérodrome à une heure donnée. Ils peuvent également comporter une indication sur l'évolution du temps sur une période de deux heures à compter de l'heure d'observation.

D'autres messages d'observation **spéciale** peuvent être élaborés et émis occasionnellement, en cas de changement significatif du temps (aggravation ou amélioration). Ce sont les messages **SPECI**.

Les codes utilisés pour les METAR et les SPECI sont les mêmes. Il est important de connaître parfaitement les codes de ces messages, pour une bonne exploitation des informations météorologiques.

### a) Structure type d'un METAR

Les METAR ou SPECI contiennent les informations suivantes :

- groupe d'identification (type de message, code OACI du terrain, date et heure UTC) ;
- direction et vitesse du vent en surface ;
- visibilité ;
- portée visuelle de piste ;
- temps présent ;
- nébulosité ;
- température extérieure/température du point de rosée ;
- QNH ;
- tendance, renseignements complémentaires.

### Exemple

METAR : LFPO 081400Z 28015G25KT 9999 -RA BKN014TCU BKN028 15/14 Q1005 NOSIG=

LFPO	081400Z	28015G25KT	9999	-RA
Aérodrome	Date et heure	Vent	Visibilité	Temps

BKN014TCU BKN028	15/14	Q1005	NOSIG=
Nuages	Température / point de rosée	QNH	Tendance

### b) Décodage du METAR ou SPECI

Groupe	Explications	Exemples	Signification
Identification	Nom message	METAR	Message
	Code OACI aérodrome	LFPO	d'observation
	Jour et heure d'observation	081400Z	Paris Orly Le 8 du mois à 14 h 00 UTC
Vent (kt)	Direction et force du vent	28015G25KT	Vent du 280°, force 15 kt, rafales 25 kt.
	G (Gust) = rafales	VRB02KT	Vent de direction variable, force 2 kt.

	<b>VRB</b> si vent < 3 kt ou si la direction du vent varie de 180° ou plus		variable entre 120° et 200°
<b>Visibilité (m)</b>	Visibilité dominante exprimée en mètres	0000 9999 3000 NDV	Visibilité < 50 m Visibilité ≥ 10 km Visibilité = 3 000 m Sans indication de direction
<b>RVR = portée visuelle de piste (m)</b>	<b>L</b> : gauche <b>C</b> : centre <b>R</b> : droite <b>D</b> : en baisse <b>U</b> : en hausse <b>N</b> : sans changement <b>P</b> : supérieure à <b>M</b> : inférieure à	R08L/0300  R26/1000D  R26/M0100  R26/P1000	La RVR sur la piste 08 gauche est de 300 m La RVR sur la piste 26 est de 1 000 m en baisse La RVR sur la piste 26 est inférieure à 100 m La RVR sur la piste 26 est supérieure à 1000 m
<b>Temps présent</b>	<b>VC</b> : proximité + : sévère - : faible <b>Temps</b> : voir tableau de codification du temps ci-après	-SHRA VCSH TSRA	Averse de pluie modérée. Averse à proximité Orages avec pluie
<b>Nuages</b>	NSC : No Significant Clouds W /// : ciel invisible NCD : No Cloud Detected Le plafond est exprimé en centaine de pieds	FEW SCT BKN  OVC SCT020	Peu (1 à 2 octas) Épars (3 à 4 octas) Fragmenté (5 à 7 octas) Couvert (8 octas) Nuages épars à 2 000 ft
<b>CAVOK</b>	Visibilité ≥ 10 km Pas de nuages significatifs et pas de temps significatif pour l'aviation en dessous de 5 000 ft ou de l'altitude de transition, la plus haute des deux		CAVOK remplace le groupe visibilité, le temps présent et les nuages lorsque les conditions requises sont présentes lors de l'observation
<b>Température / température point rosée</b>	<b>M</b> : négative	05/M02	Température 5 °C et température du point de rosée - 2 °C
<b>QNH</b>	Valeur du QNH en hPa	Q1005	QNH = 1 005 hPa
<b>Autres renseignements</b>	<b>RE</b> : récent <b>WS</b> : cisaillement de vent	RESHSN WS RWY34	Averse de neige récente Cisaillement vent piste 34

**Tendance**

**NOSIG** : pas de changement significatif prévu dans les deux heures suivant l'heure d'observation

**NSW** : pas de temps significatif

**NSC** : pas de nuage significatif

**BECMG** : indicateur d'évolution des conditions météo

**TEMPO** : indicateur de fluctuations temporaires d'un ou de plusieurs paramètres

Qualificatifs		Phénomènes météorologiques		
Intensité ou proximité	Descripteur	Précipitations	Obscurcissement	Autres phénomènes
- faible	MI mince	DZ bruine	BR brume	PO tourbillon
	BC bancs	RA pluie	FG brouillard	de poussières/sable
modéré	PR partiel	SN neige	FU fumée	SQ grain
	DR chasse-poussière,	SG neige en grains	VA cendres volcaniques	FC nuage
	sable, neige bas	IC cristaux de glace	DU poussières	en entonnoir
+ forte	BL chasse-poussière,	PL granules de glace	généralisées	(trombe terrestre
bien formé (tourbillons)	sable, neige élevé	GR grêle	SA sable	ou marine)
VC au voisinage de	SH averse	GS grésil/neige roulée	HZ brume sèche	SS tempête de sable
	TS orage	UP précipitation		DS tempête
	FZ se congelant	inconnue		de poussière
		(METAR AUTO)		

**2 - TAF**

Le TAF (Terminal Aerodrome Forecast) est un message de **prévision** des conditions météorologiques sur un aéroport. On peut trouver deux types de TAF :

- **TAF court** : c'est un message d'une durée de validité de 9 heures, renouvelé toutes les 3 heures ;
- **TAF long** : c'est un message d'une durée de validité de 24 heures ou de 30 heures, renouvelé toutes les 6 heures.

Ces deux messages sont disponibles une heure avant le début de validité.

S'il y a des changements significatifs de temps au cours de la période de validité, ils sont décrits directement dans le message, via les groupes d'évolution et de probabilité.

Les codes utilisés dans les TAF et les METAR sont presque identiques ; seule la mise en forme change.

**a) Structure type d'un TAF**

TAF LONG: LFPO 081100Z 0812/0918 25006KT 9999 SCT007 BKN017 TEMPO 0812/0818 6000 -SHRA BKN010 SCT020CB PROB40 TEMPO 0812/0816 28015G30KT 2000 TSRA TEMPO 0903/0908 3000 BR BKN006 BECMG 0908/0911 30010KT SCT013 BKN025 BECMG 0915/0918 CAVOK=

<b>LFPO</b>	<b>081100Z</b>	<b>0812/0918</b>	<b>25006KT</b>	<b>9999</b>	
Aérodrome	Date et heure	Période de validité	Vent	Visibilité	Temps

<b>SCT007 BKN017</b>	<b>TEMPO 0812/0818 6000 -SHRA BKN010 SCT020CB PROB40...</b>
Nuages	Prévision d'évolution

## b) Décodage du TAF

Groupe	Explications	Exemples	Signification
<b>Identification</b>	Nom du message	TAF	Message prévision
	Code OACI aérodrome	LFPO	Paris Orly
	Jour et heure d'émission	081100Z	Le 8 du mois à 11 h 00 UTC
<b>Période de validité</b>	Jour et heure de début de validité/jour et heure de fin de validité	0812/0918	Valable du 8 à 12 h UTC au 9 à 18 h UTC
<b>Vent (kt)</b>	Idem METAR		
<b>Visibilité (m)</b>	Idem METAR		
<b>Temps significatif</b>	Idem METAR		
<b>Nuages</b>	Idem METAR		
<b>Groupe d'évolution et de probabilité</b>	<b>FM</b> (From) : début de changement prévu	FM 081900 31010KT	Le 8 du mois, à partir de 19 h UTC, vent 310°/10 kt
	<b>BECMG</b> : indicateur d'évolution des conditions météo	BECMG 0915/0918 CAVOK	Le 9 du mois de 15 h à 18 h UTC, le temps devient CAVOK.
	<b>TEMPO</b> : indicateur de fluctuations temporaires d'un ou de plusieurs paramètres.	TEMPO 0812/0818 6000 -SHRA	Temporairement, le 8 du mois entre 12 h et 18 h, la visibilité est de 6 000 m et il y aura des averses de pluie faibles.
	<b>PROB</b> : indicateur de probabilité d'occurrence des phénomènes décrits ; il est toujours suivi de TEMPO	PROB40 TEMPO 0812/0816 28015G30KT	Avec une probabilité d'occurrence de 40 %, temporairement, le 8 du mois entre 12 h et 16 h UTC, le vent est de 280°/15 kt avec des rafales de 30 kt.
<b>Températures extrêmes/date et heure prévue</b>	<b>Tn</b> : température mini	TnM02/1106Z	Le 11 du mois à 6 h, la température mini est de - 02 °C
	<b>Tx</b> : température maxi	Tx10/1115Z	Le 11 du mois à 15 h, la température maxi est de 10 °C
	<b>M</b> : pour température négative		

**Note.** Dans le cadre de l'examen, on peut trouver des types de messages suivants :



- **SA**1330 121330Z 13005KT... ;
- **FC**0900 121000Z 121212 15015G30KT... ;
- **FT**0900 121000Z 121812 18005KT...

Avec : **SA** = **METAR**, **FC** = **TAF court**, **FT** = **TAF long**.

Les codifications des conditions météorologiques sont de type OACI. Pour illustration, nous nous référons aux messages METAR/TAF suivants.

#### Exemple

BIRMINGHAM EGBB/BHX  
 SA0850 280850 18014KT 9999 SCT024 BKN030 BKN045 12/08 Q1011=  
 FC0600 280600Z 280816 190015G27KT 9999 BKN025 TEMPO 0812 5000 -DZ BKN012  
 BECMG1214 19022G37=  
 FT0400 280434Z 281212 19022G37 9999 BKN025 TEMPO 1902 5000 RA BKN010 BECMG  
 2201 25007KT

1. Quelle est la durée totale de la prévision du temps ?  
 A) 9 heures      B) 18 heures      C) 24 heures      D) 28 heures
2. Quelle est la plus faible visibilité prévue à 280800Z ?  
 A) 50 km      B) 5 000 m      C) 10 km ou plus      D) 2 500 m

#### Réponse 1

La question porte sur la prévision ; on s'intéresse donc aux messages TAF.

Dans le message TAF court (FC0600), la période de prévision est de 280816 : le 28 du mois, la prévision couvre une période allant de 8 h UTC à 16 h UTC.

Dans le message TAF long (FT0400), la période de prévision est de 281212 : la prévision couvre une période allant de 12 h UTC du 28 jusqu'à 12 h UTC le lendemain.

Ainsi, la prévision totale du TAF va de 8 h UTC le 28 jusqu'à 12 h UTC le 29, soit au total 28 heures de prévision.

Réponse D.

#### Réponse 2

La question porte sur la prévision le 28 du mois à 8 h UTC, on s'intéresse donc aux messages TAF.

Dans le message TAF court (FC0600) : groupe « TEMPO 0812 5000 -DZ ».

Temporairement, de 8 h UTC à 12 h UTC, la visibilité est de 5 000 m, en raison de la présence de bruine (DZ) de faible intensité (signe « - »).

Réponse B.

**Note.** Le message TAF long indique également une visibilité de 5 000 m avec le groupe « TEMPO 1902 5000 RA ». Seulement, la période de prévision (19 h UTC à 2 h UTC) n'est pas celle de l'énoncé !

## B – Cartes météorologiques d'altitude

### 1 - Généralités

Les centres météorologiques aéronautiques collectent les données météo sur toute la surface du globe à l'aide des stations météorologiques, afin d'élaborer des prévisions et de les représenter graphiquement sous forme de cartes.

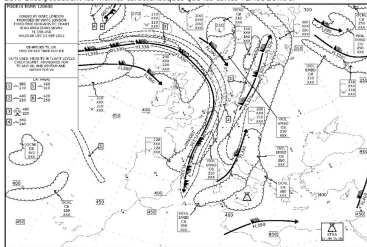
Ces cartes indiquent un ou plusieurs éléments météorologiques en altitude pour une période donnée, un espace vertical spécifié et un espace aérien défini. Ils existent donc un grand nombre de cartes météorologiques d'altitude.

- carte de prévision du temps significatif : carte TEMSI ;
- carte des vents et températures en altitude : carte WINTEN

Comme son nom l'indique, la carte TEMSI est une carte du TEMps Significatif prévu à une heure ou une période définie et pour un espace aérien donné. Seuls les phénomènes importants et les masses nuageuses sont reportés sur ce type de cartes.

En sus des cartes TEMSI d'altitude émises dans le cadre du Système mondial de prévision de zone, Météo France établit la carte TEMSI pour le domaine EURO-C. Pour ce type de cartes, seules les masses nuageuses de nébulosité supérieure à 4/8 (BKN et OVC) sont décrites. Dans les TEMSI France, les masses nuageuses de nébulosité SCT sont également décrites.

Dans le cadre de l'examen, les cartes TEMSI utilisées sont principalement du type SWC EUR. Elles possèdent les mêmes caractéristiques que les cartes TEMSI EURO C.



Exemple de TEMSI/ SWC (Significant Weather Chart) EUR

- **Présentation des fronts et des zones de convergence**

	Front froid en surface		Front quasi-stationnaire
	Front chaud en surface		Ligne de convergence
	Projection en surface du front occlus		Zone de convergence intertropicale
	Vent de surface fort de grande étendue (sup 30 kt)		
25	Le chiffre donne la vitesse prévue du déplacement en kt	STNR	Stationnaire
	La flèche indique la direction prévue du déplacement	L	Centre de basses pressions
SLW	Déplacement lent	H	Centre de hautes pressions

### • Délimitation des zones et présentation du CAT

	Ligne testonnée : limite des zones de temps significatif		Un chiffre entouré d'un carré peut renvoyer à une légende indiquant les caractéristiques de la zone de turbulence et/ou de la zone de grande étendue de vent supérieur à 30 kt
	Ligne fine discontinue : limite des sous zones à l'intérieur d'une zone testonnée		
	Ligne épaisse discontinue : limite des zones de turbulence ou limite des zones de grande étendue de vent supérieur à 30 kt		Une lettre entourée d'un carré renvoie aux conditions qui règnent dans la sous zone (en plus de celles déjà décrites dans la zone testonnée)

### • Turbulence en ciel clair


























Ce terme est utilisé en aéronautique pour indiquer une turbulence spécifique à moyenne et haute altitude, en dehors d'un milieu nuageux dense, justifiant ainsi le terme d'atmosphère clair. Cette turbulence atmosphérique est le produit des fortes variations de direction ou vitesse du vent.

