



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO

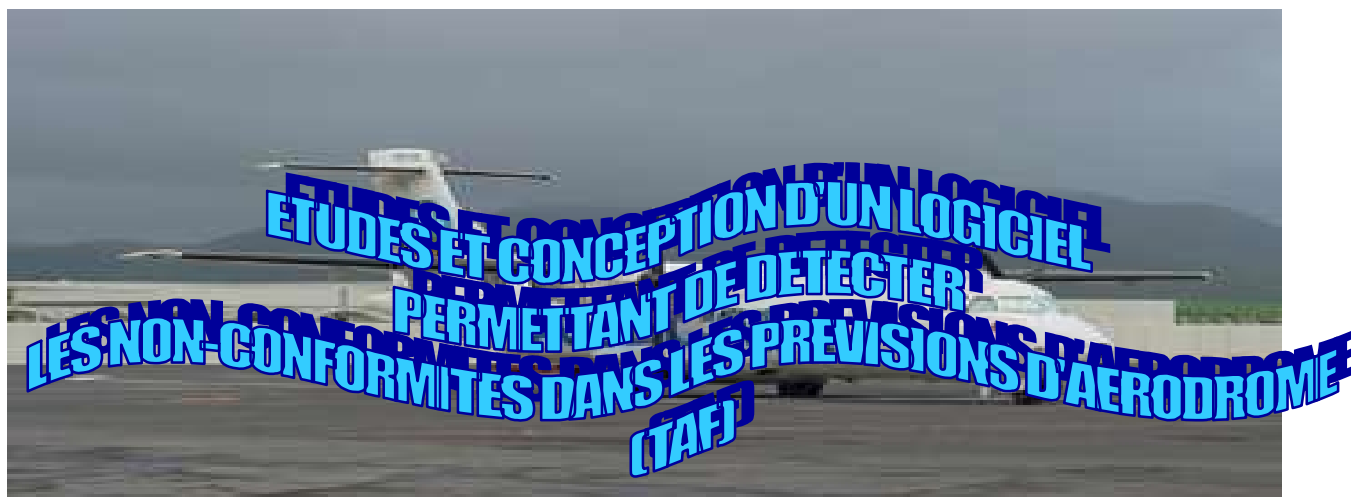
DEPARTEMENT METEOROLOGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

Grade: Master

Titre: Ingénieur

Spécialité: Météorologie



Présenté par : RAJAONARISOA Harimino Andriamalala

Soutenu le : 18 Juin 2015

PROMOTION 2014



ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO

DEPARTEMENT METEOROLOGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

Grade : Master

Titre : Ingénieur

Spécialité : Météorologie



Présenté par : **RAJAONARISOA Harimino Andriamalala**

Rapporteur : Monsieur **RAKOTOARIMANANA Nirison**, Chef de Département ANS
à l'Aviation Civile de Madagascar (ACM)

Président : Mr **RAKOTOVAZAHA Olivier**

Examineurs: Mr **RANDRIANASOLO Léon**
Mr **RAZAKARIVONY Andrianiana Andriamanantena**
Mr **RAZAFIELSON Durand Thènes**

Promotion 2014

REMERCIEMENTS

Mes vifs et sincères remerciements à l'égard de :

- Monsieur **ANDRIANARY Philippe**, Professeur titulaire et Directeur de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui m'a permis d'effectuer mes études au sein de l'établissement.

- Monsieur **RAKOTOVAZAHA Olivier**, Maître de conférences à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Chef de Département de la filière Météorologie, qui m'a autorisé à suivre la formation au sein du département et d'avoir accepté de présider cette soutenance.

- Monsieur **RAKOTOARIMANANA Nirison**, Inspecteur de la Navigation Aérienne et Chef de Département ANS au sein de l'Aviation Civile de Madagascar, Enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo pour ses disponibilités et son meilleur encadrement.

- Tous les membres du jury :

- Monsieur **RANDRIANASOLO Léon** ;
- Monsieur **RAZAKARIVONY Andrianiana Andriamanantena**;
- Monsieur **RAZAFIELSON Durand Thènes**.

- Tous les Corps Enseignants de l'ESPA.

- Tous les collègues de l'ASECNA.

Je présente ma sincère gratitude à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce projet. A toutes et à tous, une fois de plus, merci !

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES SYMBOLES ET ACRONYMES.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
INTRODUCTION.....	1
Première partie : GENERALITES.....	2
<i>Chapitre 1 : Les aérodromes de Madagascar</i>	<i>3</i>
<i>Chapitre2 : Assistance Météorologique à la Navigation Aérienne</i>	<i>13</i>
<i>Chapitre3 : Importance des paramètres météorologiques et influence des phénomènes météorologiques dangereux pour l'aéronautique</i>	<i>23</i>
<i>Chapitre 4 : Les prévisions d'aérodromes.....</i>	<i>32</i>
<i>Chapitre 5 : Concept de la qualité.....</i>	<i>43</i>
<i>Conclusion sur la première partie.....</i>	<i>47</i>
Deuxième partie : METHODOLOGIE ET TRAITEMENT DES DONNEES	48
<i>Chapitre 6 : Méthodologie.....</i>	<i>49</i>
<i>Chapitre 7 : Traitement des données</i>	<i>53</i>
<i>Chapitre 8 Résultats et interprétations.....</i>	<i>86</i>
<i>Conclusion sur la deuxième partie</i>	<i>108</i>
Troisième partie : CONCEPTION ET TEST DU LOGICIEL PERMETTANT DE DETECTER LES NON-CONFORMITES DANS UNE PREVISION D'AERODROME.....	109
<i>Chapitre 9 : Généralités sur le logiciel</i>	<i>110</i>
<i>Chapitre 10 : Détection des non-conformités sur la forme du message.....</i>	<i>112</i>
<i>Chapitre 11 : Détection des non-conformités sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution d'élément météorologique.....</i>	<i>120</i>
<i>Chapitre 12 : Détection des non-conformités sur l'utilisation des groupes de probabilités et d'évolution....</i>	<i>123</i>
<i>Conclusion sur la troisième partie.....</i>	<i>125</i>
<i>Conclusion</i>	<i>126</i>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	I
<i>A- Bibliographie.....</i>	<i>I</i>
<i>B- Webographie</i>	<i>II</i>
ANNEXES.....	III
TABLE DES MATIERES.....	IV

LISTE DES SYMBOLES ET ACRONYMES

A

ACAP: Action Corrective et/ou Action Préventive
ACARS: Aircraft Communication Addressing and Report System
AD WRNG: Avertissement d'aérodrome
AFIS: Aerodrome Flight Information Service ou Service d'Information de vol d'aérodrome
AIP: Aeronautical Information Publication
AIREP: Message d'observation d'aéronef
AOP: Aerodrome Operation Planning
APP: Centre de Contrôle d'Approche
ARP: Aerodrome Reference Point
ASECNA: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
ATS: Air Traffic Services
AWY: Airways

B

BECMG: Becoming ou Indicateur d'évolution régulière ou irrégulière des conditions météo
BDD: Base De Données
BKN: Broken ou Fragmenté
BUFR: Binary Universal Form for Representation of meteorological data

C

CAVOK: Ceiling and Visibility OK
CB: Cumulonimbus
CCR: Centre de Contrôle en route
CMA: Centre Météorologique d'Aérodrome
CMPZ: Centre Mondiale de Prévision de Zone
CVM: Centre de Veille Météorologique
CIV : Centre d'Information de vol

D

DH : Decision Height ou Hauteur de décision

F

FEW: Few cloud ou Peu nuageux
FIR: Flight Information Region ou Région d'Information de Vol
FL: Flight Level ou Niveau de vol
FM :From
FIC : Flight Information Center

G

GRIB: GRIdded Binary

H

HF: High Frequency

I

ICAO: International Civil Aviation Organisation (OACI: Organisation de l'Aviation Civile Internationale)

ISO: International Standard Organization

J

JDBC: Java Data Base Connector

K

KMH: Kilomètre par heure

KT: Knots (Nœuds)

L

Lat: Latitude

Long: Longitude

M

MDH (Minimal Height Decision ou Hauteur Minimale de Descente)

MET REPORT: Messages d'observation aéronautique régulière Locale

METAR: Message d'observation aéronautique régulière pour diffusion extérieure

MFO: Marge de Franchissement d'Obstacle

MPS: Mètre par seconde

N

NOTEM: Notice d'Exploitation de la Météorologie

NSC: No Significant Cloud

NSW (No Significant Weather)

NM : Nautical Miles

O

OMM: Organisation Mondiale de la Météorologie

OVC: Overcast ou ciel couvert

P

PNT (Prévision Numérique du Temps)

PREDEC: PREvision pour le DECollage

PVP: Portée Visuelle de Piste

Q

QFE: Pression réduite au niveau de l'aérodrome

QNH: Pression réduite au niveau de la mer

R

RAM: Règlements Aéronautiques de Madagascar

RSFTA: Réseau de Service Fixe de Télécommunication Aéronautique

S

SCT: Scattered ou nuages épars

SKC: Sky Clear

SMA: Station Météorologique Aéronautique

SMPZ: Système Mondiale de Prévision de Zone

SPECI: Message d'observation aéronautique spéciale pour diffusion extérieure

SPECIAL: Message d'observation aéronautique spéciale locale

T

TAF: Terminal Airfield Forecasts

TCAC: Tropical Cyclone Advisory Centre

TCU: Towering Cumulus ou Cumulus congestus

TEMPO: Indicateur des fluctuations temporaires d'un ou plusieurs paramètres, durant moins d'une heure et couvrant moins de la moitié de la période de prévision

TEMSI: Carte de prévision de temps significatif

TWR: Organisme de contrôle d'aérodrome

U

UTA: Upper Terminal Area

UTC: Universal Time

V

VAAC: Volcanic Ash Advisory Center

VHF: Very High Frequency

VIBAL: Méthode de mesure de la portée visuelle de piste par observateur humain

VRB: Notation de direction de vent variable

W

WAFC: World Area Forecast Centre

WS WRNG: Avertissement de Cisaillement de Vent

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Altitude minimale de secteur	4
Figure I.2 : Les zones de responsabilités des VAAC [III]	16
Figure I.3 : Figure représentant les domaines de responsabilité des TCAC [1]	17
Figure I.4: Rapport température et longueur de piste	23
Figure I.5: Rapport température et masse	24
Figure II.1 : Modèle conceptuel général de travail	52
Figure II.2 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de la forme des TAF	54
Figure II.3 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion du vent de surface	56
Figure II.4 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion de la visibilité	58
Figure II.5 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des phénomènes météorologiques	61
Figure II.6 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des nuages	64
Figure II.7 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation de CAVOK	66
Figure II.8 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent	70
Figure II.9 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité	72
Figure II.10 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de phénomène	74
Figure II.11 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages	77
Figure II.12 : Ordinogramme d'évaluation du taux des TAF dont les éléments prévus sont cohérents	79
Figure II.13 : Ordinogramme d'évaluation du taux de conformité de l'utilisation des groupes de probabilité	81
Figure II.14 : Ordinogramme d'évaluation du taux de conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité	83
Figure II.15 : Schéma conceptuel de l'évaluation de la conformité des TAF	85
Figure II.16 : Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Ivato (FMML)	86
Figure II.17: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toamasina (FMMLT)	87
Figure II.18: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Mahajanga (FMNM)	87
Figure II.19: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Nosy Be(FMNN)	88
Figure II.20: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Taolagnaro (FMST)	88
Figure II.21: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Antsiranana (FMNA)	89
Figure II.22: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toliary (FMST)	89
Figure II.23: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Sainte Marie (FMMS)	90
Figure III.1 : Ordinogramme d'utilisation du logiciel	111
Figure III.2: Exemple de détection de non-conformité sur le groupe indicateur du type de prévision	112
Figure III.3: Exemple de détection de non-conformité sur le groupe indicateur d'emplacement	112
Figure III.4: Exemple de détection de non-conformité sur le groupe temps d'établissement de la prévision	113
Figure III.5 : Exemple de détection de non-conformité sur le groupe période de validité de la prévision	113
Figure III.6 : Exemple de détection de non-conformité sur le format du groupe vent	114
Figure III.7 : Exemple de détection de non-conformité sur le format du groupe visibilité	114
Figure III.8 : Exemple de détection de non-conformité sur le format du groupe des nuages	115
Figure III.9 : Exemple de détection d'omission du groupe indicateur du type de prévision	115

Figure III.10 : Exemple de détection d'omission du groupe indicateur d'emplacement	116
Figure III.11: Exemple de détection d'omission du groupe temps d'établissement de la prévision	116
Figure III.12: Exemple de détection d'omission du groupe période de validité de la prévision	117
Figure III.13: Exemple de détection d'omission du groupe vent	117
Figure III.14: Exemple de détection d'omission du groupe visibilité	118
Figure III.15: Exemple de détection d'omission des groupes de nuages	118
Figure III.16: Exemple de détection d'erreur sur l'ordre des groupes obligatoires	119
Figure III.17: Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent	120
Figure III.18: Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de visibilité	120
Figure III.19 : Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution	121
de phénomène	121
Figure III.20 : Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution	121
des nuages	121
Figure III.21: Exemple de détection de non- cohérence entre phénomène prévu et nuages prévus	122
Figure III.22: Exemple de détection de non- cohérence entre phénomène prévu et visibilité prévue	122
Figure III.23: Exemple de détection de non- conformité sur l'utilisation de la période de validité de BECMG	123
Figure III.24: Exemple de détection de non- conformité sur l'utilisation de la période de validité de TEMPO	123
Figure III.25: Exemple de détection de non- conformité sur le nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité	124
Figure A1 : Aperçu de la classe AnalyseStatistTaf, extrait du code source	A
Figure A2 : Aperçu de la classe Base, extrait du code source	A
Figure A3 : Aperçu de la classe Code, extrait du code source	B
Figure A4 : Aperçu de la classe CompleterEvolution, extrait du code source	B
Figure A5 : Aperçu de la classe Controller, extrait du code source	C
Figure A6 : Aperçu de la classe ControllerCoherence, extrait du code source	C
Figure A7 : Aperçu de la classe ControllerElement, extrait du code source	D
Figure A8 : Aperçu de la classe ControllerErreur, extrait du code source	D
Figure A9 : Aperçu de la classe ControllerErreurDtl, extrait du code source	E
Figure A10 : Aperçu de la classe ControllerGroupeIndicateurEvo, extrait du code source	E
Figure A11 : Aperçu de la classe ControllerMessage, extrait du code source	F
Figure A12 : Aperçu de la classe ControllerPartSec, extrait du code source	F
Figure A13 : Aperçu de la classe ControllerSeuil, extrait du code source	G
Figure A14 : Aperçu de la classe DaoTafInsert, extrait du code source	G
Figure A15 : Aperçu de la classe DaoTafresult, extrait du code source	H
Figure A16 : Aperçu de la classe DataPicker, extrait du code source	H
Figure A17 : Aperçu de la classe Draw, extrait du code source	I
Figure A18 : Aperçu de la classe Erreur, extrait du code source	I

Figure A19 : Aperçu de la classe Evaluation, extrait du code source	J
Figure A20 : Aperçu de la classe Evolution, extrait du code source	J
Figure A21 : Aperçu de la classe FenetreTest, extrait du code source	K
Figure A22 : Aperçu de la classe FormatterChaine, extrait du code source	K
Figure A23 : Aperçu de la classe FormeTaf, extrait du code source	L
Figure A24 : Aperçu de la classe GroupeProbabite, extrait du code source	L
Figure A25 : Aperçu de la classe GrpIndicateur, extrait du code source.....	M
Figure A26 : Aperçu de la classe Import, extrait du code source	M
Figure A27 : Aperçu de la classe InclusionElmtMeteorologique, extrait du code source	N
Figure A28 : Aperçu de la classe Menu, extrait du code source	N
Figure A29 : Aperçu de la classe MenuCreation, extrait du code source	O
Figure A30 : Aperçu de la classe TAF, extrait du code source	O
Figure A31 : Aperçu de la classe TafResult, extrait du code source	P

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: Données géographiques de l'aérodrome d'Ivato (FMMI)	5
Tableau I.2 : Renseignements météorologiques fournis à Ivato (FMMI)	5
Tableau I.3: Données géographiques de l'aérodrome de Toamasina (FMMT)	6
Tableau I.4 : Renseignements météorologiques fournis à Toamasina (FMMT)	6
Tableau I.5: Données géographiques de l'aérodrome de Mahajanga (FMNM)	7
Tableau I.6: Renseignements météorologiques fournis à Mahajanga (FMNM)	7
Tableau I.7: Données géographiques de l'aérodrome de Nosy Be (FMNN)	8
Tableau I.8: Renseignements météorologiques fournis à Nosy Be (FMNN)	8
Tableau I.9: Données géographiques de l'aérodrome de Taolagnaro (FMST)	9
Tableau I.10: Renseignements météorologiques fournis à Taolagnaro (FMST)	9
Tableau I.11: Données géographiques de l'aérodrome d'Antsiranana (FMNA)	10
Tableau I.12: Renseignements météorologiques fournis à Antsiranana (FMNA)	10
Tableau I.13: Données géographiques de l'aérodrome de Toliary (FMST)	11
Tableau I.14: Renseignements météorologiques fournis à Toliary (FMST)	11
Tableau I.15: Données géographiques de l'aérodrome de Sainte Marie(FMMS)	12
Tableau I.16: Renseignements météorologiques fournis à Sainte Marie (FMMS)	12
Tableau I.17 : Quelques exemples de normes ISO [IV]	43
Tableau II.1 : Récapitulatif de l'historique des amendements avec les modifications importantes concernant les prévisions d'aérodrome [6], [7], [8], [11]	50
Tableau II.2 : Récapitulatif de l'altitude minimale de secteur des huit aérodromes [III]	63
Tableau II.3 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes d'Ivato (FMMI)	91
Tableau II.4 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Toamasina (FMMT)	93
Tableau II.5 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Mahajanga (FMNM)	95
Tableau II.6 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Nosy-Be (FMNN)	97
Tableau II.7 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Taolagnaro (FMST)	99
Tableau II.8 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes d'Antsiranana (FMNA)	101
Tableau II.9 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Toliary (FMST)	103
Tableau II.10: Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Sainte Marie (FMMS)	105

INTRODUCTION

En matière d'assistance météorologique à la navigation aérienne, la qualité de service est indispensable. Les usagers de l'aéronautique s'intéressent souvent aux prévisions d'aérodrome (TAF). D'ailleurs, la finalité du travail du prévisionniste aéronautique est essentiellement la rédaction des TAF. C'est une prévision de courte échéance (de durée inférieure à trente heures), sous forme de message, valable sur un aérodrome donné, concernant le vent, la visibilité, le phénomène météorologique, les nuages ainsi que leurs évolutions prévues lors de la période de validité de la prévision. Les usagers de l'aéronautique ont tellement besoin des prévisions d'aérodromes de qualité pour contribuer à assurer la sécurité, la régularité et l'efficacité de la navigation aérienne. En outre, à chaque réclamation des pilotes ou des compagnies aériennes, suite à une incidence ou imaginons le pire des cas, le jour où il y aura un crash, les TAF seront analysés. Dans ce cas, l'existence de la moindre non-conformité dans les prévisions d'aérodrome est une infraction pour le prévisionniste aéronautique.

Dans le but de faciliter la tâche du prévisionniste aéronautique en l'aidant à rédiger une TAF conforme et pour contribuer à l'amélioration de la qualité de service, nous nous sommes amené à faire une « **ETUDE ET CONCEPTION D'UN LOGICIEL PERMETTANT DE DETECTER LES NON-CONFORMITES DANS LES PREVISIONS D'AERODROME (TAF)** ».

Nous allons subdiviser ce travail en trois parties :

- ❖ La première partie concerne les généralités ;
- ❖ La seconde partie concerne la méthodologie et le traitement des données ;
- ❖ La troisième et la dernière partie concerne la conception et le test du logiciel.

Première partie : GENERALITES

Chapitre 1 : Les aérodromes de Madagascar

Le but de ce chapitre est de nous donner des informations sur quelques aérodromes de Madagascar (Ivato, Toamasina, Mahajanga, Antsiranana, Taolagnaro, Toliary, Nosy Be, Sainte Marie). Notre étude portera sur les prévisions d'aérodromes de ces huit aérodromes.

1.1 Définitions

Aérodrome [1]

Surface définie sur terre ou sur l'eau (comprenant, éventuellement, bâtiments, installations et matériel), destinée à être utilisée en totalité ou en partie, pour l'arrivée, le départ et les évolutions des aéronefs à la surface.

Aérodrome AFIS [1]

Aérodrome non contrôlé où le service d'information de vol et le service d'alerte sont assurés au bénéfice de la circulation d'aérodrome.

Aérodrome contrôlé [1]

Aérodrome où le service du contrôle de la circulation aérienne est assuré au bénéfice de la circulation d'aérodrome.

Aérodromes AOP (Aerodrome Operation Planning) [2]

Ce sont des aérodromes dans un territoire donné, choisi par l'OACI et sur lesquels un niveau de qualité de service est exigé. Pour Madagascar, les aérodromes AOP sont : Antsiranana, Mahajanga, Nosy Be, Toamasina, Ivato, Taolagnaro, Sainte Marie.

Point ARP (Aerodrome Reference Point) [1]

Chaque aérodrome possède un point de référence, ARP, qui sert de point de mesure des coordonnées de l'aérodrome (latitude, longitude).

Altitude d'un aerodrome [1]

L'altitude d'un aérodrome est l'altitude du point le plus haut de l'aire d'atterrissage. L'altitude officielle de l'aérodrome est indiquée sur les cartes d'approche et d'atterrissage et sur le document AIP (Air Information publication) dans la partie aérodrome.

Soulignons bien ici que l'altitude d'un aérodrome n'est pas l'altitude du point ARP.

✚ Altitude minimale de secteur [I]

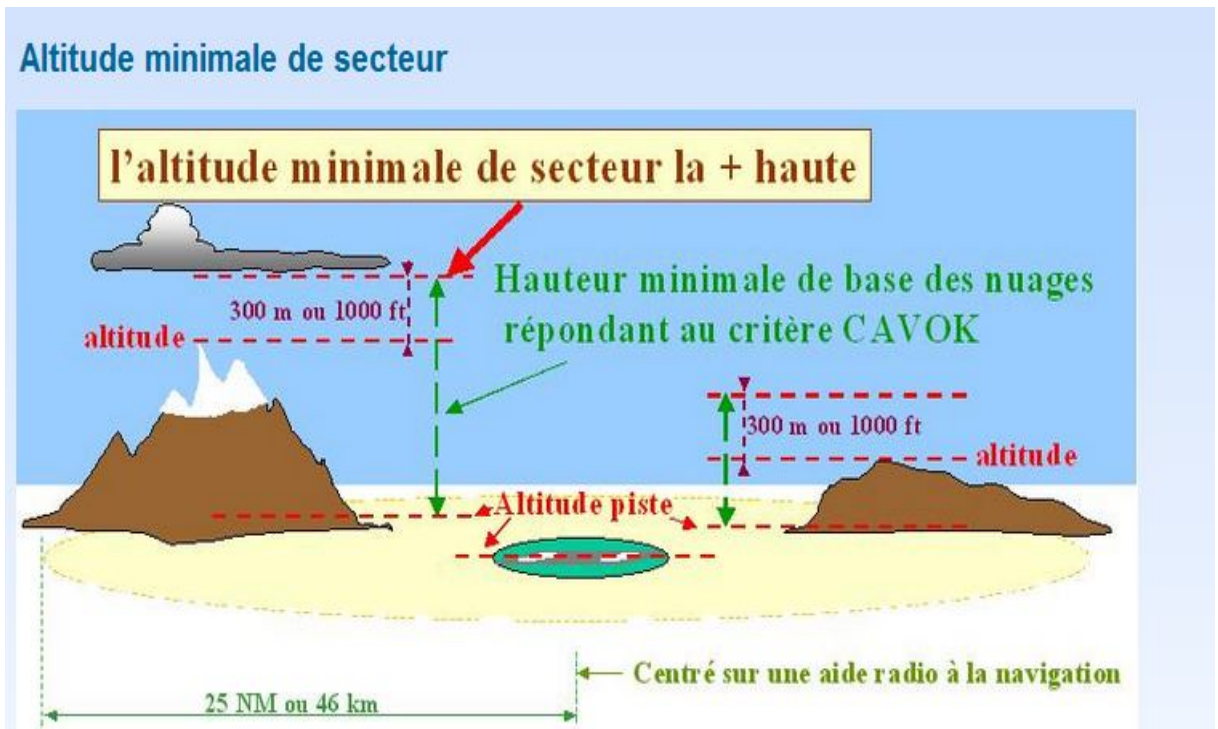


Figure I.1 : Altitude minimale de secteur

Par définition, l'altitude minimale de secteur est l'altitude de l'obstacle la plus élevée dans un rayon de 25NM (centré sur une aide radio à la navigation) plus la marge de franchissement des obstacles (MFO). La marge de franchissement des obstacles est égale à 300m ou 1000ft.

1.2 Caractéristiques de quelques aérodromes de Madagascar

1.2.1 Aéroport d'Ivato

✚ Données géographiques [3], [II]

Tableau I.1: Données géographiques de l'aéroport d'Ivato (FMMI)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Latitude 18°47'47 "S Longitude 047°28'34" E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation aérienne
Direction et distance par rapport à la ville	7,6 NM au NNW d'Antananarivo
Altitude officielle	1279 m (4198 ft)
Déclinaison magnétique	15°W (2010)
Pistes existantes	11-29

✚ Renseignements météorologiques fournis [3], [II]

Tableau I.2 : Renseignements météorologiques fournis à Ivato (FMMI)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Centre Météorologique Principal (CMP) d'Ivato
Heures de service	24h/24 et 7j/7
Centre responsable de la préparation des TAF	CMP d'Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	30 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TENDANCE, toutes les 30 minutes
Exposés verbaux et consultations assurés	Situation générale et évolution
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Cartes d'analyse en surface, en altitude, en altitude prévue, carte du temps significatif (TEMSE) et imagerie par satellite
Equipements utilisés	SIOMA, SADIS, DIGICORA, RSFTA, MSG, Téléphone, etc
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR, CCR, CIV, BDP, BIA,
Renseignements supplémentaires	A l'exception des aéroports de Mahajanga et de Toamasina, la protection de la navigation aérienne est procurée pour les autres aéroports de Madagascar par le CMP d'Ivato auprès duquel les demandes de protection au départ doivent être formulées avec un préavis minimum de 4 heures. Les usagers sur place peuvent se procurer les documentations de vol 1h30mn avant leur départ sous forme de message QFA.

1.2.2 Aéroport de Toamasina

✚ Données géographiques [3], [II]

Tableau I.3: Données géographiques de l'aéroport de Toamasina (FMMT)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Latitude 18°06'57 "S Longitude 049°23'36 E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation sud
Direction et distance par rapport à la ville	2,7 NM au NNW de Toamasina
Altitude officielle	7 m (22 ft)
Déclinaison magnétique	15°W (2010)
Pistes existantes	01 - 19

✚ Renseignements météorologiques fournis [3], [II]

Tableau I.4 : Renseignements météorologiques fournis à Toamasina (FMMT)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Centre Météorologique Secondaire (CMS) de Toamasina
Heures de service	24h/24 et 7j/7 pour les observations météorologiques aéronautiques et 0300 – 1900UTC (7j/7) pour les protections des vols
Centre responsable de la préparation des TAF	CMS Toamasina tous les jours ouvrables. En dehors des jours ouvrables, CMP d' Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TENDANCE, actualisée au moins tous les heures
Exposés verbaux et consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Cartes d'analyse en surface, en altitude, en altitude prévue, carte du temps significatif (TEMSI) et imagerie par satellite
Equipements utilisés	Equipements parc météo, BLU, RSFTA, téléphone
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR, FIC d'Antananarivo via CVM Ivato
Renseignements supplémentaires	En dehors des heures de service, la protection aéronautique est procurée sur demande par le CMP d'Antananarivo auprès duquel les demandes de protection au départ doivent être formulées avec un préavis minimum de quatre heures. Toutefois, la protection sera délivrée sur place par le CMS de Toamasina. Les usagers peuvent se procurer les documentations de vol 30 minutes avant leur départ.

1.2.3 Aéroport de Mahajanga

+ Données géographiques [3], [II]

Tableau I.5: Données géographiques de l'aéroport de Mahajanga (FMNM)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Latitude 15°40'00"S Longitude 046°21'04" E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation sud
Direction et distance par rapport à la ville	3,8 NM au NE de Mahajanga
Altitude officielle	27 m (87 ft)
Déclinaison magnétique	11°W (2010)
Pistes existantes	14 - 32

+ Renseignements météorologiques fournis [3], [II]

Tableau I.6: Renseignements météorologiques fournis à Mahajanga (FMNM)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Centre Météorologique Secondaire (CMS) de Mahajanga
Heures de service	24h/24 et 7j/7 pour les observations météorologiques aéronautiques et 0300 – 1900UTC (7j/7) pour les protections des vols
Centre responsable de la préparation des TAF et période de validité des prévisions	CMS Mahajanga tous les jours ouvrables. En dehors des jours ouvrables, CMP d' Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TAF, actualisée toutes les 6 heures
Exposés verbaux/consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Cartes d'analyse en surface, en altitude, en altitude prévue, carte du temps significatif (TEMSI) et imagerie par satellite
Equipements utilisés	Equipements parc météo, BLU, RSFTA, téléphone
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR, FIC d'Antananarivo via CVM Ivato.

1.2.4 Aéroport de Nosy Be

✚ Données géographiques [3], [II]

Tableau I.7: Données géographiques de l'aéroport de Nosy Be (FMNN)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Lat. 13°19'05" S - Long.048°18'33" E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation principale
Direction et distance par rapport à la ville	5,4 NM NE de Nosy Be
Altitude officielle	11 M (37 FT)
Déclinaison magnétique	9°W (2010)
Pistes existantes	05 - 23

✚ Renseignements météorologiques fournis [3], [III]

Tableau I.8: Renseignements météorologiques fournis à Nosy Be (FMNN)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Station Météorologique Nosy Be
Heures de service	0300-1500UTC, 7j/7 pour les observations météorologiques aéronautiques
Centre responsable de la préparation des TAF	CVM Antananarivo/Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TAF, actualisée toutes les 6 heures
Exposés verbaux et consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Néant
Equipements utilisés	Equipements du parc météo
Equipement complémentaire de renseignements	BLU - RSFTA (AFTN)
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR
Renseignements supplémentaires	La protection de la navigation aérienne est procurée par le CVM d'Antananarivo/Ivato auprès duquel les demandes de protection départ doivent être formulées avec un préavis de 4 Heures. Toutefois, la protection est délivrée sur place. (Observations pour le décollage : vent, pression et température, pour l'atterrissage : vent, nuages, pression, température)

1.2.5 Aéroport de Taolagnaro

Données géographiques [3], [III]

Tableau I.9: Données géographiques de l'aéroport de Taolagnaro (FMSD)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Lat. 25°02'17" S - Long.046°57'22" E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation
Direction et distance par rapport à la ville	1,6 NM de la ville de Taolagnaro
Altitude officielle	8 m (26 ft)
Déclinaison magnétique	23°W (2010)
Pistes existantes	08 - 26

Renseignements météorologiques fournis [3], [III]

Tableau I.10: Renseignements météorologiques fournis à Taolagnaro (FMSD)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Station Météorologique de Taolagnaro
Heures de service	24h/24 et 7j/7
Centre responsable de la préparation des TAF	Service météorologique de l'ASECNA Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TAF, actualisée toutes les 6 heures
Exposés verbaux et consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Néant
Equipements utilisés	Equipements parc météo
Equipement complémentaire de renseignements	BLU - RSFTA (AFTN)
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	BIA
Renseignements supplémentaires	La protection de la navigation aérienne est procurée sur demande par le CVM d'Antananarivo/Ivato auprès duquel les demandes de protection au départ doivent être formulées avec un préavis de 4 heures.

