

Chapitre 2 : Assistance Météorologique à la Navigation Aérienne

Le but de ce chapitre est de nous donner les notions essentielles et surtout les fonctionnalités de l'assistance météorologique à la navigation aérienne.

2.1 Organisation de l'assistance météorologique

2.1.1 But de l'assistance météorologique à la navigation aérienne [1], [4]

L'assistance météorologique à la navigation aérienne a pour objet de **contribuer à la sécurité**, à la **régularité** et à l'**efficacité** de la navigation aérienne internationale.

2.1.2 Les clients ou destinataires ou utilisateurs [1], [4]

L'assistance météorologique consiste à fournir :

- Aux exploitants ;
- Aux membres d'équipage et de conduite ;
- Aux organismes des services de la circulation aérienne ;
- Aux organismes des services de recherche et de sauvetage ;
- Aux gestionnaires des aéroports ;
- Aux autres organismes intéressés à la gestion et au développement de la navigation aérienne, les renseignements météorologiques qui sont nécessaires à l'accomplissement de leurs fonctions respectives.

Ainsi une liaison étroite est à assurée entre **l'utilisateur** (les services de la navigation aérienne) et **le fournisseur** (les services météorologiques) en ce qui concerne la manière de procurer cette assistance. Les renseignements fournis au personnel aéronautique seront les plus récents et seront présentés dans la mesure du possible dans des formes qui exigent le minimum d'interprétation.

2.1.3 Les textes réglementaires de l'assistance

Au niveau international, l'assistance météorologique est réglementée conjointement par l'Organisation Mondiale de la Météorologie (**O.M.M.**) dans le **volume II du Règlement Technique** de L'O.M.M [5] et de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (**O.A.C.I.**) dans **l'annexe 3** [6], [7], [8]. Cette réglementation est complétée au niveau régional par les dispositions adoptées lors des réunions régionales de la Navigation Aérienne.

En zone ASECNA, Les réglementations régionaux sont édictées dans le NOTEM (NOTice d'Exploitation de la Météorologie) [9].

Au niveau national, l'autorité de l'aviation civile peut avoir sa propre réglementation. Par exemple, pour le cas de Madagascar, l'autorité de l'aviation civile compétente est l'Aviation Civile de Madagascar (ACM) et le règlement national élaboré par l'ACM est le Règlement Aéronautique de Madagascar (RAM 7.02) [10].

Notons que s'il y a différence entre ces trois règlements, c'est le règlement au niveau national qui s'applique à priori, ensuite le niveau régional et enfin le niveau international.

En outre, tous les trois ans, il y a amendement de l'annexe 3 de l'OACI [6], [7], [8].

2.1.4 Les Organismes d'Assistance [1], [4]

La fourniture aux administrations météorologiques et aux usagers des prévisions globales de certains paramètres et phénomènes météorologiques est réalisée à partir d'un système mondial appelé **Système Mondial de Prévisions de Zone (SMPZ ou WAFS pour World Area Forecast System)**.

Les organismes chargés de préparer et/ou de fournir l'assistance météorologique à la navigation aérienne sont :

- **Centre Mondial de Prévision de Zone (CMPZ, ou WAFC pour World Area Forecast Centre)** ;
- **Centre Consultatif (Avis) pour les Cyclones Tropicaux (TCAC pour Tropical Cyclone Advisory Centre)** ;
- **Centre Consultatif (Avis) pour les Cendres Volcaniques (VAAC pour Volcanic Ash Advisory Center)** qui procurent des prévisions météorologiques aéronautiques en route dans des formats uniformes et normalisés.

Pour les Etats contractants (**Services Météorologiques Nationaux des territoires non géré par l'Agence pour la Navigation Aérienne ou ASECNA**) :

- **Centre de Veille Météorologique (CVM, Meteorological Watch Office)** qui procure des renseignements météorologiques aux organismes des services de la navigation aérienne dans une région d'information de vol ou une région de contrôle ;
- **Centre Météorologique d'Aérodrome (CMA, Meteorological Office)** qui procure l'assistance météorologique requise pour répondre aux besoins des exploitants.

2.1.4.1 Les Centres Mondiaux de Prévisions de Zone [1], [4]

Londres (**Exeter** en Grande Bretagne) et Washington (**Kansas City** au USA) sont les deux centres désignés pour :

- Etablir des prévisions mondiales en point de grille sous forme numérique
 - ✓ D'altitudes géo-potentielles, de vents, de températures et d'humidité en altitude à tous les niveaux requis ;

- ✓ De hauteurs de la tropopause et de vent maximal ;
- ✓ De phénomènes du temps significatif ;
- Communiquer ces prévisions aux administrations météorologiques et aux autres usagers.

Les prévisions d'altitudes géo-potentielles, de vents, de températures en altitude sont relatives aux niveaux de vol suivants :

- ✓ FL050 (850hPa) ;
- ✓ FL100 (700hPa) ;
- ✓ FL140 (600hPa) ;
- ✓ FL180 (500hPa) ;
- ✓ FL240 (400hPa) ;
- ✓ FL300 (300hPa) ;
- ✓ FL340 (250hPa) ;
- ✓ FL390 (200hPa) ;
- ✓ FL450 (150hPa) ;
- ✓ FL530 (100hPa) et FL600 (70hPa) selon les besoins.

Les prévisions d'humidité en altitude sont relatives aux niveaux de vol (FL) suivants :

- ✓ FL50 (850hPa) ;
- ✓ FL100 (700hPa) ;
- ✓ FL140 (600hPa) ;
- ✓ FL180 (500hPa).

Les prévisions d'altitudes géo-potentielles de vents, de vents, de températures et d'humidité en altitude, de hauteurs de la tropopause et de vent maximal, sous forme numérique, sont :

- Emises dans la forme symbolique **GRIB (GRIdded Binary)** ;
- Valables pour **06, 12, 18, 24, 30 et 36 heures** après l'heure des données d'observations (**00, 06, 12 et 18 UTC**) sur la base desquelles ces prévisions sont établies ;
- Disponibles **au plus tard 6 heures** après l'heure des données d'observations (**00, 06, 12 et 18 UTC**) sur la base desquelles ces prévisions sont établies.