L'abréviation OACI de ce phénomène est **CAT** (Clear Air Turbulence).

Dans l'exemple ci-contre, extrait de la carte TEMSI précédente, la CAT se produit entre le FL 230 et 360.



### • Symboles du temps significatif

Symboles du temps significatif					Localisation	
 Pluie	 Brume	 Turbulence forte	COT	Sur la côte		
 Brume	 Brouillard étendu <sup>1</sup>	 Ligne de grains forts	LAN	À l'intérieur des terres		
 Pluie se congelant	 Fumée de grande étendue	 Orages	LOC	Localement		
 Neige <sup>1</sup>	 Forte brume de sable	 Ondes orographiques	MAIR	En mer		
 Averse <sup>1</sup>	 Polluants radioactifs	 Cyclone tropical	MON	Au-dessus des montagnes		
 Gâle	 Éruption volcanique	 Chasse-neige élevé	SFC	En surface		
 Brouillard givrant	 Tempête de sable ou de poussière	 Obscurcissement des montagnes	VAL	Dans les vallées		
 Givrage modéré	 Brume sèche de grande étendue		CIT	À proximité ou au-dessus des villes importantes		
 Givrage fort	 Turbulence modérée					

1. Symbole que l'on ne retrouve pas sur les cartes haute altitude.

1. Symbole que l'on ne retrouve pas sur les cartes haute altitude.

### • Nuages

Les abréviations qualificatives suivantes sont utilisées pour décrire les cumulonimbus (Cb) et cumulus congestus (TCU) **uniquement** :



- **ISOL** : Cb ou TCU isolés ;

- **OCNL** : Cb ou TCU occasionnels ;
- **FREQ** : Cb ou TCU fréquents ;
- **EMBD** : Cb (uniquement) noyés dans la masse nuageuse.

Pour les autres types de nuages (AC = altocumulus ; AS = altostratus ; CC = cirrocumulus ; CU = cumulus ; ST = stratus...), les qualifications classiques en nombre d'octas sont employées :

- **FEW** : peu (1 à 2 octas) ;
- **SCT** : épars (3 à 4 octas) ;
- **BKN** : fragmenté (5 à 7 octas) ;
- **OVC** : couvert (8 octas) ;
- **LYR** : en couches.

**ATTENTION !** Les mouvements verticaux, puissants et de grande ampleur, qui animent le **cumulonimbus (Cb)** sont à l'origine de toute une série de phénomènes importants pour l'aéronautique : givrage, turbulence et cisaillement de vent. Associés à ce type de nuages, ils se retrouvent bien souvent avec de fortes intensités.

Ainsi, même si les signes  et  indiquent respectivement la turbulence et le givrage modérés, implicitement, la présence de **Cb** signifie toujours le **risque de turbulence et de givrage potentiel modéré à sévère**.

Dans l'exemple ci-contre, les « XXX » indiquent que le Cb est de base inférieure au FL 100 (base de la carte, cf. cartouche) et de sommet au FL 380.

BKN	CU
AC	180
	XXX
	110
	XXX
SOL	EMBC
CB	380
	XXX

#### • Tropopause

	Altitude en niveau de vol de l'isotherme -10 °C.		Représentation de la température et du niveau de la tropopause.
	Altitude maximale de la tropopause.		Altitude minimale de la tropopause.

**Note.** Sur les cartes SWC EUR, la température au niveau de la tropopause n'est pas toujours indiquée.

#### • Axes de jet



Le symbole du milieu représente l'axe de courant-jet avec indications du vent maximal (130 kt cf. valeurs de vent ci-après) et son altitude.

Le trait avec la double barre indique des changements d'altitude de 3 000 ft au maximum et/ou des changements de vitesse du vent de 20 kt.

Pour rappel :

**Exemple 1**

Se référer à la carte TEMSI page 175.

La direction et la force maximale du vent ( $^{\circ}$ /kt) juste au nord de Tunis ( $36^{\circ}$  N –  $010^{\circ}$  E) sont de :

- A) 250/85
- B) 180/105
- C) 190/95
- D) 280/110

**Réponse**

Le jetstream situé au nord-ouest de Tunis vient du sud ( $\approx 190^{\circ}$ ) et sa force maximale est de 95 kt : 1 triangle (50 kt) + 4 barbules (40 kt) +  $\frac{1}{2}$  barbule (5 kt).

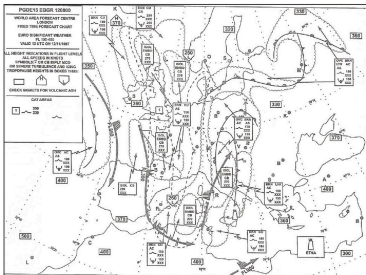
Réponse C.

**Exemple 2**

Se référer à la carte TEMSI page 175.

Quel est le meilleur descriptif de l'intensité maximale de turbulence, s'il y a lieu, prévue au FL 260 au-dessus de Toulouse ( $44^{\circ}$  N –  $001^{\circ}$  E) ?

- A) Légère
- B) Aucune



- C) Sévère  
D) Modérée

**Réponse**

Identifier Toulouse (44°N – 001°E) sur la carte. Il y a deux encadrés de temps significatifs. Le premier encadré (le plus au nord) indique la présence de turbulence modérée (symbole A) entre le FL < 100 (xxx) et le FL 150. Le niveau 260 n'est pas concerné par ces turbulences.

Le deuxième encadré indique que la zone est couverte également par des cumulonimbus isolés et noyés dans la couche (ISOL EMBD CB) de base inférieure au FL 100 (xxx, la carte débutant au FL 100) et de sommet FL 270. La légende dans le cartouche en haut et à gauche de la carte indique que « Cb imply mod or severe turbulence and icing » ; ainsi, la présence de Cb signifie toujours le risque de givrage et de turbulence de modérée à sévère.  
Réponse C.

**Exemple 3**

Se référer à la carte TEMSI page 175.

Quel est le meilleur descriptif des nuages significatifs prévus au-dessus de Toulouse (44°N – 001°E) ?

- A) Altocumulus/cumulus de base inférieure au FL 100 et de sommet FL 150 ; cumulonimbus isolés et noyés dans la couche de base inférieure au FL 100 et de sommet FL 270  
B) Cumulonimbus bien séparés de base au FL 100 et de sommet FL 270.  
C) Cumulonimbus isolés et noyés dans la couche de nuages de la surface au FL 270  
D) Cumulus et altocumulus de 5 à 7 octas de base inférieure au FL 100 et de sommet FL 270

**Réponse**

Les deux encadrés au nord et nord-est de Toulouse (44°N – 001°E) indiquent la présence de :

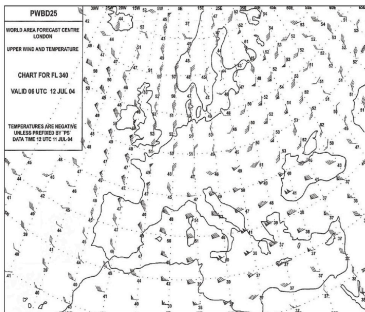
- nuages morcelés BKN de type CU (cumulus)/AC (altocumulus) de base inférieure au FL 100 (xxx, la carte débutant au FL 100) et de sommet FL 150 ;
- nuages cumulonimbus, isolés et noyés dans la couche (ISOL EMBD CB), de base inférieure au FL 100 (xxx) et de sommet FL 270.

Réponse A.

**3 - Carte WITEM**

La carte WITEM est une carte de prévision de vent (WIND) et des TEMPératures sur des surfaces isobares. Elle est donc établie pour des niveaux de vol fixés.

Surface isobare	Niveau de vol
950 hPa	FL 20
850 hPa	FL 50
700 hPa	FL 100
500 hPa	FL 180
300 hPa	FL 300
250 hPa	FL 340
200 hPa	FL 390



Exemple de carte WINDTEM.

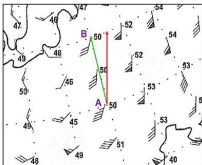
#### • Cartouche du WINDTEM

Dans la cartouche en en-tête de la carte WINDTEM, on trouve des informations relatives au centre de production, la période de validité et le niveau de vol de la carte (FL 340 dans notre exemple précédent).

#### • Présentation du vent

Les vents reportés sur la carte sont représentés par un système de flèches avec des barbules et fanions.

Les flèches indiquent la direction du vent par rapport au **Nord vrai** et le nombre de barbulles et fanions donne sa vitesse en kt.



**Note.** Si la direction du vent dans les messages ATIS est donnée par rapport au Nord magnétique, il est utile de noter que celle du METAR, TAF et des cartes WINTEN est donnée par rapport au Nord vrai !

Attention : sur la carte, le Nord vrai est représenté par la flèche verte et non la verticale (flèche rouge).

#### Exemple

Se référer à l'extrait de la carte WINTEN ci-dessus.

Quel est le vent moyen sur le parcours AB ?

- A) 225°/45 kt      B) 210°/35 kt  
C) 220°/30 kt      D) 218°/36 kt

#### Réponse

Sur ce parcours, on peut lire les vents suivants : 225°/45 kt, 210°/35 kt et 220°/30 kt. Le vent moyen sur ce parcours est de 218°/36 kt.

Réponse **D**.

#### Exemple

Se référer à l'extrait de la carte WINTEN ci-dessus.

Quelle est la composante de vent effectif moyen sur la route de A vers B ?

- A) - 28 kt      B) - 25 kt  
C) + 28 kt      D) + 25 kt

#### Réponse

Par rapport à la question précédente, il est important de bien lire la question.

Il est question ici de la **projection du vent** sur la route AB.

La Rv de A vers B étant de 360°, la composante de vent effectif de A vers B est de :

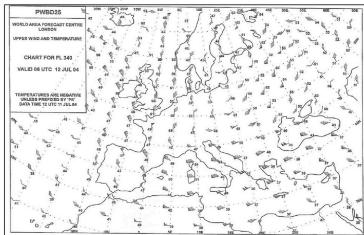
$\cos(360 - 218) \times 36 = -28$  kt (la valeur trouvée par la formule est négative, ce qui signifie que le vent est arrière).

La composante de vent effectif moyenne sur la route A-B est de + 28 kt.

Réponse **C**.



## • Présentation des températures



Les températures sont données en degrés Celsius. Les températures négatives n'ont pas de signe. Les températures positives sont précédées du signe +.

**Exemple**

Se référer à la carte ci-dessus.

Quel est l'écart de température (°C) par rapport à la température STD à 50° N - 010° E ?

- A) - 58      B) - 6      C) + 2      D) + 10

**Réponse**

Au point (50° N - 010° E) et au FL 340 (niveau de la carte indiqué dans la légende de l'encadré en haut et à gauche de la carte), la température extérieure (OAT) est de - 51 °C.

$$\Delta ISA = OAT - ISA = - 51 - (15 - 2 \times 34) = + 2 \text{ °C}$$

Réponse C.

**Note.** Les températures de la carte WINTEN sont publiées **pour le niveau de vol indiqué dans l'encadré en haut et à gauche de la carte**. On peut donc aisément déduire une estimation de température à un autre niveau de vol, en partant de la température du niveau de vol donné et en appliquant la règle de correction de températures de l'atmosphère standard (2 °C par 1 000 ft).

## **033 04 02 02 ACTUALISATION DU PLAN DE VOL EN FONCTION DES DONNEES METEOROLOGIQUES**

Lorsque les toutes dernières informations météorologiques sont obtenues, le pilote fera une étude attentive des bulletins et prévisions météorologiques et la décision finale d'entreprendre le vol appartient au pilote et à lui seul.

Si la faisabilité du vol est confirmée et si les dernières données météorologiques sont différentes de celles utilisées pour établir initialement le log de navigation et le devis de carburant, il y a alors la nécessité d'actualiser les éléments du plan de vol afin de confirmer ou infirmer certains choix opérationnels ; en particulier :

### **A – Altitudes retenues en croisière**

- La température a une influence sur l'altitude maximale croisière (altitude d'accrochage). Consulter le manuel de vol pour déterminer l'altitude maximale à ne pas dépasser en fonction de la température.
- Les données de vent peuvent amener le pilote à choisir une altitude à laquelle le vent prévisionnel est le moins pénalisant (ou le plus favorable) possible.
- Par ailleurs, on a vu au 1<sup>er</sup> chapitre que la pression atmosphérique et la température ont une influence sur l'altitude vraie du vol ; aussi la variation de ces deux paramètres doit être prise en compte pour actualiser l'altitude réelle de l'avion afin de s'assurer que les marges de survol des obstacles soient toujours respectées. Le lecteur est invité à revoir les règles de corrections altimétriques « correction de pression et de température » spécifiées au chapitre « 033-02 navigation IFR ».

### **B – Cap magnétique et vitesse sol**

- Avec les dernières données du vent et les altitudes retenues in fine pour le vol, il y a lieu de recalculer les caps magnétiques en fonction de la dérive et les vitesses sol ; or un changement de température et/ou d'altitude de vol a une influence directe sur la consommation horaire (Ch). Les données performances publiées dans le manuel de vol permettent au pilote de corriger la Ch en fonction de ces deux paramètres.
- Le calcul du TOC (Top Of Climb) et du TOD (Top Of Descent) sont également à revoir en fonction de la variation de la vitesse sol de la phase de montée et de descente.

### **C – Carburant**

On a vu au chapitre 033-03 « carburant » que le calcul du carburant en croisière dépend d'une part de la consommation horaire (Ch) et d'autre part de la vitesse sol ; or un changement de température et/ou d'altitude de vol a une influence directe sur la consommation horaire (Ch). Les données performances publiées dans le manuel de vol permettent au pilote de corriger la Ch en fonction de ces deux paramètres.

## **033 04 03 Point équitemps et point sûr de retour**

### **A – Généralités**

Au stade de la préparation du vol, l'équipage technique doit être en mesure d'anticiper des actions à entreprendre en cas de situation d'urgence survenue au cours du vol.

Selon la nature de l'incident auquel un équipage doit faire face, les décisions varient :

- un problème technique pourrait amener l'équipage à faire demi-tour vers le terrain de départ ou de poursuivre le vol jusqu'à sa destination ou vers un terrain de déroutement ;
- en cas de problème médical urgent à bord, il serait nécessaire de dérouter vers un terrain adéquat le plus proche en temps de vol.

Afin de pouvoir prendre une décision judicieuse à tout moment du vol, l'équipage aura besoin d'établir les points équitemps (PET) pour déterminer le trajet le plus rapide en temps de vol entre deux terrains, ainsi que les points sûr de retour (PSR) pour savoir si le carburant réglementaire est suffisant pour effectuer un demi-tour vers le point de départ.