1.2.6 Aéroport d'Antsiranana

✚ Données géographiques [3], [II]

Tableau I.11: Données géographiques de l'aéroport d'Antsiranana (FMNA)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Lat. 12°21'04,0" S - Long. 049°17'39,5" E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation
Direction et distance par rapport à la ville	4.3NM au sud de la ville d'Antsiranana
Déclinaison magnétique	9°W (2010)
Altitude officielle	114 m (374 ft)
Pistes existantes	13 - 31

✚ Renseignements météorologiques fournis [3], [II]

Tableau I.12: Renseignements météorologiques fournis à Antsiranana (FMNA)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Station météorologique d'Antsiranana
Heures de service	0300-1500UTC, 7j/7
Centre responsable de la préparation des TAF	Service météorologique de l'ASECNA Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TAF, actualisée toutes les 6 heures
Exposés verbaux/consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Néant
Equipements utilisés	Equipements du parc météo
Equipement complémentaire de renseignements	BLU - RSFTA (AFTN)
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR
Renseignements supplémentaires	Néant

1.2.7 Aéroport de Toliary

Données géographiques [3], [II]

Tableau I.13: Données géographiques de l'aéroport de Toliary (FMST)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Lat. 23°23'22" S - Long. 043°43'31" E sur l'intersection de l'axe de la piste et celle de la voie de circulation
Direction et distance par rapport à la ville	4.6 NM au sud de la ville de Toliary
Déclinaison magnétique	20°W (2010)
Altitude officielle	9 m (29 ft)
Pistes existantes	04 - 22

Renseignements météorologiques fournis [3], [II]

Tableau I.14: Renseignements météorologiques fournis à Toliary (FMST)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Station météorologique de Toliary
Heures de service	0300-1500UTC, 7j/7
Centre responsable de la préparation des TAF et période de validité des prévisions	Service météorologique de l'ASECNA Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TAF, actualisée toutes les 6 heures
Exposés verbaux/consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Néant
Equipements utilisés	Equipements du parc météo
Equipement complémentaire de renseignements	BLU - RSFTA (AFTN)
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR
Renseignements supplémentaires	Néant

1.2.8 Aéroport de Sainte Marie

Données géographiques [3], [II]

Tableau I.15: Données géographiques de l'aéroport de Sainte Marie(FMMS)

Données géographiques	détails
Coordonnées du point de référence(ARP) et situation	Lat 17°05'25"S- Long 049°48'56"E sur l'intersection de l'axe de la piste et celui de la voie de circulation
Direction et distance par rapport à la ville	6NM au SSW de la ville d'Ambodifototra
Déclinaison magnétique	14°W (2010)
Altitude officielle	2m
Pistes existantes	16-34

Renseignements météorologiques fournis [3], [III]

Tableau I.16: Renseignements météorologiques fournis à Sainte Marie (FMMS)

Renseignements météorologiques fournis	détails
Centre Météorologique associé	Station météorologique de Sainte Marie
Heures de service	0300-1500UTC, 7j/7
Centre responsable de la préparation des TAF	Service météorologique de l'ASECNA Ivato
Période de validité des prévisions d'aéroport	24 heures
Type de prévision d'atterrissage disponible et intervalle de publication	TAF, actualisée toutes les 6 heures
Exposés verbaux/consultations assurés	Pression, Température
Cartes et autres renseignements disponibles pour les exposés verbaux ou la consultation	Néant
Equipements utilisés	Equipements du parc météo
Equipement complémentaire de renseignements	BLU - RSFTA (AFTN)
Organes ATS auxquels sont fournis les renseignements	TWR
Renseignements supplémentaires	Néant

Chapitre2 : 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** (**GR**idded **B**inary) ;
- 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** (**B**inairry **U**niversal **F**orm for **R**epresentation 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.

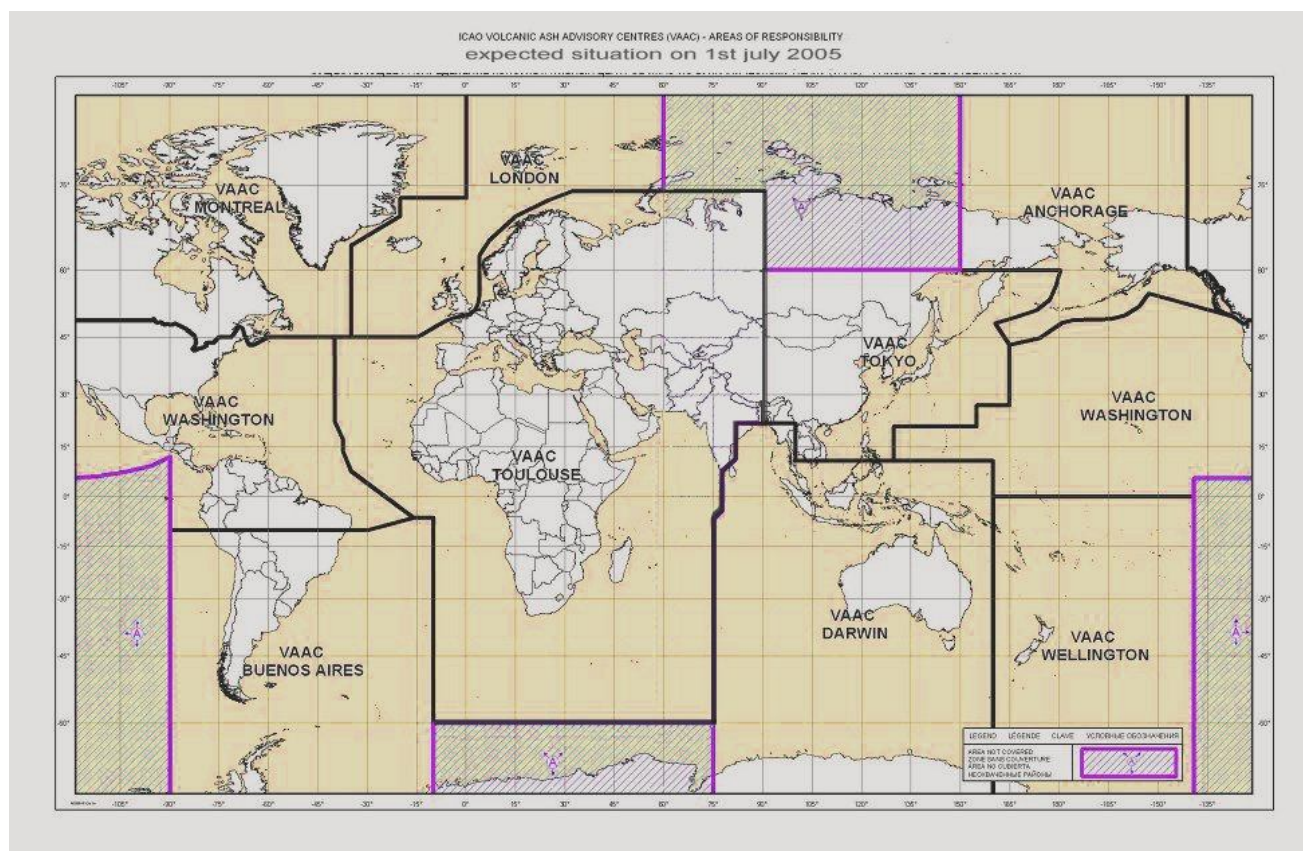


Figure I.2 : Les zones de responsabilités des VAAC [111]

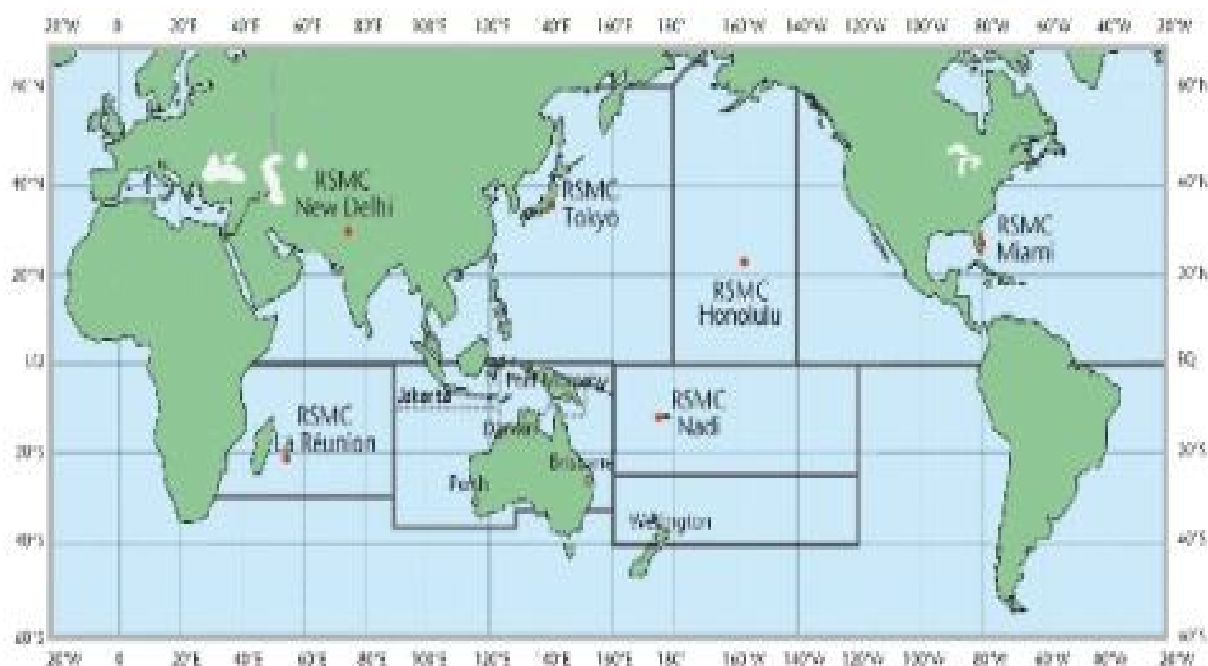


Figure I.3 : Figure représentant les domaines de responsabilité des TCAC [1]

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 Aéronautiques (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 :

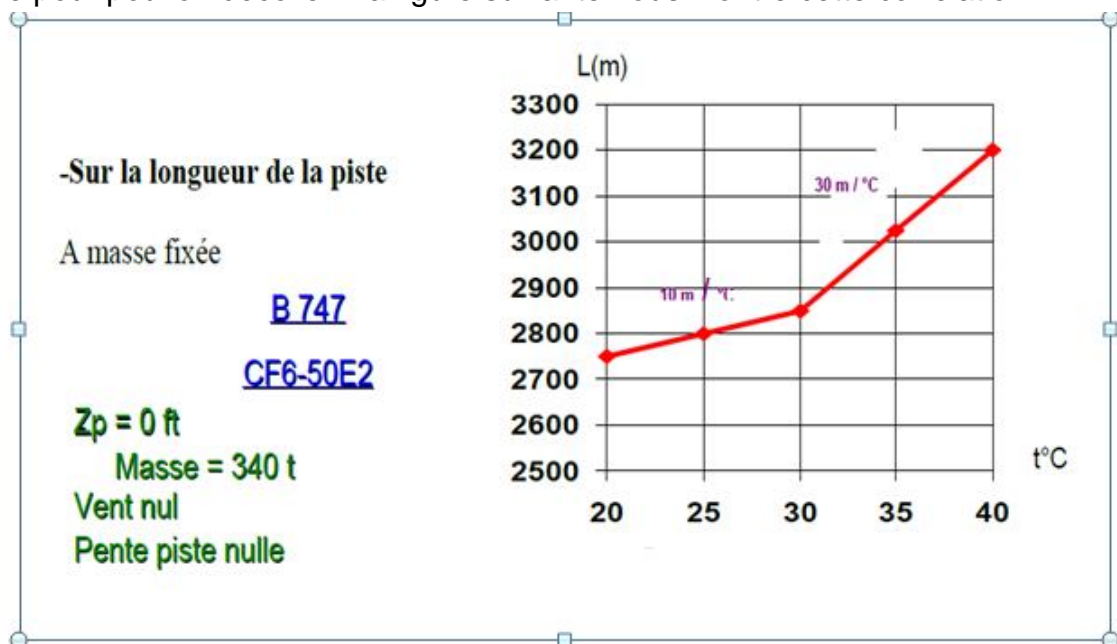


Figure I.4: Rapport température et longueur de piste

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 :

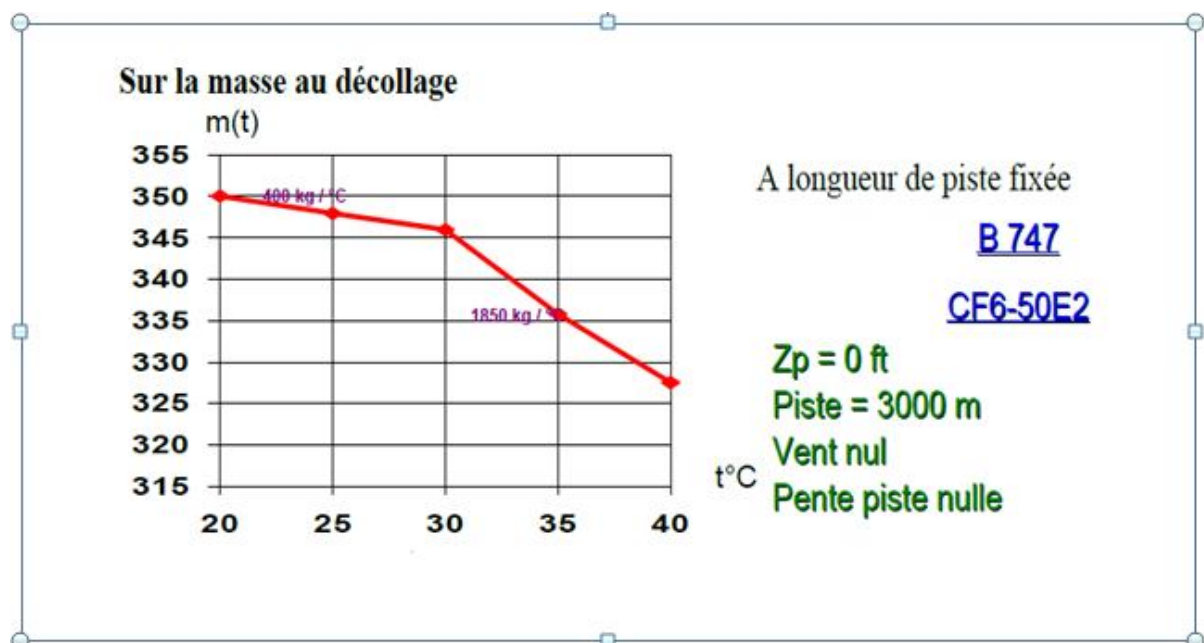


Figure I.5: Rapport température et masse

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 aéroport 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 disponibles dans les prévisions d'aérodromes, dans les cartes de temps significatif (TEMSE), 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 avions suite à une diminution drastique de leur alimentation en air.

Ainsi, les zones de turbulences sont signalées dans les cartes de temps significatif (TMSI) 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.

Chapitre 4 : Les prévisions d'aérodromes

Le chapitre précédent nous sensibilise sur l'importance de l'assistance météorologique à la navigation aérienne.

En aéronautique, les prévisions sont soit sous forme de carte, soit sous forme de message. Il y a plusieurs types de prévision à savoir la prévision d'aérodrome, la prévision de décollage, prévision d'atterrissage, etc.

Parmi les différents types de prévision aéronautique, la prévision d'aérodrome est la plus importante car elle englobe la prévision de plusieurs paramètres et phénomènes météorologiques et sa durée de validité est la plus longue par rapport aux autres types de prévision aéronautique. C'est pourquoi, notre étude se focalisera sur les prévisions d'aérodromes (TAF).

Cependant, la prévision d'aérodrome reste une prévision à courte échéance car la durée maximale de validité n'est que 30 heures.

Pour un aérodrome donné, une TAF est émise au moins une seule fois dans la journée.

Le but du présent chapitre est de donner des éclaircissements sur les TAF.

4.1 Définition [I]

Une prévision d'aérodrome est un exposé concis des conditions météorologiques prévues à un aérodrome (dans un rayon de 5NM autour du point de référence) pour une période déterminée. Elle est exprimée sous forme de message codé appelée TAF et a pour but de répondre aux besoins des opérations aériennes avant et durant les vols.

4.2 Contenu des prévisions d'aérodrome [I]

La prévision d'aérodrome sera publiée à des heures spécifiées sous forme de TAF et comprendront les renseignements ci-après dans l'ordre indiqué :

4.2.1 L'identification du type de prévision [I]

Il s'agit du mot **TAF** qui se trouve au début du message.

Si après la diffusion d'une TAF, le prévisionniste a constaté quelques erreurs de syntaxe dans la TAF envoyée, il envoie une correction. Le message correspondant commencera par **TAF COR**.

Si entre l'heure d'émission et la fin de la période de validité, le prévisionniste constate qu'il faut modifier la prévision (phénomène dangereux non prévu ou prévu à tort) un TAF amendé est alors émis. Le début d'un tel message est **TAF AMD**.

4.2.2 L'indicateur d'emplacement OACI de l'aérodrome [I]

Il s'agit du code OACI de l'aérodrome. A chaque site est affecté un unique code à 4 lettres de la forme **CCCC**. Les lettres ne sont pas attribuées de façon aléatoire.

Le premier C : indicatif de la zone aérienne mondiale (continent ou partie d'un continent). Par exemple, on attribue la lettre **L** à l'Europe du sud, à Israël et à la Palestine ; **K** pour les Etats-Unis ; **E** pour l'Europe du nord ; etc.

Le deuxième C : indicatif du pays. **LF** pour la France, **EB** pour la Belgique ou encore **ED** pour l'Allemagne.

Le troisième C : indicatif de la zone aérienne du pays concerné.

Le quatrième C : indicatif de la ville ou de la zone aéronautique.

Exemple : pour Ivato le code est **FMMI**

4.2.3 L'heure d'établissement de la prévision [I]

Ce groupe est de la forme **YYGGggZ** avec :

YY : jour du mois (de 01 à 31).

GG : heure (de 00 à 23 en **UTC**).

gg : minutes (de 00 à 59)

Z : présent dans absolument tous les TAF, signifie que l'on utilise les heures Zoulou, ce qui correspond aux heures **UTC**.

Exemple :

TAF FMMI 010500Z.....= : Il s'agit de la TAF de l'aérodrome d'Ivato établit le premier du mois à 05h00mn UTC.

4.2.4 L'identification d'une prévision manquante, le cas échéant [I]

Si jamais le TAF est non disponible, le mot **NIL** suivi d'un égal succède le groupe heure d'établissement de la prévision.

Exemple :

TAF FMMI 010500Z NIL= : Le TAF d'Ivato le premier du mois à 05h00mn UTC n'est pas disponible.

4.2.5 La date et la période de validité de la prévision [I]

Ce groupe est de la forme **Y₁Y₁G₁G₁/Y₂Y₂G₂G₂** et sert à indiquer la période de validité du TAF. Il est composé de 2 groupes similaires : le groupe de début de la période de validité et le groupe de fin.

Y₁Y₁G₁G₁ est le groupe indiquant le début de la période de validité tel qu'**Y₁Y₁** est le jour du mois (01 à 31) et **G₁G₁** l'heure en UTC.

De façon similaire, **Y₂Y₂G₂G₂** est le groupe indiquant la fin de la période de validité tel qu'**Y₂Y₂** est le jour du mois (01 à 31) et **G₂G₂** l'heure en UTC.

Notons que quand la période de validité commence à 00UTC, l'heure **G₁G₁** sera codée 00 car il s'agit de la première heure de la journée. Par contre, quand la période de validité se termine à 00UTC, l'heure **G₂G₂** sera codée 24 car il s'agit de la dernière heure de la journée.

Par exemple, **TAF FMMI 012300Z 0200/0306.....=** : Il s'agit d'une TAF d'Ivato envoyée le premier du mois à 23h00mn UTC et valable le deux du mois de 00h00mn (il s'agit de la première heure de la journée) jusqu'au trois de ce même mois à 06h00mn.

4.2.6 L'identification d'une prévision annulée, le cas échéant [I]

Si la prévision est annulée, le mot **CNL** suivra le groupe date et période de validité de la prévision.

Exemple : pour annuler l'exemple précédent, le prévisionniste envoie le message suivant : **TAF FMMI 012300Z 0200/0306 CNL=**.

4.2.7 Le vent de surface [I]

Ce groupe est de la forme **ddd[P]ff(G[P]f_mf_m)KT**. Il décrit la direction et la force du vent prévues pour l'heure de début de la période de validité.

Il s'agit généralement d'un ensemble de 7 caractères qui indique les caractéristiques du vent moyen (vent moyenné sur 10 minutes) tel que :

ddd désigne la direction moyenne du vent. Elle se code en degrés, de 0° à 360°, arrondie à la dizaine la plus proche. On remplace la direction moyenne par **VRB** si un des deux critères est respecté :

- **ff**_{prévue} < 3kt et **Δddd**_{prévue} ≥ 60°;
- **ff**_{prévue} ≥ 3kt et **Δddd**_{prévue} ≥ 180° (généralement en situation convective).

Par convention, un vent de nord sera codé **360ffKT** (et non **000ffKT**).

ff désigne la force du vent prévue et se code suivant l'unité indiquée par les 2 derniers caractères du groupe (en France, le nœud : kt). Un vent calme (**ff**<1kt) se code 00000KT.

• Un vent atteignant les 100 nœuds se note **dddP99KT** (toutefois avec un tel vent, des rafales sont très probables, on coderait alors **dddP99GP99KT**).

KT : on précise ici que la force du vent se code en nœuds (Kt). L'unité est toujours indiquée (**MPS** si l'unité est en mètres par seconde- et **KMH** si c'est en kilomètres par heure).

Gf_mf_m lorsque des rafales sont prévues, elles sont indiquées par la lettre **G** (Gust = rafales) suivie par la valeur des rafales (en nœuds) **f_mf_m**. Le mot "rafales" signifie que le vent instantané (vent moyenné sur 3 secondes) est supérieur d'au moins 10kt au vent moyen (vent moyenné sur 10 minutes), c'est-à-dire, **f_mf_m** ≥ **ff**+ 10kt. Elles se codent de la même manière que la force du vent moyen.

Exemple : TAF FMMI 012300Z 0200/0306 12010G20KT....=

Dans ce cas, le vent prévu à l'heure de début de validité de la TAF est de 120° et de force 10KT avec des rafales de 20KT.

4.2.8 La visibilité horizontale (dominante) [I]

Ce groupe est de la forme **VVVV** qui désigne la visibilité dominante prévue, c'est-à-dire la visibilité sur au moins 180° du tour l'horizon, par secteurs contigus ou non.

Elle se code en mètres de la manière suivante :

- visibilité < 800 m : par pas de 50 m ;
- 800 m ≤ visibilité < 5.000 m : par pas de 100 m ;
- 5.000 m ≤ visibilité ≤ 9999 m : par pas de 1.000 m ;
- visibilité ≥ 10km : on code 9999.

Par convention, on arrondit toujours à la valeur immédiatement inférieure.

Exemple : TAF FMMI 012300Z 0200/0306 12010G20KT 9999....= .

Dans ce cas, la visibilité prévue à l'heure de début de validité de la TAF est supérieure à 10km.

4.2.9 Les phénomènes météorologiques significatifs ou temps présent [I]

Ce groupe est noté **WW**.et indique le temps significatif prévu. Il peut y avoir jusqu'à trois groupes "temps présent" et chaque groupe peut comporter de deux à neuf caractères (de **TS** à **+SHGRRASN** par exemple). Chacun renvoie à un caractère du temps sensible :

- Le premier aux précipitations ;
- Le deuxième aux troubles de la visibilité ;
- Le troisième pour les autres types de temps présents.
- Ces trois groupes ne sont pas obligatoirement présents simultanément mais ils sont toujours codés dans cet ordre. Par exemple, s'il n'y a pas de précipitation significative, on omet ce groupe et on passe directement aux troubles de la visibilité et ainsi de suite. Il peut donc n'y avoir aucun groupe temps présent à signaler.

• Chaque groupe peut être précédé par l'indicateur d'intensité + pour dire que l'intensité est forte. S'il n'y a pas de signe, cela signifie que l'intensité du phénomène est modérée.

Il est important de remarquer que :

- L'indicateur d'intensité ne peut pas être affecté à tous les temps présents.
- Il ne peut y avoir qu'un groupe "précipitation" à la station. Cela est aussi valable pour les deux autres caractères du temps (troubles de la visibilité et autres phénomènes).
- Les précipitations faibles ne sont codées que lorsqu'elles abaissent la visibilité dominante à moins de 5000m.

- L'indicateur de proximité **VC** n'est pas utilisé.
- Avant de déterminer le phénomène, on peut le faire précéder d'un descripteur. Il apporte une indication supplémentaire importante sur ce phénomène. Il ne peut y avoir qu'un seul descripteur par groupe. Cependant, les descripteurs :
 - **MI** (pour mince), **BC**(en banc), **PR** (partielle) ne s'utilisent que pour le brouillard (**FG**) ;
 - **TS**, en tant que descripteur, ne s'applique que pour les précipitations. Par exemple, s'il s'agit d'une pluie orageuse forte, le temps présent sera chiffré **+TSRA**.
 - Cependant, le descripteur **TS** est considéré comme un groupe "temps présent" à part entière de type "précipitation" s'il y a de l'orage à la station mais sans précipitation.

En outre, certains phénomènes doivent se concorder :

- **BR** (Brume humide), est codé seulement lorsque la visibilité est réduite par des gouttelettes d'eau ou des cristaux de glace avec **VVVV** \leq 5000 m, mais comme le pas est de 1.000 m à partir de 5.000 m, cela équivaut à **VVVV** $<$ 6.000 m;
- De même, **HZ** (Brume sèche), **FU** (fumée), **DU** (poussière) et **SA** (sable) sont codés quand **VVVV** \leq 5000 m ;
- **FG** (Brouillard) est chiffré quand la visibilité est inférieure à 1000m ;
- Pour résumer, un groupe "temps présent" peut contenir (dans cet ordre) :
 - ✓ Un indicateur d'intensité (+ pour fort, moins pour faible, sans signe pour modéré) mais réservé pour les phénomènes suivants :

DZ (bruine), **RA**(pluie), **SN**(neige), **SG**(neige en grain), **PL**(granule de glace), **GR**(grêle), **GS**(grésil), **FC**(trombe), **DS** (tempête de poussière), **SS** (tempête de sable), **TSRA** (orage avec pluie), **TSSN** (orage avec neige), **TSPL**(orage avec granule), **TSGR**(orage avec grêle), **TSGS** (orage avec grésil), **SHRA** (averse de pluie), **SHSN** (averse de neige), **SHPL** (averse de granule de glace), **SHGR**(averse de grêle), **SHGS**(averse de grésil), **FZRA** (pluie givrant), **FZDZ**(bruine givrant).

Cependant, les phénomènes suivants ne doivent pas avoir de l'intensité :

FG (brouillard), **BR** (brume humide), **SA** (sable), **DU** (poussière), **HZ** (brume sèche), **FU**(fumée), **PO**(tourbillon de poussière ou de sable), **TS** (orage), **VA**(nuage de cendre volcanique), **SQ** (grain), **FZFG** (brouillard givrant), **DRSN**(chasse neige basse), **DRSA**(chasse sable basse), **DRDU**(chasse poussière basse), **MIFG** (mince couche de brouillard), **BCFG**(banc de brouillard), **BLSN**(chasse neige élevée), **BLSA** (chasse sable élevée), **BLDU** (chasse poussière élevée), **PRFG** (brouillard partiel).

- ✓ Puis (éventuellement) le descripteur et enfin le phénomène.

Notons que Tous les temps présents ne sont pas significatifs!
Voici la liste des temps présents significatifs dans une TAF :

- Précipitations se congelant (**FZRA**, **FZDZ**) ;

- Brouillard givrant (**FZFG**) ;
- Précipitations (ou averses) d'intensité modérée à forte (**RA**, **+RA**, **SHRA**, **+SHRA**, **SN**, **DZ**, **RAGR...**) ;
- Orage (**TS**, **TSRA**, **TSGR...**) ;
- Grain (**SQ**) ;
- Chasse-neige/poussière/sable élevée (**BLSN**, **BLDU**, **BLSA**) ;
- Tempête de poussière ou de sable (**DU**, **SA**) ;
- Trombe (**FC**) ;
- Tout phénomène réduisant la visibilité (**FU**, **VA**, **BR...**).

4.2.10 Les nuages [I]

Ce groupe est de la forme **N_sN_sN_sh_sh_sh_s** (**TCU** ou **CB**) et indique la nébulosité et la hauteur de la base des couches nuageuses prévues.

Il peut être codé trois fois au maximum voire cinq si une (des) couche(s) de **CB** (cumulonimbus) et/ou de **TCU** (cumulus congestus) est (sont) prévue(s). Chaque couche est décrite par trois lettres définissant sa nébulosité, et trois chiffres indiquant sa hauteur.

N_sN_sN_s désigne la portion de ciel couverte par une couche nuageuse prévue par le prévisionniste.

Il existe quatre qualificatifs pour décrire la nébulosité du ciel :

- **FEW** : entre 1 et 2 octas de ciel couvert;
- **SCT** : entre 3 et 4 octas de ciel couvert;
- **BKN** : entre 5 et 7 octas de ciel couvert;
- **OVC** : 8 octas de ciel couvert.

h_sh_sh_s désigne la hauteur des nuages par rapport au sol. Elle est toujours arrondie à la valeur inférieure. Elle est exprimée en multiple de 30 mètres (100 pieds) jusqu'à 3000 mètres (10 000 pieds) et en multiple de 300 mètres (1 000 pieds) au-dessus. Toute valeur observée qui ne correspond pas à l'un des échelons de l'échelle de mesure en usage sera arrondie à l'échelon immédiatement inférieur de cette échelle.

Remarquons que pour les stations de montagne, lorsque la base des nuages est inférieure au niveau de la station (exemple : mer de nuages), le groupe relatif aux nuages est chiffré **N_sN_sN_s///**.

On ajoute éventuellement **TCU** ou **CB** aux nuages concernés (chacun de ces sigles ne peut apparaître qu'une fois au maximum dans un message).

Si une couche ayant l'indication **TCU** se situe à la même hauteur qu'une couche ayant l'indication **CB**, on additionne alors les nébulosités et on affecte le caractère **CB** à cette nouvelle couche nuageuse. On ne peut pas additionner un nuage, autre que le **TCU**, avec le **CB**.

Toutefois, la somme de couches nuageuses, autres que **TCU** ou **CB**, est possible si elles sont à la même hauteur.

Mais toutes les couches nuageuses ne sont pas indiquées. On applique la « **règle 1-3-5** ». Seuls les **CB** et **TCU** peuvent échapper à cette règle. C'est pourquoi on peut avoir jusqu'à cinq groupes (3 "classiques" + 1**CB** + 1**TCU**).

Enoncée de la règle 1-3-5

On décrit les nuages des plus bas aux plus élevés.