Les prévisions de temps significatif sont :

- Relatives à des tranches d'atmosphère dites :
 - Hautes altitudes (au-dessus du FL 250) ;
 - Moyennes altitudes (entre FL 100 et FL 250) ;
- Etablies quatre fois par jour pour des heures de validité **00, 06, 12, 18 heures UTC** ;
- Emises dans la forme symbolique **BUFR (Binary Universal Form for Representation of meteorological data)** ;

- Disponibles **16 heures** (moyennes altitudes) et **17 heures** (hautes altitudes) avant l'heure de validité.

Notons qu'à l'ASECNA les cartes du temps significatif (TEMSI) basses couches sont éditées par les C.V.M. et les C.M.A. pour les besoins des usagers locaux. Les TEMSI haute altitude sont donnés par Londres.

2.1.4.2 Les Centres Consultatifs pour les Cyclones Tropicaux (TCAC) et les Centres Consultatifs pour les Cendres Volcaniques (VAAC) [1], [4]

Les Etats contractant qui ont accepté la responsabilité de VAAC ou de TCAC feront le nécessaire pour que ces centres puissent prendre toutes les mesures requises afin de permettre **la détection**, **l'alerte** et **le suivi** des phénomènes associés. Ces centres diffusent des messages ou des cartes relatives à ces événements.

En effet, les cyclones tropicaux et les nuages de cendre volcanique sont extrêmement dangereux pour l'aviation.

Notons que pour Madagascar, le TCAC est St-Denis de la Réunion et le VAAC est Toulouse.

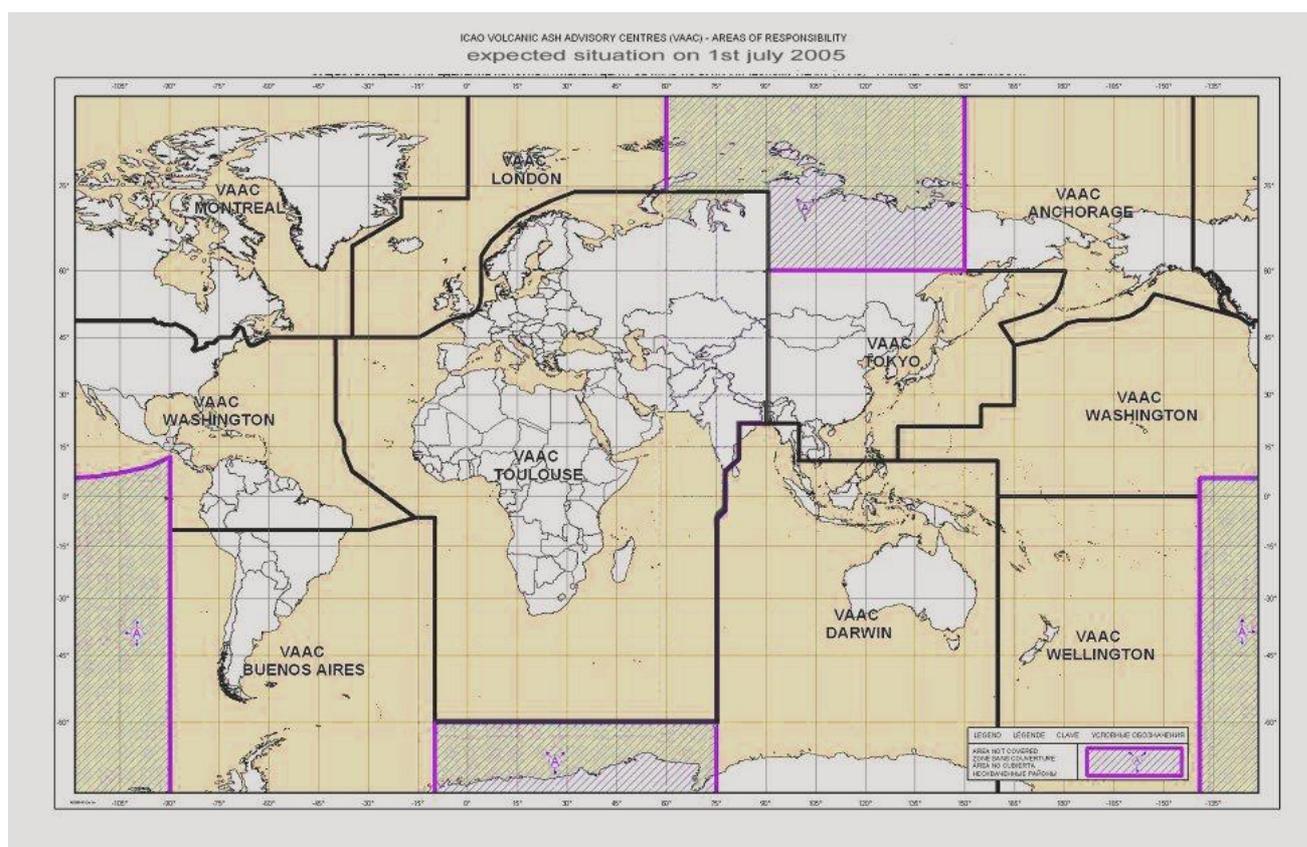


Figure I.2 : Les zones de responsabilités des VAAC [III]