## **B – Point équitemps (PET)**

### **1 - Principe du point équitemps**

Le point équitemps (PET) entre deux aérodromes est le point situé sur le trajet de l'avion à partir duquel il faudrait **le même temps de vol pour rejoindre l'un ou l'autre de ces aérodromes**.

Ces deux aérodromes peuvent être l'aérodrome de départ et l'aérodrome de destination ou tout autre couple d'aérodromes de déroutement accessibles depuis le trajet du vol.

L'établissement du point équitemps sur la route suivie par l'avion et son tracé sur la carte routier permet à l'équipage de savoir rapidement lequel des deux aérodromes de déroutement est le plus proche en temps de vol en cas de problème survenu en vol.

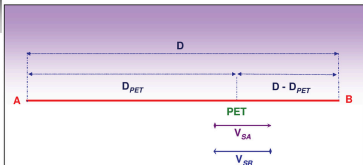
Dans le cas de survols océaniques ou désertiques, en raison de l'absence de terrain de déroutement situé sur la trajectoire, l'établissement du point équitemps entre l'aérodrome de départ et de destination permet à l'équipage de prendre rapidement une décision concernant la poursuite du vol en cas de situation d'urgence : continuer le vol jusqu'à destination ou revenir au terrain de départ.

**Ainsi, le point équitemps est une question de temps de vol.**

### **2 - Formules de calcul du PET**

De par sa définition, par vent nul, ce point est donc situé à mi-chemin entre les deux aérodromes.

En présence de vent, la position du point équitemps varie en fonction du vent effectif rencontré sur la trajectoire. Cette position est déterminée selon le principe de calcul suivant.



Avec :

- D** = distance entre deux aérodromes A et B
- D<sub>PET</sub>** = distance du point équitemps à A
- D - D<sub>PET</sub>** = distance du point équitemps à B
- V<sub>SR</sub>** = vitesse sol de retour
- V<sub>SA</sub>** = vitesse sol aller

Par la définition du PET, nous avons :  
temps retour du PET à A = temps aller du PET à B

Donc :

$$\frac{D_{PET}}{V_{SR}} = \frac{D - D_{PET}}{V_{SA}}$$

$$\Rightarrow D_{PET} \times V_{SA} = D \times V_{SR} - D_{PET} \times V_{SR}$$

D'où, la position du point équitemps (D<sub>PET</sub>) sur le trajet A-B est de :

$$D_{PET} = \frac{D \times V_{SR}}{V_{SA} + V_{SR}}$$

Il est également fréquent, dans les questions d'examen, de demander aux candidats de calculer le temps équitemps estimé (T<sub>PET</sub>) nécessaire pour atteindre le point équitemps depuis le point de départ.

Dans ce cas,

$$T_{PET} = \frac{D_{PET}}{V_{SA}}$$

A travers la formule ci-dessus, on comprend aisément que, pour déterminer et construire graphiquement les points équitemps sur les cartes routières, il est important de tenir compte des deux paramètres clés suivants dans les calculs :

- le vent effectif pour rejoindre le terrain ;
- la vitesse propre qu'il faudra utiliser, selon le scénario de la situation d'urgence, pour déterminer la V<sub>SA</sub> et la V<sub>SR</sub> ; en effet, la vitesse propre en cas de panne moteur ou de dépressurisation n'est pas la même que celle tous moteurs en fonctionnement.

**Note.** La méthode de construction des points équitemps et des points sûrs de retour sur les cartes routiers ne figure pas au programme du certificat 033 ; aussi, elle ne sera pas développée dans cet ouvrage ; le lecteur est invité à consulter l'ouvrage 061 « Navigation » s'il est intéressé par une approche approfondie de ce point spécifique.

### 3 - Exemples

Dans les exercices, nous serons souvent amenés à utiliser le « computer » pour déterminer les vitesses sol  $V_{SA}$  et  $V_{SR}$  en fonction de la vitesse propre ( $V_p$ ), de la route vraie et de la direction du vent et de sa composante. Se reporter à cette partie du cours dans l'ouvrage 061 « Navigation ».

#### Exemple

Un vol est planifié entre deux aéroports A et B, séparés de 338 NM.

Sont données :

- route vraie de A vers B :  $045^\circ$  ;
- vent reporté :  $225^\circ/35$  kt ;
- vitesse propre : 120 kt.

Quels sont la position du point équitemps depuis l'aéroport de départ et le temps estimé pour atteindre le point équitemps (PET) à partir du point A ?

- A) Distance 169 NM ; temps : 85 min
- B) Distance 218 NM ; temps : 85 min
- C) Distance 120 NM ; temps : 46 min
- D) Distance 185 NM ; temps : 72 min

#### Réponse

• En utilisant le computer

$R_v = 045^\circ$

Vent  $225^\circ/35$

$V_p = 120$  kt

$V_{SA}$  = vitesse sol aller = 155 kt

$V_{SR}$  = vitesse sol retour = 85 kt

• Calcul de la position du PET

$$\begin{aligned} D_{PET} &= D \times V_{SR} / (V_{SA} + V_{SR}) \\ &= 338 \times 85 / (155 + 85) \\ &= 119,7 \text{ NM} \approx \mathbf{120 \text{ NM}} \end{aligned}$$

Ainsi, arrivé au point PET (situé à 119,7 NM de l'aéroport de départ), on mettra autant de temps pour revenir au terrain de départ depuis ce point qu'à poursuivre son vol à destination, qui se trouve à 218,3 NM ( $338 - 119,7$ ) du point équitemps.

• Calcul du temps estimé pour atteindre le PET depuis l'aéroport de départ

$$\begin{aligned} T_{PET} &= D_{PET} / V_{SA} \\ &= 120 / 155 \\ &= 0,77 \text{ h ; soit } \mathbf{46 \text{ min.}} \end{aligned}$$

Réponse C.

### C - Point sûr de retour (PSR)

#### 1 - Principe du point sûr de retour

Le point sûr de retour (PSR), encore appelé le point de non-retour (PNR) est le point le plus éloigné sur la route au-delà duquel l'avion ne pourrait plus revenir au point de départ compte tenu de son autonomie de sécurité à bord. Une autre façon d'expliquer le PSR est la définition suivante : c'est le point le plus éloigné situé sur le trajet de l'avion, de telle sorte que la distance aller du point de départ au point PSR soit égale à la distance de retour depuis ce point jusqu'au point de départ.

Il est important de faire la distinction entre l'autonomie totale et l'autonomie de sécurité à bord :

- l'autonomie totale représente le temps de vol maximal correspondant à la totalité de la quantité de carburant utilisable à bord ; cette quantité de carburant est donnée par les jaugeurs (ou totalisateurs) et validée par le suivi du carburant en vol ;
- l'autonomie de sécurité à bord représente le temps maximal pendant lequel un avion peut voler sans utiliser ses réserves réglementaires.

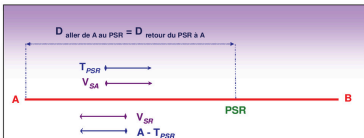
Ainsi, le calcul du PSR est effectué avec la quantité totale de carburant utilisable diminuée des réserves réglementaires à l'arrivée (réserve finale et réserve de dégagement).

En pratique, l'établissement du point sûr de retour serait nécessaire pour les vols à destination des aérodromes dits isolés, où le seul recours possible en cas d'urgence est de retourner au terrain de départ ou de poursuivre le vol jusqu'à sa destination ; c'est le cas des vols au départ du continent vers Tahiti ou les îles de Pâques, par exemple.

## 2 - Formules de calcul du PSR

Par vent nul, le point sûr de retour est confondu avec le point milieu du trajet entre deux aérodromes ; autrement dit, la distance et le temps de vol aller du terrain de départ au PSR sont égales respectivement à la distance et le temps de vol retour du PSR au terrain de départ.

En présence de vent, le temps aller du terrain de départ vers le PSR et le temps de retour depuis ce point sont différents.



Avec :

- $A$  = autonomie de sécurité au départ
- $T_{PSR}$  = temps de vol de A au PSR
- $A - T_{PSR}$  = temps de vol du PSR à A
- $V_{SR}$  = vitesse sol de retour du point PSR à A
- $V_{SA}$  = vitesse sol aller de A au PSR

Par la définition du point PSR, nous avons :

distance aller de A au PSR = distance retour du PSR à A

$$T_{PSR} \times V_{SA} = (A - T_{PSR}) \times V_{SR}$$

Le temps estimé ( $T_{PSR}$ ) pour atteindre le PSR depuis le point de départ est donc de :

$$T_{PSR} = \frac{A \times V_{SR}}{V_{SA} + V_{SR}}$$

Il est fréquent, dans les questions d'examen, de demander aux candidats de calculer la position du point sûr de retour ( $D_{PSR}$ ) par rapport au terrain de départ.

Dans ce cas,

$$D_{PSR} = T_{PSR} \times V_{SA} = \frac{A \times V_{SR}}{V_{SA} + V_{SR}} \times V_{SA}$$

Il est à noter que, pour la détermination du point PSR, les formules ci-dessus ne sont applicables qu'en cas de vol normal. En effet, si l'on cherche à établir le PSR en cas de panne du moteur par exemple, il faudrait connaître à l'avance le moment de la panne, car l'autonomie du départ ne sera plus la même suivant l'heure de la panne !

### 3 - Exemple

Un avion effectue un vol planifié de A vers B.

Le carburant total disponible à bord est de 50 000 kg, mais l'avion doit atterrir avec une réserve de 5 000 kg.

De A à B, la vitesse propre est de 400 kt, la composante de vent de face est de 30 kt, et la consommation horaire totale est de 7 800 kg/h.

Dans l'hypothèse où l'avion doit effectuer un retour depuis le point sûr de retour (PSR), sa vitesse propre serait de 380 kt, la composante de vent est de 30 kt arrière et la consommation horaire de 7 500 kg/h.

Quels sont la position du point sûr de retour et le temps estimé pour atteindre le point sûr de retour à partir du point de départ ?

- A) 1 270 NM ; 206 min                      B) 1 250 NM ; 174 min  
C) 1 071 NM ; 174 min                      D) 1 143 NM ; 185 min

#### Réponse

- Calcul de l'autonomie de sécurité (A)

A = carburant utilisable/consommation horaire moyenne

carburant utilisable = carburant total à bord - réserve = 50 000 - 5 000 = 45 000 kg

consommation horaire moyenne = (7 800 + 7 500) / 2 = 7 650 kg/h

A = 45 000 / 7 650

= 5,88 h

- Calcul du temps estimé pour atteindre le PSR depuis le point A

$T_{PSR} = A \times V_{SR} / (V_{SA} + V_{SR})$

Avec  $V_{SA}$  = vitesse sol aller = 400 - 30 = 370 kt

et  $V_{SR}$  = vitesse sol retour = 380 + 30 = 410 kt

$T_{PSR} = 5,88 \times 410 / (370 + 410)$

= 3,09 h ; soit 3 h 05 min

= 185 min

- Calcul de la position du PSR

$D_{PSR} = A \times (V_{SA} \times V_{SR}) / (V_{SA} + V_{SR})$

Autre possibilité :

$D_{PSR} = T_{PSR} \times V_{SA}$

= 3,09 x 370

= 1 143 NM

Réponse D.

**Page Volontairement Blanche**



Dans le cadre de la préparation du vol, lorsque le pilote a à sa disposition l'ensemble des éléments qui constituent la description du vol ou une partie du vol planifié, il doit faire connaître ses intentions aux organismes des services de la circulation aérienne compétents, afin de bénéficier de ses services en communiquant les renseignements sous forme de plan de vol (noté PLN).

Ces renseignements permettent aux services de la circulation aérienne de fournir les services prévus : contrôle, informations et alerte s'il y a lieu. Concrètement, le pilote ou son représentant désigné renseigne le formulaire de plan de vol en format papier ou électronique et le dépose aux organismes de la circulation aérienne de son vol, en vue d'obtenir la clearance.

Dans ce chapitre, nous allons étudier les règles relatives à la rédaction du formulaire du plan de vol et aux procédures de dépôt du plan de vol.

## **033 05 01 Plan de vol individuel**

### **A – Format du plan de vol**

#### **1 - Obligation du dépôt du plan de vol**

Un plan de vol (noté PLN) sera déposé avant :

- tout vol IFR ;
- tout vol ou toute partie du vol appelé à bénéficier des services du contrôle de la circulation aérienne ;
- tout vol au cours duquel l'aéronef doit franchir des frontières ;
- tout vol qui doit être effectué dans des régions désignées, ou au cours duquel l'aéronef doit suivre des routes désignées, lorsque ce dépôt est exigé par l'autorité compétente des services de la circulation aérienne pour faciliter le service d'information de vol, le service d'alerte et les opérations de recherches et de sauvetage ;
- tout vol qui doit être effectué dans des régions désignées, ou au cours duquel l'aéronef doit suivre des routes désignées, lorsque ce dépôt est exigé par l'autorité compétente des services de la circulation aérienne pour faciliter la coordination avec les organismes militaires appropriés ou les organismes des services de la circulation aérienne d'Etats voisins, afin d'éviter la nécessité éventuelle d'une interception aux fins d'identification.

#### **2 - Formulaire du plan de vol**

Voir le formulaire de plan de vol page suivante.

### **B – Instructions de rédaction d'un plan de vol**

#### **1 - Généralités**

La rédaction doit se conformer strictement aux formats prescrits et à la manière prescrite de spécifier les données. Pour insérer les données, commencer par le premier espace prévu. Laisser en blanc les espaces grisés.

Les cases de la première partie sont réservées aux organismes des services de la circulation aérienne et de la communication.

Exprimer les heures en UTC et les durées estimées par un groupe de quatre chiffres (heures et minutes).