- La couche la plus basse est dans tous les cas transmise sauf si elle est supérieure à la hauteur du **CAVOK** c'est-à-dire la plus grande valeur entre 1500m (ou 5000ft) et l'altitude la plus élevée dans un rayon de 25NM du point de référence de l'aérodrome ajoutée de 300m (altitude minimale de secteur) moins l'altitude de l'aérodrome, auquel cas aucune couche nuageuse n'est transmise. On décrit ensuite la couche immédiatement supérieure respectant la condition suivante :

- La 2^{ème} couche est au moins **SCT**. Si celle-ci est transmise, on peut alors passer une 3^{ème} couche. Il s'agit de la couche immédiatement supérieure respectant la condition suivante :

- La 3^{ème} couche est au moins **BKN**.

Pour les cas avec **CB** et/ou **TCU** : s'ils ne sont pas déjà signalés à partir de la **règle 1-3-5**, on rajoute jusqu'à 2 groupes supplémentaires car les nuages de type **CB** ou **TCU** sont indiqués dans tous les cas.

Remarques importantes

- Toutes les couches nuageuses respectant la **règle 1-3-5** sont codées.
- Si une couche est inférieure à la hauteur du **CAVOK** ou si elle comporte le sigle **CB** ou **TCU** (et cela, quelle que soit sa hauteur), on décrit toutes les couches nuageuses suivant la **règle 1-3-5**.

- **NSC** est chiffré quand il n'y a pas de nuage significatif du point de vue opérationnelle c'est-à-dire il n'y a pas de nuage **CB** ni **TCU** ni de nuage en dessous de 1500m ni de nuage en dessous de l'altitude la plus élevée dans un rayon de 25NM du point de référence de l'aérodrome ajoutée de 300m (**NSC** est l'équivalent du **CAVOK**, mais avec une visibilité inférieure à 10.000m et la possibilité d'avoir un temps présent).

- **VV///** : ciel invisible lié au brouillard.

- **CAVOK** (Ceiling And Visibility OK) remplace **VVVV WW N_sN_sN_sh_sh_sh_s** (**TCU** ou **CB**) si les conditions suivantes sont vérifiées :

- ✓ **VVVV** ≥ 10 km;

- ✓ Pas de temps présent;

- ✓ Pas de **CB** ni de **TCU** ;

- ✓ Pas de nuage significatif du point de vue opérationnel.

Ne pas confondre **NSC** avec **CAVOK**.

4.2.11 Les changements significatifs prévus de l'un ou plusieurs des éléments ci-dessus pendant la période de validité [1]

Un indicateur d'évolution est inclus dans une TAF quand il y a un ou plusieurs changements significatifs prévus au cours de la période de validité du TAF. Le format d'un groupe indicateur d'évolution est le suivant :

(PROBC₂C₂) TTTT Y₁Y₁G₁G₁/Y₂Y₂G₂G₂ ou TTYGGgg

➤ PROBC₂C₂

PROB indique la probabilité (estimée par le prévisionniste) de voir la prévision se réaliser. Il est suivi des nombres **30** ou **40**. Ainsi, deux cas peuvent se présenter : **PROB30** ou **PROB40** :

- ✓ **PROB30** indique un risque faible (entre 30 et 40 %) de voir la prévision se réaliser ;
- ✓ **PROB40** indique un risque modéré (probabilité plus importante de 40 à 50 %) mais que le phénomène n'est pas certain.
- ✓ Au-delà d'une probabilité de **50 %**, le **PROBC₂C₂** est supprimé.

➤ **PROBC₂C₂** sera suivi d'un groupe horaire **Y₁Y₁G₁G₁/Y₂Y₂G₂G₂** ou d'un groupe d'évolution **TEMPO Y₁Y₁G₁G₁/Y₂Y₂G₂G₂** puis du phénomène prévu. (dans ce cas, **TTTT = TEMPO**). Ainsi, TEMPO non précédé de **PROBC₂C₂** signifie que la probabilité d'apparition est supérieure à 50%

➤ **TTTT** peut être égal à **BECMG** qui est l'abréviation de BECoMinG qui signifie devenant. indique la transition d'un régime de temps à un autre.

➤ Il est toujours suivi d'un groupe horaire indiquant le début et la fin de la période pendant laquelle l'évolution a lieu : **Y₁Y₁G₁G₁ / Y₂Y₂G₂G₂**.

➤ Le changement prévu commencera à **Y₁Y₁** jour et **G₁G₁** heures (UTC) et sera terminé avant **Y₂Y₂** jour et **G₂G₂** heures (UTC). Seuls les éléments pour lesquels un changement est prévu doivent être indiqués après « **BECMG** ».

➤ Il est recommandé d'utiliser l'indicateur d'évolution « **BECMG** » et le groupe heure connexe pour décrire des variations lorsqu'il est prévu que les conditions météorologiques atteindront ou passeront par des valeurs seuil spécifiées à un rythme régulier ou irrégulier et à une heure non spécifiée pendant la période. **La période ne devrait pas normalement dépasser deux heures** mais en tout cas elle ne devrait pas dépasser quatre heures.

➤ Comme dans le groupe début et fin de validité, **G₁G₁** sera codé **00** pour une période commençant à minuit, et **G₂G₂** sera codé **24** pour une période se terminant à minuit.

➤ Il est très important de souligner que **PROB30** ou **PROB40** ne va jamais avec **BECMG**.

➤ On peut aussi chiffrer **TEMPO Y₁Y₁G₁G₁/Y₂Y₂G₂G₂** Il est recommandé d'utiliser l'indicateur d'évolution « **TEMPO** » et le groupe heure connexe pour décrire les fluctuations temporaires, fréquentes ou peu fréquentes, prévues dans les conditions météorologiques, qui atteignent ou passent par des valeurs seuil spécifiées et durent moins d'une heure dans chaque cas et, au total, englobent moins de la moitié de la période de la prévision pendant laquelle les fluctuations sont prévues. Ainsi, il est prévu que les fluctuations temporaires commenceront à **Y₁Y₁** jour et **G₁G₁** heures (UTC) et cesseront avant **Y₂Y₂** jour et **G₂G₂** heures (UTC) ; seuls les éléments pour lesquels des fluctuations sont prévues doivent être indiqués après « **TEMPO** ».

En outre, les fluctuations temporaires ne devraient pas durer plus d'une heure dans chaque cas, et dans l'ensemble, elles devraient durer moins de la moitié de la période **Y₁Y₁G₁G₁/Y₂Y₂G₂G₂**.

➤ **TTYGGgg** est utilisé dans le cas où un changement significatif dans la plupart des éléments météo est prévu pour **YY** jour, **GG** heures et **gg** min (UTC). Ainsi, **TT** est remplacé par **FM** et tous les éléments donnés avant « **FM** » doivent être inclus après « **FM** ».

➤ Il est recommandé que le nombre de groupes indicateurs d'évolution et de groupes de probabilité soit tenu au minimum et qu'en temps normal, il **ne dépasse pas cinq**.

4.2.12 Les paramètres et/ou phénomènes significatifs prévus [I]

On inclut après un indicateur d'évolution les paramètres et/ou phénomènes prévus varier de manière significative.

Les variations des paramètres prévus tels que vent, visibilité, nuages doivent remplir certaines conditions pour être des changements significatifs pour l'aéronautique.

4.2.12.1 Critères de changement significatif pour le vent [I]

Le vent est inclus après l'indicateur d'évolution s'il satisfait à l'un des critères suivants :

✚ Lorsque, d'après les prévisions, la direction moyenne du vent de surface changera d'au moins 60°, la vitesse moyenne du vent avant et/ou après le changement étant supérieure ou égale à 5 m/s (10 kt) ;

✚ Lorsque, d'après les prévisions, la vitesse moyenne du vent de surface changera d'au moins 5 m/s (10 kt) ;

✚ Lorsque, d'après les prévisions, la variation par rapport à la vitesse moyenne du vent de surface (rafales) changera d'au moins 5 m/s (10 kt), la vitesse moyenne du vent avant et/ou après le changement étant supérieure ou égale à 7,5 m/s (15 kt) ;

✚ Lorsque, d'après les prévisions, le vent de surface passera par des valeurs d'importance opérationnelle. Les valeurs de seuil devraient être

établies par le service météorologique en consultation avec le service ATS compétent et les exploitants intéressés, en tenant compte des changements de vent qui nécessiteraient de changer les pistes en service ou indiqueraient que les composantes de vent arrière et de vent traversier sur la piste passeront par des valeurs correspondant aux limites principales d'utilisation des aéronefs qui utilisent l'aérodrome.

4.2.12.2 Critères de changement significatif pour la visibilité [I]

Le vent est inclus après l'indicateur d'évolution lorsque, d'après les prévisions, la visibilité s'améliorera et atteindra ou franchira, ou se détériorera et franchira, l'une ou plusieurs des valeurs suivantes :

- 0150m ;
- 0350m ;
- 0600m ;
- 0800m ;
- 1500m ;
- 3000m ;
- 5000m.

4.2.12.3 Critères de changement significatif pour le temps présent ou phénomène [I]

Une apparition ou disparition de phénomène significatif est le critère d'inclusion de ce phénomène dans un indicateur d'évolution.

4.2.12.4 Critères de changement significatif pour les nuages [I]

Les groupes de nuage sont inclus après l'indicateur d'évolution dans les deux cas suivants :

Premier cas

Lorsque, d'après les prévisions, la hauteur de la base de la plus basse couche ou masse de nuages **BKN** ou **OVC** augmentera et atteindra ou franchira, ou diminuera et franchira, l'une ou plusieurs des valeurs suivantes :

- 030m (ou 100ft) ;
- 060m (ou 200ft) ;
- 150m (ou 500ft) ;
- 300m (ou 1000ft) ;
- 450m (ou 1500ft).

Deuxième cas

Lorsque, d'après les prévisions, la nébulosité d'une couche ou masse de nuages au-dessous de 450m (1 500ft) passera de **NSC**, **FEW** ou **SCT** à **BKN** ou **OVC** ; ou de **BKN** ou **OVC** à **NSC**, **FEW** ou **SCT**.

4.2.12.5 Critères de changement significatif pour la visibilité verticale [1]

Le groupe visibilité vertical sera inclus après l'indicateur d'évolution lorsque, d'après les prévisions, le ciel sera invisible, et que la visibilité verticale s'améliorera et atteindra ou franchira, ou se détériorera et franchira, l'une ou plusieurs des valeurs suivantes :

- 030m (ou 100ft) ;
- 060m (ou 200ft) ;
- 150m (ou 500ft) ;
- 300m (ou 1 000 ft).

Exemple de déchiffrement d'une TAF :

TAF LFML 250200Z 2503/2512 14005KT 4000 +RA BKN015 BKN090 BECMG 2506/2508 8000 NSW NSC=

Signification : TAF émis le 25 du mois à 0200UTC, valable du 25 à 03UTC au 25 à 12UTC ; vent de sud-est à 5kt ; visibilité dominante de 4.000m avec de la pluie forte ; plafond nuageux à 1.500ft ; Evolution : conditions devenant, entre 06UTC et 08UTC (au plus tard à 08UTC les conditions seront les suivantes) : visibilité dominante de 8.000m avec absence de temps présent significatif et de absence de nuage significatif.

Chapitre 5 : Concept de la qualité

5.1 Définitions

Qualité [IV]

La qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites.

Ainsi, un produit de qualité est un produit qui satisfait aux normes.

Norme [IV]

Une norme, du latin norma « équerre, règle », est un document qui définit des exigences, des spécifications, des lignes directrices ou des caractéristiques à utiliser systématiquement pour assurer l'aptitude à l'emploi des matériaux, produits, processus et surtout des services. Tout ce qui entre dans une norme est considéré comme « normal » ou « conforme », alors que ce qui en sort est « anormal » ou « non conforme ». Ces termes peuvent sous-entendre ou non des jugements de valeur.

Les Normes internationales garantissent des produits et services sûrs, fiables et de qualité. Pour les entreprises, elles sont des outils stratégiques permettant d'abaisser les coûts en réduisant les déchets et les erreurs tout en améliorant la productivité. Elles aident les entreprises à accéder à de nouveaux marchés, établissent des règles du jeu équitables pour les pays en développement et facilitent le libre-échange et le commerce équitable dans le monde.

Organisation internationale de normalisation établit les normes internationales appelées des **normes ISO** (International Standard Organisation). Voici quelques exemples de norme ISO selon leur domaine d'action :

Tableau I.17 : Quelques exemples de normes ISO [IV]

Famille de norme ISO	Domaine d'action
ISO 9000	Les systèmes de management de la qualité et leur terminologie
ISO 9001	Les exigences des systèmes de management de la qualité, les obligations des entreprises certifiées
ISO 9004	Les exigences des systèmes de management de la qualité, les obligations des entreprises certifiées
ISO 10011	Lignes directrices pour la réalisation d'audit pour contrôler la qualité
ISO 14001	Lignes directrices pour le respect de l'environnement

La certification [IV]

La certification est une assurance écrite (sous la forme d'un certificat) donnée par une tierce partie qu'un produit, service ou système est conforme à des exigences spécifiques.

La certification est un instrument utile qui, en démontrant que votre produit ou service répond aux normes ISO, renforce votre crédibilité. Dans certains secteurs, elle est même une obligation légale ou contractuelle.

Cependant, notons bien que l'ISO n'exerce pas d'activités de certification. L'organisation établit des normes comme l'ISO 9001 et ISO 14001 mais ne délivre pas de certificats. Ces services sont assurés par des organismes de certification externes. Par conséquent, une entreprise ou une organisation ne peut pas être certifiée par l'ISO.

Les audits sont un élément essentiel de l'approche par systèmes de management, car ils permettent à l'entreprise ou à l'organisation de vérifier si les objectifs fixés sont remplis et si la conformité à la norme est assurée.

Action corrective et Action préventive (ACAP) [IV]

Dès la détection d'une non-conformité (non satisfaction à une exigence), une action corrective et action préventive doit être mise en place pour éliminer la cause de cette non-conformité.

Une action corrective est entreprise pour empêcher la réapparition alors que l'action préventive est pour empêcher l'occurrence.

5.2 Qualité dans le domaine de la prévision d'aérodrome

5.2.1 La norme ISO correspondante [IV]

La norme relative à la prévision d'aérodrome est la norme ISO 9001-version 2008. La prochaine version devra être déployée avant la fin de l'année 2015 et intégrera la notion de maîtrise et d'analyse des risques.

Les exigences y sont relatives à quatre grands domaines :

➤ Responsabilité de la direction

Exigences d'actes de la part de la direction en tant que premier acteur et permanent de la démarche.

➤ Système qualité

Exigences administratives permettant la sauvegarde des acquis. Exigence de prise en compte de la notion de système.

➤ Processus

Exigences relatives à l'identification et à la gestion des processus contribuant à la satisfaction des parties intéressées.

➤ Amélioration continue

Exigences de mesure et enregistrement de la performance à tous les niveaux utiles ainsi que d'engagement d'actions de progrès efficaces.

5.2.2 L'organisme certifiant [IV]

L'organisme qui a la compétence de donner une certification de la norme **ISO 9001 version 2008** dans le cadre des activités aéronautique est l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI). En matière d'assistance météorologique à la navigation aérienne, les normes et pratiques recommandées de l'OACI se figurent dans l'annexe 3 de l'OACI.

Dans le cadre de ce document, une **norme** se définit comme toute spécification portant sur les caractéristiques physiques, la configuration, le matériel, les performances, le personnel et les procédures, dont l'application uniforme est **reconnue nécessaire** à la sécurité ou à la régularité de la navigation aérienne internationale et à laquelle les États contractants se conformeront en application des dispositions de la Convention.

La Pratique recommandée se définit comme toute spécification portant sur les caractéristiques physiques, la configuration, le matériel, les performances, le personnel et les procédures, dont l'application uniforme est **reconnue souhaitable** dans l'intérêt de la sécurité, de la régularité ou de l'efficacité de la navigation aérienne internationale et à laquelle les États contractants s'efforceront de se conformer en application des dispositions de la Convention.

Les dispositions de l'Annexe 3 ayant un caractère de règlement sont, à quelques légères différences de forme près, identiques à celles qui figurent au Règlement technique de l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

5.2.3 Les conditions nécessaires à l'obtention d'une prévision d'aérodrome de qualité [6], [7], [8]

Pour avoir une prévision d'aérodrome de qualité, il faut que les conditions suivantes soient remplies :

- L'observateur qui fait l'observation soit qualifié ;
- Les instruments utilisés soient qualifiés ;
- Le prévisionniste qui fait la prévision d'aérodrome soit qualifié.

En effet, la fiabilité de la prévision dépend tout d'abord de la qualité des données d'observations météorologiques. Si les données d'observations sont aberrantes, les sorties de modèle de prévision seront erronés et peut conduire

à une mauvaise prévision. Or pour avoir des données d'observation de qualité, il faut essentiellement que l'observateur et les instruments soient qualifiés. Ensuite, la fiabilité de la prévision dépend aussi de l'expérience du prévisionniste. Ce dernier doit être nanti d'une qualification.

Conclusion sur la première partie

Nous avons vu les caractéristiques essentielles de quelques d'aérodromes de Madagascar et que l'existence d'une assistance météorologique à la navigation aérienne de qualité est indispensable sur ces aérodromes. Ainsi, notre étude se rapportera sur les données de prévision d'aérodrome (TAF) de ces aérodromes.

Comme la notion de qualité est subjective, elle peut se quantifier par une mise en conformité avec les exigences de référentiels (normes et pratiques recommandés de l'OACI au niveau international [6], [7], [8], NOTEM au niveau régional [9] et RAM 7.02 [10] au niveau national).

Ainsi, dans la deuxième partie, pour avoir un aspect objectif de la qualité des prévisions d'aérodrome de ces aérodromes, nous allons proposer une méthode d' évaluation des conformités des prévisions d'aérodrome et dans la troisième partie, essayer d'apporter une Action Corrective et Action Préventive (ACAP) face aux non conformités détectés.

Deuxième partie : METHODOLOGIE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Chapitre 6 : Méthodologie

6.1 Les données d'expérimentation

Dans notre étude, nous allons utiliser les données des prévisions d'aérodrome des huit aérodromes de Madagascar durant les cinq dernières années (2010 à 2014). Plus précisément, il s'agit de l'aérodrome de :

- Ivato (indicateur d'emplacement OACI : FMMI) ;
- Toamasina (indicateur d'emplacement OACI : FMMT) ;
- Mahajanga (indicateur d'emplacement OACI : FMNM) ;
- Nosy be (indicateur d'emplacement OACI : FMNN) ;
- Taolagnaro (indicateur d'emplacement OACI : FMSD) ;
- Antsiranana ou Diégo Suarez (indicateur d'emplacement OACI : FMNA) ;
- Toliary (indicateur d'emplacement OACI : FMST) ;
- Sainte Marie (indicateur d'emplacement OACI : FMMS).

6.2 Choix des données utilisées

Le choix de ces aérodromes se justifie par le fait que ce sont les TAF de ces aérodromes que les prévisionnistes aéronautiques de l'ASECNA Madagascar diffusent sur le Réseau du Système Fixe des Télécommunications Aéronautiques (RSFTA). Ainsi, ce sont les TAF de ces aérodromes qui sont diffusés internationalement.

Remarquons que ces prévisionnistes sont aussi chargés d'établir des TAF d'autres aérodromes mais ne sont pas diffusés via RSFTA. Elles sont insérées dans les dossiers de vol.

Parmi ces huit aérodromes, seul l'aérodrome de Toliary qui est un aérodrome non-AOP, les sept autres sont des aérodromes AOP. [2]

6.3 Source des données

Les données que nous utiliserons proviennent du site de base de données des messages aéronautiques « OGIMET » [VI].

Les données manquantes sont complétées par l'archive des TAF de l'ASECNA Madagascar.

6.4 Evaluation des conditions nécessaires à l'obtention d'une prévision d'aérodrome de qualité [6], [7], [8]

Actuellement, les prévisionnistes rédacteurs de ces prévisions sont presque tous qualifiés et d'ici la fin de l'année 2015, ils seront qualifiés à 100%.

Parmi ces aérodromes, dans les aérodromes gérés par l'ASECNA (Ivato, Toamasina, Mahajanga, Taolagnaro), les observateurs météorologiques aéronautiques sont qualifiés à 100% d'ici la fin de l'année 2015. Pour Antsiranana, Nosy Be et Tuléar, la qualification des observateurs météorologiques aéronautique serait une contribution à la qualité des prévisions d'aérodromes.

Concernant la qualification des instruments, l'ASECNA procède à la qualification des instruments utilisés pour l'exploitation.

6.5 Les références pour l'évaluation de la conformité des prévisions d'aérodrome

Au niveau international, la référence est l'annexe 3 de l'OACI. Chaque deux ou trois, il y a amendement de l'annexe 3.

Durant notre période d'étude (2010 à 2014), les amendements en vigueur évoluaient au cours du temps. Le tableau suivant récapitule l'historique des amendements avec les modifications importantes concernant les prévisions d'aérodrome :

Tableau II.1 : Récapitulatif de l'historique des amendements avec les modifications importantes concernant les prévisions d'aérodrome [6], [7], [8], [11]

Amendements de l'annexe 3 de l'OACI	Durée de validité dans la période d'étude	Modifications importantes concernant les prévisions d'aérodrome
Amendement 74	Jusqu'au 18 novembre 2010	Le terme « SKC » est supprimé dans les TAF, on utilise CAVOK ou NSC
Amendement 75	18 Novembre 2010 au 14 Novembre 2013	Néant
Amendement 76	14 Novembre 2013 jusqu'au 31 décembre 2014	L'heure de rédaction des prévisions d'aérodromes doivent être au moins une heure avant l'heure de validité

Au niveau régional, dans la région ASECNA, la spécification concerne le non inclusion des prévisions de température dans la prévision d'aérodrome. Le document de référence est la NOTEM (NOTice d'Exploitation de la Météorologie) [9].

Au niveau national, dans le RAM 7.02, il n'y a pas de disposition contraire à celle de l'annexe 3 et du NOTEM. [10]

6.6 Description de la méthodologie

Pour rendre la notion de qualité de prévision plus objective, nous allons procéder à l'évaluation des conformités de ces prévisions. Autrement dit, nous avons à faire une évaluation des TAF par rapport aux références du paragraphe ci-dessus. Ainsi, nous avons intérêt à déterminer le taux de conformité des TAF pour chaque aéroport.

Une TAF conforme est une TAF qui satisfait tous points suivants :

- ✚ Forme des TAF ;
- ✚ Inclusion d'éléments météorologiques (Vent de surface, visibilité, phénomène météorologique, nuage) ;
- ✚ Utilisation des groupes indicateurs d'évolution (évolution de vent de surface, visibilité, phénomène météorologique, nuage) ;
- ✚ Utilisation de groupes de probabilité ;
- ✚ Nombre de groupe indicateur d'évolution et de groupes de probabilité.

Ainsi, il faut évaluer chaque TAF par rapport à ces cinq points. Donc pour chaque point, nous allons déterminer le nombre de TAF conforme, puis le taux de conformité relatif à ces points pour chaque aéroport et d'en déduire le nombre de TAF qui satisfait à tous ces points et par suite le taux de conformité des TAF pour chaque aéroport.

Comme le volume des données à traiter est énorme, le décompte manuel est compliqué et impossible de s'en sortir avec zéro erreur. C'est pourquoi, nous avons conçu le logiciel qui utilise comme données d'entrées les TAF de ces huit aéroports et comme données de sortie les valeurs et les graphes des pourcentages de TAF qui sont conforme aux cinq points et aussi le taux (et graphe) de conformité des TAF.

Comme notre but est de concevoir un logiciel, nous avons intérêt à utiliser un langage d'application. Parmi les langages d'application, nous avons choisi d'utiliser « JAVA » car dans ce langage, il y a une multitude de librairie déjà préétabli, ce qui va nous faciliter la tâche énormément. De plus, JAVA présente l'avantage d'être portable et c'est un langage très souple [12]. Nous allons utiliser JAVA sous ECLIPSE.

Les données TAF sont stockées dans un fichier « .csv » et sont importées vers Mysql en utilisant la connexion JDBC.

Voici quelques caractéristiques du logiciel :

- ❖ Technologie
 - ✓ Language JAVA.
 - ✓ Interface graphique : SWING_SQL.
- ❖ Outil
 - ✓ BDD:MYSQL.
 - ✓ Librairie pour la connexion à la BDD : JDBC.
 - ✓ Librairie pour le statistique JFreeChart.
- ❖ Environnement de développement
 - ✓ Mozilla firefox
 - ✓ Eclipse luna

6.7 Modèle conceptuel général de travail

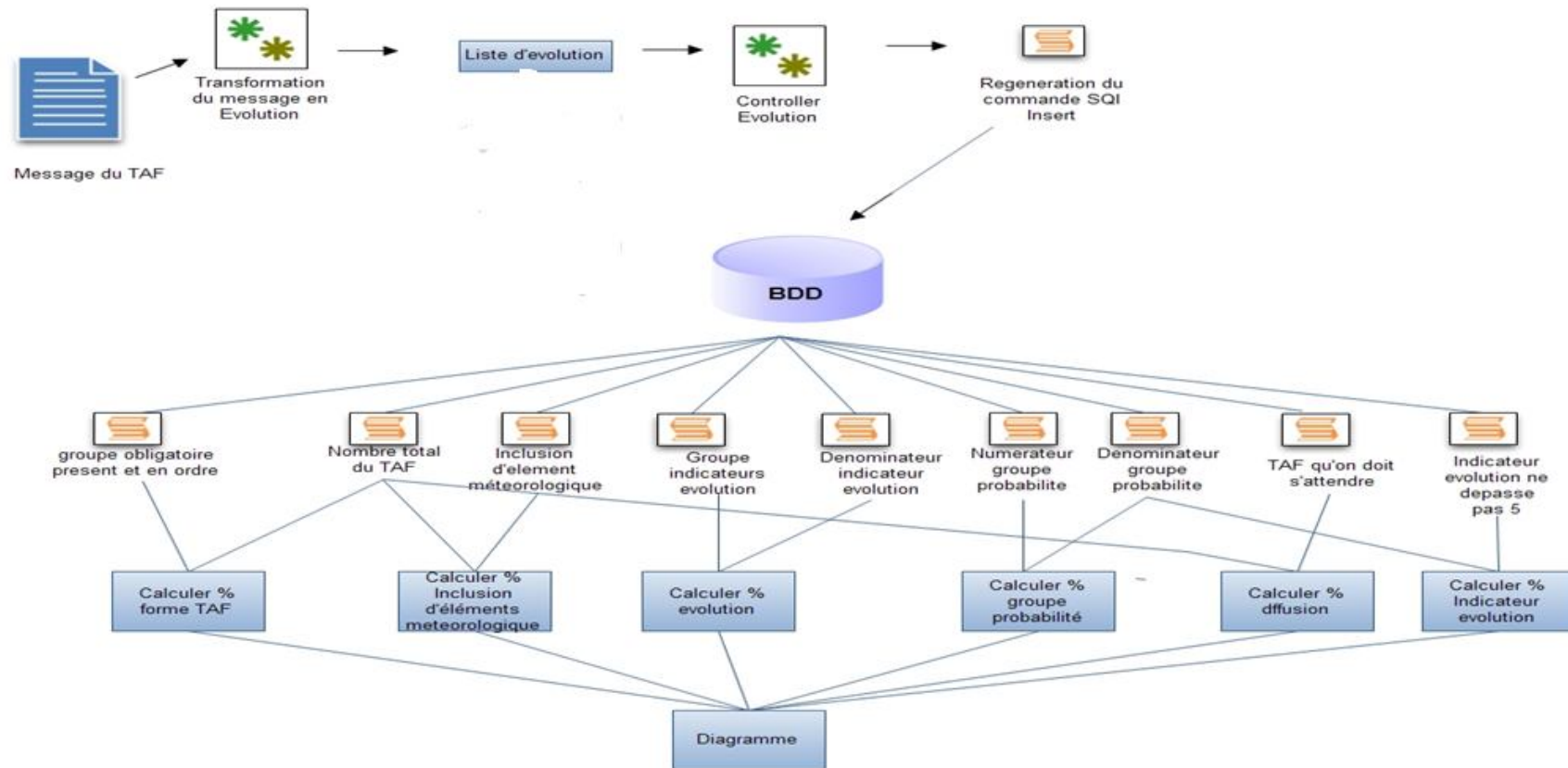


Figure II.1 : Modèle conceptuel général de travail

Chapitre 7 : Traitement des données

7.1 Evaluation de la conformité de la Forme des TAF

7.1.1 Conformité de la forme des TAF

Une TAF est conforme par rapport au point « forme des TAF » si tous les éléments obligatoires sont présents dans la TAF et correctement chiffré et dans l'ordre. Il s'agit de (dans l'ordre) :

- ✓ Identification du type de prévision(TAF) ;
- ✓ Indicateur d'emplacement OACI ;
- ✓ Temps d'établissement de la prévision ;
- ✓ Jours et période de validité de la prévision ;
- ✓ Vent de surface ;
- ✓ Visibilité ;
- ✓ Nuages.

La formule donnant le taux de conformité de la forme des TAF est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Forme des TAF}(\%) = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF dont tous les éléments obligatoires dans la TAF sont présent et dans l'ordre}}{\text{Nombre total de TAF}} \quad (1)$$

Pour être plus méthodique dans la technique de programmation, toutes les indicateurs d'emplacement OACI que nous allons traiter se trouve dans un fichier bloc note nommé « emplacement.txt ». Ainsi, si un jour, il y a un nouveau indicateur d'emplacement que l'on veut intégrer dans le logiciel, il suffit seulement de l'ajouter dans le fichier bloc note et de l'enregistrer sans modifier d'autres programmes.