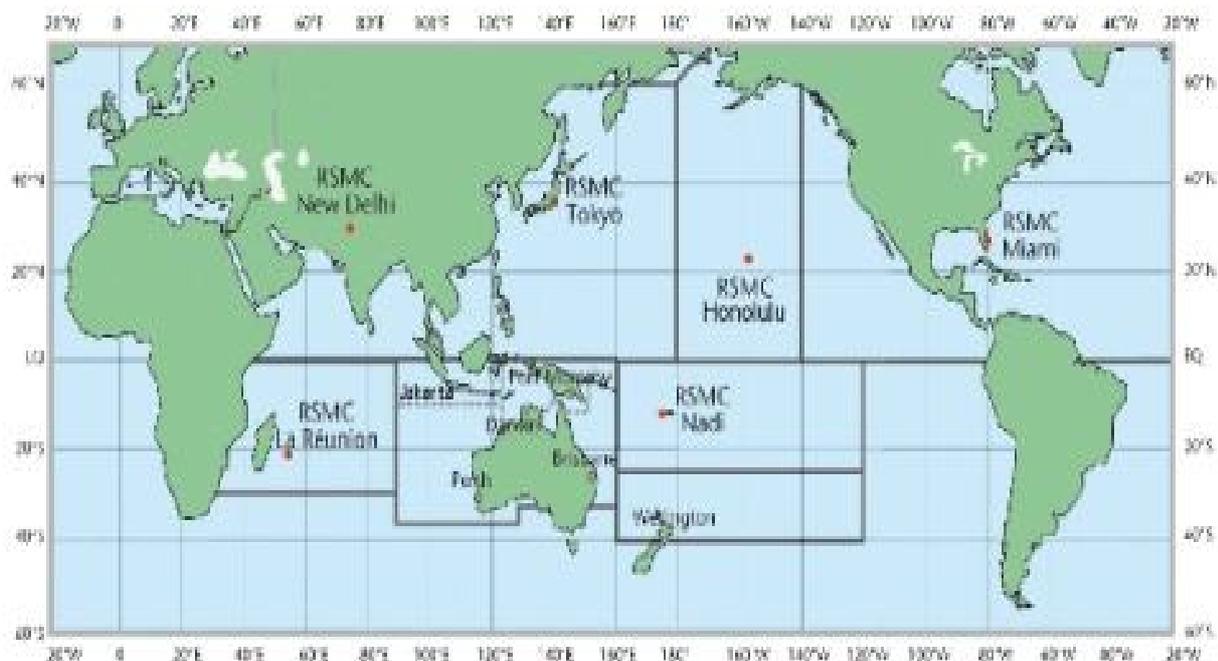


Figure I.3 : Figure représentant les domaines de responsabilité des TCAC [1]

2.1.4.3 Les Centres de Veille Météorologique (CVM) [1], [4]

Dans sa zone de responsabilité, un CVM a pour vocation :

- La surveillance et la signalisation des conditions météorologiques pouvant influencer sur la sécurité des aéronefs. Il s'agit des phénomènes suivant : orages, lignes de grains, grêle, turbulence, givrage, ondes orographiques, tempêtes tropicales, tempêtes de sable ou de poussière... ;

- La rédaction et la diffusion des messages de renseignements sous forme de messages SIGMET vers les Centres de Contrôle Régionaux (CCR), les Centres d'Information de vol (CIV), ainsi qu'aux Centres Météorologiques désignés par consignes spéciales.

Il est important de souligner que la rédaction et la diffusion doivent se faire sans délai.

- La fourniture aux services locaux de la circulation aérienne de tous les SIGMET et de tous les renseignements techniques que le centre reçoit et ce conformément aux accords avec les exploitants.

- La fourniture de tout renseignement disponible sur les activités volcaniques et les nuages de cendres volcaniques concernant sa zone de responsabilité tel convenu avec les services ATS concernés.

- Les CVM établissent aussi des prévisions locales par adaptation des produits reçus des WAFC pour tenir en compte des observations synoptiques nécessaires à l'établissement des prévisions désirées.

Les limites de la zone de responsabilité du CVM coïncident généralement avec les limites d'une Région d'Information de Vol (FIR) ou d'une région de Contrôle ou d'une combinaison des deux.

Remarquons que les espaces aériens gérés par l'ASECNA sont subdivisés en cinq CVM : ANTANANARIVO, BRAZZAVILLE, DAKAR, NIAMEY, N'DJAMENA et la Veille Météorologique de Région est assurée de manière permanente.

2.1.4.4 Les Centres Météorologiques d'Aérodrome (CMA) **[1], [4]**

Un Centre Météorologique d'Aérodrome est un centre implanté sur un aérodrome et destiné à procurer l'assistance météorologique requise pour répondre aux besoins de l'exploitation des vols.

C'est ainsi que par l'intermédiaire des Stations Météorologiques Aéronautiques (SMA) chargées de l'observation aéronautique et de l'établissement de messages d'observation (METAR, SPECI, MET REPORT, SPECIAL...), le CMA surveille en permanence les conditions météorologiques aux aérodromes, routes, zones, points pour lesquels il est chargé de faire des prévisions (TAF, TENDANCE, PREDEC...).

Les activités du CMA sont les suivantes :

- Le CMA établit ou recueille des prévisions et renseignements en provenance des autres organismes d'assistance météorologiques (CMPZ, CVM, CMA...) concernant les vols dont il est chargé ;
- Le CMA procure l'exposé verbal, la consultation, la documentation de vol (cartes d'altitudes, cartes TEMSI, messages...) et autres renseignements (avertissements, bulletins...) aux usagers ;
- Le CMA établit des documents climatologiques pour les aérodromes, routes, zones qui sont sous sa responsabilité (valeurs moyennes des éléments météorologiques, fréquence d'occurrence des phénomènes de temps présent qui influencent les mouvements aériens sur l'aérodrome, résumé descriptif ...).
- Le CMA affiche et échange des renseignements météorologiques. Pour assurer ces fonctions, le CMA dispose généralement des prévisions ainsi que des moyens de réception (fac-similé, téléimprimeur...);
- Le CMA établit et/ou recueille des prévisions concernant les conditions locales ;
- Le CMA fournit les renseignements reçus concernant une activité volcanique pré-éruptive, une éruption volcanique ou la présence d'un nuage de cendres volcaniques à l'organisme des services de la circulation aérienne, à l'organisme des services d'information aéronautique et aux Centres de Veille Météorologique qui lui sont associés comme convenu entre l'administration météorologique et l'autorité ATS concernées.