Ministère chargé  
de l'aviation civile  
Ministère Français

# Formulaire de plan de vol / Flight plan form

Année de 8 novembre 2012 (NOR : DEVR223299A)



N° 14906\*01

<b>PRIORITE / Priority</b> << = FF →		<b>DESTINATAIRES / Addressees</b> _____ _____ _____ << =	
<b>HEURE DE DÉPART / Parting time</b> [ ] [ ] [ ] [ ] →		<b>EXPÉDITEUR / Originateur</b> [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] << =	
<b>IDENTIFICATION PRÉCISE DES DESTINATAIRES ET/OU DE L'EXPÉDITEUR / Specific identification of addressees and/or originator</b> _____			
<b>1. TYPE DE MESSAGE / Message type</b> << = (FPL		<b>7. IDENTIFICATION DE L'APPAREIL / Aircraft identification</b> — [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>8. NOMBRE / Number</b> — [ ] [ ]		<b>9. CARACTÈRE DE TURBULENCE DE SILLAGE / Wake turbulence category</b> [ ] / [ ]	
<b>10. EMPLACEMENT DE DÉPART / Departure location</b> — [ ] [ ] [ ] [ ]		<b>11. ÉQUIPEMENTS POSSIBILITÉS / Equipment capabilities</b> 10a: _____ 10b: _____ << =	
<b>12. VITESSE CRUISE / Cruising speed</b> — [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		<b>13. NIVEAU / Level</b> [ ] [ ] [ ] [ ] →	
<b>ROUTE / Route</b> _____ _____ _____ << =			
<b>14. AÉRODROME DE DESTINATION / Destination aerodrome</b> — [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]		<b>15. AÉRODROME DE DÉGAGEMENT À DESTINATION / Destination alternate aerodrome</b> [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] << =	
<b>16. REMARQUES COMPLÉMENTAIRES / Other information</b> _____ _____ _____ << =			
<b>17. REMARQUES COMPLÉMENTAIRES (À NE PAS TRANSMETTRE DANS LES MESSAGES DE PLAN DE VOL DÉPOSÉ) / Supplementary information (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES)</b> _____			
<b>AUTOMOBILES / Endurance</b> — E / [ ] [ ] [ ] [ ]		<b>PERSONNES À BORD / Persons onboard</b> → P / [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>ÉQUIPEMENT DE DÉPART / Departure equipment</b> → S / P [ ] [ ] [ ] [ ]		<b>PROD ET SAISON D'URGENCE / Emergency code</b> → R / U [ ] [ ] [ ] [ ]	
<b>COULEUR / Colour</b> → D / [ ] [ ] [ ] [ ]		<b>COULEUR / Colour</b> → C / [ ] [ ] [ ] [ ] << =	
<b>COULEUR ET MARQUÉS DE L'APPAREIL / Aircraft colour and markings</b> A / _____			
<b>REMARQUES / Remarks</b> → N / [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] << =			
<b>PILOTS COMMANDANT DE BORD / Pilot in command</b> C / [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] << =			
<b>DÉPOSE PAR / Flashed by</b> _____		<b>ESPACE RÉSERVÉ À DES FINS SUPPLÉMENTAIRES / Space reserved for additional requirements</b> _____	

**2 - Etablissement d'un plan de vol**

Remplir les cases 7 à 18, comme il est indiqué ci-après.

Remplir également la case 19, comme indiqué ci-dessous, lorsque l'autorité des services de la circulation aérienne compétente l'exige, ou lorsque cela paraît nécessaire autrement.

**Note.** Sur le formulaire, les numéros de case ne se suivent pas, car ils correspondent aux numéros de type de champs dans les messages ATS.

**a) Case 7 : identification de l'aéronef**

7 IDENTIFICATION DE L'AERONEF	
Aircraft identification	
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></div>	

Inscrire l'une des deux identifications suivantes, en utilisant sept caractères au maximum.

- Immatriculation de l'avion, lorsqu'il est utilisé comme l'indicatif d'appel en radiotéléphonie ou lorsque l'aéronef n'est pas doté de radio.
- Indicatif OACI de l'exploitant d'aéronefs suivi de l'identification du vol (« AF001 », « KLM1283 »...).

**b) Case 8 : règles de vol et type de vol**

8 RÈGLE DE VOL	TYPE DE VOL
Flight rules	Type of flight
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 1.2em; vertical-align: middle; background-color: #e0e0ff; margin-left: 5px; text-align: center;">1</div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 30px; height: 1.2em; vertical-align: middle; background-color: #e0e0ff; margin-left: 5px; text-align: center;">2</div>

Un ou deux caractères dans chacune des deux cases, la première pour les règles de vol et la seconde pour le type de vol.

**1 Règles de vol**

Inscrire au moyen de l'une des lettres ci-après la catégorie de règles de vol que le pilote compte appliquer :

- I : pour IFR ;
- V : pour VFR ;
- Y : pour IFR suivi de VFR (on retiendra le moyen mnémotechnique « Y = Yes ») ;
- Z : pour VFR suivi d'IFR (on retiendra le moyen mnémotechnique « Z = Zut »).

Pour les règles de vol « Y » et « Z », spécifier dans la case 15 le ou les points où un changement de règles de vol est prévu.

**2 Type de vol**

Inscrire au moyen de l'une des lettres ci-après le type de vol, lorsque l'autorité des services de la circulation aérienne compétente l'exige :

- S : pour transport aérien régulier ;
- N : pour transport aérien non régulier ;
- G : pour aviation générale ;
- M : pour aviation militaire ;
- X : pour autres types de vol n'entrant pas dans les catégories définies ci-dessus.

## c) Case 9 : nombre d'aéronefs, type d'aéronef et catégorie de turbulence de sillage

9 NOMBRE/Number	TYPE D'AÉRONEF/Type of aircraft	CAT. DE TURBULENCE DE SILLAGE Wake turbulence cat.
<input type="text"/> <input type="text"/> <b>1</b>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <b>2</b>	/ <input type="text"/> <b>3</b>

**1** Nombre d'aéronefs (un ou deux caractères)

Inscrire le nombre d'aéronefs s'il y en a plus d'un. Il s'agit du nombre d'aéronefs couverts par le plan de vol (vol en patrouille, par exemple).

**2** Type d'aéronef (de deux à quatre caractères)

- Inscrire l'indicatif approprié tel qu'il est spécifié dans le répertoire OACI des indicatifs de types d'aéronefs (doc 8643).
- Ou inscrire « ZZZ » si votre avion n'est pas un type courant et ne dispose pas d'indicatif officiel, ou en cas de vol en formation groupant des aéronefs de plusieurs types. Indiquer dans ce cas, en case 18, le nombre d'aéronefs et le(s) type(s) d'aéronef, à la suite de « TYP/ ».

**3** Catégorie de turbulence de sillage (un caractère)

Inscrire au moyen d'une barre oblique suivie de l'une des lettres ci-après la catégorie de turbulence de sillage de l'aéronef :

- **H** (gros-porteur) : aéronef dont la masse maximale certifiée au décollage est **supérieure ou égale à 136 000 kg** ;
- **M** (moyen tonnage) : aéronef dont la masse maximale certifiée au décollage est **inférieure à 136 000 kg mais supérieure à 7 000 kg** ;
- **L** (faible tonnage) : aéronef dont la masse maximale certifiée au décollage est **inférieure à 7 000 kg**.

## d) Case 10 : équipements et possibilités

10 ÉQUIPEMENT & POSSIBILITÉS Equipment & capabilities	
10-a	<input type="text"/> <b>1</b>
10-b	/ <input type="text"/> << <b>2</b>

**1** Champ 10-a : Cette rubrique s'applique aux radiocommunications, équipements et possibilités de navigation et d'approche

Les renseignements sur les moyens de navigation sont fournis à l'ATC aux fins d'autorisation et d'acheminement

- **INSCRIRE** la lettre qui convient :
  - **N**, si aucun équipement d'aide en approche de type radiocommunication (COM/) ou de radionavigation (NAV/) correspondant à la route à parcourir ne se trouve à bord, ou si l'équipement est hors de fonctionnement ;
  - ou,

- **S**, si les équipements standards de radiocommunication (COM/) et de radionavigation (NAV/) d'aide en approche correspondant à la route à parcourir se trouvent à bord et en état de fonctionner.

**Note 1.** Si la lettre *S* est utilisée, l'équipement type est considéré comme se composant de VHF RTF, VOR et ILS, à moins qu'une autre combinaison ne soit prescrite par l'autorité ATS compétente.

- ET/OU
  - inscrire une ou plusieurs lettres ou combinaisons suivantes pour indiquer les équipements d'aide en approche aux COM et NAV disponibles et en état de fonctionner et possibilités qui s'y rapportent.

Lettre	Équipement	Lettre	Équipement
<b>A</b>	GBAS landing stem	<b>K</b>	MILS
<b>B</b>	LPV (APV with SBAS)	<b>L</b>	ILS
<b>C</b>	LORAN C	<b>M1</b>	ATC RTF SATCOM (Inmarsat)
		<b>M2</b>	ATC RTF (Mtsat)
		<b>M3</b>	ATC RTF (Iridium)
		<b>O</b>	VOR
		<b>P1-P9</b>	Réservé pour RCP
<b>D</b>	DME	<b>R</b>	Certification RNP (cf. note 4)
<b>E1</b>	FMC ACARS	<b>T</b>	TACAN
<b>E2</b>	D-FIS ACARS	<b>U</b>	UHF RTF
<b>E3</b>	PDC ACARS	<b>V</b>	VHF RTF
<b>F</b>	ADF	<b>W</b>	Approbation RVSM
<b>G</b>	GNSS (cf. note 2)	<b>X</b>	Approbation MNPS
<b>H</b>	HF RTF		
<b>I</b>	Navigation inertielle	<b>Y</b>	VHF avec séparation de 8.33 kHz
<b>J1</b>	CPDLC ATN VDL Mode 2 (cf. note 3)	<b>Z</b>	Autre équipement embarqué ou possibilité (cf. note 5)
<b>J2</b>	CPDLC FANS 1/A HFDL		
<b>J3</b>	CPDLC FANS 1/A VDL Mode 4		
<b>J4</b>	CPDLC FANS 1/A VDL Mode 2		
<b>J5</b>	CPDLC FANS 1/A SATCOM (Inmarsat)		
<b>J6</b>	CPDLC FANS 1/A SATCOM (Mtsat)		
<b>J7</b>	CPDLC FANS 1/A SATCOM (Iridium)		

**Note 2.** Si la lettre « G » est utilisée, les types de renforcement GNSS externe, le cas échéant, sont précisés dans la case 18 à la suite de NAV/, séparés par des espaces.

**Note 3.** Si la lettre « J » est utilisée, spécifier dans la case 18 l'équipement transporté, à la suite de « DAT/ » suivi d'une ou plusieurs lettres, selon le cas.

Voir la norme RTCA/EUROCAE « Interoperability Requirements Standard For ATN Baseline 1 (ATN B1 INTEROP standard - DO-280B/ED-110B) » pour les services de liaison de données concernant les autorisations et l'information ATC, la gestion des communications ATC et la vérification de microphone ATC.

**Note 4.** Si la lettre « R » est utilisée, les niveaux de navigation fondée sur les performances qui peuvent être atteints sont précisés dans la case 18 à la suite de PBN/.

Des éléments indicatifs sur l'application de la navigation fondée sur les performances à un tronçon de route, une route ou une région donnés figurent dans le manuel relatif à la navigation fondée sur les performances (« Performance-Based Navigation Manual »)

**Note 5.** Si la lettre « Z » est utilisée, préciser dans la case 18 l'autre équipement transporté ou les autres possibilités, à la suite de COM, et (ou) NAV/ et/ou DAT/, selon qu'il convient.

Les exemptions concernant RNAV, CPDLC et 6.33 kHz sont à préciser en indiquant à la fois la lettre « Z » en champ 10-a et en insérant l'indicateur d'exemption approprié dans le champ 18, respectivement sous NAV/, DAT/ ou COM/ comme détaillé dans l'ITPS Users Manual et en particulier :

- a) insérer EXMB33 à la suite de COM/ ;
- b) insérer RNAVX ou RNAVINOP selon qu'il convient, à la suite de NAV/ ;
- c) insérer CPDLCX à la suite de DAT/.

## 2

**Champ 10-b : cette rubrique s'applique aux équipements de surveillance et aux possibilités qui s'y rapportent.**

- INSCRIRE N si aucun équipement de surveillance n'est présent à bord ou n'est pas en état de fonctionnement nominal,
- OU
- INSCRIRE UN OU PLUSIEURS des caractères suivants, jusqu'à un maximum de 20 pour décrire les équipements et/ou les possibilités de surveillance en état de fonctionner qui se trouvent à bord :

*SSR Modes A et C*

- A : Transpondeur – Mode A (4 chiffres – 4 096 codes)
- C : Transpondeur – Mode A (4 chiffres – 4 096 codes) et Mode C.

*SSR Modes S*

- E : Transpondeur – Mode S, avec possibilité de transmission de l'identification de l'aéronef, de l'altitude pression et de squitters longs (ADS-B).
- H : Transpondeur – Mode S, avec possibilité de transmission de l'identification de l'aéronef, de l'altitude pression et possibilité de surveillance enrichie.
- I : Transpondeur – Mode S, avec possibilité de transmission de l'identification de l'aéronef mais non de l'altitude pression.
- L : Transpondeur – Mode S, avec possibilité de transmission de l'identification de l'aéronef, de l'altitude pression et de squitters longs (ADS-B) et possibilité de surveillance enrichie.
- P : Transpondeur – Mode S, avec possibilité de transmission de l'altitude pression, mais non de l'identification de l'aéronef.
- S : Transpondeur – Mode S, avec possibilité de transmission de l'altitude pression et de l'identification de l'aéronef.
- X : Transpondeur – Mode S, sans possibilité de transmission ni de l'identification de l'aéronef ni de l'altitude pression.

**Note 1.** La possibilité de surveillance enrichie est la capacité de l'aéronef à transmettre en liaison descendante, au moyen d'un transpondeur mode S, des données provenant de l'aéronef.

*ADS-B*

- B1 : ADS-B avec possibilité ADS-B émission 1 090 MHz spécialisée.



- en **km/h**, sous forme d'un groupe de cinq caractères : la lettre « K », suivie de quatre chiffres (par exemple, 400 km/h s'écrit « K0400 ») ;
- en **Mach**, lorsque l'autorité ATS compétente le prescrit, sous forme d'un groupe de quatre caractères : la lettre « M », suivie de trois chiffres représentant le produit par 100 du nombre de Mach arrondi au centième (par exemple, Mach 0,75 s'écrit « M075 »).

## 2 Niveau de vol de croisière

Inscrire le niveau de vol de croisière, pour la première partie ou la totalité de la route à parcourir, sous l'une des formes suivantes :

- le niveau de vol, sous forme d'un groupe de quatre caractères : la lettre « F », suivie de trois chiffres (par exemple, le niveau FL 085 s'écrit « F085 ») ;
- l'altitude (QNH), en centaines de pieds, sous forme d'un groupe de quatre caractères : la lettre « A », suivie de trois chiffres (par exemple, 2 500 ft s'écrit « A025 »).

Lorsque l'autorité ATS compétente le prescrit :

- le niveau métrique en dizaines de mètres est exprimé par la lettre « S », suivie de quatre chiffres (par exemple, 11 000 m s'écrit « S1100 ») ;
- l'altitude en dizaines de mètres est exprimée par la lettre « M », suivie de quatre chiffres (par exemple, 8 400 m QNH s'écrit « M0840 »).

## 3 Route

On distingue deux cas.

### • Vols sur des routes ATS désignées

Inscrire l'indicatif de la première route ATS, si l'aérodrome de départ se trouve sur la route ATS, ou y est relié. **Ou**, si l'aérodrome de départ n'est pas situé sur la route ATS, ou n'y est pas relié, les lettres « DCT » suivies du point où l'aéronef rejoindra la première route ATS, puis de l'indicatif de la route ATS.