7.1.2 Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de la forme des TAF

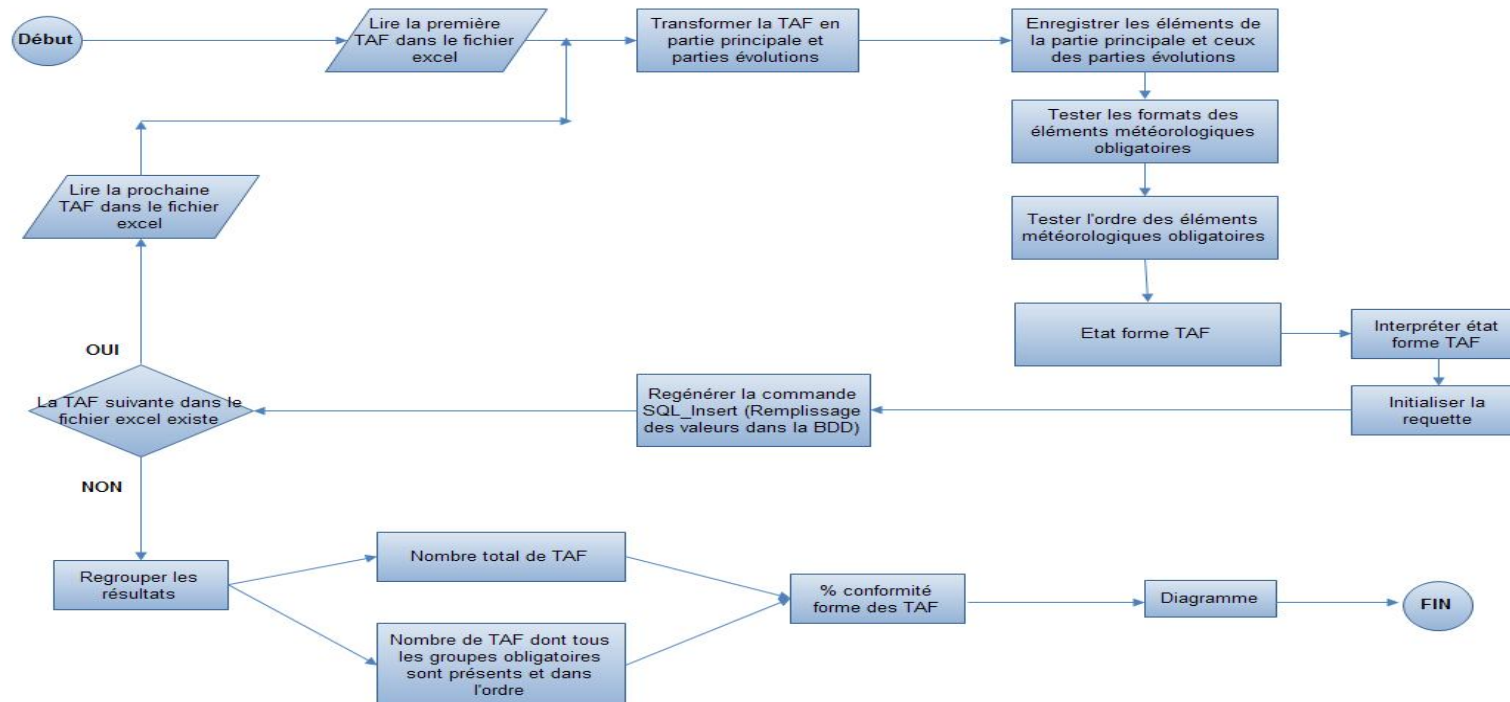


Figure II.2 : Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de la forme des TAF

7.2 Evaluation de la conformité de l'inclusion d'éléments météorologiques dans les TAF

Il s'agit ici des formats de codage des éléments météorologiques

7.2.1 Evaluation de la conformité de l'inclusion du vent de surface

7.2.1.1 Conformité de l'inclusion du vent de surface

Voici le texte de l'annexe 3 concernant l'inclusion du vent de surface [6], [7], [8]

« Lorsqu'on établit les prévisions portant sur le vent de surface, la direction prédominante prévue sera indiquée. Lorsqu'il n'est pas possible de prévoir une direction prédominante car on estime qu'elle sera variable, par exemple pendant des conditions de vent faible (moins de 1,5 m/s [3 kt]) ou des orages, la direction prévue du vent sera indiquée comme étant variable, au moyen de l'abréviation « VRB ». Lorsqu'on prévoit que la vitesse du vent sera inférieure à 0,5 m/s (1 kt), la prévision de vitesse du vent sera indiquée comme calme. La vitesse maximale prévue du vent (rafales) sera indiquée lorsqu'elle dépasse de 5 m/s (10 kt) ou plus sa vitesse moyenne prévue. Un vent d'une vitesse égale ou supérieure à 50 m/s (100 kt) sera signalé comme un vent de plus de 49 m/s (99 kt). »

Ainsi, l'inclusion du vent de surface dans une TAF est conforme si tous vents qui y figurent sont parmi les formats suivants :

- dddffKT
Avec : ddd = 3 chiffres se terminant par zéro et inférieur ou égal à 360
ff = 2 chiffres inférieurs à 99
Exemple : 24008KT
- dddP99KT
Avec ddd idem que précédemment (ex : 120P99KT)
- dddffG_{f_m}f_mKT
ddd et ff sont idem que précédemment et f_mf_m est tel que f_mf_m - ff ≥ 10
- VRBffKT

Exemple: VRB10KT

- VRBffG_{f_m}f_mKT
Ex : VRB10G20KT avec f_mf_m - ff ≥ 10.
- VRBP99KT
- 00000KT

La formule donnant le taux de conformité de l'inclusion de vent de surface est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Inclusion_vent (\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF dont tous les vents qui y figurent sont parmi les formats de vent correct}}{\text{Nombre total de TAF}} \quad (2)$$

7.2.1.2 Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion du vent de surface

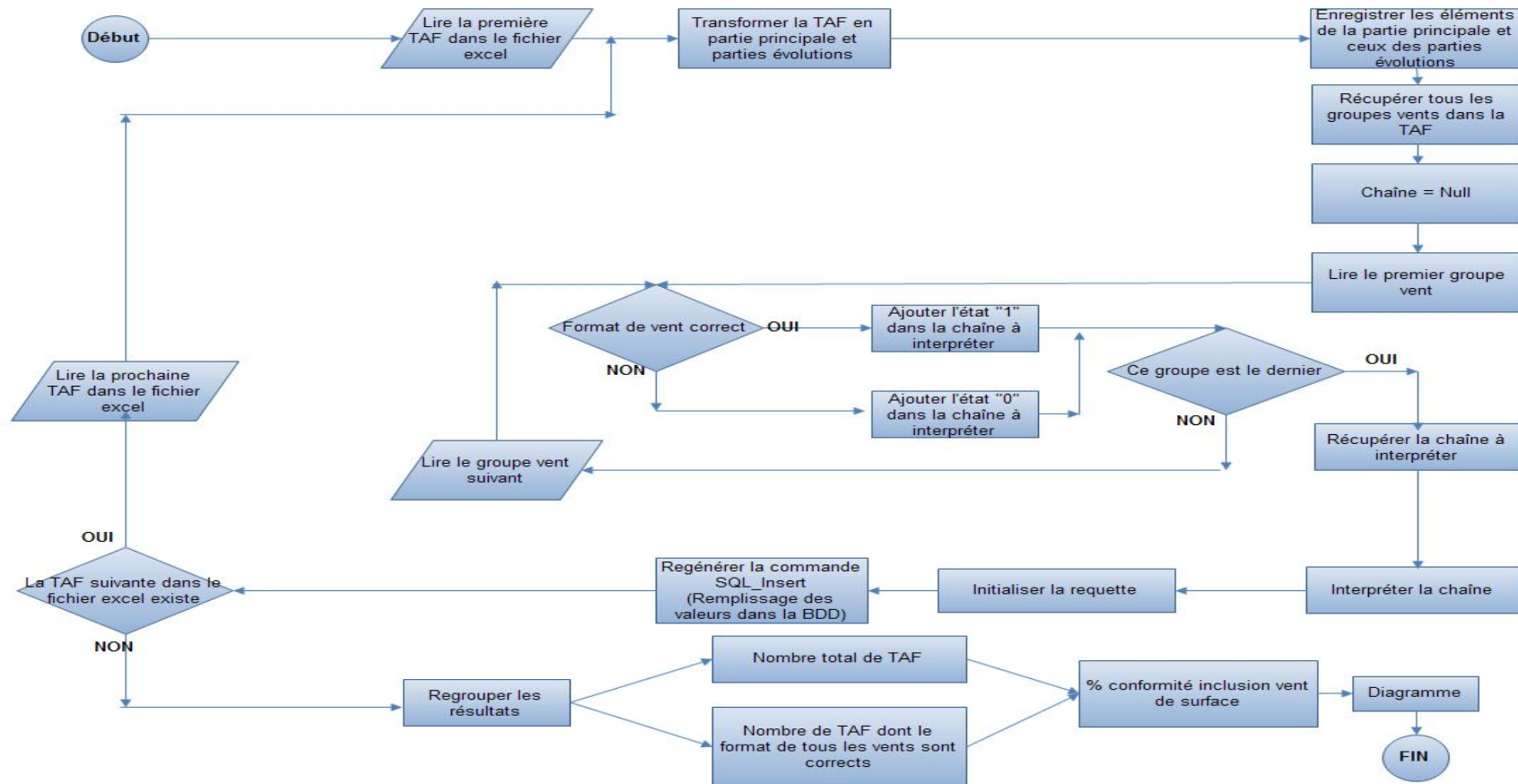


Figure II.3 : Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion du vent de surface

7.2.2 Evaluation de la conformité de l'inclusion de la visibilité

7.2.2.1 Conformité de l'inclusion de la visibilité

Voici le texte de l'annexe 3 concernant l'inclusion de la visibilité [6], [7], [8]:

« Il est recommandé, lorsqu'on prévoit que la visibilité sera inférieure à 800 m, de l'exprimer en multiples de 50 m ; lorsqu'on prévoit qu'elle sera égale ou supérieure à 800 m mais inférieure à 5 km, de l'exprimer en multiples de 100 m ; lorsqu'on prévoit qu'elle sera égale ou supérieure à 5 km mais inférieure à 10 km, de l'exprimer par un nombre entier de kilomètres ; et lorsqu'on prévoit qu'elle sera égale ou supérieure à 10 km, d'indiquer 10 km sauf si l'on prévoit que des conditions CAVOK s'appliqueront. Il est aussi recommandé de prévoir la visibilité dominante. Lorsqu'on prévoit que la visibilité variera dans différentes directions et si la visibilité dominante ne peut pas être prévue, il faudrait indiquer la visibilité la plus faible prévue. »

Ainsi, l'inclusion de la visibilité dans une TAF est conforme si toutes les visibilitées qui y figurent respectent les conditions de chiffrage ci-dessus. De manière pratique, les visibilitées doivent être parmi les formats suivants :

- ✓ M0050 ;
- ✓ 0100 ;0150 ;0200 ;0250 ;0300 ;0350 ;0400 ;0450 ;0500 ;0550 ;0600 ;0650 ;0700 ;0750 ;0800 ;
- ✓ 0900 ;1000 ;1100 ;1200 ;1300 ;1400 ;1500 ;1600 ;1700 ;1800 ;1900 ;2000 ;2100 ;2200 ;2300 ;2400 ;2500 ;2600 ;2700 ;2800 ;2900 ;3000 ;3100 ;3200 ;3300 ;3400 ;3500 ;3600 ;3700 ;3800 ;3900 ;4000 ;4100 ;4200 ;4300 ;4400 ;4500 ;4600 ;4700 ;4800 ;4900 ;5000 ;
- ✓ 6000 ; 7000 ; 8000 ; 9000 ; 9999.

La formule donnant le taux de conformité de l'inclusion de la visibilité est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Inclusion_visibilité (\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF dont tous les visibilitées qui y figurent sont parmi les formats de visibilité corrects}}{\text{Nombre total de TAF}} \quad (3)$$

Nous faisons abstraction de l'utilisation du terme **CAVOK** à ce niveau car nous allons l'évaluer séparément un peu en bas.

7.2.2.2 Ordynogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion de la visibilité

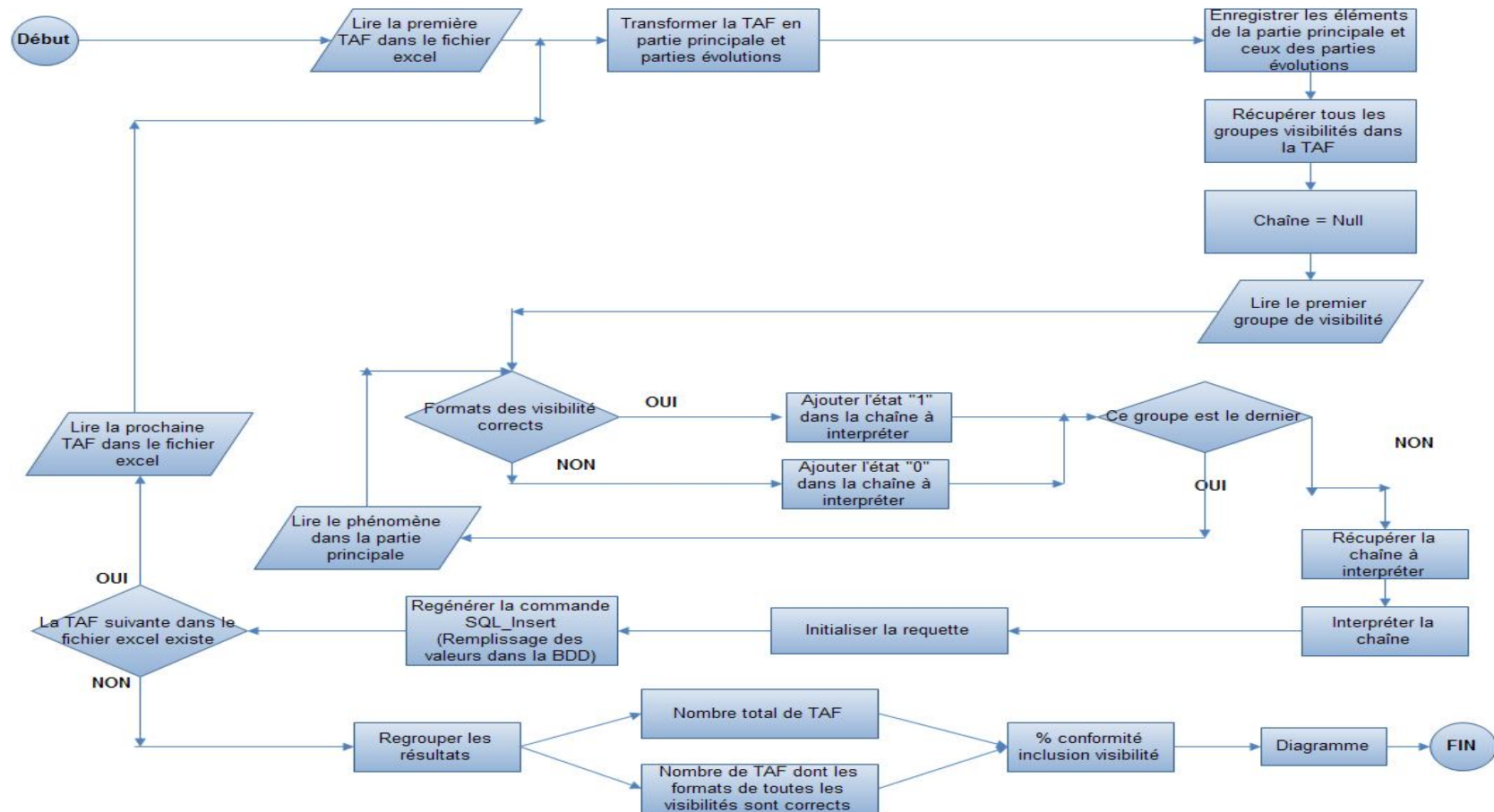


Figure II.4 : Ordynogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion de la visibilité

7.2.3 Evaluation de la conformité de l'inclusion des phénomènes météorologique

7.2.3.1 Conformité de l'inclusion des phénomènes météorologique

Voici le texte de l'annexe 3 de l'OACI concernant l'inclusion des phénomènes météorologique dans les TAF [6], [7], [8]:

« Des prévisions seront établies pour un ou plusieurs des phénomènes météorologiques ou combinaisons de ces phénomènes ci-après, jusqu'à un maximum de trois, avec leurs caractéristiques et, s'il y a lieu, leur intensité, si l'on prévoit qu'ils se manifesteront à l'aérodrome :

- précipitation se congelant ;
- brouillard givrant ;
- précipitation modérée ou forte (averses comprises) ;
- chasse-poussière basse, chasse-sable basse ou chasse-neige basse ;
- chasse-poussière élevée, chasse-sable élevée ou chasse-neige élevée ;
- tempête de poussière ;
- tempête de sable ;
- orage (avec ou sans précipitation) ;
- grain ;
- trombe (trombe terrestre ou trombe marine) ;
- autres phénomènes météorologiques selon ce qui aura été convenu par l'administration météorologique avec l'autorité ATS et les exploitants concernés. La disparition prévue de ces phénomènes sera indiquée au moyen de l'abréviation « NSW ». »

Ainsi, l'inclusion des phénomènes météorologiques dans une TAF est conforme si ce groupe appartient à l'un des formats suivant :

TS ; TSRA ; DZ ; DZRA ; RA ; SQ ; FZFG ; FZRA ;... c'est-à-dire tous les phénomènes météorologiques décrites dans les pages 36 et 37.

La formule donnant le taux de conformité de l'inclusion des phénomènes météorologiques est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Inclusion_phénomène} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF contenant au moins un phénomène et tous les phénomènes sont chiffrés correctement}}{\text{Nombre total de TAF contenant au moins un phénomène}} \quad (4)$$

Remarquons qu'ici, nous avons fait une restriction de « l'univers des possibles » en n'étudiant que le cas où au moins un phénomène est présent dans une TAF. C'est donc comme une sorte de probabilité conditionnelle.

En effet, comme le groupe phénomène météorologique est un groupe optionnel, en faisant cette restriction, le pourcentage obtenu est plus représentative du taux de conformité de l'inclusion des phénomènes météorologiques.

Pour être plus méthodique dans la technique de programmation, toutes les phénomènes possibles se trouvent dans un fichier bloc note nommé « tempsprésent.txt ».

7.2.3.2 Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des phénomènes météorologiques

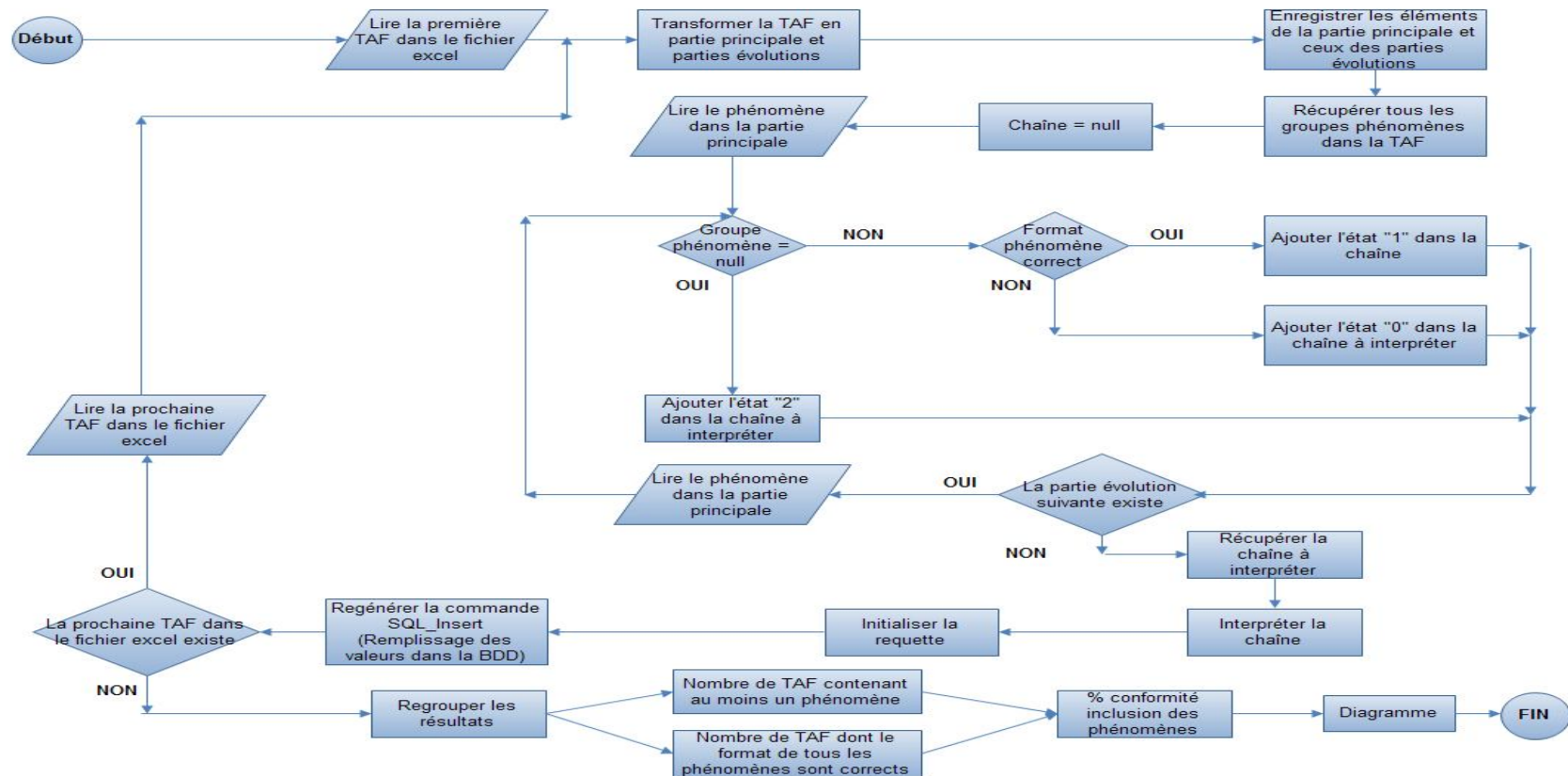


Figure II.5 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des phénomènes météorologiques

7.2.4 Evaluation de la conformité de l'inclusion des nuages

7.2.4.1 Conformité de l'inclusion des nuages

Voici le texte de l'annexe 3 de l'OACI concernant l'inclusion des nuages dans les TAF [6], [7], [8] :

« Il est recommandé de prévoir la nébulosité en utilisant les abréviations « **FEW** », « **SCT** », « **BKN** » ou « **OVC** », selon le cas. Lorsqu'il est prévu que le ciel restera obscurci ou s'obscurcira et qu'il n'est pas possible de prévoir les nuages, et que des renseignements sur la visibilité verticale sont disponibles à l'aérodrome, la visibilité verticale devrait être prévue sous la forme « **VV** » suivie par la valeur prévue de la visibilité. Lorsque plusieurs couches ou masses de nuages sont prévues, la nébulosité et la hauteur de la base des nuages devraient être indiquées dans l'ordre suivant :

- a) Couche ou masse la plus basse, quelle que soit la nébulosité, à indiquer sous la forme **FEW**, **SCT**, **BKN** ou **OVC**, selon le cas ;
- b) Couche ou masse située immédiatement au-dessus, couvrant plus de 2 octas, à indiquer sous la forme **SCT**, **BKN** ou **OVC**, selon le cas ;
- c) Couche ou masse située immédiatement au-dessus, couvrant plus de 4 octas, à indiquer sous la forme **BKN** ou **OVC**, selon le cas ;
- d) Cumulonimbus et/ou cumulus bourgeonnants, toutes les fois qu'il en est prévu et qu'ils ne sont pas déjà compris aux alinéas a) à c).

Les renseignements sur les nuages devraient être limités aux nuages significatifs du point de vue opérationnel ; lorsqu'il n'est pas prévu de nuage significatif du point de vue opérationnel et que l'abréviation « **CAVOK** » n'est pas appropriée, l'abréviation « **NSC** » devrait être utilisée.

Ainsi, l'inclusion des nuages dans une TAF est conforme si les nuages codés respectent la règle 135.

La formule donnant le taux de conformité de l'inclusion des nuages est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Inclusion_nuage}(\%) = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF dont tous les nuages respectent la règle 135}}{\text{Nombre total de TAF}} \quad (5)$$

Pour être plus méthodique dans la technique de programmation, toutes les combinaisons possibles de la règle 135 se trouvent dans un fichier bloc note.

A partir de l'amendement 76 de l'annexe 3 de l'OACI, les groupes de nuage retenu dans les prévisions d'aérodrome se rapportent uniquement aux nuages significatifs du point de vue opérationnel c'est-à-dire les nuages dont la hauteur de la base se trouve au dessous du maximum entre 1500m (5000ft) et l'altitude minimale de secteur moins l'altitude de l'aérodrome et les cumulonimbus (**CB**) et cumulus congestus (**TCU**).

Tableau II.2 : Récapitulatif de l'altitude minimale de secteur des huit aéroports [II]

Aéroports	Altitude minimale de secteur (ft)	Altitude de l'aéroport (ft)	Altitude minimale de secteur – Altitude de l'aéroport	Maximum entre 5000 ft et Altitude minimale de secteur – Altitude de l'aéroport
Ivato	9 400	4 198	5 202	5 202
Toamasina	6 400	22	6 378	6 378
Mahajanga	2 600	87	2513	5 000
Nosy Be	4 800	37	4 763	5 000
Tolagnaro	7 600	26	7 574	7 574
Antsiranana	6 900	374	6 526	6 526
Toliary	3 200	29	3 171	5 000
Sainte Marie	2 900	7	2 893	5 000

Remarquons que pour un aéroport donné, il se peut que l'altitude minimale de secteur ne soit pas la même pour tous les secteurs. Les valeurs que nous avons retenues dans le tableau ci-dessus sont les maximums des secteurs pour un aéroport donné.

De manière pratique, s'il s'agit du TAF d'Ivato, tous les chiffres qui suivent les nébulosités doivent être inférieurs ou égaux à 052. Sinon, le format des nuages est incorrect.

7.2.4.2 Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des nuages

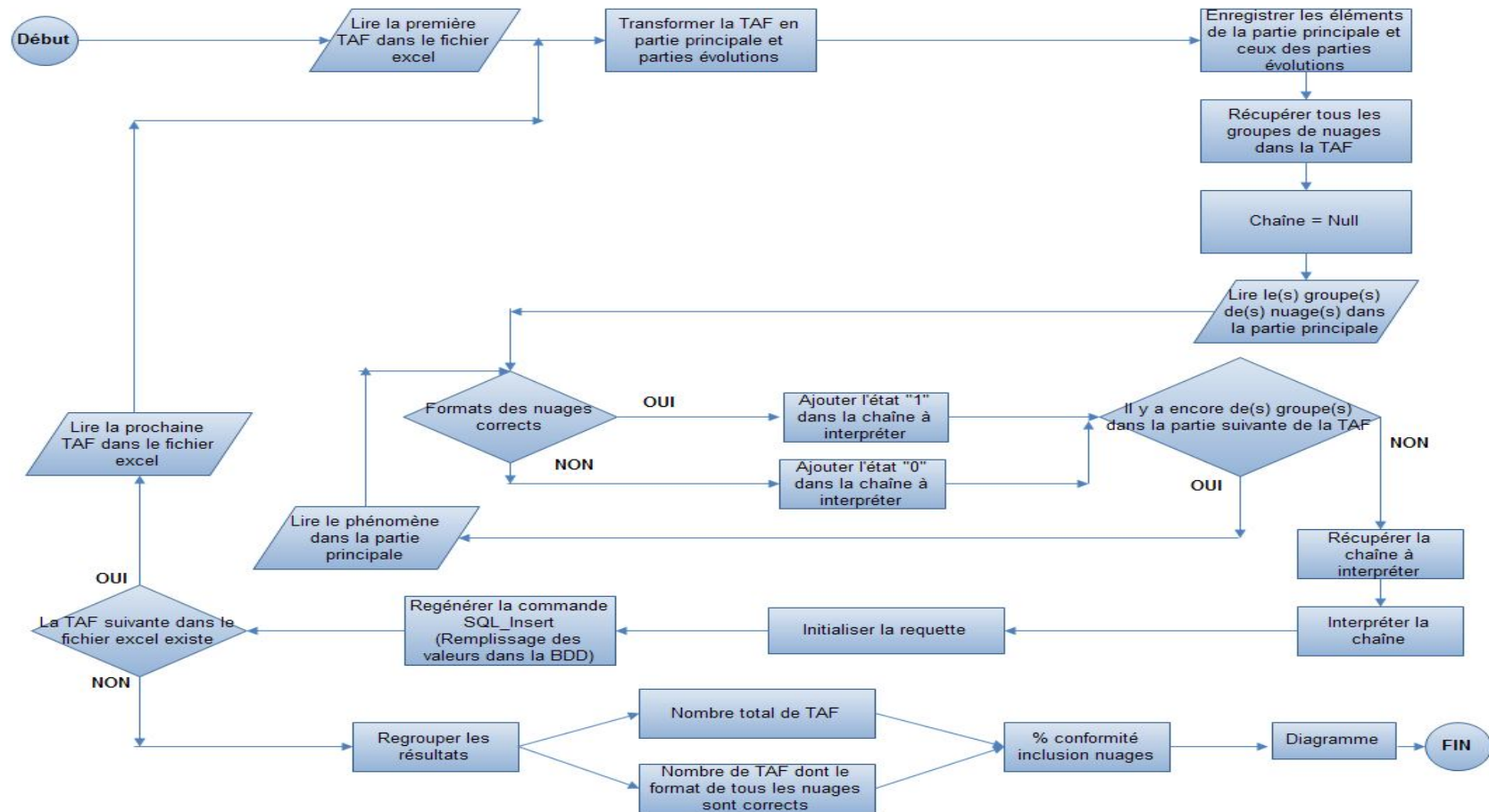


Figure II.6 : Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des nuages

7.2.5 Evaluation de la conformité de l'utilisation de CAVOK

7.2.5.1 Conformité de l'utilisation de CAVOK

Lorsque les conditions ci-après sont prévues exister simultanément, on utilise l'abréviation CAVOK :

- a) Visibilité d'au moins 10 km et visibilité la plus faible non indiquée ;
- b) Absence de nuage significatif du point de vue opérationnel, c'est-à-dire absence de nuage en dessous de 1500 m, ou au dessous de l'altitude minimale de secteur la plus élevée, au cas où celle-ci est supérieure à 1500 m et absence de cumulonimbus ou cumulus bourgeonnant, quelle que soit la hauteur.
- c) Absence de phénomène significatif pour l'aviation. [6], [7], [8], [9],

[10]

Les renseignements relatifs à la visibilité, à la portée visuelle de piste, au temps présent, à la nébulosité, au type des nuages et à la hauteur de leur base correspondant à la partie concernée du message seront remplacés par l'abréviation « CAVOK ».

Ainsi, l'utilisation de CAVOK est conforme si dans une TAF, dans la partie où il y a le groupe CAVOK, il n'y a plus de renseignements concernant la visibilité, phénomène, nuages et s'il y a encore une partie évolution après la partie contenant ce groupe CAVOK, le passage de CAVOK à l'évolution prévue remplit l'un des critères de changement significatif des éléments météorologiques.