2.2 Forme de l'assistance météorologique à la navigation aérienne

2.2.1 Assistance aux organismes de la Circulation Aérienne [1], [4]

Les organismes de la circulation aérienne sont :

- La tour de contrôle (TWR) chargée de faire la mise en œuvre du service de contrôle d'aérodrome ;
- Le centre de contrôle d'approche (APP) chargé d'assurer le contrôle d'approche ;
- Le centre d'information de vol (CIV ou FIC) chargé d'assurer la mise en œuvre du service d'information de vol et d'alerte dans les régions d'information de vol ;
- Le service d'information de vol d'aérodrome (AFIS ou Aerodrome Flight Information Service) chargé d'assurer la mise en œuvre du service d'information de vol et d'alerte sur les aérodromes non contrôlés.

Les centres météorologiques disposent de systèmes leur permettant d'échanger des renseignements météorologiques entre eux et avec les organismes de la circulation aérienne :

- Les Centres Météorologiques Aéronautique (C.M.A) et au besoin les Stations météorologiques Aéronautiques (S.M.A) communiquent les renseignements nécessaires aux organismes de la circulation aérienne sur les aérodromes dont ces centres et stations sont chargés, et en particulier aux tours de contrôle (TWR), aux centres de contrôle d'approche (APP) et aux stations de télécommunications qui desservent ces aérodromes ;
- Les Centres de Veille Météorologiques (C.V.M). communiquent avec les organismes de la circulation aérienne et des services de recherche et de sauvetage pour les régions d'information de vol (FIR), les régions de contrôle (TMA, AWY, UTA), et les régions de recherche et de sauvetage dont ces centres sont chargés ;
- Les bulletins météorologiques (METAR, SPECI, TAF, TENDANCE, SIGMET, et autres...) circulent sur le réseau du service fixe de télécommunication aéronautique (RSFTA).

2.2.2 Assistance aux exploitants [1], [4]

Les exploitants sont les agents de préparation de vol. Les renseignements météorologiques fournis aux exploitants servent au planning avant le vol. Ces renseignements comprennent tout ou en partie des éléments suivants :

- Données actuelles ou prévues sur les vents et températures en altitude et de la topographie de la tropopause ;
- Phénomènes météorologiques significatifs en route existants ou prévus ;

- Prévisions pour le décollage ;
- Messages d'observations ou de prévisions d'aérodrome ;
- Imagerie satellitaire et radar.

2.2.3 Assistance aux membres d'équipage de conduite

2.2.3.1 Avant le vol [1], [4]

L'assistance météorologique fournie peut prendre diverses formes en fonction de l'aérodrome de départ, de la nature du vol, des membres d'équipage de conduite, de la nature de l'avion.

Soulignons bien que pour tout vol hors des abords de l'aérodrome, partir sans prévision météorologique de vol constitue une infraction à la réglementation.

Cas où il existe un C.M.A. sur l'aérodrome de départ [1], [4]

Le pilote peut consulter un système d'information spécialisé ou se rendre au C.M.A. où les renseignements météorologiques lui seront fournis par une ou plusieurs des méthodes suivantes :

- ✓ Textes écrits ou imprimés, notamment cartes et messages ;
- ✓ Exposé verbal ;
- ✓ Consultation ;
- ✓ Affichage.

Notons que l'exposé verbal ou la consultation sur place ont pour objet de fournir les renseignements les plus récents disponibles sur les conditions météorologiques existantes et prévues le long de la route suivie et aux autres aérodromes appropriés (départ, arrivée, dégagements).

Aux fins de la consultation sur place ou d'utilisation dans l'exposé verbal, le C.M.A. présente et/ou affiche les derniers renseignements disponibles selon la liste ci-après :

- ✓ Prévision d'aérodrome (TAF), prévision de type tendance (valable deux heures) ;
- ✓ Observation météorologique aéronautique régulière (METAR et MET REPORT) ou spéciale (SPECI et SPECIAL) ;
- ✓ Avertissement d'aérodrome (AD WRNG) ;
- ✓ Avertissement de cisaillement de vent (WS WRNG) ;
- ✓ Prévision de décollage (PREDEC) ;
- ✓ Compte rendu d'aéronef (AIREP SPECIAL ne faisant pas l'objet d'un SIGMET) ;
- ✓ SIGMET ;
- ✓ Cartes d'analyses et cartes prévues ;
- ✓ Images satellitaires et radar.

Une documentation de vol peut être remise, sur demande, aux membres d'équipage de conduite. Celle-ci comprend des renseignements sur :

- Les phénomènes météorologiques significatifs prévus en route ;
- Les vents et les températures en altitude ;
- Les prévisions et comptes- rendus d'aérodrome, avertissements, SIGMET.

La documentation de vol peut se présenter sous forme de **dossier de vol** et comprend :

- ✓ Carte(s) TEMSI ;
- ✓ Des cartes prévues de vent et température en altitude ;
- ✓ Un collectif de messages (METAR, TAF, SIGMET) ;
- ✓ Une page de couverture qui contient les prévisions pour le décollage (prévision de vent, température, pression dans les trois heures à venir) et ainsi que les identités de l'aéronef avec son itinéraire.

Des cartes supplémentaires (analyse, analyses prévues ...) ou documents (images satellitaires, coupes verticales, tableaux ...) peuvent compléter ou remplacer utilement les éléments cités ci-dessus. L'ensemble est inclus à l'intérieur d'une chemise sur laquelle sont rappelés les différents codes, abréviations, indicatifs utilisés dans la documentation.

Cas où il n'existe pas de C.M.A. sur l'aérodrome de départ [1], [4]

Les usagers peuvent s'adresser à un aérodrome de rattachement ou consulter un système d'information spécialisé.