Puis, **inscrire chaque point** où il est prévu un changement de vitesse ou de niveau, un changement de route ATS et/ou un changement de règles de vol.

**Suivi, dans chaque cas**, de l'indicatif du tronçon de route ATS suivant, même s'il n'est pas différent du précédent ; **ou** de « DCT », si le vol jusqu'au point suivant aura lieu en dehors d'une route désignée, à moins que les deux points ne soient définis par des coordonnées géographiques.

### • Vols en dehors des routes ATS désignées

**Inscrire** les points normalement séparés par des intervalles ne dépassant pas 30 minutes de vol ou 370 km (200 NM), notamment chaque point où il est prévu un changement de vitesse ou de niveau, un changement de route, ou un changement de règles de vol.

**Inscrire** « DCT » entre les points successifs, à moins que les deux points ne soient définis par coordonnées géographiques ou par un relèvement et une distance.

### Conventions de description de la route

Utiliser les conventions de a) à e) ci-après pour décrire la route et séparer toutes les subdivisions par un espace.

#### a. Route ATS (de deux à sept caractères)

Indicatif codé attribué à la route ou au tronçon de route, y compris, s'il y a lieu, l'indicatif codé attribué au SID et à la STAR (par exemple, « BCN1 », « UB10 », « KODAP2A »).



**b. Points significatifs (de deux à onze caractères)**

Si aucun indicatif n'a été attribué, utiliser une des codifications suivantes.

• **Degrés seulement** de latitude et longitude : deux chiffres indiquant la latitude en degrés, suivis de la lettre « N » ou « S », puis trois chiffres indiquant la longitude en degrés, suivis de la lettre « E » ou « W ». Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros. Par exemple, « 47S032W ».

• **Degrés et minutes** de latitude et de longitude : quatre chiffres indiquant la latitude en degrés et en dizaines de minutes, suivis de la lettre N ou S, puis cinq chiffres indiquant la longitude en degrés et en dizaines de minutes, suivis de la lettre E ou W. Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros. Par exemple, 4700S03205W.

• **Relèvement par rapport à une aide de navigation et distance à cette aide** : identification de cette aide de radionavigation sous forme de deux ou trois caractères, **puis**, trois chiffres donnant en degrés magnétiques le relèvement à partir de cette aide, **puis**, trois chiffres donnant en milles marins la distance à cette aide. Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros. Par exemple, un point situé dans le relèvement de 180° E magnétique et situé à 40 milles marins du VOR DUB devrait être indiqué par « DUB180040 ».

**c. Changement de vitesse ou de niveau de vol (maximum 21 caractères)**

Le point où doit avoir lieu un **changement de vitesse vraie de 5 % et de Mach de 0,01 ou plus, ou un changement de niveau** doit être indiqué comme spécifié en b) ci-dessus, suivi d'une barre oblique et de la vitesse de croisière ou du niveau de vol, sans espace intermédiaire.

Exemples : « LN/N0284A045 » ; « MAY/N0305F180 » ; « HADDY/N0420F330 » ; « 4602N07805W/N0500F350 » ; « 46N078W/M082F330 » ; « DUB180040/N0350M0840 ».

**d. Changement de règles de vol (maximum trois caractères)**

Le point où doit avoir lieu un changement de règles de vol doit être exprimé comme spécifié en b) ci-dessus, suivi d'un espace et d'une des deux abréviations suivantes :

- « VFR » : pour le passage du vol IFR en vol VFR ;

- « IFR » : pour le passage du vol VFR en vol IFR.

Exemples : « LN VFR ».

**e. Croisière ascendante (maximum 28 caractères)**

Elle doit être spécifiée par la lettre « C », suivie d'une barre oblique ; **puis**, le point où il est prévu d'amorcer la croisière ascendante ; **puis**, la vitesse à maintenir au cours de la croisière ascendante, suivie des deux niveaux qui définissent la tranche d'espace à occuper au cours de la croisière ascendante, ou du niveau au-dessus duquel la croisière ascendante est prévue, suivis des lettres « PLUS », sans espace intermédiaire.

Exemples : « C/48N050W/M082F290F350 » ; « C/48N050W/M082F290PLUS ».

**g) Case 16 : aéroport de destination et durée totale estimée, aéroports de décollage**

16 AÉRODROME DE DESTINATION Destination aéroport	DURÉE TOTALE ESTIMÉE/Total est. HR MIN	AÉRODROMES DE DÉCOLLAGE/alt. aéroports 1 <sup>er</sup> 2 <sup>nd</sup>
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <b>1</b>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <b>2</b>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <b>3</b> << =

**1 Aéroport de destination**

Inscrire le code OACI de quatre lettres de l'aéroport de destination ou « ZZZZ » si aucun indicateur d'emplacement n'a été attribué à l'aéroport en question ; puis, préciser le nom de l'aéroport dans la case 18 à la suite de « DEST/ ».

## 2 Durée totale estimée

Inscrire la durée totale estimée en heures et minutes depuis le décollage jusque :

- au point défini par rapport à des aides de radionavigation où il est prévu d'amorcer une procédure d'approche aux instruments ;
- ou à la verticale de l'aérodrome de destination, si aucune aide à la navigation n'est associée à l'aérodrome de destination.

**Note.** Dans le cas d'un plan de vol communiqué par un aéronef en vol, la durée totale de vol estimée est la durée estimée à partir du premier point de la route auquel s'applique le plan de vol.

## 3 Aérodrome(s) de dégagement(s)

Inscrire les indicateurs d'emplacement OACI de quatre lettres d'un maximum de deux aérodromes de dégagement ou, si aucun indicateur d'emplacement n'a été attribué à l'aérodrome de dégagement, inscrire « ZZZE », puis, préciser le nom de l'aérodrome dans la case 18 à la suite de « ALTN/ ».

### h) Case 18 : renseignements divers

18 RENSEIGNEMENTS DIVERS/Other information	

Inscrire « 0 » (zéro), si aucun renseignement n'est à communiquer dans cette case ou tout autre renseignement nécessaire, de préférence dans l'ordre ci-après, au moyen de l'indicateur approprié suivi d'une barre oblique et des renseignements à donner.

- **STS/** motif du traitement spécial de la part des services ATS (ex. mission de recherche et sauvetage...)
- **PBN/** Indication des possibilités RNAV et/ou RNP. Inscrire le plus grand nombre possible des descripteurs ci-dessous qui s'appliquent au vol, jusqu'à un maximum de 8, soit un maximum de 16 caractères.

	SPECIFICATIONS RNAV
A1	RNAV 10 (RNP 10)
B1	RNAV 5 tous capteurs permis
B2	RNAV 5 GNSS
B3	RNAV 5 DME/DME
B4	RNAV 5 W/DME
B5	RNAV 5 INS or IRS
B6	RNAV 5 LORAN-C
C1	RNAV 2 tous capteurs permis
C2	RNAV 2 GNSS
C3	RNAV 2 DME/DME
C4	RNAV 2 DME/DME/IRU
D1	RNAV 1 tous capteurs permis
D2	RNAV 1 GNSS
D3	RNAV 1 DME/DME
D4	RNAV 1 DME/DME/IRU

	SPECIFICATIONS RNP
L1	RNP 4
O1	RNP 1 de base tous capteurs permis
O2	RNP 1 de base GNSS
O3	RNP 1 de base DME/DME
O4	RNP 1 de base DME/DME/IRU
S1	RNP APCH
S2	RNP APCH avec BARO-VNAV
T1	RNP AR APCH avec RF (autorisation spéciale requise)
T2	RNP AR APCH sans RF (autorisation spéciale requise)

- Les opérateurs d'aéronefs approuvés B-RNAV indiquent les équipements et possibilités correspondant à la RNAV5.
- Les opérateurs d'aéronefs approuvés P-RNAV ne reposant pas uniquement sur les moyens VOR/DME pour la détermination de la position indiquent les équipements et possibilités correspondant à la RNAV1.

*Note : Pour indiquer un équipement P-RNAV reposant uniquement sur des moyens VOR/DME pour la détermination de la position, les opérateurs insèrent la lettre 'Z' en case 10 du plan de vol et le descripteur « EURPRNAV » après l'indicateur NAV/ en case 18.*

- **NAV/** Renseignements significatifs ayant trait à l'équipement de navigation, autre que ce qui est précisé à la rubrique PBN/, selon les exigences de l'autorité ATS compétente. Indiquer le renforcement GNSS à cette rubrique, en plaçant un espace entre les méthodes de renforcement, par ex. NAV/GBAS SBAS.  
Si cela s'applique, insérer RNAVX (aéronef non équipé RNAV) ou RNAVINOP (plus de capacité B-RNAV suite à panne ou dégradation) en spécifiant au préalable en champ 10-a la lettre 'Z'.
- **COM/** Applications ou possibilités de communications non spécifiées dans la case 10-a. Si cela s'applique, insérer EXM833 (aéronef exempté d'emport d'équipement 8.33) comme détaillé dans l'IFPS User Manual en spécifiant au préalable en champ 10a la lettre 'Z'.
- **DAT/** Applications ou possibilités de données non spécifiées dans la case 10 a. Si cela s'applique, insérer CPDLX (aéronef exempté d'emport d'équipement CPDLX) comme détaillé dans l'IFPS User Manual en spécifiant au préalable en champ 10a la lettre 'Z'.
- **SUR/** Applications ou possibilités de surveillance non spécifiées dans la case 10-b.
- **DEP/** Nom et emplacement de l'aérodrome de départ, si le groupe ZZZZ figure dans la case 13, ou de l'organisme ATS auprès duquel des données de plan de vol complémentaires peuvent être obtenues, si AFIL figure dans la case 13.  
Dans le cas d'un aérodrome ne figurant pas dans la publication d'information aéronautique pertinente, indiquer l'emplacement de l'aérodrome comme suit : 4 chiffres indiquant la latitude en degrés et en dizaines de minutes et minutes suivis de la lettre «N» (Nord) ou de la lettre «S» (Sud), puis 5 chiffres indiquant la longitude en degrés et en dizaines de minutes et minutes, suivis de la lettre «E» (Est) ou de la lettre «W» (Ouest). Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros; exemple: 4620N07805W (11 caractères).

OU,

Relèvement à partir du point significatif le plus proche et de la distance par rapport à ce point, comme suit:

Identification du point significatif, puis 3 chiffres donnant en degrés magnétiques le relèvement à partir de ce point, puis 3 chiffres donnant en milles marins la distance par rapport à ce point. Dans les régions de latitude élevée où, de l'avis de l'autorité compétente, il est impossible en pratique d'utiliser le nord magnétique comme référence, on peut utiliser des degrés vrais. Les nombres sont à compléter au besoin par des zéros; par exemple, un point situé dans le relèvement de 180E magnétiques et à 40 milles marins du VOR «DUB» devrait être indiqué sous la forme DUB180040.

OU,

Premier point de la route (nom ou LAT/LONG) ou radioborne, si l'aéronef n'a pas décollé d'un aéroport.

- **DEST/** Nom et emplacement de l'aéroport de destination, si le groupe ZZZZ figure dans la case 16. Dans le cas d'un aéroport ne figurant pas dans la publication d'information aéronautique pertinente, indiquer l'emplacement de l'aéroport en fonction soit de la latitude et de la longitude, soit du relèvement à partir du point significatif le plus proche et de la distance par rapport à ce point, comme il est décrit à la rubrique DEP/ ci-dessus.
- **DOF/** 6 chiffres indiquant la date de départ du vol (sous la forme YYMMDD, où YY représente l'année, MM le mois et DD le jour).
- **REG/** Marque de nationalité ou commune et marque d'immatriculation de l'aéronef, si elle diffère de l'identification de l'aéronef indiquée dans la case 7.
- **EET/** Points significatifs ou limites de FIR et durées estimées cumulatives de vol jusqu'à ces points ou limites de FIR lorsque ces indications sont exigées en vertu d'accords régionaux de navigation aérienne ou spécifiées par l'autorité ATS compétente.  
Exemples: EET/CAP0745 XYZ0830  
EET/EINN0204
- **SEL/** Indicateur SELCAL si l'aéronef est doté de l'équipement correspondant.
- **TYP/** Type(s) d'aéronef, précédé(s) au besoin, sans espace, du(des) nombre(s) d'aéronefs et séparé(s) par un espace, si le groupe ZZZZ figure dans la case 9.  
Exemple: -TYP/2F15 5F5 3B2
- **CODE/** Adresse de l'aéronef (exprimée sous la forme d'un code alphanumérique à six caractères hexadécimaux), lorsqu'il est prévu que le vol utilisera les CPDLC via le réseau de télécommunications aéronautiques (ATN). Exemple : l'adresse d'aéronef «F00001» est l'adresse la plus basse du bloc spécifique géré par l'OACI.
- **RVR/** La RVR minimale exigée pour le vol.  
*Note. – Cette spécificité est détaillée dans les Suppléments Régionaux Européens (EUR SUPPs, Doc 7030), Chapitre 2.*
- **DLE/** Retard ou attente en route. Indiquer le ou les points significatifs de la route où l'on prévoit qu'il se produira un retard, suivis de 4 chiffres indiquant en heures et

minutes la durée du retard (hhmm).