La formule donnant le taux de conformité de l'inclusion des nuages est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_utilisation_CAVOK(\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF contenant au moins un groupe CAVOK}}{\text{Nombre total de TAF contenant au moins un groupe CAVOK}} \quad (5)$$

et tous les CAVOK sont utilisés correctement

7.2.5.2 Ordynogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation de CAVOK

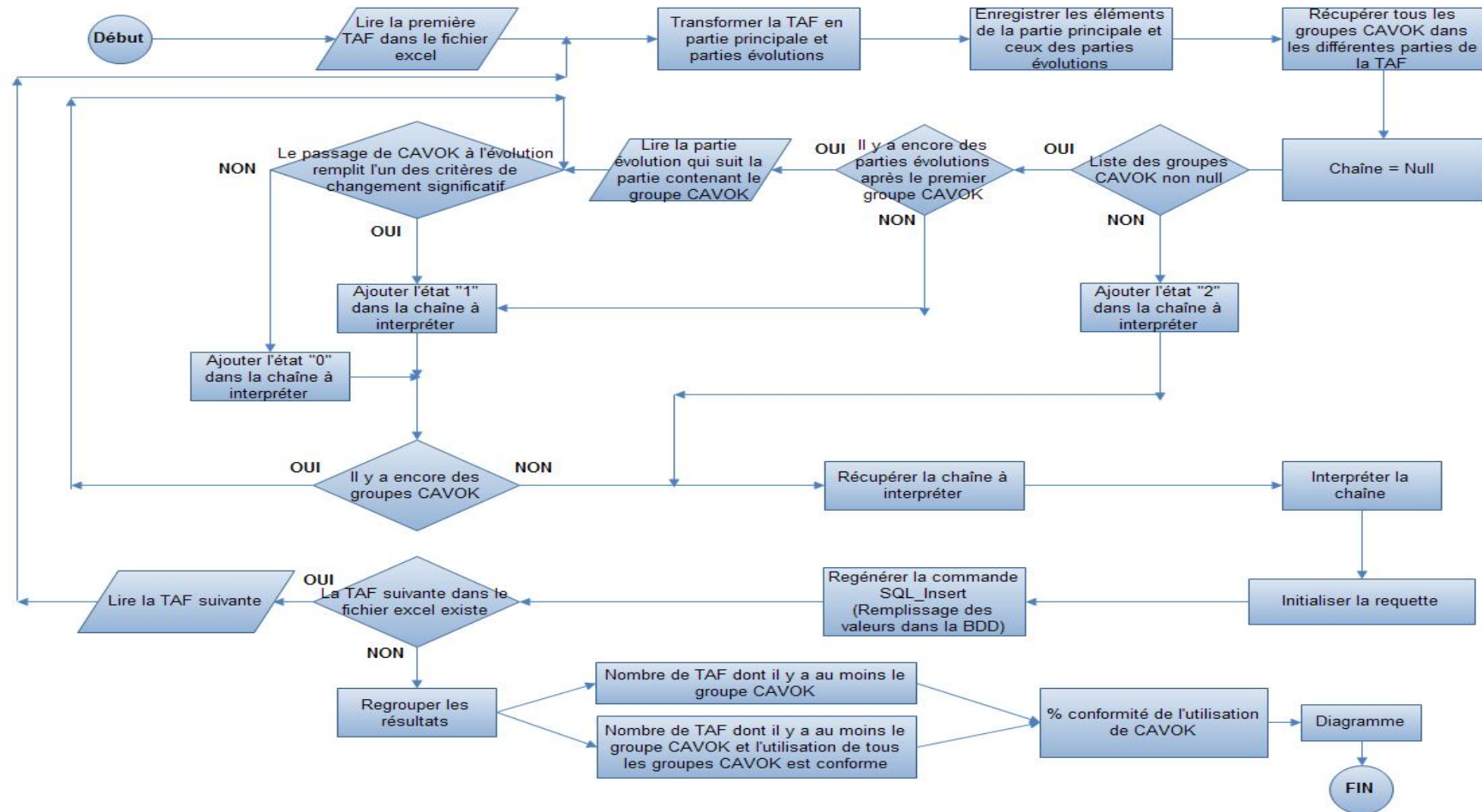


Figure II.7 : Ordynogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation de CAVOK

7.3 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution [6], [7], [8], [9], [10]

On utilise des groupes indicateurs d'évolution lorsqu'il est prévu un changement significatif d'au moins un paramètre ou phénomène météorologique.

En effet, signaler une prévision de changement de paramètre ou phénomène non significatif est inutile car l'effet du changement n'aura aucun impact sur les aéronefs.

Par exemple, si la visibilité est prévue se détériorer jusqu'à 6000 m, il est inutile de le mentionner dans la prévision d'aérodrome car aucune piste dans le monde n'a une longueur dépassant 5000m et si au moment de l'atterrissage, la visibilité descend à 6000m, le pilote dans son cockpit au zone de touchée des roues arrivera à voir le bout de la piste.

Il faudra que le paramètre prévu atteigne ou franchisse un certain seuil ou que le phénomène change d'intensité (forte à modérée ou modérée à faible et vis versa).

En effet, s'il s'agit d'une précipitation faible qui ne réduit même pas la visibilité en dessous de 5000m, elle n'aura aucun impact grave sur le trafic aérien. par suite inutile d'utiliser des groupes indicateurs d'évolution quand un tel phénomène est prévu.

En bref, l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution est conforme si le paramètre ou phénomène qui est prévu changer changera de manière significative. Pour les paramètres, le changement significatif correspond à l'évolution de ce paramètre qui franchira ou atteindra un seuil et pour les phénomènes météorologiques, le changement significatif concerne l'apparition (autre que précipitation faible qui ne réduit pas la visibilité en dessous de 5000m) ou cessation prévue, la variation d'intensité (pour les phénomènes qui ont de l'intensité).

Dans le cas où on prévoit dans une TAF une évolution des paramètres tels que le vent, la visibilité et nuages, cette évolution est significative et son inclusion dans la TAF est conforme si son écart par rapport à la valeur de référence est supérieur ou égal à un seuil.

Si on parcourt la TAF depuis le début, les éléments de références sont ceux de la partie principale. Si on parcourt la suite et on rencontre un indicateur d'évolution de genre TEMPO (il s'agit donc d'une fluctuation temporaire donc à la fin de la période de validité, l'élément prévu changer revient à l'état initial), la valeur de référence de l'élément en question pour la suite de la comparaison restera inchangé. Par contre, si on poursuit le parcours de la TAF, on rencontre un indicateur d'évolution de genre BECMG ou FM (après la fin de la période de validité de l'indicateur d'évolution, l'élément en question deviendra uniforme à la valeur située après l'indicateur d'évolution), la valeur de référence pour la suite du message devient la valeur de l'élément après BECMG.

7.3.1 Evaluation de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent

7.3.1.1 Conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent [6], [7], [8], [9], [10]

L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent est conforme si le vent prévu inclus après l'indicateur d'évolution comparé :

- ✓ Au vent dans la partie principale de la TAF s'il n'y aucune évolution de vent déjà existante commençant par BECMG ;
- ✓ Au vent dans les derniers groupes indicateurs d'évolution commençant par BECMG qui précède le vent prévu en question ;

Satisfait l'un au moins des trois conditions suivantes :

Condition 1:

La valeur absolue de la différence entre la direction de ces deux vents est supérieure ou égale à 60 et la force de l'un au moins des deux vents est supérieure ou égale à 10KT.

Autrement dit :

$$|(ddd)_1 - (ddd)_2| \geq 60 \text{ et } ((ff)_1 \geq 10 \text{ ou } (ff)_2 \geq 10)$$

Où les lettres ddd désignent la direction du vent et les lettres ff désignent la force du vent ;

Les indices 1 et 2 correspondent respectivement au premier et deuxième vent à comparer.

Exemple 1:

TAF FMMI 270500Z 2706/2812 12002KT 9999 FEW016 BECMG 2710/2720 32010KT BECMG 2720/2812 10010KT=

Ici, 12002KT est à comparer avec 32010KT puis 32010KT à comparer avec 10010KT

- Première comparaison : (vent) ₁ = 12002KT à comparer avec (vent) ₂ = 32010KT :
 $(ddd)_2 - (ddd)_1 = 320 - 120 = 200 \geq 60$ et $(ff)_2 = 10 \geq 10$ donc la condition 1 est satisfaite donc l'utilisation de l'indicateur d'évolution de vent est conforme.
- Deuxième comparaison : (vent) ₁ = 32010KT à comparer avec (vent) ₂ = 10010KT $(ddd)_1 - (ddd)_2 = 320 - 100 = 220 \geq 60$ et $(ff)_2 = 10 \geq 10$ donc la condition 2 est satisfaite donc l'utilisation de l'indicateur d'évolution de vent est conforme.

Ainsi, dans cette TAF, toutes les utilisations des indicateurs d'évolution sont conformes.

Condition 2

$$|(ff)_2 - (ff)_1| \geq 10$$

Condition 3

Si l'un au moins entre $(ddd)_1$ et $(ddd)_2$ est VRB et $((ff)_1$ ou $(ff)_2$ est supérieure ou égale à 10).

La formule donnant le taux de conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Evolution_vent(\%)} = 100 \times \frac{\begin{array}{c} \text{Nombre total de TAF où il y a} \\ \text{au moins un indicateur d'évolution} \\ \text{suivi du groupe vent} \\ \text{et ce groupe respecte l'un des conditions} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{Nombre de TAF où il y a} \\ \text{au moins un indicateur d'évolution} \\ \text{suivi du groupe vent} \end{array}} \quad (6)$$

7.3.1.2 Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent

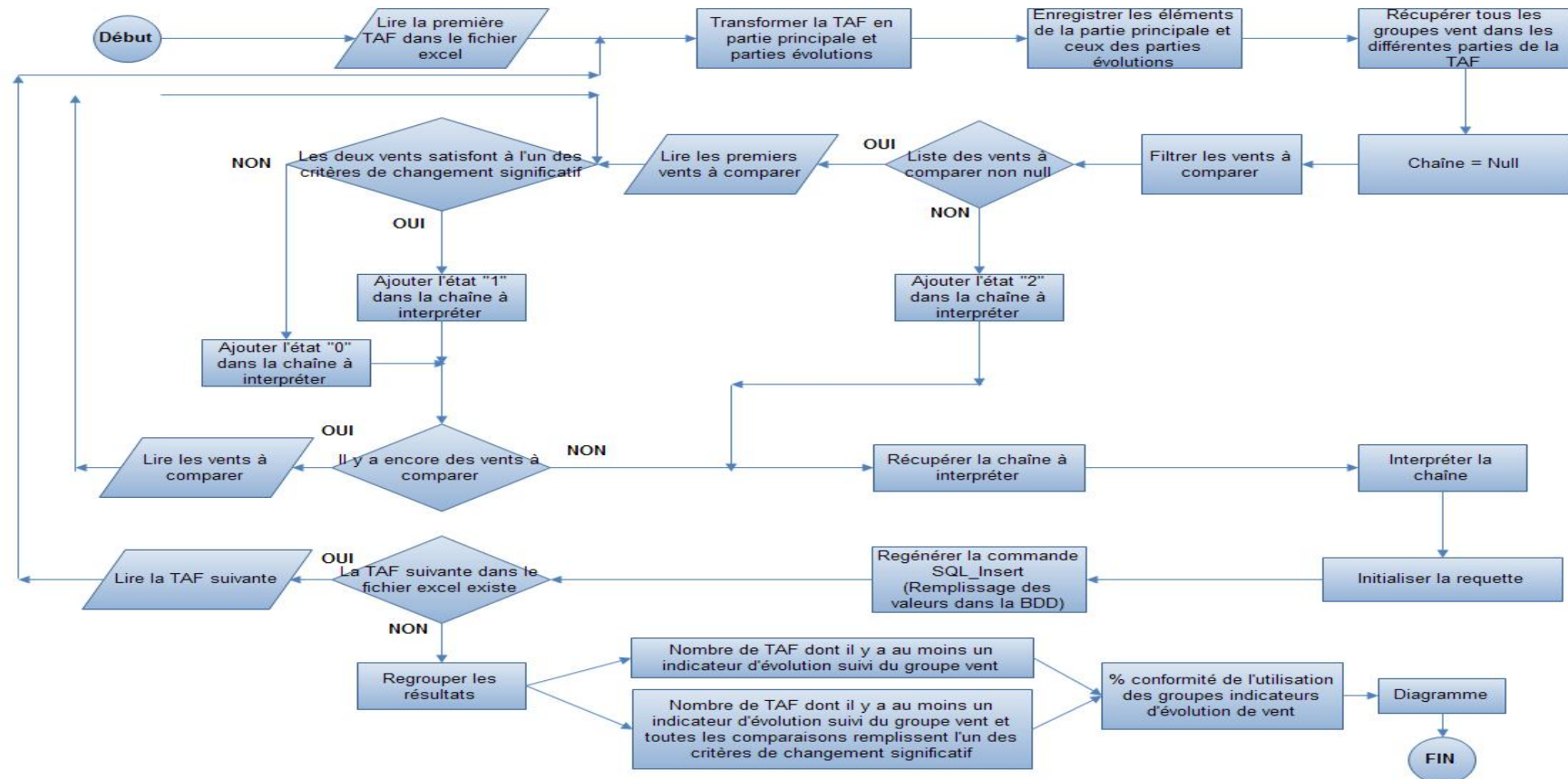


Figure II.8 : Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent

7.3.2 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité

7.3.2.1 Conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité [6], [7], [8], [9], [10]

L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité dans une TAF est conforme si par rapport à la visibilité de référence, la visibilité qui suit le groupe indicateur d'évolution en question s'améliore et atteint ou franchit ou se détériore et franchit les seuils suivants :

- ✓ 0150 ;
- ✓ 0350 ;
- ✓ 0600 ;
- ✓ 0800 ;
- ✓ 1500 ;
- ✓ 3000;
- ✓ 5000.

La formule donnant le taux de conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_Evolution_visibilité(\%)} = 100 \times \frac{\begin{array}{c} \text{Nombre de TAF où il y a} \\ \text{au moins un indicateur d'évolution} \\ \text{suivi du groupe visibilité} \\ \text{et ce groupe respecte l'un des critères} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{Nombre de TAF où il y a} \\ \text{au moins un indicateur d'évolution} \\ \text{suivi du groupe visibilité} \end{array}} \quad (7)$$

7.3.2.2 Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité

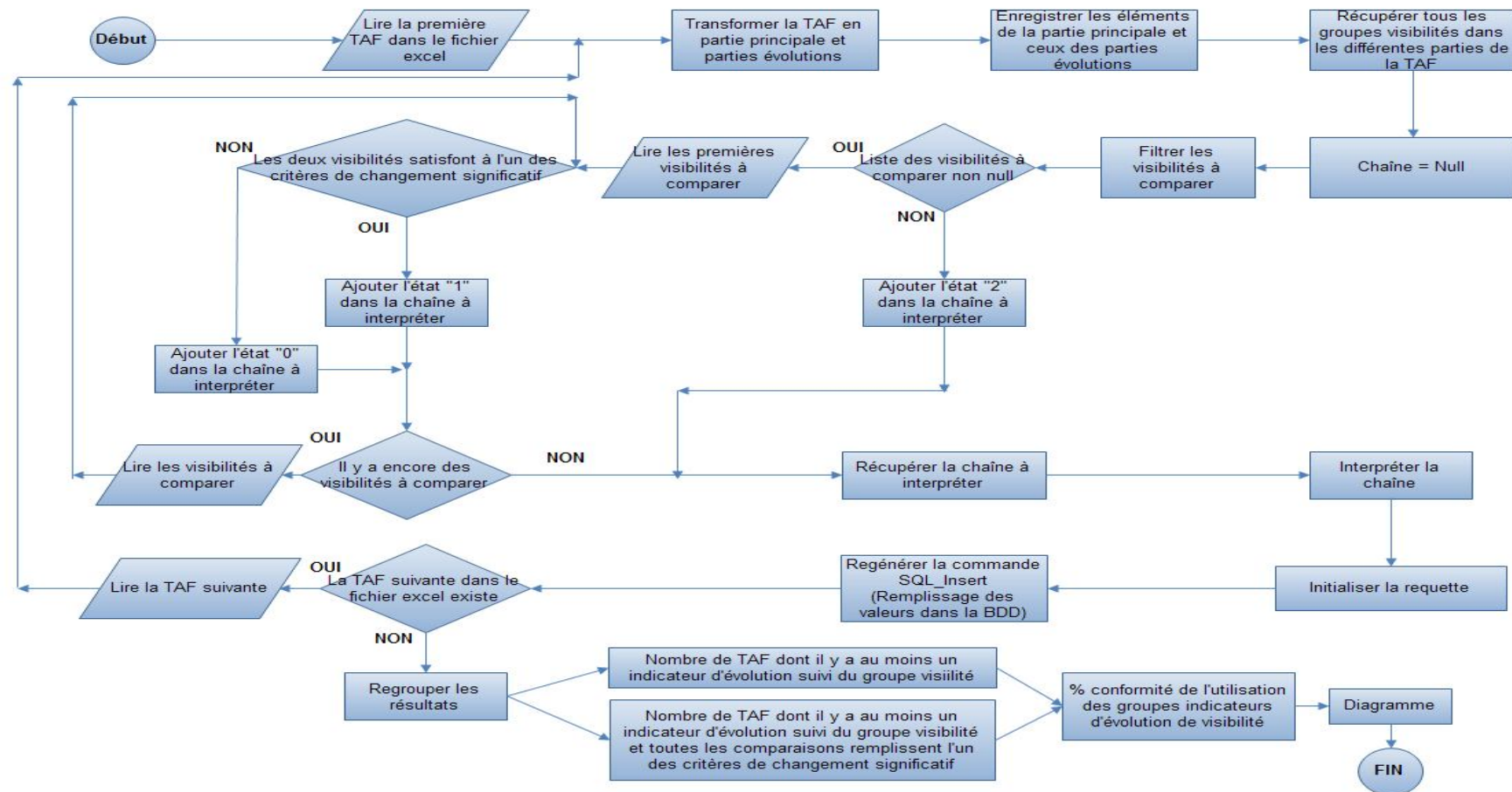


Figure II.9 : Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité

7.3.3 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution du phénomène

7.3.3.1 Conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution du phénomène [6], [7], [8], [9], [10]

On a à faire ici à comparer deux phénomènes (qui peut être éventuellement inexistante) : phénomène dans la partie de référence et phénomène dans la partie évolution en question. Comme dans le cas des paramètres météorologiques prévus, on parcourt la TAF depuis le début. Le premier phénomène de référence est le phénomène dans la partie principale (qui est généralement inexistant). Ensuite, si le groupe indicateur d'évolution (s'il y en a) qui le suit est de genre **TEMPO**, le phénomène de référence reste inchangé par la suite. Par contre, si on rencontre un groupe indicateur d'évolution de genre **BECMG** ou **FM**, on fait d'abord la comparaison et pour la suite (s'il y en a), le phénomène de référence sera celui après ce dernier indicateur d'évolution.

L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution du phénomène est conforme s'il satisfait à l'un des conditions suivantes :

Condition 1

Dans la référence, il n'y a pas de phénomène prévu et que dans la partie évolution, il y a un phénomène significatif.

Condition2

Dans les deux parties à comparer (phénomène dans partie référence et phénomène dans la partie évolution en question), il y a deux phénomènes différentes et l'un au moins de ces deux phénomènes est significatif.

Condition 3

Il y a un phénomène significatif dans la partie de référence et dans la partie évolution, le phénomène est « **NSW** » qui désigne la fin prévue du phénomène significatif de référence.

Ainsi, le taux de conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution du phénomène est obtenu à partir de la formule suivante :

$$\text{Taux_conformité_Evolution_phénomène (\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un indicateur d'évolution suivi du groupe phénomène et ce groupe respecte l'un des conditions}}{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un indicateur d'évolution suivi du groupe phénomène}} \quad (8)$$

7.3.3.2 Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de phénomène

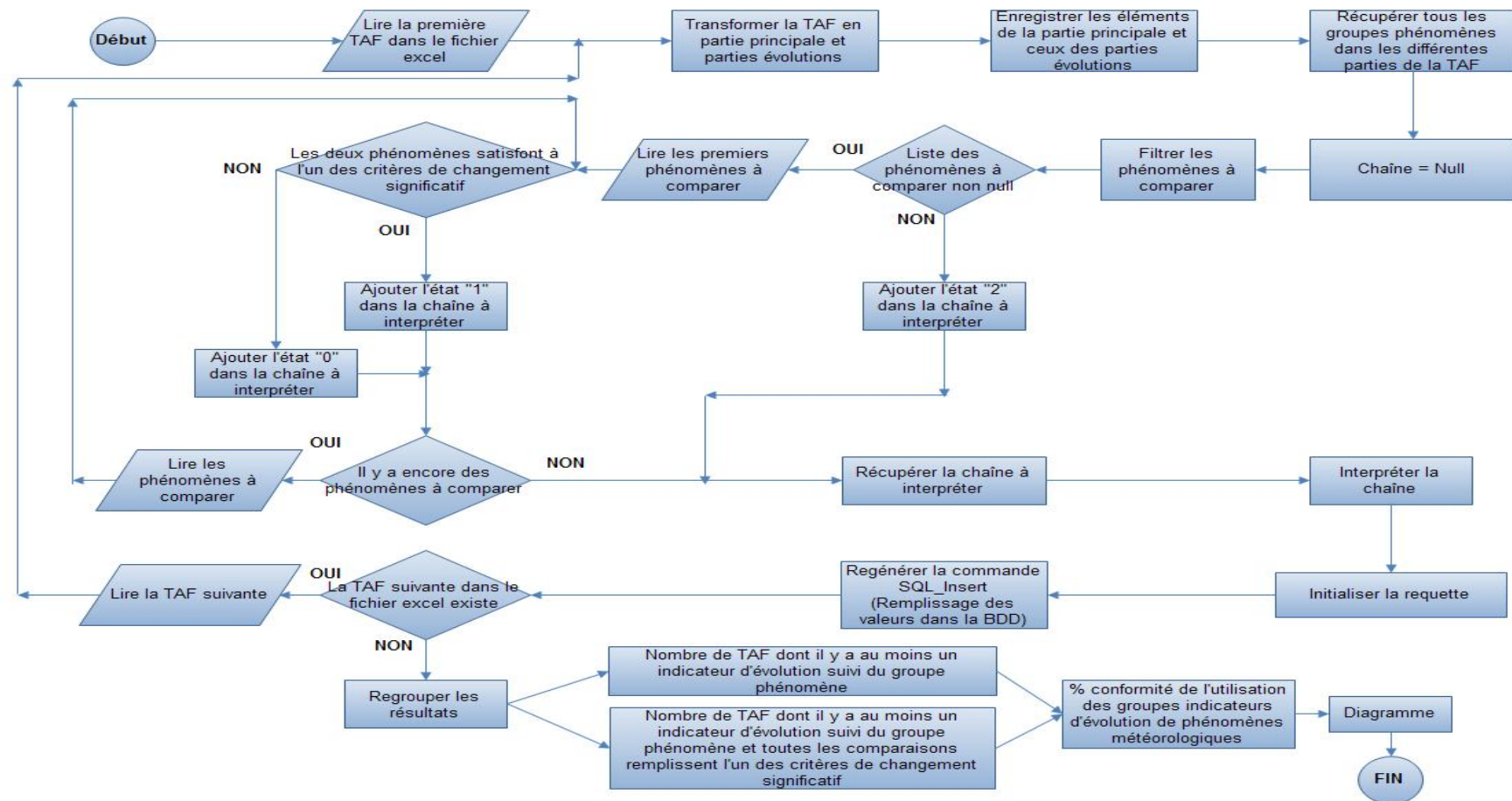


Figure II.10 : Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de phénomène

7.3.4 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages

2.3.4.1 Conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages [6], [7], [8], [9], [10]

Il S'agit ici de comparer deux groupes de nuages : l'un est le groupe de nuage de référence (au début, le groupe de nuage de référence est le groupe de nuage dans la partie principale de la TAF et lors de la deuxième comparaison, si l'indicateur d'évolution qui précède est de genre **TEMPO**, le nuage de référence reste le même mais si l'indicateur d'évolution est **BECMG** ou **FM**, après la comparaison, le nuage de référence pour la comparaison suivante devient celui après le dernier **BECMG** ou **FM**).

L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages est conforme si la comparaison entre les deux groupes de nuage satisfait l'un au moins des conditions suivantes :

Condition 1

$[(h_s h_s h_s)_1 < 015 \text{ ou } (h_s h_s h_s)_2 < 015]$ et $[(N_s N_s N_s)_1 = \text{FEW ou SCT ou NSC}]$ et $[(N_s N_s N_s)_2 = \text{BKN ou OVC}]$

Condition 2

$[(h_s h_s h_s)_1 < 015 \text{ ou } (h_s h_s h_s)_2 < 015]$ et $[(N_s N_s N_s)_1 = \text{BKN ou OVC}]$ et $[(N_s N_s N_s)_2 = \text{FEW ou SCT ou NSC}]$

Condition 3

$[(N_s N_s N_s)_1 = \text{BKN ou OVC}]$ et $[(N_s N_s N_s)_2 = \text{BKN ou OVC}]$ et :

Soit $(h_s h_s h_s)_1 < 001$ et $(h_s h_s h_s)_2 \geq 001$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 < 002$ et $(h_s h_s h_s)_2 \geq 002$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 < 005$ et $(h_s h_s h_s)_2 \geq 005$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 < 010$ et $(h_s h_s h_s)_2 \geq 010$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 < 015$ et $(h_s h_s h_s)_2 \geq 015$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 \geq 001$ et $(h_s h_s h_s)_2 < 001$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 \geq 002$ et $(h_s h_s h_s)_2 < 002$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 \geq 005$ et $(h_s h_s h_s)_2 < 005$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 \geq 010$ et $(h_s h_s h_s)_2 < 010$;

Soit $(h_s h_s h_s)_1 \geq 015$ et $(h_s h_s h_s)_2 < 015$.

Ainsi, la formule donnant le taux de conformité de l'utilisation des groupes indicateur d'évolution des nuages est la suivante :

$$Taux_conformité_évolution_nuage(\%) = 100 \times \frac{\begin{array}{c} \text{Nombre de TAF où il y a} \\ \text{au moins un indicateur d'évolution} \\ \text{suivi du groupe nuage} \\ \text{et la comparaison de tous les groupes de nuage} \\ \text{avec celui de référence} \\ \text{satisfait l'un des conditions} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{Nombre de TAF où il y a} \\ \text{au moins un indicateur d'évolution} \\ \text{suivi du groupe nuage} \end{array}} \quad (9)$$

Remarque

Dans le code, quand il est prévu un ciel invisible, on ne chiffre pas les nuages mais on utilise le groupe **VV** $h_s h_s h_s$ à la place des nuages. Dans les données de TAF que nous avons eu à traiter, aucune TAF ne prévoit un ciel invisible, c'est pourquoi, nous n'avons pas traité l'évaluation de la conformité de ce groupe.

7.3.4.2 Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages

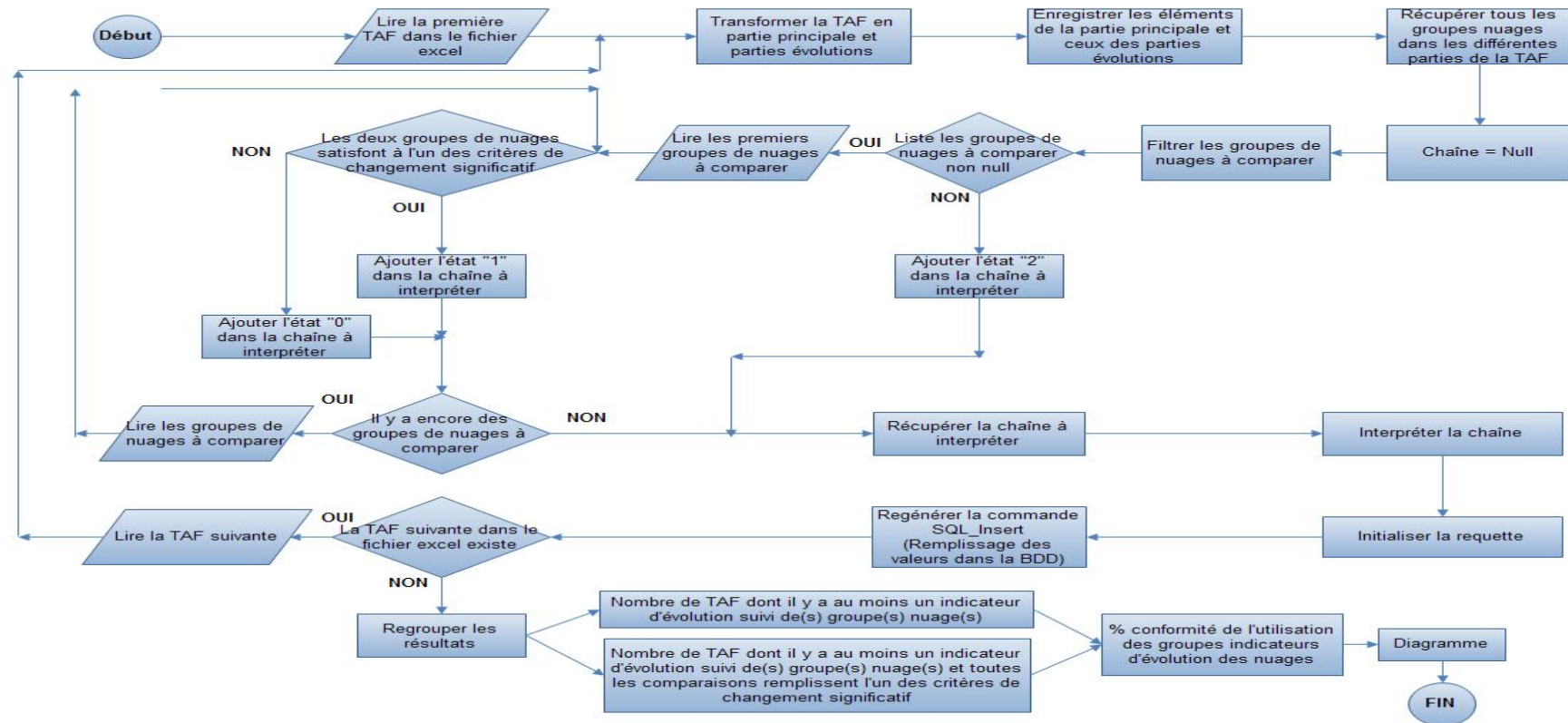


Figure II.11 : Ordinoigramme d'évaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages

7.3.5 Evaluation de la cohérence entre les éléments prévus [6], [9], [16]

7.3.5.1 Eléments prévus cohérents

Il est essentiel d'évaluer la cohérence entre les éléments prévus. Plus précisément, il s'agit d'évaluer si, dans le cas où on prévoit un phénomène, ce phénomène prévu se concorde bien avec les autres paramètres prévus tels que la visibilité, les nuages. Par exemple, on ne peut pas avoir un orage sans le nuage de genre cumulonimbus donc si on prévoit un orage dans une TAF, on doit également prévoir la formation des cumulonimbus.

Voici les concordances obligatoires en fonction du phénomène prévu :

1^e cas

Si le phénomène prévu est parmi **TS** (orage) ou **TSRA** (orage avec pluie) ou **SQ** (grain) ou **DS** ou **SS** alors le nuage en cours doit contenir un **CB**.

2^e cas

Si le phénomène prévu est parmi **HZ** (brume sèche) ou **BR** (brume humide) ou **FU** (fumée) ou **DU** (poussière) alors la visibilité prévue doit être comprise entre 1000m et 5000m.

3^e cas

Si le phénomène prévu est **FG** (brouillard) alors la visibilité doit être strictement inférieure à 1000m.