2.2.3.2 Pendant le vol [1], [4]

Les renseignements météorologiques destinés aux aéronefs en vol sont fournis par les S.M.A., C.M.A., C.V.M. aux organes de la circulation aérienne qui lui sont associés et sont diffusés par le biais :

- Du service mobile aéronautique :
Les messages METAR, TAF, SIGMET sont transmis aux aéronefs en vol par l'intermédiaire de stations radio –émettrices et des centres d'information de vol.
Avant l'atterrissage, le message MET REPORT ou SPECIAL est transmis par les tours de contrôle des aérodromes dotés de S.M.A ;
- D'émission d'informations météorologiques :
Les émissions VOLMET continues (VHF) contiennent des messages METAR, SPECI avec la partie TENDANCE lorsqu'elle est disponible et les renseignements SIGMET.
Les émissions VOLMET à heure fixe (HF) contiennent des messages METAR, SPECI avec la partie TENDANCE lorsqu'elle est disponible, des messages TAF et des renseignements SIGMET ;

- D'accès aux banques de données météorologiques par système **ACARS** (Aircraft **C**ommunication **A**ddressing and **R**eporting **S**ystem).

2.2.3.3 Après l'atterrissage [1], [4]

La météorologie a besoin de la collaboration des membres d'équipage de conduite. Ils sont priés de passer ou de téléphoner au centre météorologique pour exposer le temps qu'ils ont rencontré sur leur trajet, surtout s'il est très différent des conditions annoncées.

Chapitre3 : Importance des paramètres météorologiques et influence des phénomènes météorologiques dangereux pour l'aéronautique

Le but de ce chapitre est de mettre en relief à travers l'importance des paramètres météorologique et des phénomènes météorologiques dangereux pour l'aéronautique, l'indispensabilité de l'assistance météorologique à la navigation aérienne.

3.1 Importance des paramètres météorologiques

3.1.1 Importance de la température

3.1.1.1 Importance de la température au décollage [4]

La connaissance de la température est primordiale pour la décision de mise en route d'un aéronef, notamment pour l'évaluation de la masse à embarquer et/ou de la longueur de la piste à utiliser.

Influence de la température sur la longueur de la piste [4]

En effet, plus la température augmente, l'aéronef aura besoin d'une piste plus longue pour pouvoir décoller. La figure suivante nous montre cette corrélation :

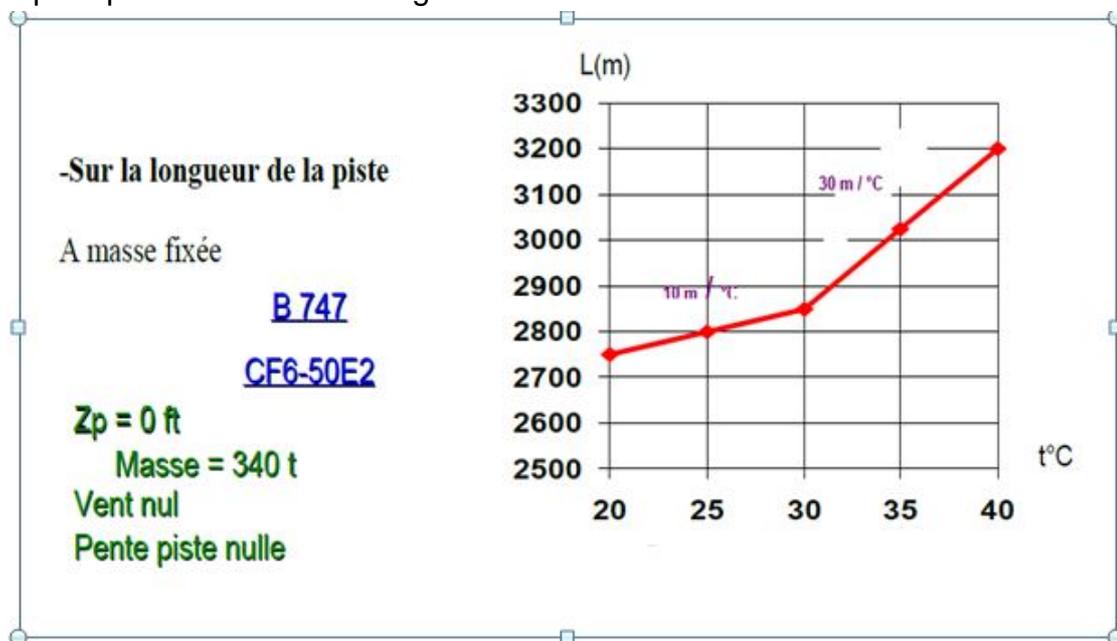


Figure I.4: Rapport température et longueur de piste

On constate que pour un type d'appareil donné et une masse totale en charge connue, le pilote peut savoir si la piste d'un aéroport lui permettra ou non de décoller. Dans ce cas précis, avec une température ambiante de 20°C, le B747 peut décoller sur une piste longue de 2750m.

Pour une augmentation prévue de température jusqu'à 30°C, il faut s'attendre à utiliser une piste plus longue à raison de 10m pour chaque degré, et 30m au-delà d'une température ambiante de 30°C. Ceci explique d'ailleurs une des raisons pour laquelle les avions cargo effectuent des vols matinaux, en température basse et par ailleurs, l'importance que les pilotes attachent aux paramètres de décollage.

✚ Influence de la température sur la masse à embarquée [4]

Plus la température augmente, la masse maximale que peut transporter un aéronef diminue. La figure suivante montre bien cette corrélation :