Exemple: DLE/MDG0030

- **OPR/** Indicatif OACI ou nom de l'exploitant d'aéronefs, s'il diffère de l'identification de l'aéronef donnée dans la case 7.
- **ORGN/** Adresse RSFTA de 8 lettres de l'expéditeur ou autres coordonnées appropriées, dans les cas où l'identification de l'expéditeur du plan de vol risque de ne pas être facile à établir, si l'autorité ATS compétente l'exige.  
*Note. — Dans certaines régions, les centres de réception des plans de vol peuvent insérer ORGN/ et l'adresse RSFTA de l'expéditeur automatiquement.*
- **PER/** Renseignements sur les performances de l'aéronef, sous la forme d'une lettre unique figurant dans les Procédures pour les services de navigation aérienne si l'autorité ATS compétente le prescrit.
- **ALTN/** Nom de l'aérodrome ou des aérodromes de dégagement à destination, si le groupe ZZZZ figure dans la case 16. Dans le cas d'un aérodrome ne figurant pas dans la publication d'information aéronautique pertinente : emplacement de l'aérodrome en fonction soit de la latitude et de la longitude, soit du relèvement à partir du point significatif le plus proche et de la distance par rapport à ce point, comme il est décrit à la rubrique DEP/ ci-dessus.
- **RALT/** Indicateur d'emplacement OACI de quatre lettres de l'aérodrome ou des aérodromes de dégagement en route, conformément au Doc 7910, Indicateurs d'emplacement, ou nom de cet aérodrome ou ces aérodromes, si aucun indicatif n'a été attribué. Dans le cas d'un aérodrome ne figurant pas dans la publication d'information aéronautique pertinente, emplacement de l'aérodrome en fonction soit de la latitude et de la longitude, soit du relèvement à partir du point significatif le plus proche et de la distance par rapport à ce point, comme il est décrit à la rubrique DEP/ ci-dessus.
- **TALT/** Indicateur d'emplacement OACI de quatre lettres de l'aérodrome ou des aérodromes de dégagement au décollage, conformément au Doc 7910, Indicateurs d'emplacement, ou nom de cet ou ces aérodromes si aucun indicatif n'a été attribué. Dans le cas d'un aérodrome ne figurant pas dans la publication d'information aéronautique pertinente, emplacement de l'aérodrome en fonction soit de la latitude et de la longitude, soit du relèvement à partir du point significatif le plus proche et de la distance par rapport à ce point, comme il est décrit à la rubrique DEP/ ci-dessus.
- **RIF/** Détails sur la route menant au nouvel aérodrome de destination, suivis de l'indicateur d'emplacement OACI de quatre lettres de l'aérodrome. La nouvelle route doit faire l'objet d'une modification d'autorisation en cours de vol.  
Exemples: RIF/DTA HEC KLAX  
RIF/ESP G94 CLA YPPH
- **RMK/** Toute autre remarque en langage clair exigée par l'autorité ATS compétente ou jugée nécessaire.
- **RFP/** Indicateur du numéro de l'itération de remplacement de plan de vol. Indiquer sous RFP/ la lettre "Q" suivie d'un chiffre indiquant le numéro de l'itération de remplacement de plan de vol soumis

Exemple : RFP/Q2 signifie « Plan de vol de remplacement n°2 (i.e seconde substitution) »

Note. – Cette spécificité est détaillée dans les *Suppléments Régionaux Européens (EUR SUPPs, Doc 7030)*, Chapitre 2.

## i) Case 19 : renseignements complémentaires

RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES (A NE PAS TRANSMETTRE DANS LES MESSAGES DE PLAN DE VOL DÉPOSÉ) Supplementary information (NOT TO BE TRANSMITTED IN FPL MESSAGES)			
10 AUTONOMIE/Endurance HR / MIN		PERSONNES À BORD/Persons on board	
E / <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		P / <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
EQUIPEMENT DE SURVIE/Survival equipment POLAIRE DESERT MARITIME JUNGLE		GILETS DE SAUVETAGE/Jackets LAMPES FLUORES UHF VHF	
4 S / <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		R / U <input type="text"/> V <input type="text"/> E <input type="text"/>	
CANOTS/Dinghies		COULEUR/Light	
NOMBRE/Number		FLUORES/Fluores	
CAPACITE/Capacity		UHF VHF	
COUVERTURE/Cover		COULEUR/Color	
COULEUR ET MARQUERIE DE LA RDPN/Result color and markings		J / L <input type="text"/> F <input type="text"/> U <input type="text"/> V <input type="text"/>	
A / <input type="text"/>		=> J / L <input type="text"/> F <input type="text"/> U <input type="text"/> V <input type="text"/> <=<=	
REMARQUES/Remarks			
N / <input type="text"/> <=<=			
PILOTE COMMANDANT DE BORD/Pilot in command			
C / <input type="text"/> <=<=			
DÉPOSÉ par/Filed by			
5 <input type="text"/>		ESPACE RÉSERVÉ À DES FINS SUPPLÉMENTAIRES/Space reserved for additional requirements	

### 1 Autonomie de vol

A la suite de « E/ », inscrire un groupe de quatre chiffres donnant l'autonomie de vol en heures et minutes.

### 2 Nombre de personnes à bord

A la suite de « P/ », inscrire le nombre total des personnes (passagers et membres d'équipage) présentes à bord.

Inscrire « TBN » (To Be Notified, « à notifier »), si ce nombre n'est pas connu au moment du dépôt du plan de vol.

### 3 Equipements de radio de secours

A la suite de « R/ » :

- biffer la lettre « U », s'il n'y a pas de poste portatif à fréquence UHF 243,0 MHz ;
- biffer la lettre « V », s'il n'y a pas de poste portatif à fréquence VHF 121,5 MHz ;
- biffer la lettre « E », s'il n'y a pas de radiobalise de détresse portative (ELT).

### 4 Equipements de survie

A la suite de « S/ » :

- biffer la lettre « P », s'il n'y a pas d'équipement de survie en milieu polaire à bord ;
- biffer la lettre « D », s'il n'y a pas d'équipement de survie en milieu désertique à bord ;
- biffer la lettre « M », s'il n'y a pas d'équipement de survie en mer à bord ;
- biffer la lettre « J », s'il n'y a pas d'équipement de survie dans la jungle à bord.

A la suite de « J/ » :

- biffer la lettre « L », si les gilets de sauvetage ne comportent pas de lampes ;

- biffer la lettre « F », si les gilets de sauvetage ne sont pas pourvus de fluorescéine ;
- biffer la lettre « U » ou « V » ou ces deux lettres, comme « R/ » ci-dessus, pour indiquer l'équipement radio des gilets de sauvetage.

A la suite de « D/ » :

- biffer la lettre « D », s'il n'y a pas de canot à bord ;
- s'il y a des canots à bord, indiquer, à la suite de « D/ », le nombre de canots transportés et le nombre total de personnes pouvant prendre place à bord des canots.

A la suite de « C/ » :

- biffer la lettre « C », s'il n'y a pas de canot à bord ou si les canots ne sont pas couverts ;
- si les canots sont couverts, indiquer la couleur des canots.

A la suite de « A/ », indiquer la couleur de l'aéronef et ses marques significatives.

A la suite de « N/ » :

biffer la lettre « N » en l'absence de remarques, ou indiquer tout autre équipement de survie se trouvant à bord et toute autre remarque concernant l'équipement de survie.

A la suite de « C/ », inscrire le nom du commandant de bord.

## 5

### Dépôt du plan de vol

Indiquer le nom de l'organisme, du service ou de la personne qui dépose le plan de vol.

### 3 - Exemple de rédaction de plan de vol

Rédiger un plan de vol avec les éléments suivants.

Un vol de transport non régulier est prévu de Cambridge (EGSC) à Munich (EDDM) par un B737 de la compagnie Fictive Air.

Masse au décollage : 51 000 kg (masse maxi structurale au décollage : 56 000 kg).

Matricule avion : N-GTRX.

Équipement radio et navigation : standard + UHF R/T.

Équipement de surveillance SSR (Secondary Surveillance Radar) : transpondeur mode A, codes 4096 + mode C.

Règle de vol : IFR.

Aérodrome de dégagement : Stuttgart (EDDS).

ATC : durée estimée du vol pour atteindre la frontière du FIR de Bruxelles : 29 min.

Carburant à bord : 5,50 t. Cette quantité devrait permettre une autonomie de vol de 2 h 30 min.

Nombre de passagers : 107.

Membres d'équipage (PNT + PNC) : 5.

Route : du VOR LAMBOURNE (LAM) aux airways UB3 - DOVER - UG1 - NATTENHEIM (NTM) - UB6 - MUNICH.

#### Détails du vol

Heure prévue au départ du point de stationnement : 0900 UTC.

15 min de vol sont prévus pour raccorder aux airways par le VOR LAMBOURNE.

De Lambourne à Sprimont (SPI) : la vitesse propre prévue sera de 330 kt au FL 250.

De Sprimont à Munich : la vitesse propre prévue sera de 350 kt au FL 290.

#### Autres informations

Une balise de détresse portative est disponible à bord.

Les gilets de sauvetage sont équipés de lampe de secours et de radio UHF.

Quatre canots de couleur jaune avec une capacité de 32 personnes par canot.

L'avion est de couleur blanche.

**Réponse**

Ministre chargé  
de l'aviation civile

## Formulaire de plan de vol / Flight plan form

Arrêté du 8 novembre 2012 (NOR : DEVA1232199A)



AP LABS 701

PROFITE / Profity		DESTINATAIRES / Addressees	
<= FF =>		<=	
HEURE DE DÉPART / Flg rate		EXPÉDITEUR / Originator	
<=		<=	
IDENTIFICATION PRÉCISE DES DESTINATAIRES ET/OU DE L'EXPÉDITEUR / Specific identification of addressees and/or originator			
3. TYPE DE MESSAGE / Message type		7. IDENTIFICATION DE L'AVIONNET / Aircraft identification	
<= (FPL		N I G T R X I	
9. NOMBRE / Number		10. ÉQUIPEMENT & POSSIBILITÉS / Equipment & capabilities	
TYPE D'AVIONNET / Type of aircraft		10. ÉQUIPEMENT & POSSIBILITÉS / Equipment & capabilities	
12. EMPLACEMENT DE DÉPART / Departure location		HEURE / Time	
E G S C		4 0 2 0 <=	
14. VITESSE CROISIÈRE / Cruising speed		ROUTE / Route	
N 0 3 3 0 F 2 5 0		DCT LAM UB3 DVR UG1	
SPT / H350 F290 UG1 MTH URG MUN			
<=			
16. AÉRODROME DE DESTINATION / Destination aerodrome		AÉRODROME DE DÉGAGEMENT À DESTINATION / Destination alternate aerodrome	
E D D H		E D D I S	
18. RENSEIGNEMENTS DIVERS / Other information			
EET / EBUR 0029 OPR / FICTIVE AIR			
<=			
20. RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES (À NE PAS TRANSMETTRE SANS LES MESSAGES DE PLAN DE VOL DÉPOSÉ) / Supplementary information (NOT TO BE TRANSMITTED IN FLIGHT MESSAGES)			
AUTOCODE / Endorsement		RADIO-ET BALISE D'URGENCE / Emergency radio	
E / 0 2 3 0		R / X X E	
ÉQUIPEMENT DE SERVICE / Service equipment		GALETS DE SAUVETAGE / Jettison	
S / X X		J / L U X	
CAHOTS / Signals		COULEUR / Colour	
D / 0 4		JAUNE <=	
COULEUR ET MARQUES DE L'AVIONNET / Aircraft colour and markings			
A / BLANC			
REMARQUES / Remarks			
PILOTE COMMANDANT DE BORD / Pilot-in-command			
C / MARTIN <=			
DEPOSE / Filed by			
FICTIVE AIR			



Généralement, les compagnies aériennes utilisent et déposent un plan de vol sous format électronique.

Ci-après un exemple de ce type de format donné à titre d'information uniquement.

#### Fac-similé d'un plan de vol électronique

- |     |   |
|-----|---|
| (1) | (FPL-AFR010-IS  |
| (2) | -B744/H-SRIWYX/S  |
| (3) | -LFPG1355   |
| (4) | -N0495F260 DCT AMOGA UT225 VESAN UL613 SOVAT/N0496F320 UL613<br>SANDY/N0491F340 UL613 DET UB4 LESTA UP6 DOGAN/M085F360 UP6 56N010W<br>NATD 59N040W/M085F370 NATD LOACH/N0492F380 NATD FOXXE/N0492F390<br>N264A TAFFY DCT ENE ENE4 |
| (5) | -KJFK0715 KEWR  |
| (6) | -EET/EGTT0019 EGPX0103 EISN0112 EGPX0116 EGCX0126 58N020W0210<br>CZQX0249 59N040W0326 57N050W0412 CZQM0446 CZUL0529 CZQM0555<br>KZBW0604 REG/FGTF SEL/AFCS RMK/TCAS AND AGCS EQUIPPED DOF/010723                                  |
| (7) | -E/0822 P/348 R/UVE D/08 472 C YELLOW A/WHITE C/FRANCES)  |

(1) En-tête FPL, identification de l'aéronef, règle de vol et type de vol.

(2) Type d'aéronef et catégorie de turbulence de sillage, équipement de communication et de navigation.

(3) Aérodrome et heure de départ

(4) Route (y compris vitesse et niveau de croisière)

(5) Aérodrome de destination, durée totale estimée, aérodrome de dégagement.

(6) Renseignements divers (points significatifs, matricule avion, selcal....).

(7) Renseignements complémentaires (autonomie, équipement de secours et de survie) si exigés par l'autorité ATS compétente

### 033 05 02 Plan de vol répétitif (RPL)

#### A – Principe

Lorsque des vols possèdent des caractéristiques de base identiques et sont exploités de façon régulière et fréquente, il est plus commode de déposer un plan de vol répétitif, encore appelé RPL (Repetitive Flight Plan), plutôt qu'une série de plans de vol individuels identiques.

L'exploitant dépose dans ce cas aux organismes ATS concernés un plan de vol répétitif, afin que ceux-ci le conservent et l'utilisent de manière répétitive.

Selon les règles de l'OACI, le plan de vol répétitif ne sera pas utilisé pour d'autres vols que les **vols IFR**. Pour pouvoir déposer un plan de vol répétitif, les conditions suivantes doivent être réunies :

- les vols doivent être exploités régulièrement les mêmes jours de plusieurs semaines consécutives et se reproduire **dix fois** au moins ou chaque jour pendant **au moins dix jours consécutifs** ;

- les éléments du RPL doivent être très stables ;
- les RPL doivent couvrir la totalité du vol depuis l'aérodrome de départ jusqu'à l'aérodrome de destination ;
- les RPL doivent être acceptés par les pays et les autorités ATS concernés par le vol en question ;
- le contenu des RPL doit comporter les informations pertinentes telles que la période de validité, le jour d'exploitation, l'identification avion, le type d'aéronef et la catégorie de turbulence, les aérodromes de départ et de destination, la vitesse et le niveau de croisière, ainsi que la route suivie.

#### **Fac-similé d'un RPL**

A titre d'information, voici un fac-similé d'un RPL en format électronique.

(1)	(RPL-AFR268G/010723
(2)	-A320/M
(3)	-LFPG1120
(4)	-N0450F350 DCT AMOGA UT225 VESAN UL613 SOVAT/N0450F360 UL613 SANDY UB4 LESTA UP6 TNT DCT
(5)	-EGCC 0105)
(6)	REMARKS RVR 075 EQPT SRWY/S

- (1) En-tête RPL, identification de l'aéronef, date.
- (2) Type d'aéronef et catégorie de turbulence de sillage.
- (3) Aérodrome et heure de départ
- (4) Route (y compris vitesse et niveau de croisière)
- (5) Aérodrome de destination, durée totale estimée.
- (6) Remarques (RVR/Minima opérationnel avion, équipement COM/NAV).

#### **B – Modification/annulation du RPL**

Les modifications à caractère permanent d'un des éléments du RPL doivent être transmises aux autorités ATS concernées au moins sept jours avant.