Ainsi, la formule donnant le pourcentage des TAF dont les éléments prévus sont cohérent est la suivante :

$$\text{Taux_Cohérence_entre_les_éléments_prévus(\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un indicateur d'évolution suivi du groupe phénomène et ce phénomène doit être cohérent avec la visibilité ou les nuages}}{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un indicateur d'évolution suivi du groupe phénomène}} \quad (10)$$

7.3.5.2 Ordinogramme d'évaluation du taux des TAF dont les éléments prévus sont cohérents

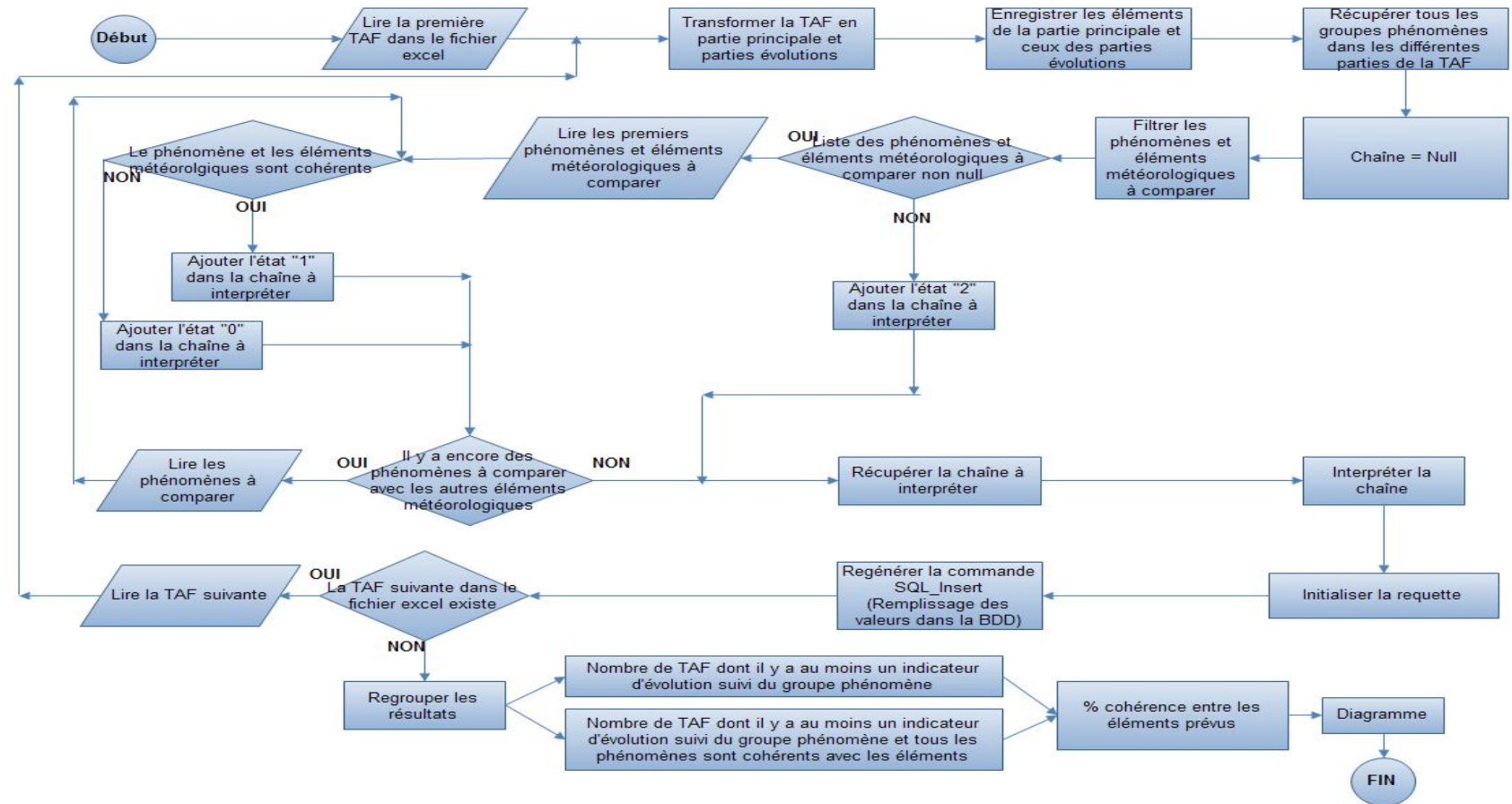


Figure II.12 : Ordinogramme d'évaluation du taux des TAF dont les éléments prévus sont cohérents

7.4 Evaluation de la conformité de l'utilisation groupe probabilité

7.4.1 Conformité de l'utilisation des groupes probabilités [6], [7], [8], [9], [10]

L'utilisation groupe probabilité dans une TAF est conforme si tous les groupes de probabilités sont parmi l'un des formats suivants :

- ✓ **PROB30 TEMPO.....**
- ✓ **PROB40 TEMPO...**
- ✓ **PROB30**
- ✓ **PROB40.....**
- ✓ **BECMG**
- ✓ **FM**

Et la période de validité qui suit les formats précédents doivent être inclus dans la période de validité de la TAF et s'il s'agit de **BECMG**, la période de validité qui le suit doit être inférieure ou égale à quatre heures.

Ainsi, la formule donnant le taux de conformité de l'utilisation des groupes probabilités est la suivante :

$$\text{Taux_conformité_utilisation_groupe_probabilité(\%)} = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un groupe de probabilité et l'utilisation des groupes de probabilité est conforme}}{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un groupe de probabilité}} \quad (11)$$

7.4.2 Ordinoigramme d'évaluation du taux de conformité de l'utilisation des groupes de probabilité

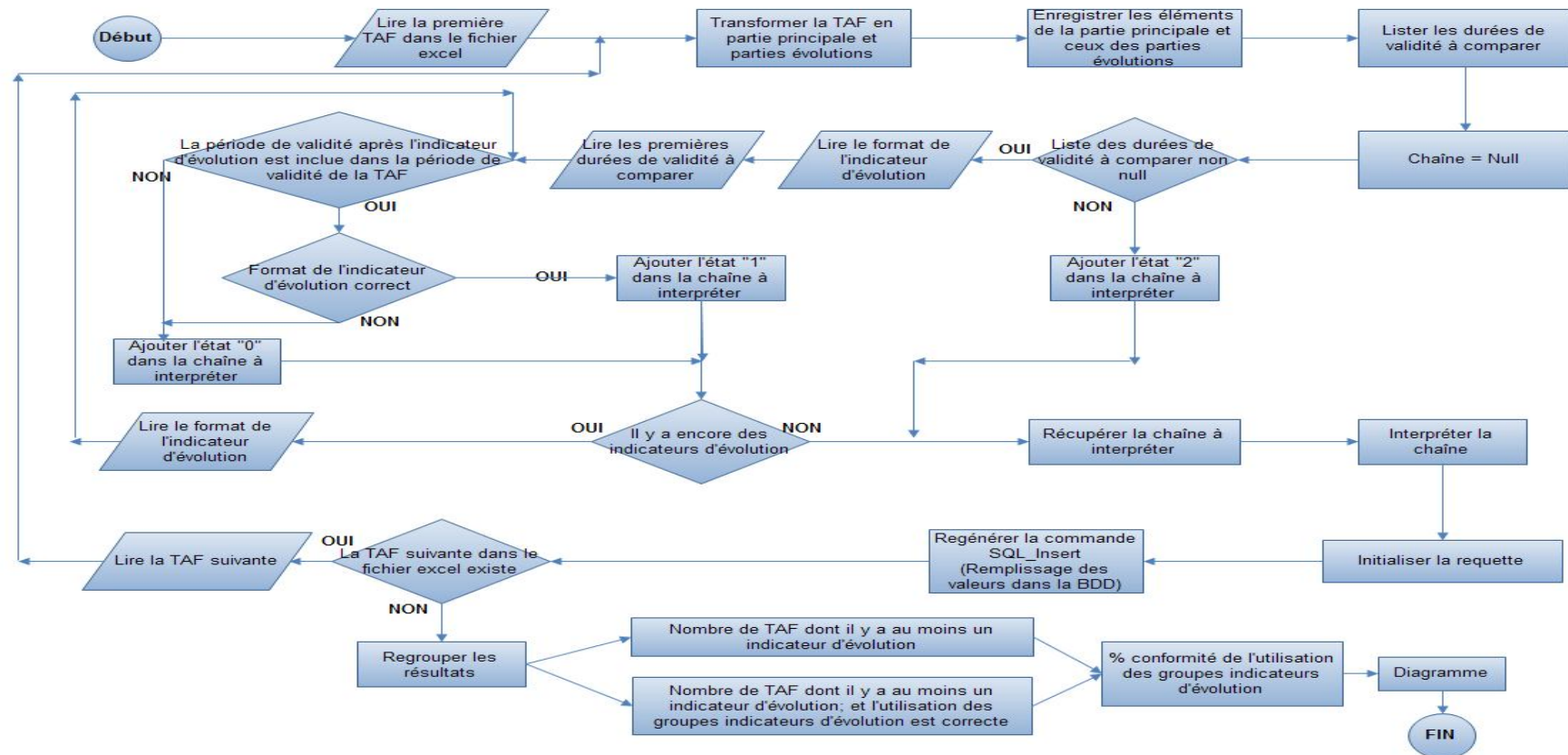


Figure II.13 : Ordinoigramme d'évaluation du taux de conformité de l'utilisation des groupes de probabilité

7.5 Evaluation de la conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité

7.5.1 Conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité [6], [7], [8], [9], [10]

Le nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité est conforme s'il est ne dépasse pas cinq.

Ainsi, la formule donnant le taux de conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité est la suivant :

$$Taux_conformité_nombreIndicateurEvolution(\%) = 100 \times \frac{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un indicateur d'évolution et ne dépassant pas cinq indicateurs}}{\text{Nombre de TAF où il y a au moins un indicateur d'évolution}} \quad (12)$$

7.5.2 Ordinogramme d'évaluation du taux de conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité

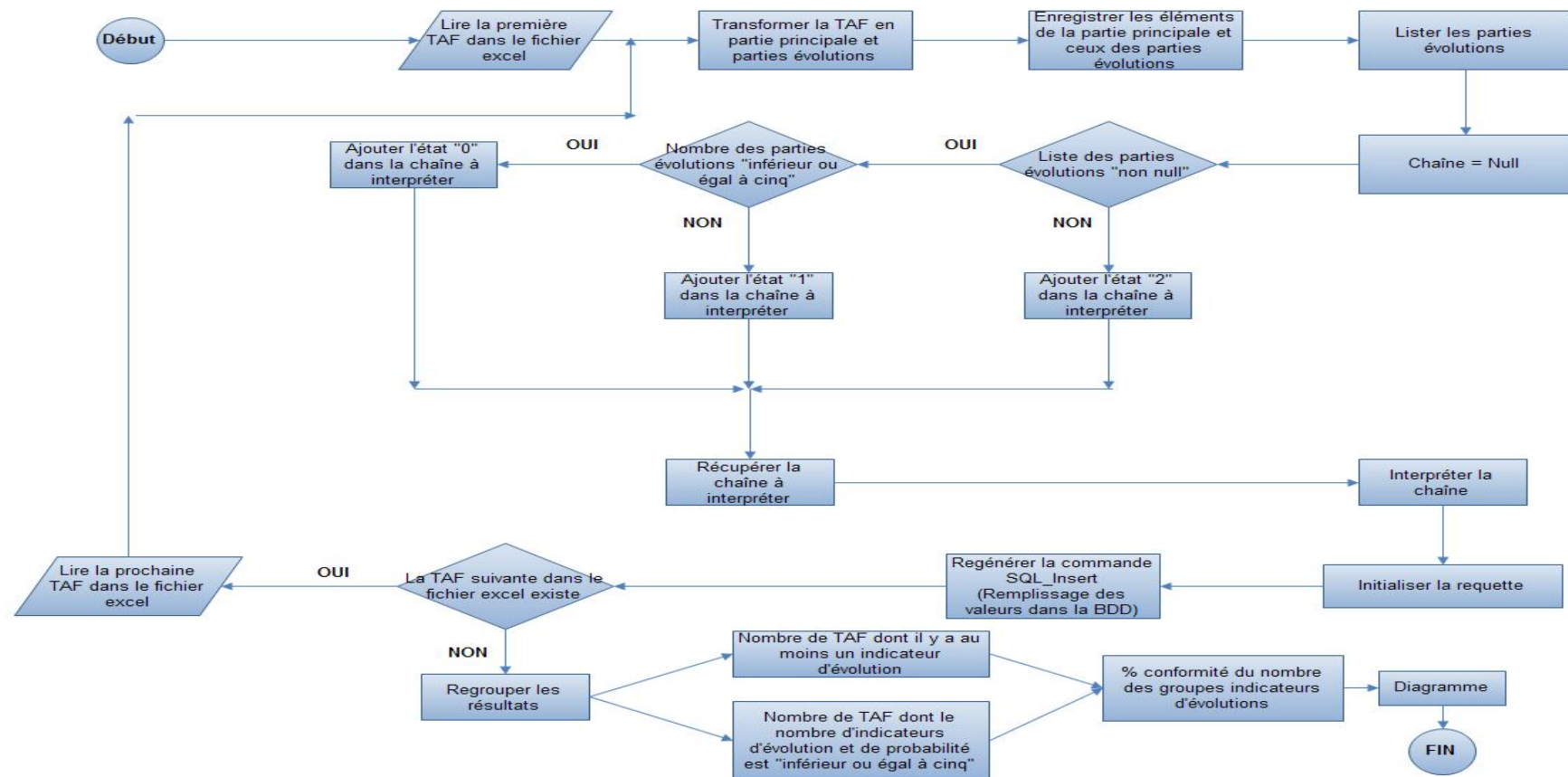


Figure II.14 : Ordinogramme d'évaluation du taux de conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité

7.6 Evaluation de la conformité des TAF

7.6.1 Définition d'une TAF conforme

Une TAF est conforme si elle est conforme pour tous les points du paragraphe 2.1 à 2.5.

Le logiciel que nous avons conçu utilise une base de données. Dans cette base de données, nous avons utilisé une seule table nommée « évaluation ». Pour chaque TAF insérée dans un enregistrement (ligne), quand on lance le logiciel, les valeurs dans les champs (colonnes) correspondantes sont soit un soit zéro soit deux. Un quand c'est conforme, zéro quand c'est non conforme et 2 lorsque dans la TAF en question, il n'y a pas d'indicateur d'évolution du paramètre ou du phénomène en question.

Ainsi, ça nous a permis de vérifier s'il n'y a pas de défaillance au niveau de la programmation.

Dans la table « evaluation », une TAF conforme est une TAF dont tous les éléments de la ligne contenant cette TAF sont tous différents de zéro (soit un soit deux).

Le Logiciel donnera ensuite le taux de conformité des TAF pour chaque aéroport dans l'intervalle spécifiée par l'utilisateur.

La formule suivante nous donne le taux de conformité des TAF :

$$Taux_TAF_conforme (\%) = 100 \times \frac{Nombre\ de\ TAF\ conforme}{Nombre\ total\ de\ TAF} \quad (13)$$

7.6.2 Schéma conceptuel de l'évaluation de la conformité des TAF

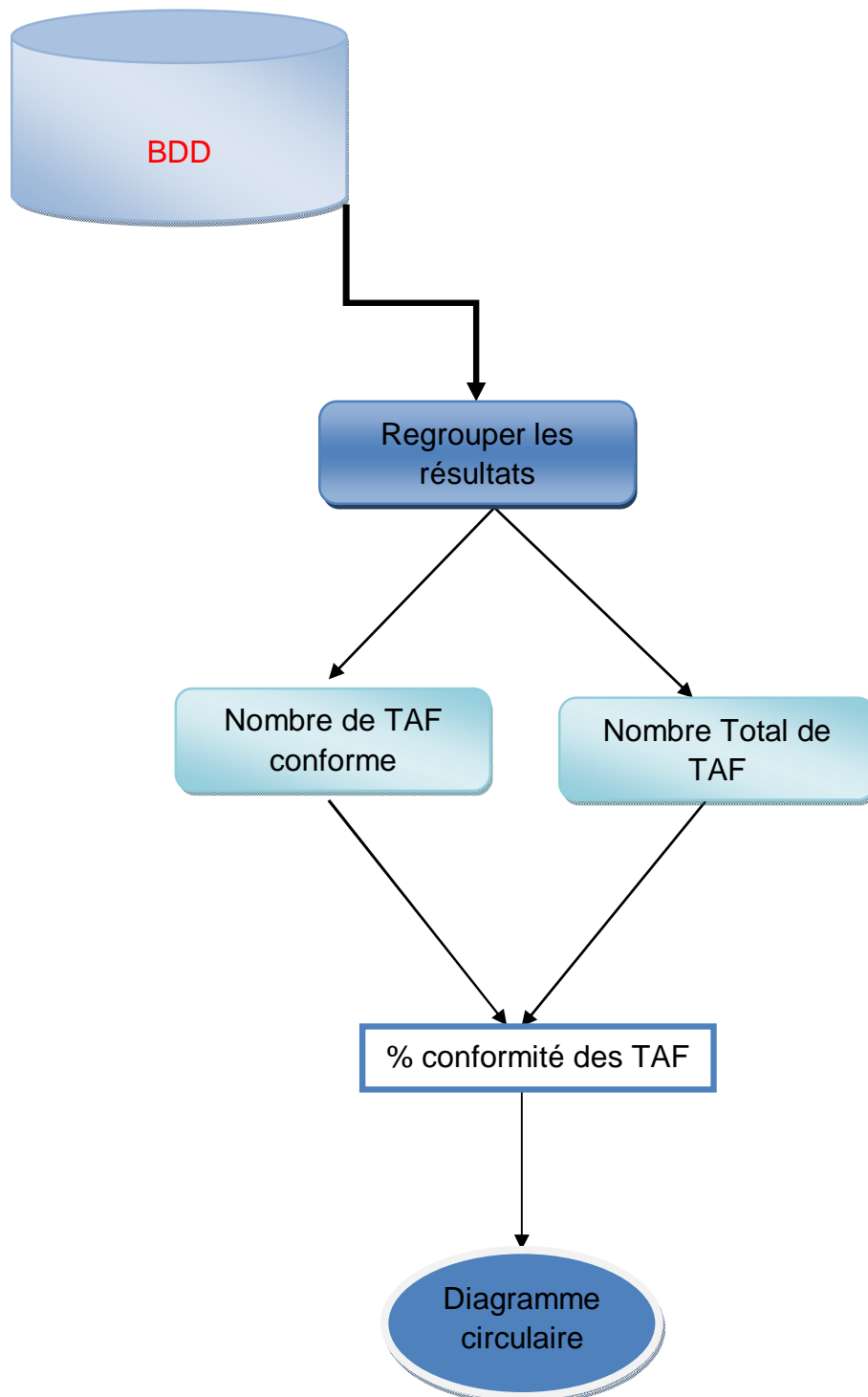


Figure II.15 : Schéma conceptuel de l'évaluation de la conformité des TAF

Chapitre 8 Résultats et interprétations

8.1 Résultats intermédiaires.

Les résultats intermédiaires sont les résultats de l'évaluation de la conformité :

- De la forme des TAF ;
- L'inclusion de vent de surface ;
- L'inclusion de la visibilité ;
- L'inclusion des phénomènes météorologiques ;
- L'inclusion des nuages ;
- L'utilisation de CAVOK ;
- L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent;
- L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité;
- L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de des phénomènes météorologiques;
- L'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages ;
- Cohérence entre les éléments prévus ;
- L'utilisation de groupe de probabilités
- Nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité

Le logiciel que nous avons conçu donne directement les diagrammes en battons de ces différents pourcentages.

8.1.1 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Ivato

La figure ci-dessous nous donne les résultats de l'évaluation durant les cinq dernières années pour l'aérodrome d'Ivato.

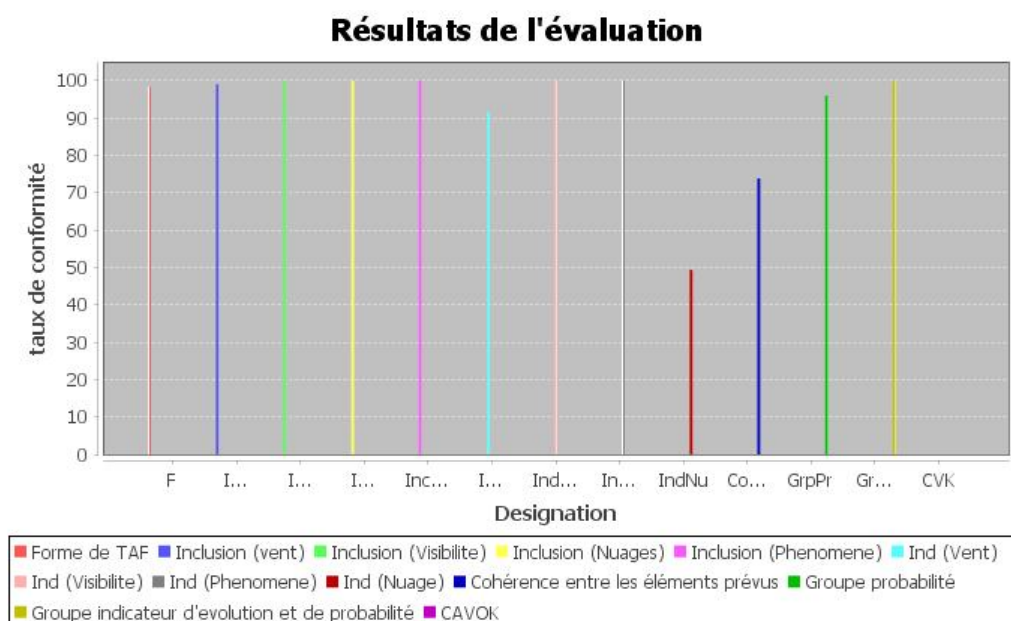


Figure II. 16 : Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Ivato (FMMI)

8.1.2 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toamasina

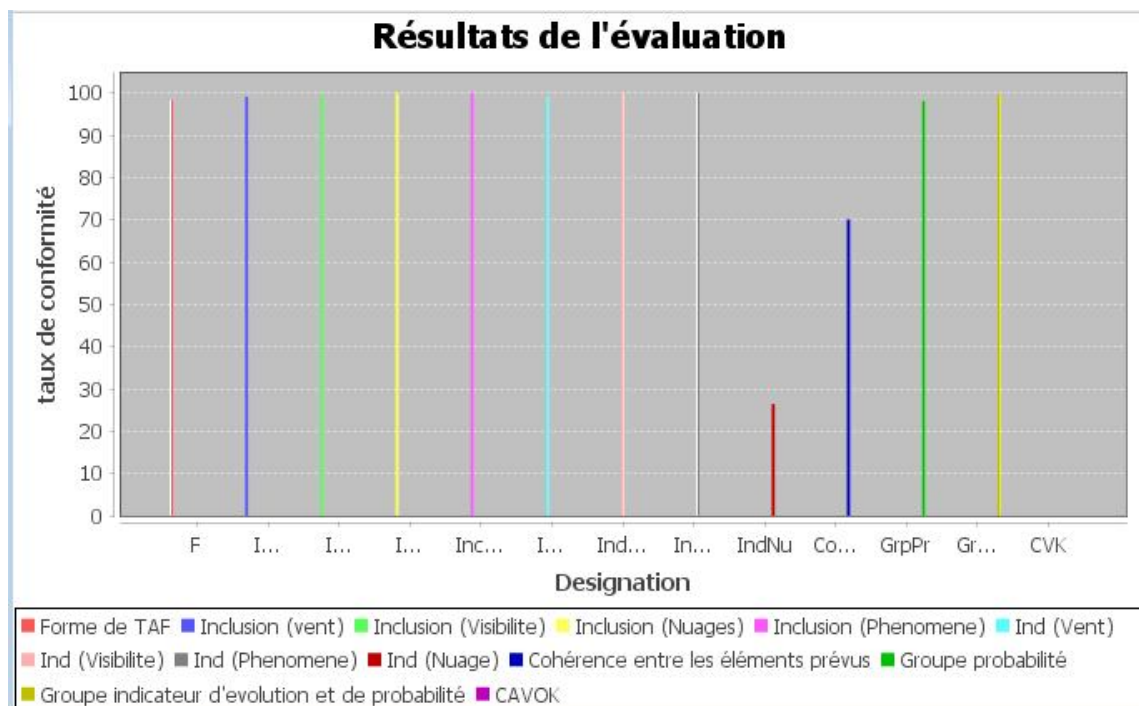


Figure II.17: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toamasina (FMMT)

8.1.3 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Mahajanga

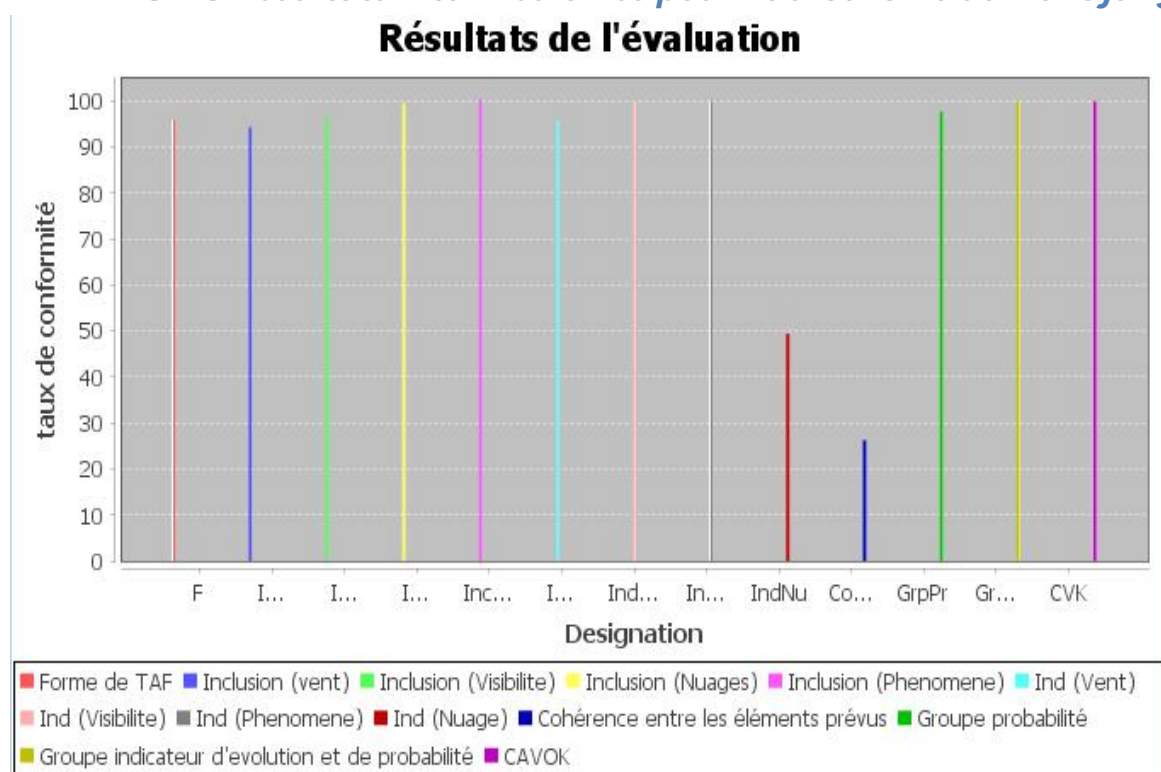


Figure II.18: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Mahajanga (FMNM)

8.1.4 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Nosy Be

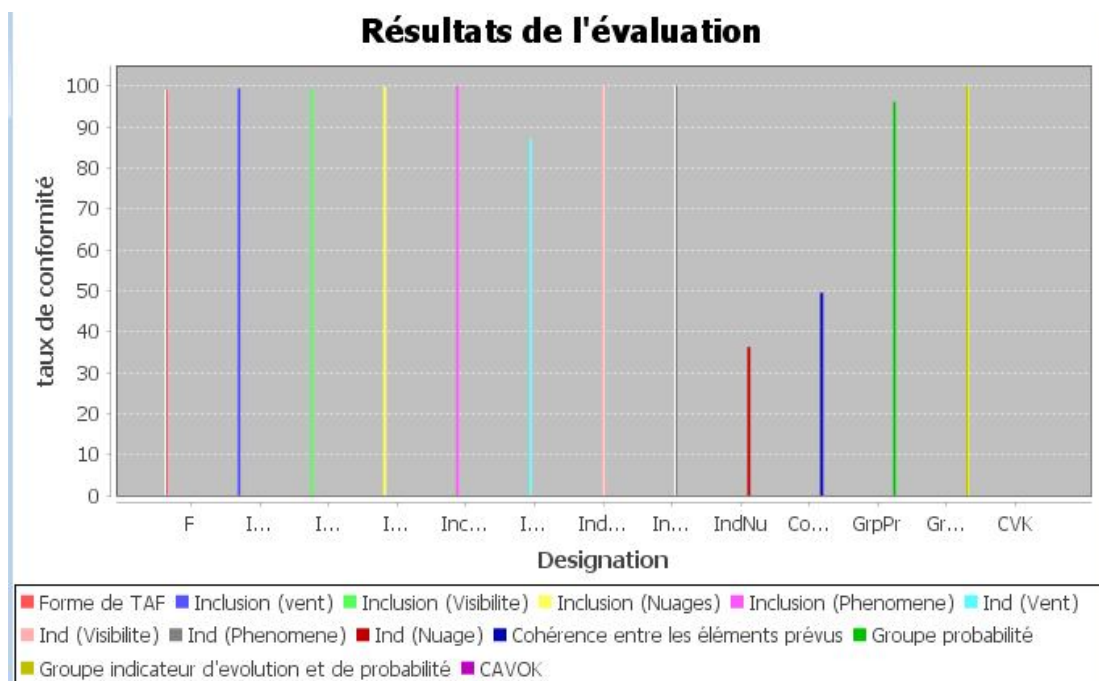


Figure II.19: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Nosy Be(FMNN)

8.1.5 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Taolagnaro

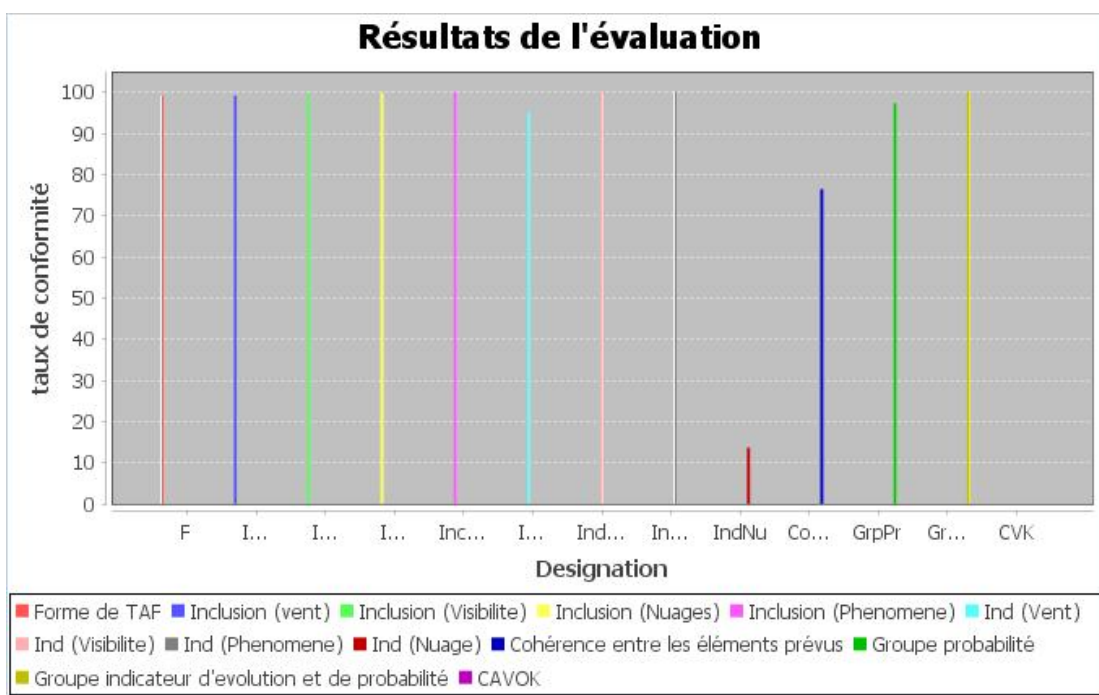


Figure II.20: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Taolagnaro (FMSD)