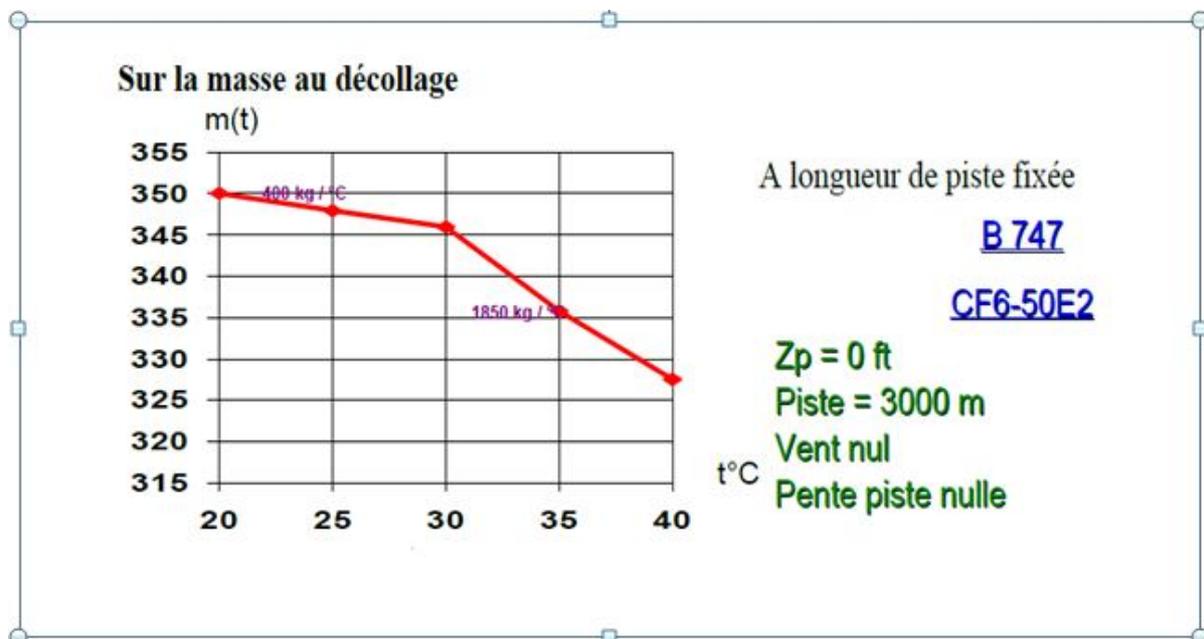


Figure I.5: Rapport température et masse

Commentaires

On se place à un aéroport donné, la longueur de piste étant connue et on se demande quelle charge totale le pilote peut embarquer en fonction de la température prévue pour son heure de décollage. On constate que pour un type d'appareil donné sur un aéroport de longueur de piste bien connue, le pilote peut savoir si la charge totale lui permettra ou non de décoller. Dans ce cas précis, avec une température ambiante de 20°C, le B747 peut décoller avec une masse totale en charge de 350 tonnes. Au fur et à mesure que la température ambiante augmente, il devra,

pour éviter des sorties de piste, réduire sa charge a raison de 400Kg par degré jusqu'à 30°C et de 1850Kg par degré lorsque cette température excède 30°C.

Ainsi, la prévision de température est importante pour le décollage. C'est pourquoi, elle fait partie des paramètres prévues dans la prévision de décollage (PREDEC).

3.1.1.2 Importance de la température en croisière [4]

L'impact de la température est que l'altitude d'accrochage diminue quand la température augmente.

En effet, il existe une limite en altitude et en masse où il n'est pas possible de voler a certaines valeurs de mach fixées, c'est l'altitude d'accrochage.

En vol à Mach constant et altitude pression constante, la température extérieure n'a pas d'influence sur le rayon d'action spécifique ou la consommation distance.

La consommation horaire ainsi que la vitesse propre sont sensiblement Proportionnelles à la racine carrée de la température.

Ainsi, la prévision de température en route doit faire partie de l'assistance météorologique à la navigation aérienne. Elle est insérée dans le « dossier de vol » dans la carte vent et température prévue à différents niveau de vol.

3.1.1.3 Importance de la température à l'atterrissage [4]

Elle intervient pour la pente de remise de gaz (si la température augmente la pente diminue). En général, la distance d'atterrissage ne doit pas être supérieure à 60% (réacteurs) ou 70% (turbopropulseurs) de la longueur de piste utilisable.

C'est pourquoi, les stations météorologiques aéronautiques envoient régulièrement la valeur instantanée de la température à travers les messages d'observations aéronautiques régulières et spéciaux.

3.1.2 Importance de la pression atmosphérique [4]

Elle intervient de la même manière que ce soit lors de décollage ou de l'atterrissage. En effet, si la pression diminue, la distance d'atterrissage ou de décollage augmente et la pente de la trajectoire diminue.

En outre, la pression et la température ont une influence très importante sur la poussée ou la puissance, puisqu'ils interviennent dans la masse volumique de l'air.

Notons également que la pression est utilisée pour le calage altimétrique des avions. En effet, du fait de la décroissance continue de la pression avec l'altitude, la pression est utilisée comme paramètre de navigation ou d'espacement vertical.

Par suite, pour l'efficacité d'un décollage, d'un atterrissage (distance d'envol ou d'arrêt) dépend de la masse volumique de l'air ; de la précision des pressions QNH (pression réduite au niveau de la mer) et QFE (pression réduite au niveau de la piste) calculées.

Ainsi, pour pouvoir bien préparer le vol, il faut connaître la valeur de la pression QNH prévue au moment du décollage. C'est pourquoi, on doit inclure la pression QNH parmi les éléments de la prévision de décollage (PREDEC).

3.1.3 Importance du vent [4]

Le vent est un paramètre indissociable de l'activité aéronautique. Des contraintes de vent apparaissent à l'implantation d'un aérodrome et lors de la construction et de l'exploitation des installations aéroportuaires.

Dans toutes les phases d'utilisation d'un avion, le vent est pertinent : En effet, le vent peut être favorable ou défavorable selon les cas.

✚ au parking

Dès que le vent se renforce, il risque de déplacer ou faire tourner un avion (effet dit de girouette). S'il est violent un avion non amarré solidement peut parfaitement se retourner, des gouvernes qui ne sont pas bloquées peuvent être endommagées ; des portes de soutes à bagages ne s'ouvrent plus.

✚ au roulage au sol

Le vent limite la manœuvrabilité en composante arrière ou traversière. Au-delà de certains seuils, la trajectoire n'est plus toujours maîtrisable surtout si l'état de la piste s'en mêle (pluie, neige, verglas...).

✚ au décollage et à l'atterrissage

10knots de composante arrière est une limite à ne pas franchir sans en avoir calculé les effets. Les composantes traversières sont rapidement limitatives et rendent le pilotage délicat. Le vent influe également sur la charge des avions.