En cas de modification imprévue, les règles suivantes sont applicables :

- si les modifications concernent l'identification avion, l'aérodrome de départ, l'aérodrome d'arrivée ou la route suivie, le RPL doit être annulé pour la journée, et un plan de vol individuel doit être déposé ;
- si les modifications concernent le type de l'aéronef, la catégorie de turbulence de sillage, la vitesse vol ou le niveau de vol, elles doivent être notifiées aux organismes de la circulation aérienne le plus tôt possible et, au plus tard, 30 minutes avant le départ.

## **033 05 03 Procédures de dépôt du plan de vol**

Les règles relatives aux procédures de rédaction et de communication du plan de vol sont définies par l'OACI et publiées dans les AIP de chaque État. Nous verrons ci-après les points clés de ces règles.

### **A – Modalités de dépôt du plan de vol**

Un plan de vol doit être établi pour chaque étape ; il peut être déposé :

- **avant le départ**, en le remettant directement ou en le transmettant par un moyen de communication agréé au bureau de piste de l'aérodrome de départ ; dans ce cas, le plan de vol doit être déposé **60 minutes avant l'heure estimée de départ du poste de stationnement** ;
- **en vol**, à l'organisme en charge de l'espace aérien contrôlé dans lequel l'avion compte pénétrer, ou à la station de télécommunication, pour être retransmis à l'organisme compétent des services de la circulation aérienne ; dans ce cas, il doit être transmis en temps utile, afin de parvenir à l'organisme approprié des services de la circulation aérienne **au moins 10 minutes avant** l'heure prévue du passage de l'aéronef au point d'entrée prévu dans une région de contrôle ou au point d'intersection de sa route et d'une voie aérienne.

### **B – Notification de retard ou annulation du PLN**

Lorsqu'un plan de vol a été déposé, tout retard par rapport à l'heure prévue de départ du poste de stationnement doit être signalé au plus tôt aux services de la circulation aérienne appropriée.

Cependant, il est exigé que le plan de vol en vigueur soit amendé ou, s'il y a lieu, un nouveau plan de vol soit déposé et l'ancien plan de vol annulé lorsque le retard dépasse :

- **30 minutes** pour les vols **contrôlés** ;
- **60 minutes** pour les vols **non contrôlés**.

Un plan de vol peut être annulé tant que le vol ou la partie du vol pour lequel il a été communiqué n'a pas commencé.

Il est à noter que, lorsque le pilote décide d'annuler le plan de vol IFR auprès de l'organisme de la circulation aérienne, ce plan de vol se transforme de facto en plan de vol VFR.

### **C – Activation du plan de vol**

L'acceptation du plan de vol par les services de la circulation aérienne se traduit par la réception d'un numéro de traitement du plan de vol et l'obtention d'une clairance lors de la demande de mise en route.

Il convient ici de distinguer les deux notions suivantes concernant la définition des plans de vol selon les règles de l'OACI : plan de vol déposé (FPL, Filed Flight Plan) et plan de vol en vigueur (CPL, Current Flight Plan).

- Plan de vol déposé (FPL).

C'est le plan de vol tel qu'il a été déposé auprès d'un organisme ATS par le pilote ou son représentant désigné avant la réalisation du vol. Ce plan de vol ne comporte pas de modifications ultérieures.

- Plan de vol en vigueur (CPL)

Le CPL comporte les modifications éventuelles résultant des autorisations postérieures à l'établissement du plan de vol initial ; ces autorisations émanent des services de contrôle aérien.

Autrement dit, le FPL et le CPL diffèrent par le fait que le plan de vol déposé (FPL) contient les routes et altitudes demandées, alors que le plan de vol en vigueur (CPL) contient les routes et altitudes réellement affectées à l'avion par l'ATC.

#### **D – Clôture du plan de vol**

Toutes les fois qu'un compte-rendu d'arrivée est demandé, toute infraction à cette exigence risque d'entraîner de graves perturbations dans les services de la circulation aérienne et d'induire des frais importants résultant de l'exécution d'opérations de recherches superflues.

Un compte-rendu d'arrivée doit être remis directement, par radiotéléphonie ou par transmission de données, le plus tôt possible après l'atterrissage à l'organisme intéressé des services de la circulation aérienne de l'aérodrome d'arrivée.

S'il n'existe pas d'organisme intéressé des services de la circulation aérienne à l'aérodrome d'arrivée, le compte-rendu d'arrivée sera établi le plus tôt possible après l'atterrissage et communiqué par les moyens les plus rapides à l'organisme des services de la circulation aérienne le plus proche.

Lorsqu'un plan de vol n'a été communiqué que pour une partie du vol, autre que la partie du vol restant à effectuer jusqu'à destination, il doit être clos par un compte-rendu approprié à l'organisme des services de la circulation aérienne concerné (par exemple, survol maritime en première partie du vol).

Les comptes-rendus d'arrivée transmis par les aéronefs comportent les renseignements suivants, dans l'ordre :

- identification de l'aéronef ;
- aérodrome de départ ;
- aérodrome de destination (en cas de dégagement seulement) ;
- aérodrome d'arrivée ;
- heure d'arrivée.

#### **E – Respect du plan de vol**

Le vol doit être effectué conformément au plan de vol déposé, sauf en cas de situation d'urgence où les mesures prises pour gérer cette situation amènent le pilote à déroger au plan de vol en vigueur. Dans ce cas, dès que possible, l'organisme de la circulation aérienne doit être informé des dispositions prises, en précisant les raisons de cette dérogation.

En cas d'écart involontaire d'un aéronef en vol contrôlé par rapport au plan de vol déposé, les mesures suivantes doivent être prises :

- **si l'aéronef s'est écarté de sa route**, le pilote doit entreprendre des actions immédiatement afin de revenir à la route le plus tôt possible ;
- **si la vitesse propre de croisière s'écarte ou risque de s'écarter de  $\pm 5\%$**  par rapport à la valeur reportée dans le plan de vol, l'organisme de la circulation aérienne doit en être avisé ;
- **si le temps estimé relatif au premier des points suivants**, point de compte-rendu réglementaire suivant ou aérodrome de destination, est susceptible d'une erreur dépassant **3 minutes** par rapport au temps signalé aux services de la circulation aérienne, l'heure prévue corrigée doit être notifiée le plus tôt possible à l'organisme intéressé des services de la circulation aérienne.

**F – Modification du plan de vol**

Toute demande de modification du plan de vol déposé doit être notifiée le plus tôt possible à l'organisme de la circulation aérienne intéressé.

Les demandes de modifications doivent comporter les renseignements suivants, selon la nature de la demande :

- changement de niveau de croisière ;
- identification de l'aéronef ;
- niveau de croisière demandé ;
- vitesse de croisière à ce niveau.

**Page Volontairement Blanche**

## 033 06 01 Suivi du vol

Le suivi du vol consiste à effectuer les deux opérations suivantes :

- suivi de la navigation ;
- suivi du carburant.

### A – Suivi de la navigation

En vol, le pilote effectue le suivi de la navigation à l'aide du log de navigation établi au stade de la préparation en vol.

Les deux paramètres fondamentaux du suivi de la navigation sont le **cap magnétique et le temps de vol**. Pour pouvoir les déterminer, il est nécessaire de calculer la dérive et la vitesse sol le plus précisément possible en fonction des paramètres du vol. En effet, celles-ci conditionnent le temps estimé d'arrivée et le bilan carburant.

Le calcul de la dérive permet de corriger le cap magnétique à suivre.

La vitesse sol permet de recalculer le temps de vol à l'aide de la formule :

$$\text{Temps de vol} = D_{\text{sol}} / V_{\text{sol}}$$

#### 1 - Suivi du cap

On a vu, aux chapitres 033 01 Navigation VFR et 033 02 Navigation IFR, que les routes indiquées sur les cartes routiers et les fiches terrains sont des routes magnétiques ; aussi, pour déterminer la vitesse sol et la dérive, il faut convertir au préalable les routes magnétiques en routes vraies ( $R_v = R_m + \text{déclinaison magnétique}$ ), car la direction du vent en altitude est donnée par rapport au Nord vrai.

Connaissant le vent, la route vraie et la vitesse propre, on peut facilement déterminer la vitesse sol et la dérive, en utilisant le « computer » de navigation.

#### Exemple

$R_v = 346^\circ$

Vent = 280/40

TAS = 430 kt

Calculer la vitesse sol et la dérive.

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| A) 414 kt ; $- 5^\circ$ | B) 414 kt ; $+ 5^\circ$ |
| C) 442 kt ; $- 5^\circ$ | D) 442 kt ; $+ 5^\circ$ |

#### Réponse

L'utilisation du « computer » donne les éléments de réponses suivants :

Vitesse sol = 414 kt et dérive =  $- 5^\circ$

Réponse **A**.

Sur les avions récents, le suivi de la navigation est réalisé à l'aide des informations fournies par des moyens de radionavigation conventionnels (VOR, ADF, etc.) et RNAV (FMS, GPS, ND, etc.) équipant l'avion.

**2 - Suivi du temps de vol**

Le temps de vol est l'un des paramètres clés du suivi de navigation, comme nous l'avons spécifié précédemment. Pour pouvoir calculer le temps de vol d'un segment donné, il faut disposer, d'une part, de la distance sol du segment en question et, d'autre part, de la vitesse sol.

La lecture de la distance sol à l'aide de la carte routier est déjà décrite aux chapitres navigation 033 01 et 033 02.

Le calcul de la vitesse sol se fait en utilisant les paramètres réels en vol (Mach, altitude, vent effectif...).

Nous allons illustrer le calcul de la vitesse sol et du temps de vol au travers de deux exemples suivants.

**Exemple 1**

Déterminer la vitesse sol à l'aide des informations relevées en vol :

- croisière : FL370 ;
- Mach : 0,74 ;
- température extérieure : - 47 °C ;
- vent de face : 30 kt.

A) 424 kt                      B) 404 kt                      C) 434 kt                      D) 424 kt

**Réponse**

En appliquant la formule :  $\text{Mach} = \frac{V_P}{a}$

Avec  $a$  = vitesse du son =  $38,95 \times \sqrt{T}$  avec  $T$  en °K

$$= 38,95 \times \sqrt{-47 + 273}$$

$$= 586 \text{ kt}$$

D'où,  $V_P = a \times \text{Mach}$

$$= 586 \times 0,74$$

$$= 434 \text{ kt}$$

$V_{\text{SOL}} = V_P - \text{vent effectif de face}$

$$= 434 - 30$$

$$= 404 \text{ kt}$$

Réponse **B**.

**Exemple 2**

Déterminer temps de vol pour parcourir la distance donnée ci-après.

CAS : 130 kt.

Température extérieure : 0 °C à 10 000 ft.

Distance du parcours : 240 NM.

Route vraie : 275°.

Vent : 030/30.

A) 103 min                      B) 95 min

C) 95 min                      D) 89 min

**Réponse**

En utilisant le computer, on obtient :

$R_v = 275^\circ$ .

Vent 030/30  $\rightarrow V_P = 152 \text{ kt}, V_{\text{SOL}} = 162 \text{ kt}$

CAS = 130 kt.

temps de vol =  $D_{\text{SOL}} / V_{\text{SOL}}$

$$= 240 / 162$$

$$= 1,48 \text{ h, soit } \mathbf{89 \text{ min}}$$



## B – Suivi du carburant en vol

La gestion du carburant, comme le montrent certains incidents relatés dans le cercle aéronautique, nécessite de la part du pilote une grande rigueur dans l'application des procédures.

Au-delà de la surveillance de la surconsommation due aux aléas du trajet (conditions météorologiques dégradées, contraintes de circulation aérienne, etc.), tous les types d'avion présentent potentiellement des incertitudes de jaugeage. Les risques liés aux fuites carburant en vol sont d'autant plus critiques qu'elles sont rares.

Ces vérifications doivent permettre de :

- **vérifier l'évolution de la consommation** ; il s'agit bien entendu de la première raison qui motive la vérification en vol du carburant : se situer par rapport à la consommation prévue sur le plan de vol d'exploitation et en tirer les conclusions ;
- **évaluer le carburant restant à destination** ; c'est la finalité de la gestion en vol du carburant ; en effet, le but est d'arriver à destination avec un carburant restant suffisant compte tenu des conditions du jour ;
- **valider l'instrumentation** ; sur les avions de dernière génération comme sur les avions plus anciens, le jaugeage carburant n'est pas parfait, en particulier sur les avions long-courriers, où les volumes embarqués sont importants ; ceci est dû au fait que les réservoirs carburant d'un avion ont des formes très tourmentées, qu'ils nécessitent un ensemble de jauges et de calculateurs extrêmement complexes et que la précision de lecture n'est pas toujours linéaire.

Le suivi du carburant en vol représente une part essentielle du travail du pilote. Il appartient à chaque opérateur de définir ses propres procédures de suivi du carburant qui sont publiées dans le manuel de vol et qui sont basées sur les exigences réglementaires.

En effet, la réglementation précise dans les termes suivants les modalités de suivi du carburant pendant le vol.

1. *Le commandant de bord doit s'assurer que des vérifications régulières des données de carburant sont effectuées. Ces contrôles devront être réalisés à des intervalles réguliers et au moins une fois par étape.*
2. *Le carburant restant doit alors être noté et des évaluations faites.*
3. *Le suivi de carburant doit faire l'objet d'un compte rendu.*

Sur le plan pratique, un suivi rigoureux de la consommation consiste à noter, à chaque point tournant, le carburant consommé.

Cette opération permet de déterminer le carburant restant à bord afin d'en déduire l'autonomie de vol ou la distance maximale (rayon d'action) pouvant être couverte avec cette quantité.

On appliquera les différentes formules suivantes :

**Carburant restant à bord = carburant au départ – carburant consommé**

**Connaissant la consommation horaire (Ch) :**

**Autonomie de vol restant = carburant restant à bord / C<sub>h</sub>**

**Connaissant le rayon d'action spécifique (RS) :**

**Rayon d'action = carburant restant à bord x RS**

**Connaissant la consommation distance (Cd) :**

**Rayon d'action = carburant restant à bord / C<sub>d</sub>**

A titre d'information, nous reproduisons ci-après un fac-similé d'un suivi en vol du carburant. On note un écart de  $-0,1$  t (consommation réelle de 5,3 t pour une prévision de 5,2 t) au TOC et  $-0,2$  t (7,5 t pour une prévision de 7,3 t) au waypoint YNY.