8.1.6 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Antsiranana

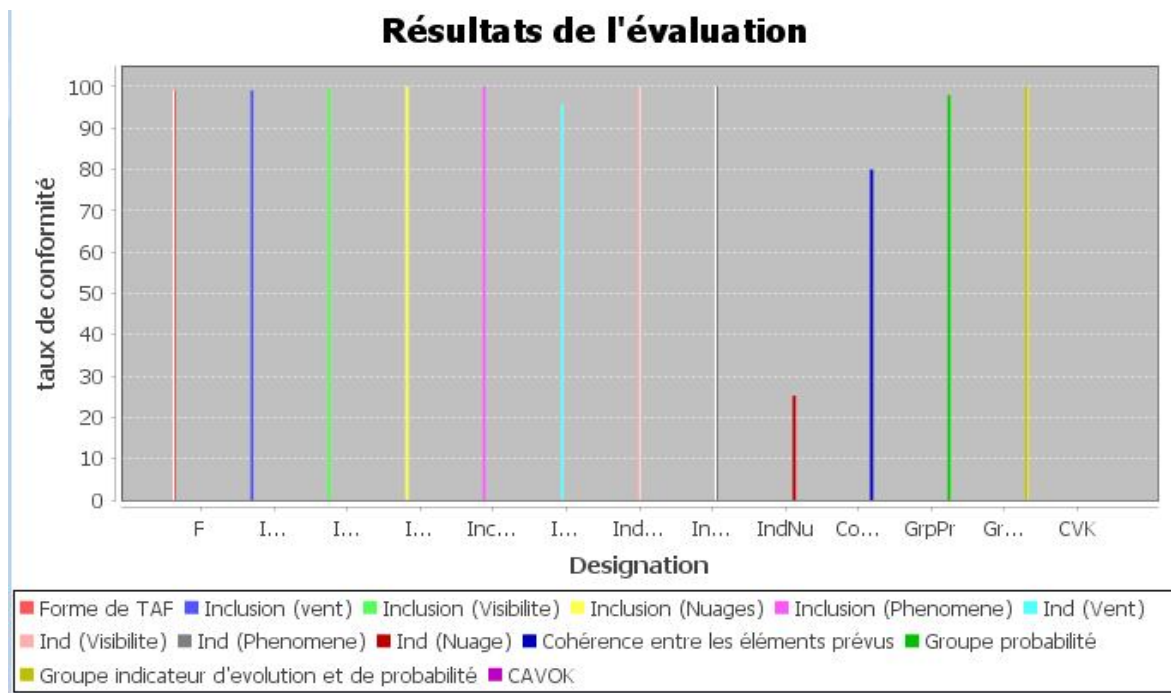


Figure II.21: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Antsiranana (FMNA)

8.1.7 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toliary

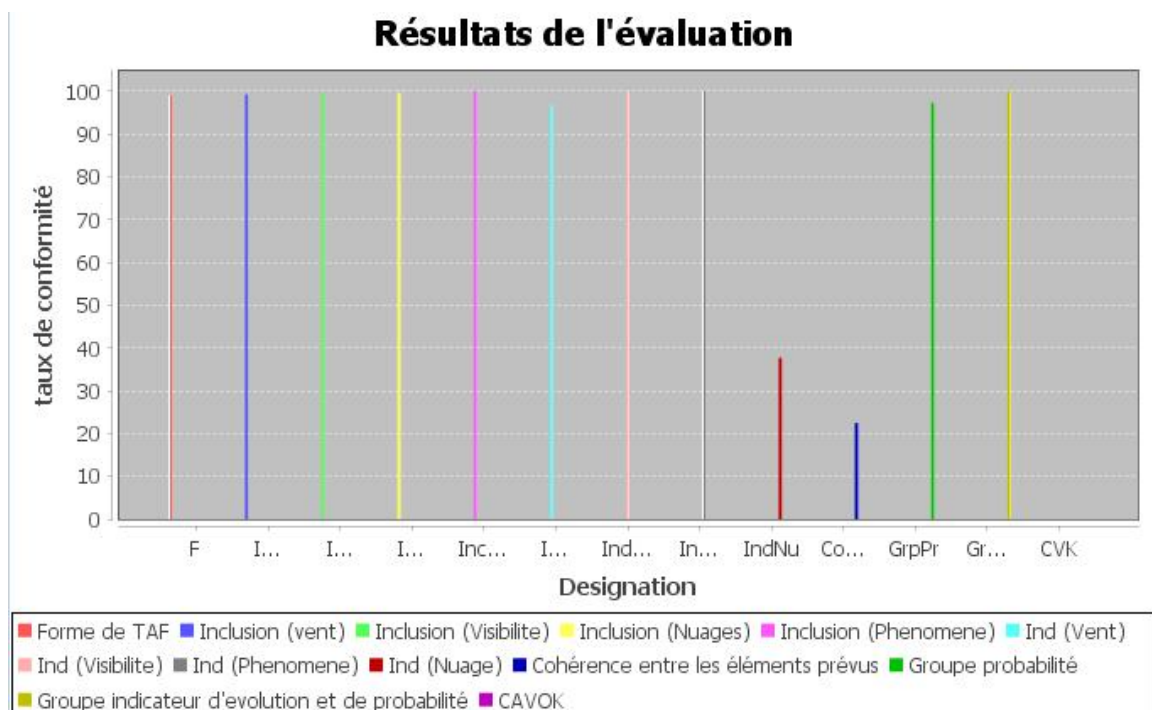


Figure II.22: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toliary (FMST)

8.1.8 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Sainte Marie

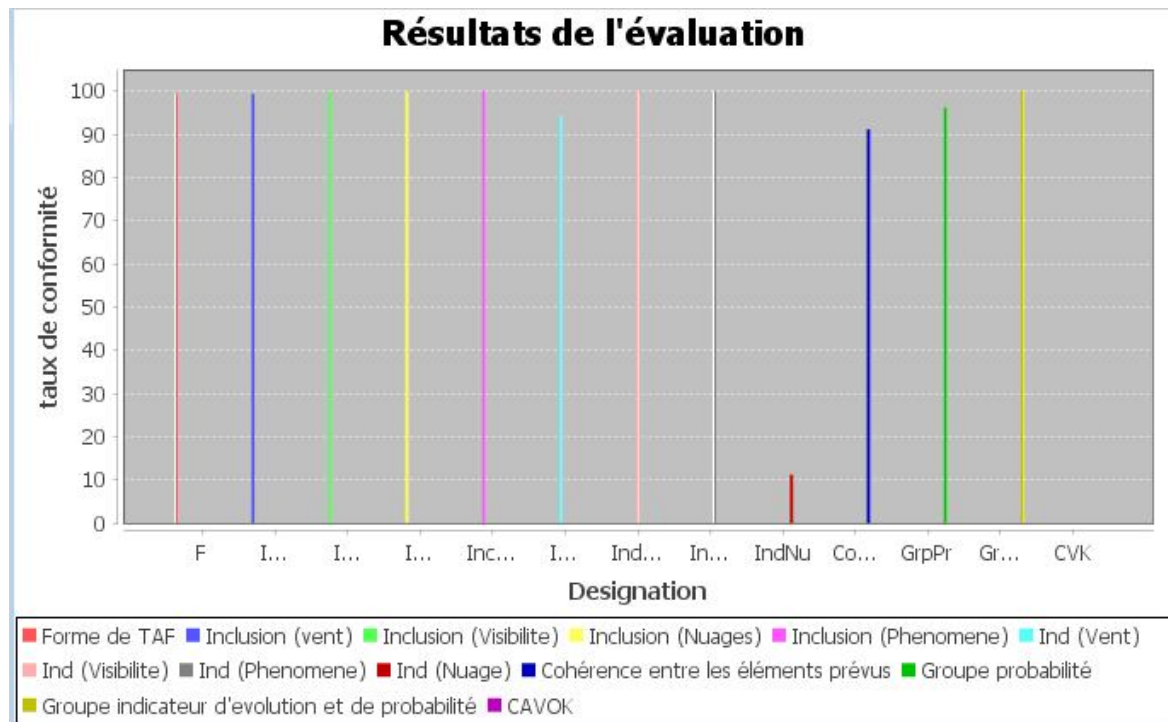


Figure II.23: Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Sainte Marie (FMMS)

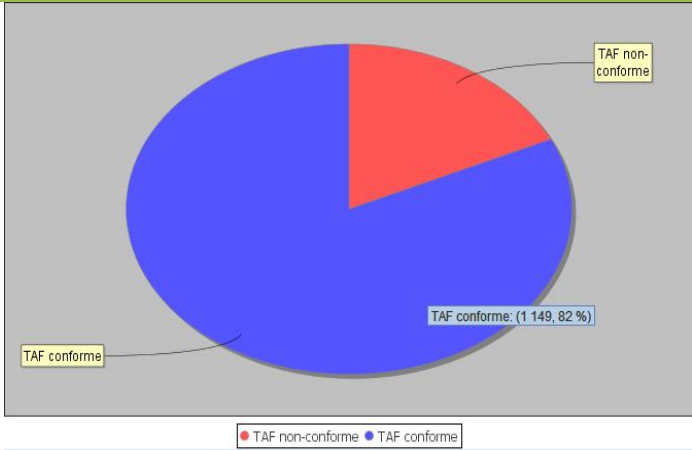
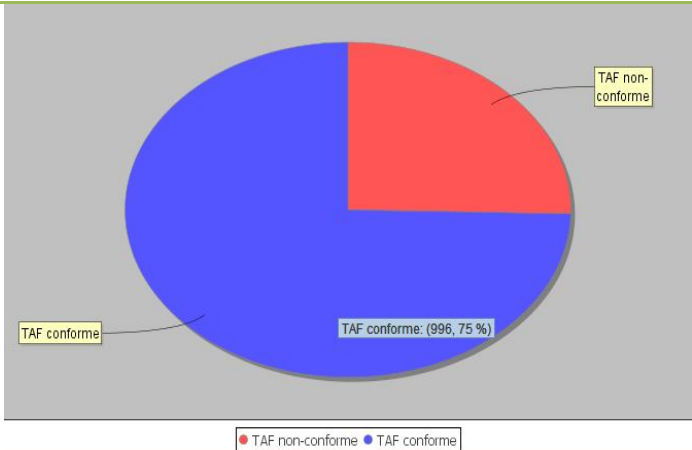
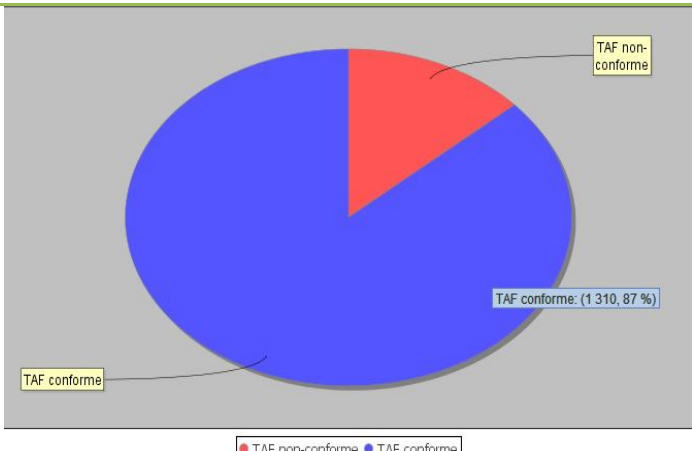
8.2 Résultats finaux

Les résultats finaux sont les résultats de l'évaluation de la conformité des prévisions d'aérodrome. Le logiciel que nous avons conçu nous donne un diagramme circulaire du taux de conformité des prévisions d'aérodrome.

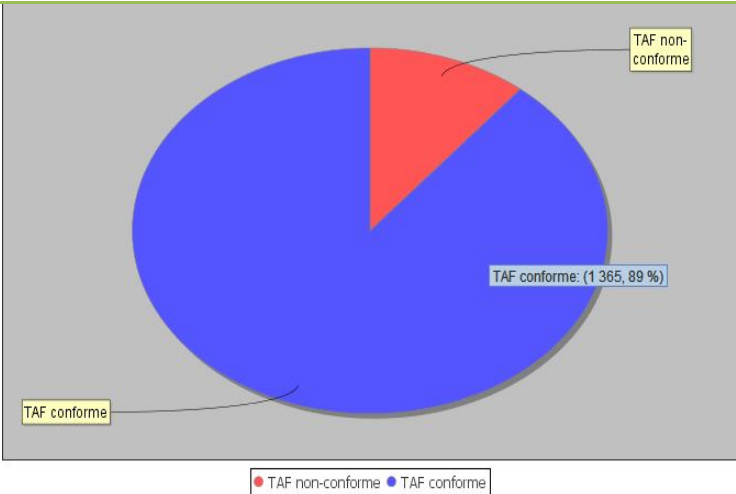
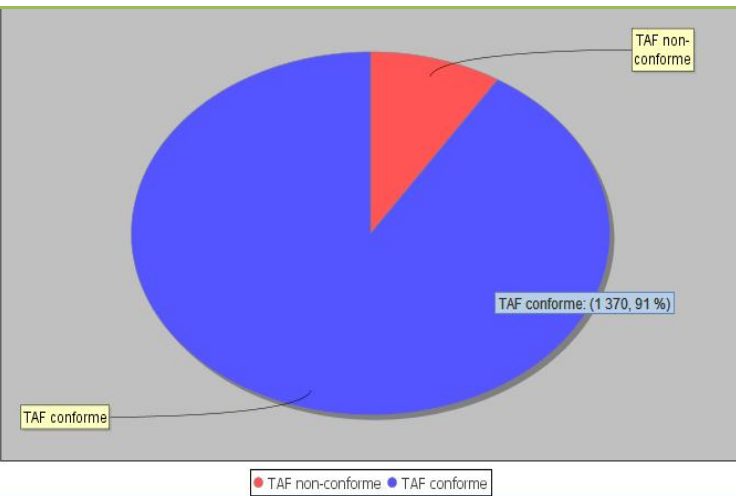
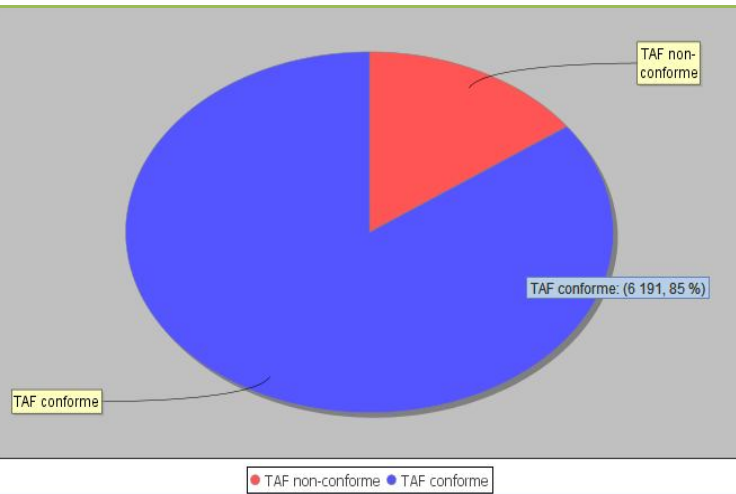
8.2.1 Résultats pour l'aérodrome d'Ivato

Les diagrammes ci-dessous sont des éléments de sortie du logiciel.

Tableau II.3 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes d'Ivato (FMMI)

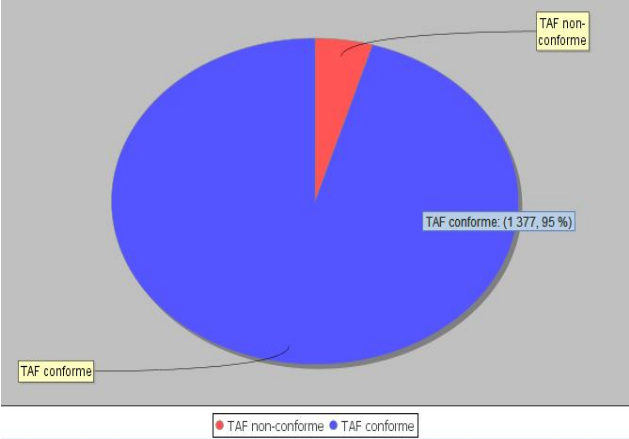
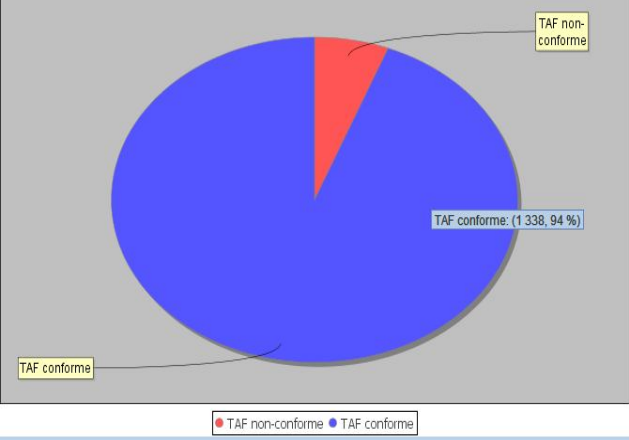
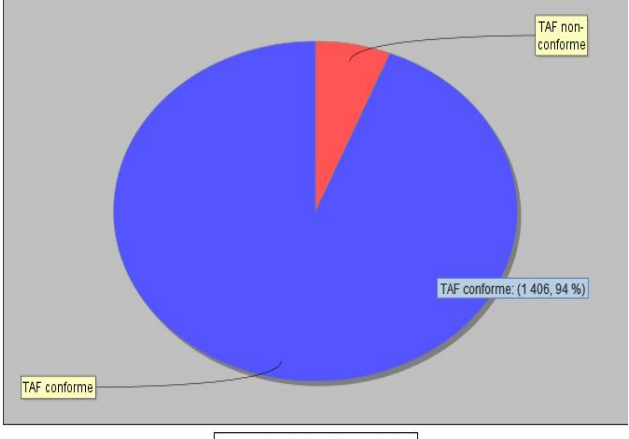
Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (1 149, 82 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (996, 75 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (1 310, 87 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

2013	 <p>TAF conforme: (1 365, 89 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2014	 <p>TAF conforme: (1 370, 91 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2010 à 2014	 <p>TAF conforme: (6 191, 85 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

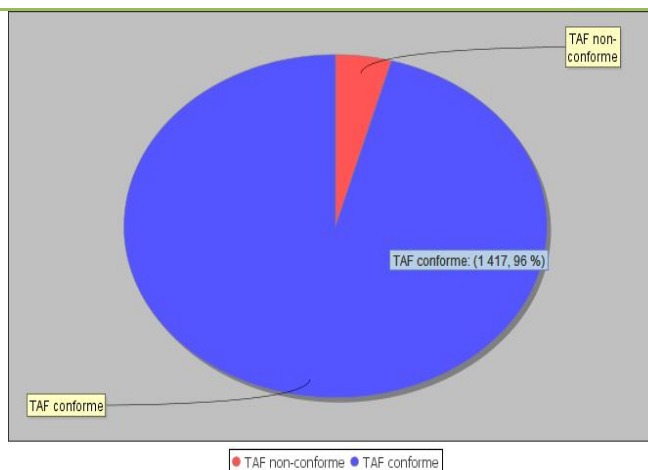
8.2.2 Résultats pour l'aérodrome de Toamasina

Tableau II.4 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Toamasina (FMMT)

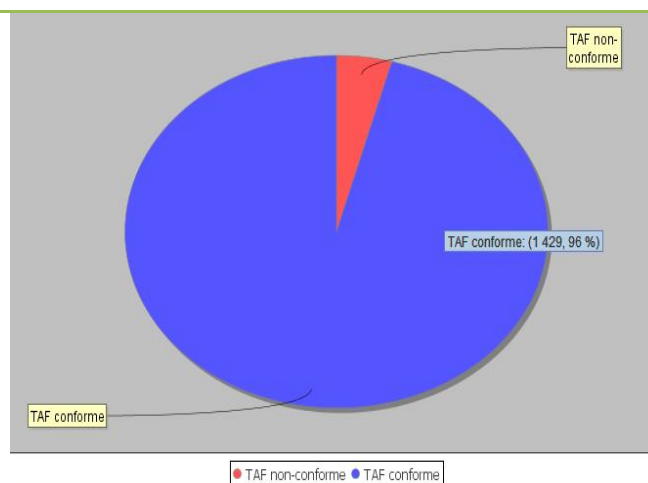
Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (1 377, 95 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (1 338, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (1 406, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

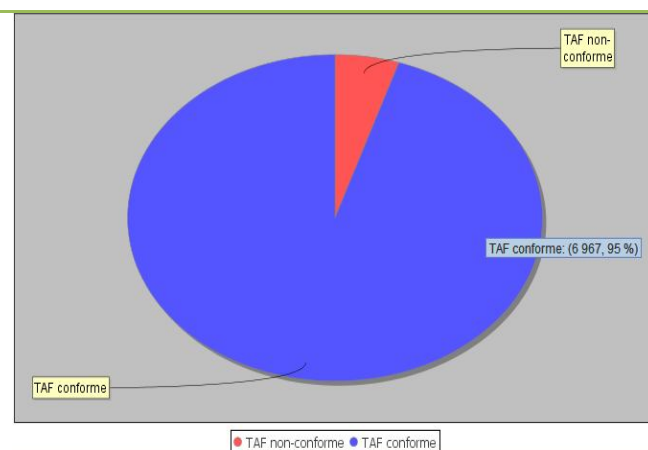
2013



2014



2010 à 2014

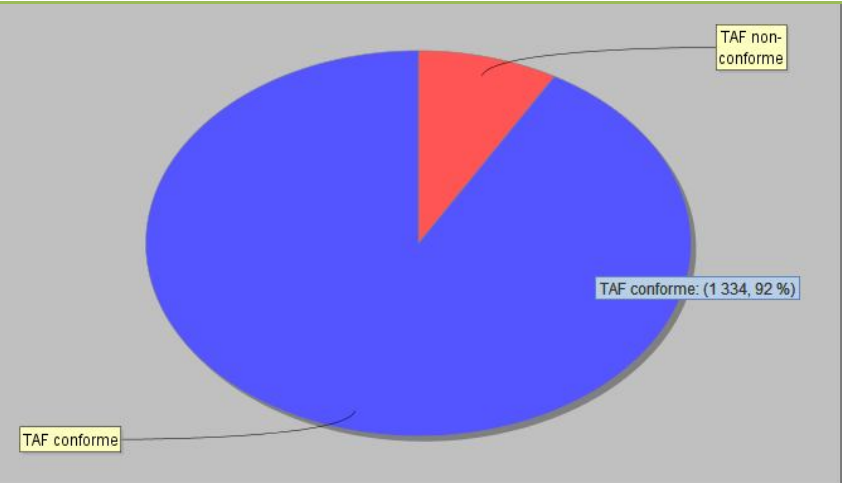
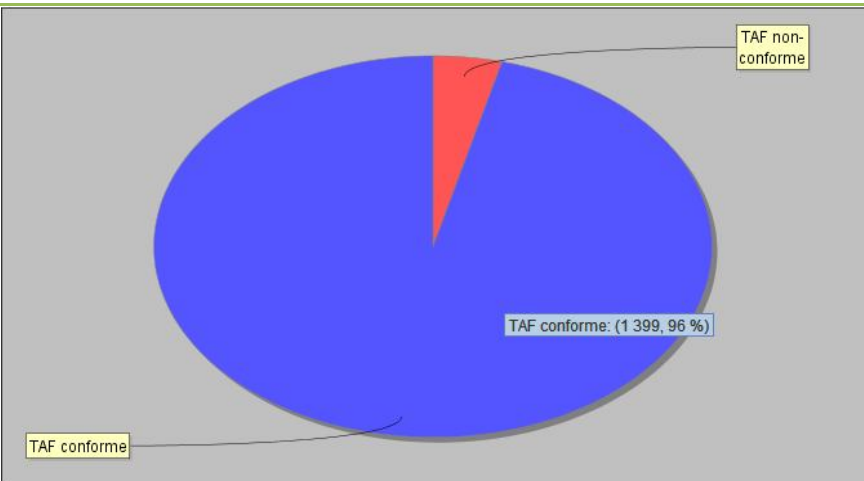
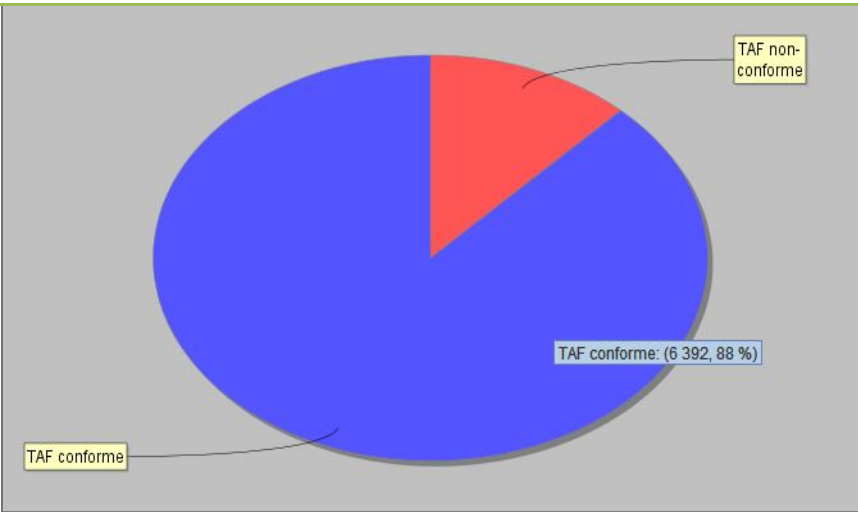


8.2.3 Résultats pour l'aérodrome de Mahajanga

Tableau II.5 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Mahajanga (FMNM)

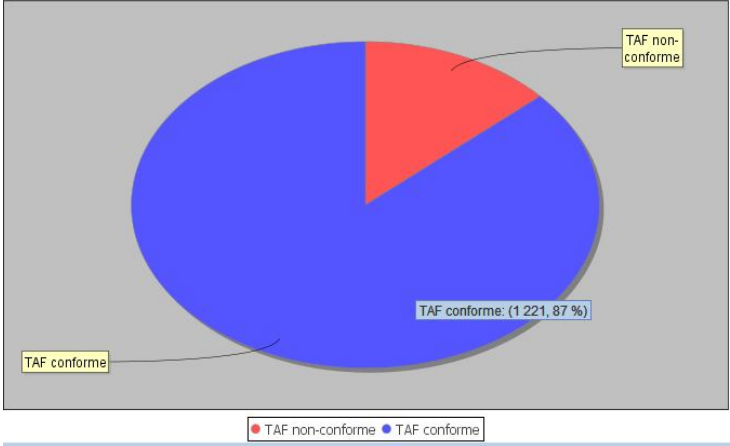
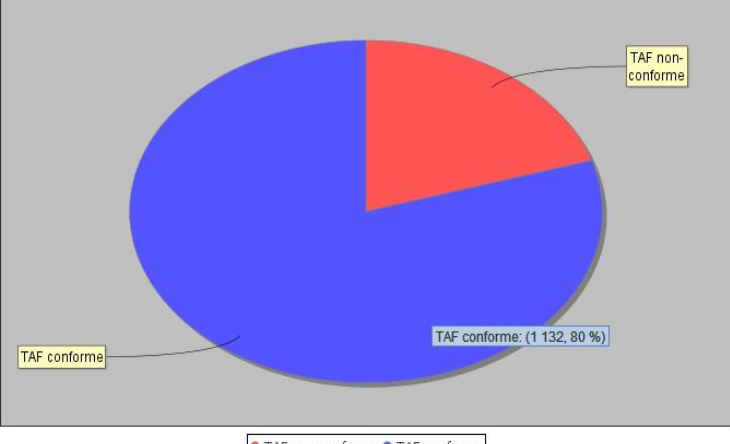
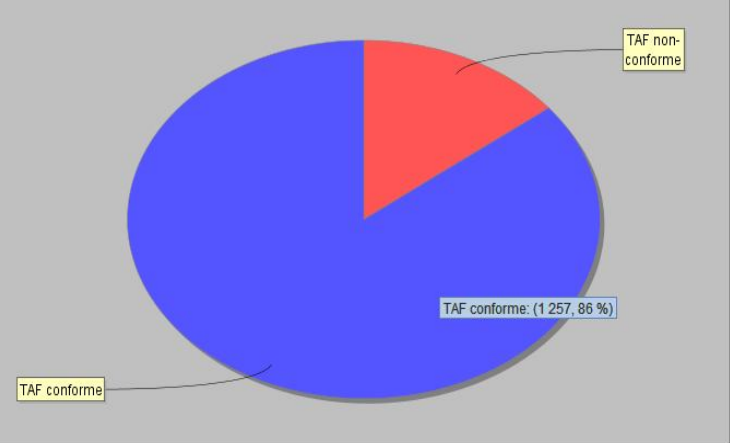
Année	Taux de conformité des TAF
2010	<p>TAF conforme: (1 301, 90 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2011	<p>TAF conforme: (1 050, 72 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2012	<p>TAF conforme: (1 308, 90 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

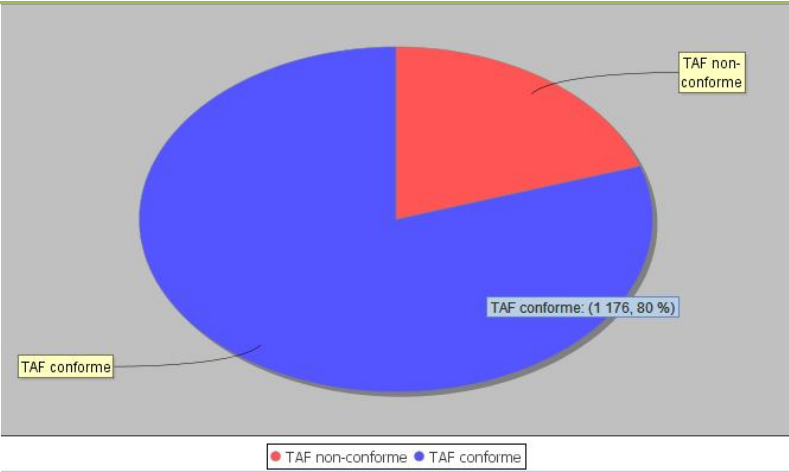
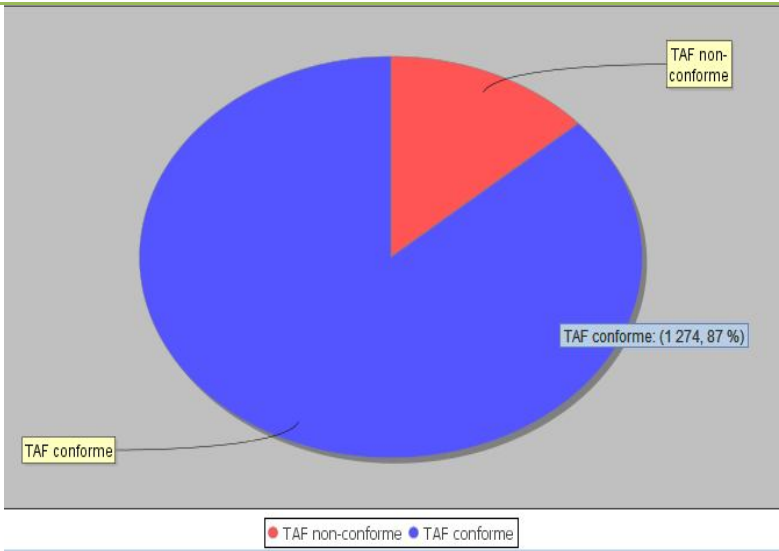
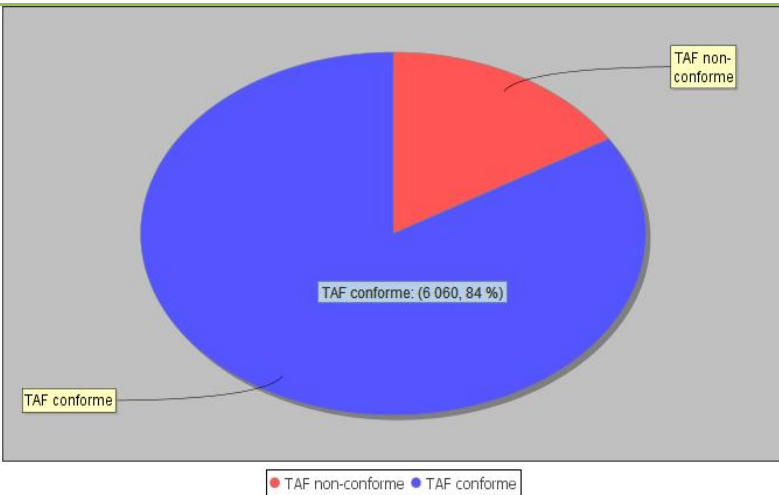
2013	 <p>TAF conforme: (1 334, 92 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2014	 <p>TAF conforme: (1 399, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2010 à 2014	 <p>TAF conforme: (6 392, 88 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