✚ Juste après le décollage ou juste avant l'atterrissage

Des variations rapides le long de la trajectoire souhaitée peuvent la modifier de manière importante. Les effets de ce cisaillement de vent ont des conséquences d'autant plus importantes que les avions actuels y sont plus sensibles.

✚ Enfin en vol

Plus loin du sol, le vent est un élément qui compte dans la trajectoire (verticale et horizontale) : en croisière une navigation précise s'accommode mal d'une mauvaise définition du vent, l'économie du carburant d'un fort vent de face.

✚ En tour de piste

La recherche d'une bonne trajectoire par rapport au sol implique la connaissance du vent.

N.B : En aéronautique le vent est toujours significatif même lorsqu'il est faible ou nul.

Le vent debout (ou vent de face) est considéré comme favorable dans la mesure où il diminue la distance de décollage (on dispose gratuitement d'une partie de la vitesse aérodynamique nécessaire). On prend en considération 50% de la valeur du vent debout.

Ainsi, Il est indispensable de fournir aux clients le paramètre vent observé et prévu. Le vent observé étant donné par les messages d'observation météorologique aéronautique régulière (METAR, MET REPORT) ou spéciales (SPECI, SPECIAL) et pour le vent prévu, on peut le trouver dans la prévision pour le décollage (PREDEC), dans les prévisions d'aérodrome, dans le dossier de vol (vent prévu à différents niveau de vol en des points de grille) et aussi éventuellement dans la prévision de type TENDANCE (prévision d'atterrissage valable deux heures au maximum).

3.1.4 Importance de la visibilité [4]

- L'efficacité et la sûreté d'exploitation d'un aéronef sont perturbées par des phénomènes divers qui parfois réduisent la visibilité.

- La prévention des collisions de toutes natures entre avions au sol et en vol, ou avions en vol et reliefs est assurée par de multiples systèmes et procédures. Malgré tout, une bonne connaissance de la visibilité est nécessaire.

- Pour assurer la réussite de l'approche et de l'atterrissage en fonction des moyens disponibles, il faut disposer de certaines références visuelles extérieures.

- Pour les procédures d'approches aux instruments qui définissent les parcours à suivre, les différents niveaux à respecter et les moyens utilisés pour obtenir un niveau de sécurité satisfaisant, ce sont les valeurs de visibilités horizontales qui, associés à chaque valeur de hauteur de décision (DH) ou hauteur minimale de descente (MHD) permettent d'obtenir une bonne probabilité à DH (ou MDH) les références nécessaires pour l'atterrissage.

- La visibilité horizontale peut s'exprimer sous forme visibilité météorologique (VIS) ou portée visuelle de piste (PVP) ou visibilité balise (VIBAL). Pour certaines procédures la connaissance de la PVP ou de la VIBAL est obligatoire.

C'est pour dire combien le paramètre visibilité est important pour l'aéronautique. En exploitation, on peut trouver la visibilité observée dans les messages d'observations aéronautiques régulières (METAR et MET REPORT) et spéciales (SPECI ou SPECIAL) et la visibilité prévue dans les prévisions d'aérodromes et dans les prévisions de type tendance.

3.2 Phénomènes météorologiques dangereux pour la navigation aérienne

3.2.1 Importance aéronautique des phénomènes liés au cumulonimbus (CB) [4]

⚡ Conséquences du coup de foudre sur les avions

➤ Pour la structure de l'avion, à partir du point de contact de l'éclair avec la surface de l'avion, la pointe de courant engendre un transfert brutal d'énergie. Cette pointe peut provoquer une vaporisation thermique intense et rapide de matériau, par suite, provoque des graves dégâts de structures de cette partie de l'avion.

➤ Pour le système carburant, après le coup de foudre, des effluves électriques apparaissent aux extrémités ou éléments en saillies de l'avion. Si ce phénomène a lieu à proximité des mises à air libre des réservoirs de carburant, il y a risque d'explosion si les vapeurs d'essence sont inflammables. Lors de la phase de forte pointe, le courant électrique qui circule à l'intérieur même de l'avion peut provoquer des étincelles là où existent des ruptures de continuité électrique. Si ces étincelles se produisent à l'intérieur des réservoirs de carburant, les risques d'explosion sont importants. Enfin par création d'un point chaud sur la paroi même du réservoir pendant la phase du foudroiement peut agir comme un détonateur pour le mélange air - carburant.

➤ Pour les installations électriques et systèmes associés, dans les câbles électriques, il se crée des tensions induites par les variations brusques de courant transitant à travers les structures de l'avion. Ces tensions ont des répercussions nuisibles sur le bon fonctionnement des équipements électroniques de l'avion, en particulier :

- Les équipements exploitant les informations impulsionnelles sont très perturbés ;
- Il y a déclenchement d'alarme ;
- Il peut y avoir décrochage d'indicateurs ;
- Il peut y avoir apparition de signaux ;
- Il peut y avoir détérioration ou destruction de circuit électronique de mesure.

➤ L'apparition de faible fraction de courant de foudre à travers les circuits électriques de l'avion peut provoquer l'endommagement ou la destruction des torons entiers avec comme conséquence :

- Perte d'équipement ;
- Perturbation des appareils de navigation ;
- Déclenchement des protections électriques des générateurs de bord ;
- Fonctionnement inopiné de certains organes à commande électrique.

Ainsi une panne de courant électrique partielle ou totale est possible à la suite d'un foudroiement.

Tout ceci met en évidence que l'observation et la prévision des nuages (cumulonimbus, cumulus congestus,...) est très utile. Les renseignements sur les nuages observés sont disponibles sur les messages d'observations régulières (METAR, METREPORT) ou spéciales (SPECI, SPECIAL). Les nuages prévus sont disponible dans les prévisions d'aérodromes, dans les cartes de temps significatif (TEMSI), et éventuellement dans les prévisions d'atterrissage.

Dangers de la grêle

Les principaux dégâts de la grêle sur les aéronefs ont lieu dans des orages ou à proximité. On a constaté que la taille des impacts est proportionnelle à la fois à la vitesse de l'aéronef et à la masse des grêlons. L'expérience a montré qu'au-dessus de 6km d'altitude, la grêle cause toujours des dégâts dont la plupart sont dus à des grêlons de 1cm de rayon ou plus.