### Fac-similé d'un suivi de vol

WPT	COORDONNEES	T. CUM	DSOL	HPLN/HST/SURV	DAIR	CONS/REST
VIA	RVD RVA RHM	FL	SAT D.1.SA	VENT D/T.SEG	SR VSOL	TRO
PAE	.....	00.00	4455	24:44/...../....	4382	000.6/067
DCT	349 349 329	CLB	63/0.09	.....	.....	.....
HUH	N48 56.7	00.09	4392	24:53/...../....	4322	003.4/064
	W122 34.8			23/0.04		
1534	004 004 343	CLB	23/0.04	.....	4300	004.4/063
SHARD	N49 19.4	00.13	4369	24:57/...../....	4300	004.4/063
	W122 32.6			19/0.02		
2508	058 059 039	CLB	19/0.02	.....	4281	005.2/062
TOC	.....	00.15	4350	24:59/...../....	4281	005.2/062
		-53	P02	212/013	1/1	5.3/5.2
2508	059 061 039	370	143/0.17	144/18	500	5.3/5.2
YNY	N50 40.7	00.32	4207	24:46/...../....	4142	007.3/060.6
	W118 56.3	-54	P03	249/012	1/1	7.5/7.3
2527	028 030 008	370	238/0.29	176/22	493	363
Y2U	N54 08.7	01.01	3969	24:48/...../....	3906	010.7/057.2
	W115 47.8	-56	P01	293/027	2/2	10.1/9.8
2527	045 049 026	380	219/0.26	226/123	507	356

Valeurs de carburant consommé / restant à bord prévisionnelles

Valeurs de carburant consommé / restant à bord réelles relevées par le suivi en vol du carburant

$\Delta = -0,1$

$\Delta = -0,2$

$\Delta = -0,3$

### Exemple

Les quantités de carburant restant prévisionnelles et réelles sont indiquées dans un extrait du plan de vol ci-après.

Arrivée au point Charlie, l'ATC vous autorise à effectuer un direct vers le point Echo. Sachant que le temps de vol pour un direct entre ces 2 waypoints est de 30 minutes et que les conditions météorologiques restent inchangées, quelle serait la quantité de carburant restant à bord au point Echo ?

Waypoint	TAS (kt)	Vs (kt)	Distance entre 2 wpts	Heure estimée	Heure réelle	Carburant restant prévisionnel (kg)	Carburant restant réel (kg)
Alpha	150	140	40	1:05	1:05	5200	5200
Bravo	150	150	25	1:27	1:27	4820	4830
Charlie	150	150	20	1:45	1:45	4450	4470
Delta	150	140	30	2:17		3850	
Echo	150	140	15	2:30		3555	

### Réponse

La solution consiste à calculer la consommation horaire (Ch) avec les dernières données réelles (c'est-à-dire entre Bravo et Charlie) puis utiliser cette valeur de consommation horaire pour prédire la quantité de carburant restant à bord au point Echo.

#### Calcul du Ch :

Temps réel entre Bravo et Charlie :  $1:45 - 1:27 = 18$  min

Carburant restant réel entre Bravo et Charlie :  $4830 - 4470 = 360$  kg

On en déduit la Ch

$Ch = 360 / 18 = 20$  kg/min

Calcul du délestage entre Charlie et Echo :

$$\begin{aligned}\text{Délestage} &= \text{temps de vol} \times \text{Ch} \\ &= 30 \times 20 = 600 \text{ kg}\end{aligned}$$

Carburant restant à bord au point Echo

$$\text{Carburant restant à Echo} = 4470 - 600 = 3870 \text{ kg}$$

## 033 06 02 Gestion et replanification en vol

### A – Gestion en vol du carburant

Si le suivi du carburant montre que la quantité de carburant estimée restant à l'arrivée à l'aérodrome de destination est inférieure aux réserves requises, le pilote doit apprécier la situation en prenant des décisions adéquates pour gérer au mieux le carburant en vol.

Il pourra décider la poursuite vers l'aérodrome de destination, en utilisant les différentes méthodes suivantes pour moduler la consommation carburant en cas de constat d'écart entre la consommation prévue et la consommation réelle mesurée aux totalisateurs carburant :

- adopter un autre régime de vitesse de croisière, plus économique ;
- changer l'altitude de croisière, pour bénéficier d'un vent plus favorable ;

ou décider un déroutement vers un aérodrome de dégagement, de manière à atterrir avec au moins les réserves requises à bord.

Sur le plan réglementaire, le texte de la réglementation en vigueur impose le respect de la règle de gestion en vol du carburant suivant.

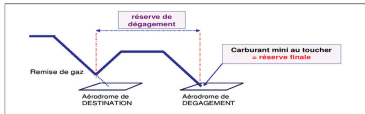
#### 1 - Carburant minimal au toucher des roues

Quelles que soient les conditions de vol, le carburant restant à bord doit être géré par l'équipage de manière à ce que la quantité minimale de carburant au toucher des roues soit supérieure ou égale à la **réserve finale**.

Cette règle s'applique aussi bien à un aérodrome de destination qu'un aérodrome de dégagement ou de déroutement.

#### 2 - Carburant minimal à l'aérodrome de destination

Le suivi en vol du carburant devrait permettre à l'équipage d'arriver à l'aérodrome de destination avec une quantité minimale de carburant pour garantir la sécurité du vol.



Selon les exigences réglementaires, la quantité de carburant minimale au-dessus du seuil de l'aérodrome de destination doit être suffisante pour atteindre l'aérodrome de dégagement. Elle est définie comme suit :

$$\begin{aligned} &\text{Carburant minimal à destination (avec dégagement*)} \\ &= \\ &\text{Carburant de dégagement + réserve finale} \end{aligned}$$

\*En l'absence de l'aérodrome de dégagement :

**Le carburant minimal à destination = réserve finale**

Ainsi, si le suivi en vol du carburant montre que la quantité de carburant estimée restant à l'arrivée de l'aérodrome de destination est inférieure à la somme de la réserve de dégagement et de la réserve finale, l'équipage doit prendre en compte le trafic et les conditions opérationnelles existant :

- à l'aérodrome de destination ;
- sur le trajet vers l'aérodrome de dégagement et sur l'aérodrome de dégagement, avant de décider, soit la poursuite de son vol jusqu'à l'aérodrome de destination, soit le déroutement, de manière à se poser avec au moins le carburant correspondant à la **réserve finale**.

Parallèlement au suivi en vol du carburant, le suivi météorologique est tout aussi primordial ; en effet, pour faciliter sa prise de décision en cas de déroutement, l'équipage doit effectuer un suivi des conditions météorologiques des aérodromes adéquats susceptibles d'être utilisés comme aérodromes de déroutement (TAF, METAR...).

#### Exemple : calcul de l'autonomie en fonction du carburant restant à bord

Durant un vol IFR à bord d'un Beech Bonanza, les jauges de carburant indiquent que la quantité de carburant restante est de 100 lb après 38 minutes de vol.

Sachant que :

- le carburant total au décollage est de 160 lb ;
- le carburant nécessaire pour le dégagement est de 30 lb ;
- le carburant prévu pour le roulage est de 13 lb ;
- la réserve finale est estimée à 50 lb.

Si le débit carburant reste constant, combien de temps l'avion pourra-t-il voler vers la destination avec le carburant restant ?

- A) 12 minutes                      B) 63 minutes  
C) 44 minutes                      D) 4 minutes

#### Réponse

Après 38 minutes de vol, la quantité de carburant consommée est de  $160 - 100 = 60$  lb ; ce qui représente une consommation horaire de  $60/38 = 1,579$  lb/min. Ce débit est considéré constant pour le reste du vol, comme le précise l'énoncé.

Le carburant restant à bord est de 100 lb, auquel il faut soustraire la réserve de dégagement et la réserve finale, comme l'exige la réglementation, soit :

$$100 - 30 - 50 = 20 \text{ lb}$$

Cette quantité de carburant restant à bord représente donc une autonomie de :

$$20 / 1,579 = 12 \text{ min}$$

Réponse **A**.

**B – Replanification en vol**

Il existe des circonstances ou des incidents techniques survenus en vol qui imposent nécessairement un déroutement en vol ; c'est le cas de :

- panne moteur ;
- dépressurisation ;
- vol ETOPS, avec problème technique impactant la poursuite du vol en conditions ETOPS.

Dans ces conditions, le pilote doit effectuer une replanification en vol en s'appuyant sur :

- la quantité de carburant restant à bord obtenue suite au bilan du suivi du carburant en vol ;
- le carburant et le temps nécessaires pour le déroutement ; ce dernier est obtenu à l'aide des données fournies par le constructeur sous forme d'abaques ; nous verrons dans ce paragraphe les deux cas de panne moteur et de dépressurisation à l'aide des abaques du B737.

**1 - Panne moteur**

L'abaque page 216 permet une détermination rapide, soit du carburant et du temps de vol nécessaire pour rejoindre l'aérodrome de déroutement depuis le point de panne moteur, soit du rayon d'action maximal en fonction du carburant restant disponible à bord.

Cet abaque a été élaboré à la vitesse long range pour la croisière « N - 1 » moteur et à une descente de M.74/250 kt.

Le concept et l'utilisation de ce type d'abaque ont été déjà mentionnés au chapitre 033 03 « Carburant ».

**Exemple**

Utiliser l'abaque page 216 pour déterminer la distance maximale et le temps de déroutement consécutifs à la panne de moteur en route.

Sont donnés :

- carburant de déroutement disponible : 8 500 kg ;
- altitude de croisière de déroutement : 10 000 ft ;
- masse au point de déroutement : 62 500 kg ;
- composante de vent de face : 50 kt ;
- température : ISA - 5°C.

A) 760 NM; 4 h 30 min

B) 1 130 NM; 3 h 30 min

C) 860 NM; 3 h 20 min

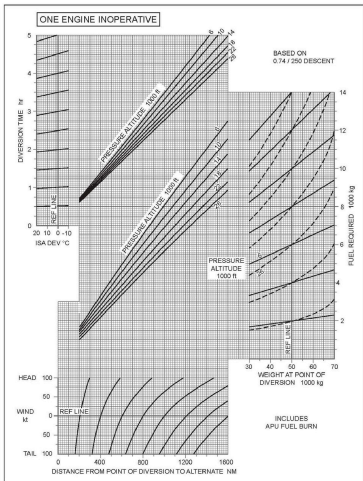
D) 1 000 NM; 3 h 40 min

**Réponse**

Voir la correction sur le graphique page 217.

La distance maximale est de 860 NM et un temps de déroutement de 3,35 h ; soit 3 h 20 min.

Réponse C.



**Figure 4.7.3** In-Flight Diversion (LRC) One Engine Inoperative



## 2 - Dépressurisation

Les abaques suivants permettent de déterminer le délestage pour rejoindre l'aérodrome de déroutement en cas de dépressurisation. Deux cas sont possibles :

- dépressurisation tous moteurs en fonctionnement : le calcul de carburant nécessaire se fait à l'aide de l'abaque 4.7.1b ci-après ;
- dépressurisation avec un moteur en panne : dans ce cas, le constructeur recommande de calculer le carburant nécessaire avec un moteur en panne (abaque 4.7.1a) et tous moteurs en fonctionnement (abaque 4.7.1b) pour retenir la plus faible des deux valeurs.

L'exemple ci-après illustre le calcul de carburant du deuxième cas, avec simultanément la dépressurisation et la panne moteur.

### Exemple

Vous subissez simultanément une panne moteur et une dépressurisation. Quel serait le carburant nécessaire pour effectuer le déroutement avec les données suivantes :

- composante de vent arrière : 25 kt ;
- distance au terrain de déroutement : 820 NM ;
- température : ISA + 10 °C ;
- masse estimée au point de dépressurisation : 55 000 kg ;
- condition givrante : oui.

- A) 8 300 kg                      B) 7 035 kg  
C) 7 000 kg                      D) 8 414 kg

### Réponse

On notera que la dernière phrase du cartouche en bas des deux abaques indique qu'il est nécessaire de comparer le résultat de calcul un moteur en panne avec celui tous moteurs en fonctionnement afin de retenir le délestage le plus élevé des deux cas (« compare the fuel required from this chart with critical fuel reserves »).

#### • Délestage avec un moteur en panne (abaque 4.7.1a)

Avec les données de l'énoncé, on trouve un carburant de déroutement de 6 800 kg (cf. correction sur abaque).

La valeur de délestage ainsi obtenue est applicable en conditions standards et non givrante ; il y a donc lieu d'appliquer les corrections suivantes :

- à ISA + 10 °C, il faudrait appliquer la correction du délestage indiquée en bas de l'abaque, qui est de 0,5 % pour un écart de la température standard de 10 °C, soit :  $6\,800 \times 0,5\% = 34\text{ kg}$  ;
- en condition givrante, la correction est de 20 %, soit  $6\,800 \times 20\% = 1\,360\text{ kg}$  ; le délestage avec une dépressurisation et un moteur en panne est donc de :  $6\,800 + 34 + 1\,360 = 8\,414\text{ kg}$ .

#### • Délestage tous moteurs en fonctionnement (abaque 4.7.1b)

Le carburant de déroutement obtenu avec cet abaque est de 7 100 kg (cf. correction). Correction de température et condition givrante :

- à ISA + 10 °C, la correction du délestage est de 0,5 % ; soit  $7\,100 \times 0,5\% = 36\text{ kg}$  ; en condition givrante, la correction est de 18 %, soit  $7\,100 \times 18\% = 1\,278\text{ kg}$  ;
- le délestage en cas de dépressurisation tous moteurs en fonctionnement est de :  $7\,100 + 36 + 1\,278 = 8\,414\text{ kg}$ .

On retiendra la valeur de délestage de déroutement la plus élevée des deux calculs ci-dessus, soit 8 414 kg.

Réponse D.



## Abaque de dépressurisation avec un moteur en panne

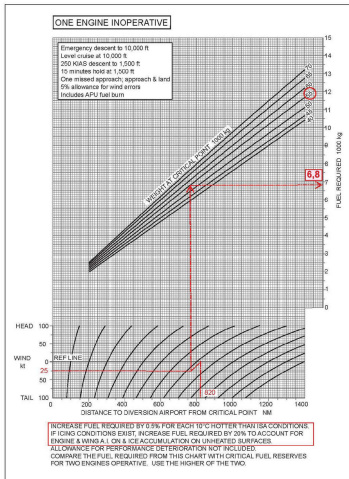


Figure 4.7.1a Critical Fuel Reserve - One Engine Inoperative

## Abaque de dépressurisation tous moteurs en fonctionnement

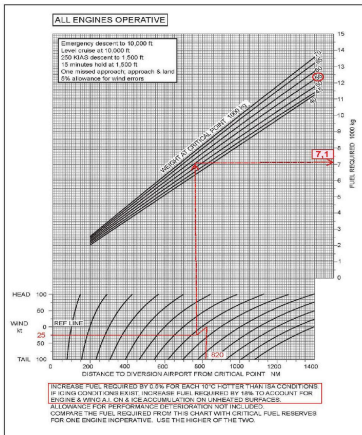


Figure 4.7.1b Critical Fuel Reserve – All Engines Operating



**Fin de l'ouvrage**