La grêle, si elle existe au moment de l'observation est signalée dans les messages d'observations aéronautiques régulières (METAR, MET REPORT) ou spéciales (SPECI, SPECIAL). On peut trouver la prévision de ce phénomène dans les prévisions d'aérodromes, dans les cartes de temps significatif et dans la prévision de type tendance.

Dangers des éclairs

- L'éclair peut temporairement éblouir les membres d'équipage et créer des interférences radio. Les parties non mises à la masse peuvent subir des dégâts. L'éclair peut aussi perturber les compas magnétiques.

- Des dangers d'explosion ou d'incendie existent. Les vapeurs de carburants pour réacteurs étant inflammables, si l'aéronef n'est pas mis à la masse une décharge électrique peut mettre le feu au carburant quand on fait le plein.

- L'éclair est à l'origine des parasites radios. L'existence et/ou l'intensification des parasites sont des signes annonciateurs de la présence et /ou l'imminence d'un orage.

3.2.2 Importance aéronautique du givrage [4]

Le givrage :

- Modifie le profil de l'aéronef, notamment le profil des ailes dont les qualités aérodynamiques sont amoindries ;
- Alourdit l'appareil ;
- Durcit ou bloque totalement ou partiellement les systèmes de commandes des gouvernes ;
- Affecte le rendement des hélices, lorsque celles-ci sont enrobées d'une gangue de glace plus ou moins régulière, il en résulte des vibrations des pales et le risque sous l'effet de la force centrifuge de projection de morceaux de glace en direction de la cabine ;

- Perturbe le régime des réacteurs par obstruction des entrées d'air par blocage ou détérioration des aubes du compresseur, dans certains cas il arrive même que le réacteur cesse de fonctionner ;
- Diminue la pression d'admission et la vitesse de rotation d'un moteur à piston, il peut en résulter parfois une panne de moteur ;
- Obture les prises d'air nécessaires au fonctionnement de certains instruments de bord ;
- Dérègle le fonctionnement des antennes radio ;
- En se déposant sur les vitres, rend le pare – brise plus ou opaque et réduit la visibilité du pilote vers l'extérieur de la cabine.

Ainsi, les zones potentiellement givrantes prévues, repérées par le niveau des isothermes 0°C et -10°C sont disponibles dans les cartes TEMSI.

3.2.3 Importance aéronautique de la turbulence [4]

Comme conséquence de la turbulence, on peut citer :

- La manque de confort ; inconfort auquel s'ajoute le risque de blessures par les objets projetés sous l'effet des secousses ;
- Lassitude du pilote qui est contraint en permanence d'assurer un pilotage manuel et en bute aux réactions brutales des commandes ;
- Imprécision des indications fournies par les instruments de bord ;
- Possibilité de perte de contrôle des commandes en cas de turbulence sévère ;
- Risque d'avarie de structure compromettant directement la sécurité du vol ;
- Amoindrissement de la résistance des éléments de la structure éprouvés par les efforts de surcharge et de vibration ;
- Augmentation notable des difficultés de manœuvre au décollage et à l'atterrissage ; phases de vol toujours délicats même en air non agité mais rendues beaucoup plus dangereuses pour des remous et des sauts de vent à proximité du sol ;
- Extinction des moteurs des aéronefs suite à une diminution drastique de leur alimentation en air.

Ainsi, les zones de turbulences sont signalées dans les cartes de temps significatif (TEMSI) et dans les messages SIGMET.

3.2.4 Importance aéronautique des nuages de cendres volcaniques [4]

Voici quelques effets des nuages de cendres volcaniques sur l'aéronautique

- Les cendres, aérosols solides, fines particules minérales extrêmement dures sont mécaniquement très agressives. La fusion et recristallisation de ces éléments

dans les parties à températures élevées d'un moteur en fonctionnement peuvent entraîner rapidement sa dégradation : les moteurs souffrent, parfois s'étouffent ; l'état de ses injecteurs ne permettent pas un bon démarrage.

➤ Les gaz mélangés à de la vapeur d'eau se condensent en gouttelettes ou en cristaux acides particulièrement corrosifs : les effets abrasifs d'un nuage diffus et persistant sur les hublots obligent certaines compagnies à systématiquement les retraiter ou les changer.

➤ Les cendres qui se déposent au sol ont un effet défavorable sur le coefficient d'adhérence à la piste.

➤ Elles souillent les installations électriques et mécaniques ainsi que le matériel informatique de servitude au sol et des ateliers de maintenance.

➤ Elles rendent impossible la circulation des avions au sol et abaissent considérablement la visibilité locale.

➤ Elles ont un effet abrasif sur les moteurs d'avion en stationnement.

➤ Elles obstruent les circuits anémométriques.

La veille des nuages de cendre volcanique est assurée par les VAAC. Ainsi, quand il existe un nuage de cendre volcanique, le VAAC responsable envoie un message d'avis de cendre volcanique aux CVM de rattachement et à ce dernier d'envoyer un SIGMET pour avertir les usagers de l'aéronautique.

3.2.5 Importance aéronautique du cisaillement du vent [4]

➤ Un cisaillement du vent arrière correspondant à une augmentation du vent arrière ou à une diminution du vent debout modifie la trajectoire vers le bas. Près du sol, durant les phases de décollage et d'atterrissage, c'est une situation très risquée ;

➤ Un cisaillement du vent de face ou ascendant modifie la trajectoire vers le haut. Près du sol, durant la phase d'atterrissage, ce n'est pas toujours une situation facile à négocier ;

➤ Un cisaillement du vent descendant correspond à une augmentation du courant descendant ou à une diminution du courant ascendant modifie la trajectoire vers le bas ;

➤ Un cisaillement du vent ascendant agit en sens opposé ;

➤ Un cisaillement du vent latéral affecte les angles de dérive et de dérapage.

C'est pourquoi, dès qu'on constate un cisaillement de vent, un message d'avertissement d'aérodrome (WS WRNG) est émis.