8.2.4 Résultats pour l'aérodrome de Nosy Be

Tableau II.6 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Nosy-Be (FMNN)

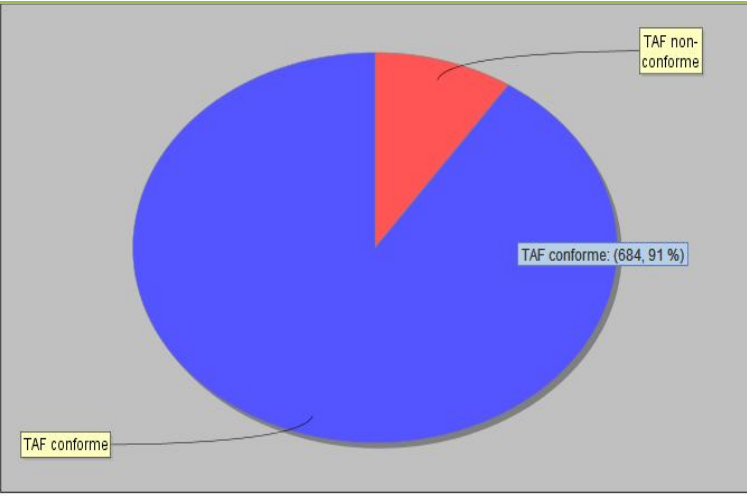
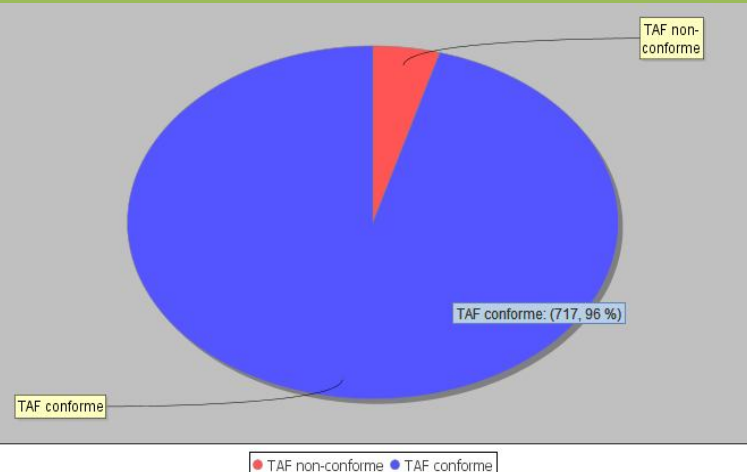
Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (1 221, 87 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (1 132, 80 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (1 257, 86 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

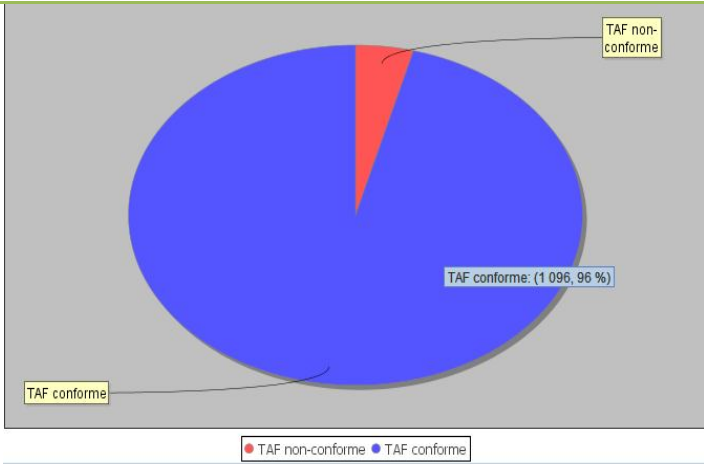
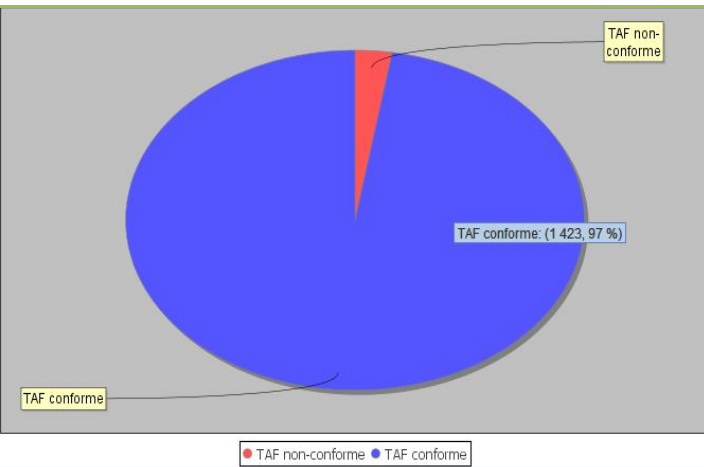
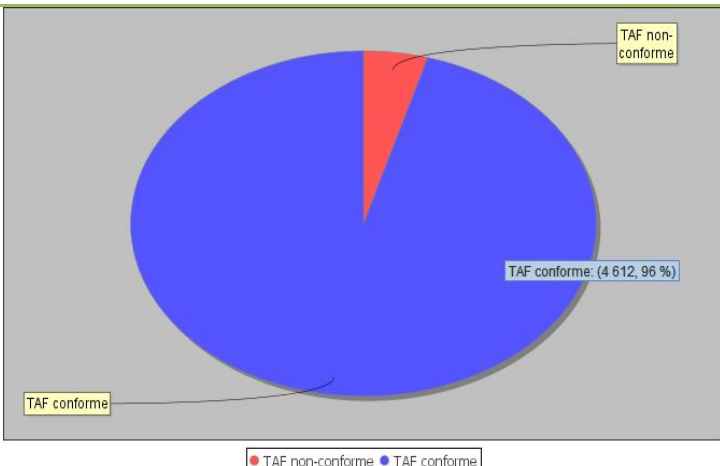
2013	 <p>TAF conforme: (1 176, 80 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2014	 <p>TAF conforme: (1 274, 87 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2010 à 2014	 <p>TAF conforme: (6 060, 84 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

8.2.5 Résultats pour l'aérodrome de Taolagnaro

Tableau II.7 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Taolagnaro (FMSSD)

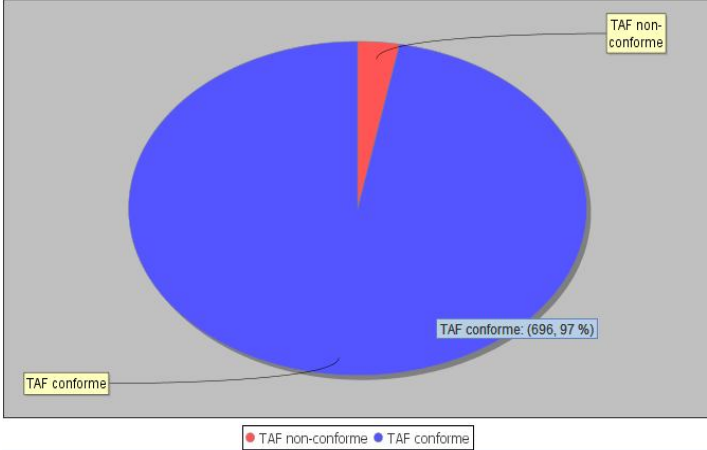
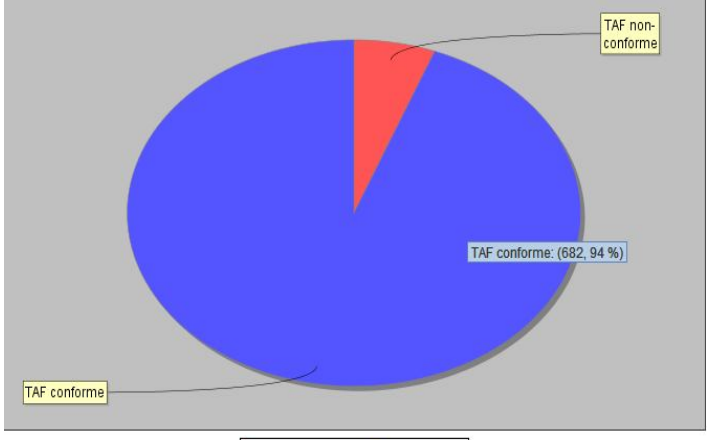
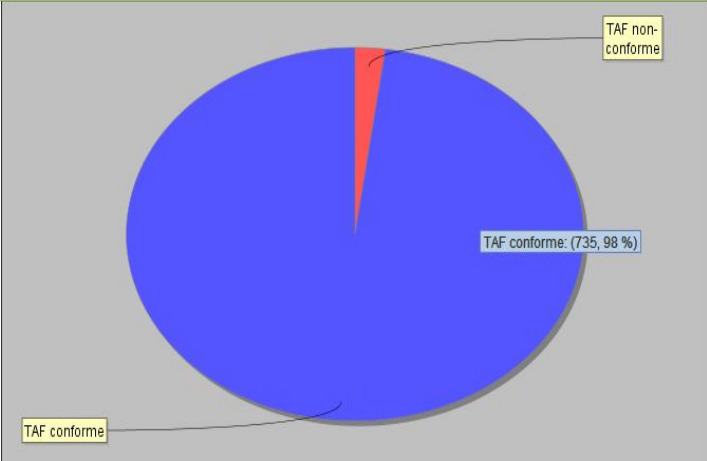
Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (692, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (684, 91 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (717, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

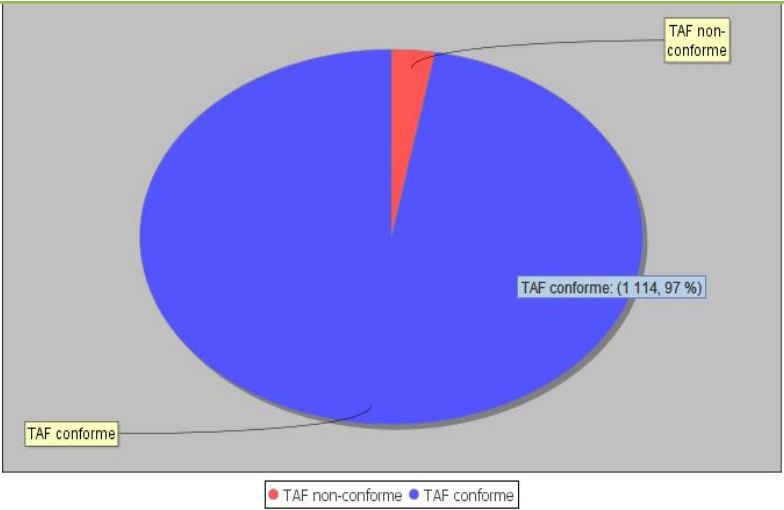
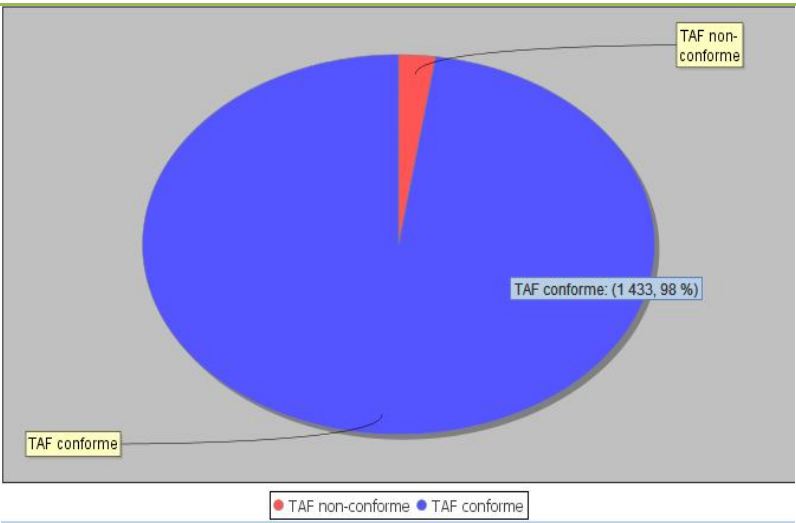
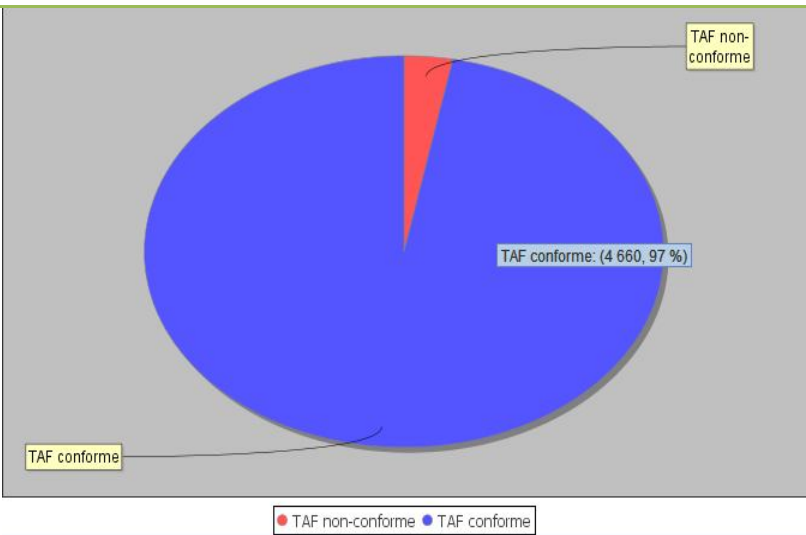
2013	 <p>TAF conforme: (1 096, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2014	 <p>TAF conforme: (1 423, 97 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2010 à 2014	 <p>TAF conforme: (4 612, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

8.2.6 Résultats pour l'aérodrome d'Antsiranana

Tableau II.8 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes d'Antsiranana (FMNA)

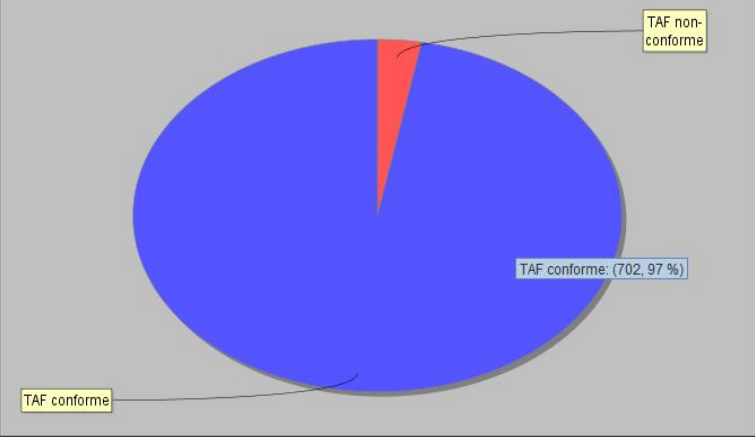
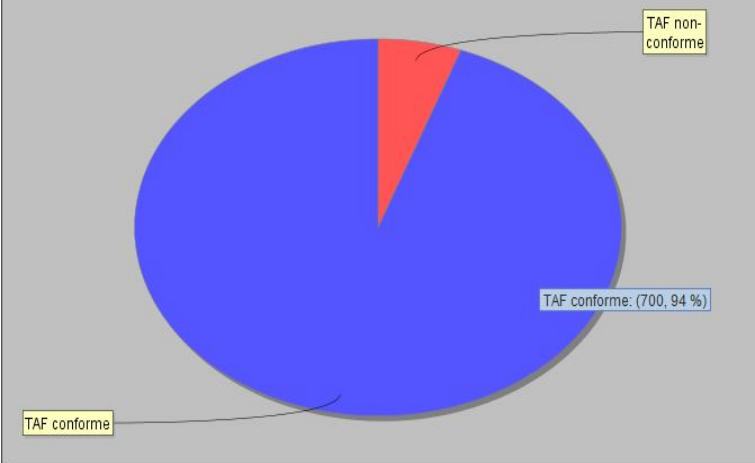
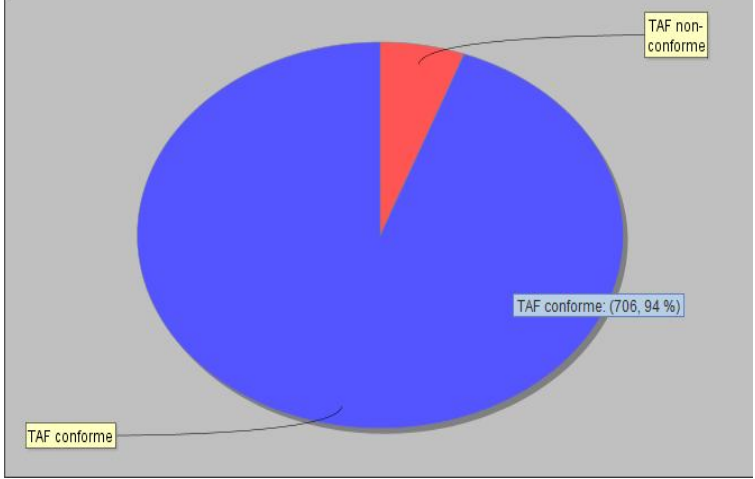
Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (696, 97 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (682, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (735, 98 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

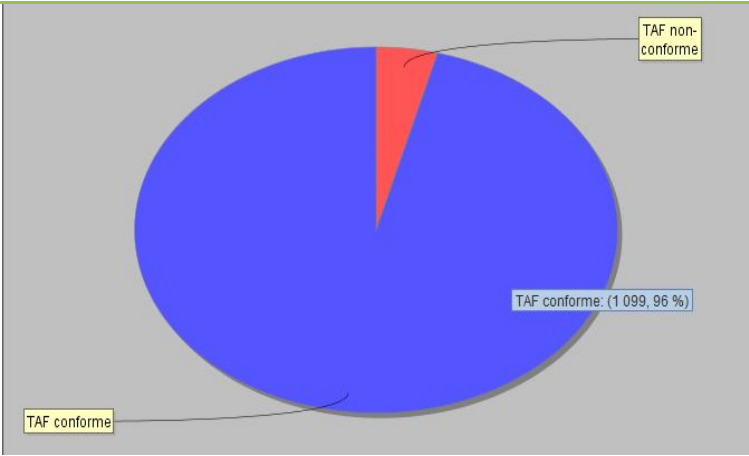
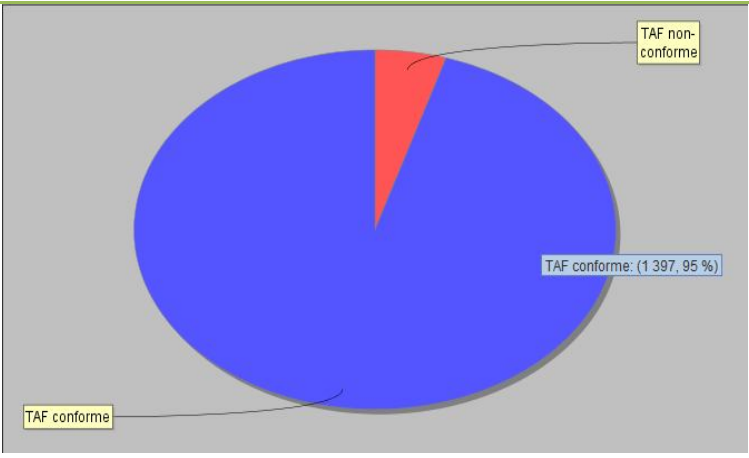
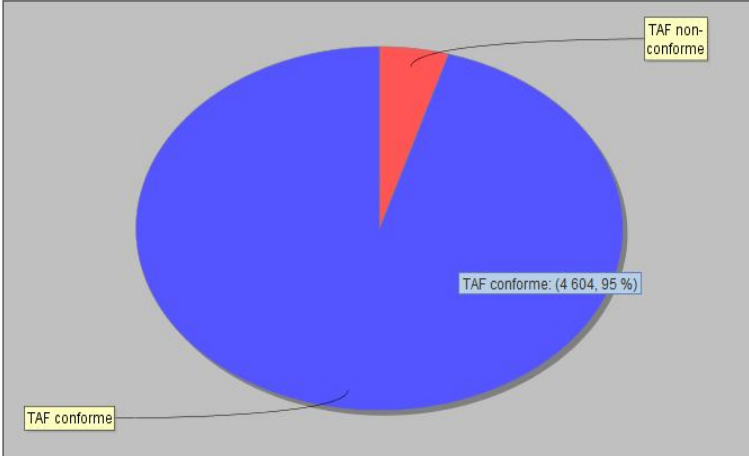
2013	 <p>TAF conforme: (1 114, 97 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2014	 <p>TAF conforme: (1 433, 98 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>
2010 à 2014	 <p>TAF conforme: (4 660, 97 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p> <p>● TAF non-conforme ● TAF conforme</p>

8.2.7 Résultats pour l'aérodrome de Toliary

Tableau II.9 : Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Toliary (FMST)

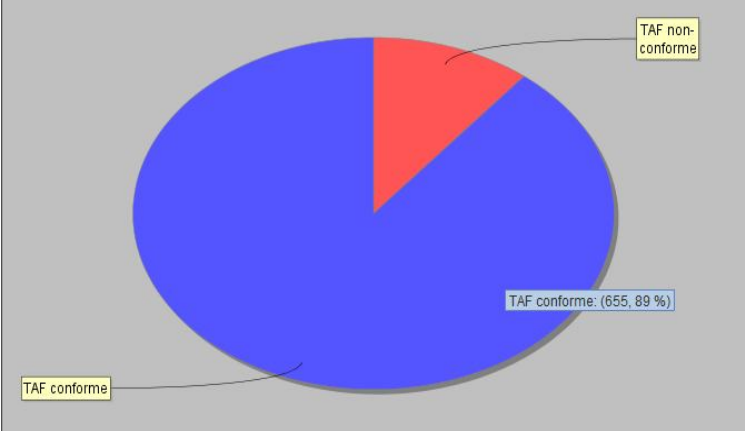
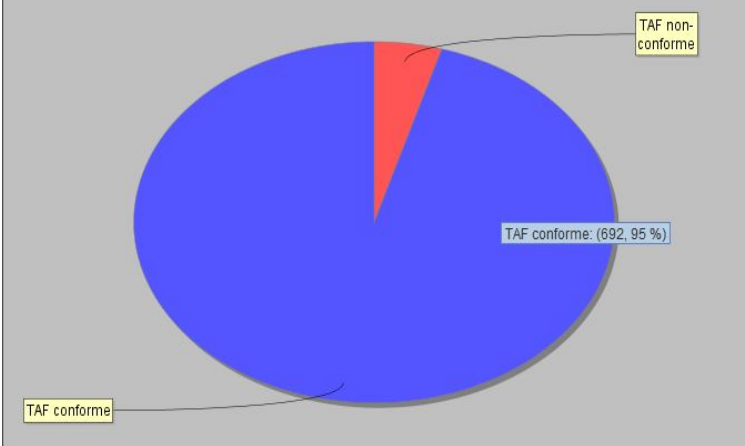
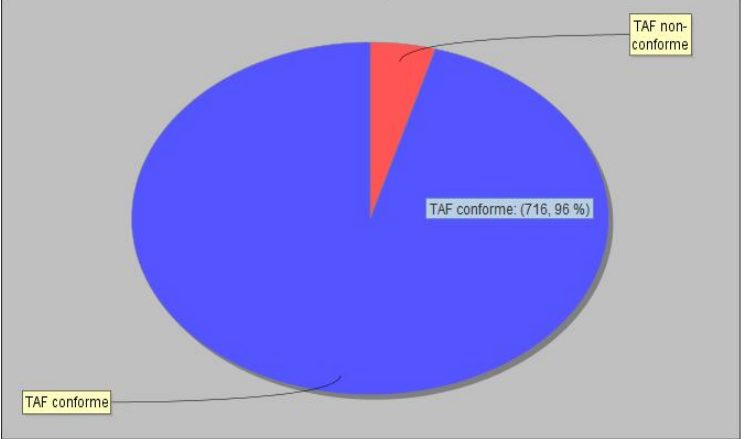
Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (702, 97 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (700, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (706, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

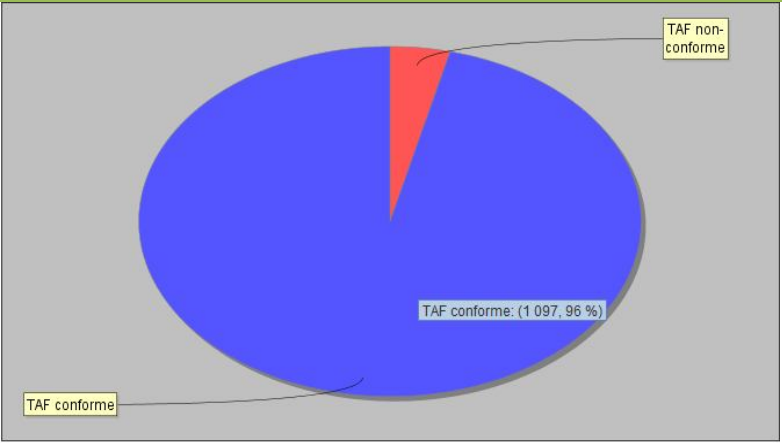
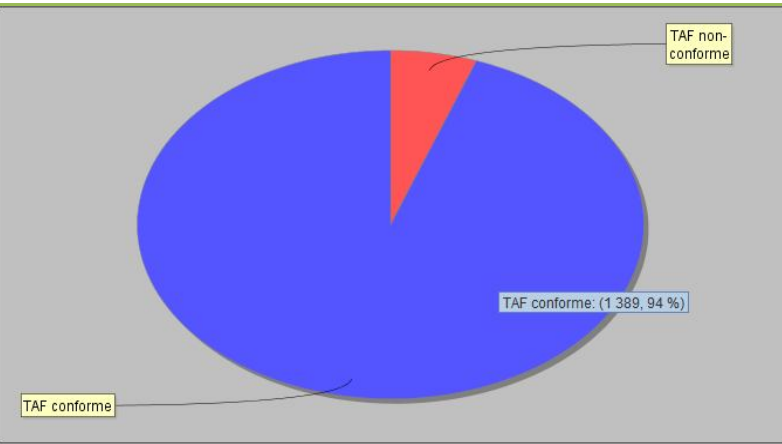
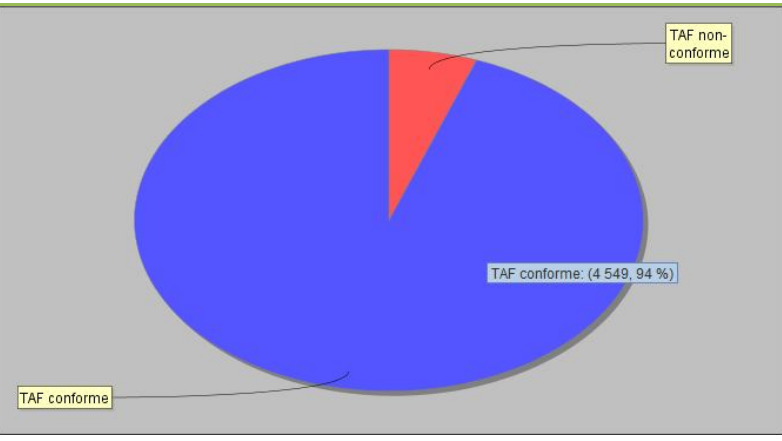
2013	 <p>A pie chart representing the evaluation of TAF conformity for the year 2013. The chart is divided into two segments: a large blue segment representing 'TAF conforme' (conforming) and a small red segment representing 'TAF non-conforme' (non-conforming). A label points to the blue segment stating 'TAF conforme: (1 099, 96 %)', and another label points to the red segment stating 'TAF non-conforme'.</p>
2014	 <p>A pie chart representing the evaluation of TAF conformity for the year 2014. The chart is divided into two segments: a large blue segment representing 'TAF conforme' (conforming) and a small red segment representing 'TAF non-conforme' (non-conforming). A label points to the blue segment stating 'TAF conforme: (1 397, 95 %)', and another label points to the red segment stating 'TAF non-conforme'.</p>
2010 à 2014	 <p>A pie chart representing the evaluation of TAF conformity for the period from 2010 to 2014. The chart is divided into two segments: a large blue segment representing 'TAF conforme' (conforming) and a small red segment representing 'TAF non-conforme' (non-conforming). A label points to the blue segment stating 'TAF conforme: (4 604, 95 %)', and another label points to the red segment stating 'TAF non-conforme'.</p>

8.2.8 Résultats pour l'aérodrome de Sainte Marie

Tableau II.10: Récapitulatif des taux de conformité des prévisions d'aérodromes de Sainte Marie (FMMS)

Année	Taux de conformité des TAF
2010	 <p>TAF conforme: (655, 89 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>
2011	 <p>TAF conforme: (692, 95 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>
2012	 <p>TAF conforme: (716, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>

Evaluation de la conformité des TAF

2013	 <p>TAF conforme: (1 097, 96 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>
2014	 <p>TAF conforme: (1 389, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>
2010 à 2014	 <p>TAF conforme: (4 549, 94 %)</p> <p>TAF non-conforme</p> <p>TAF conforme</p>

8.3 Interprétation des résultats

Nous allons nous focaliser sur les taux de conformité des TAF. En effet, durant les cinq années d'études, les résultats de l'évaluation de la conformité sont :

- ✓ 85% pour Ivato ;
- ✓ 95% pour Toamasina ;
- ✓ 88% pour Mahajanga ;
- ✓ 84% pour Nosy Be ;
- ✓ 96% pour Taolagnaro ;
- ✓ 97% pour Antsiranana ;
- ✓ 95% pour Toliary ;
- ✓ 94% pour Sainte Marie.

Le minimum étant 84% pour l'aérodrome de Nosy Be et le maximum 97% pour l'aérodrome d'Antsiranana. La moyenne de ces taux est de 91.75% et l'écart type est de 5.23.

Ainsi, nous pouvons dire que la moyenne des taux de conformités est élevée, et que l'écart par rapport à la moyenne est faible. D'ailleurs, la valeur minimale est de 84%. Ce qui nous permet de juger que dans l'ensemble, les prévisionnistes maîtrisent les règles de chiffrage des TAF. Par contre, les résultats intermédiaires montrent que l'utilisation des indicateurs d'évolution des nuages et la cohérence entre les éléments prévus méritent bien d'être améliorées. Nous invitons l'unité qualification du personnel au sein du service météorologique de l'ASECNA Madagascar de sensibiliser les prévisionnistes sur ces points.

En outre, la valeur maximale est de 97%, une valeur qui est strictement inférieure à 100%. Ce qui signifie que durant les cinq années d'études, pour chaque aérodrome, malgré les efforts fournis par les prévisionnistes, nous avons toujours détecté des non-conformités dans les prévisions d'aérodrome. En matière de qualité, chaque fois qu'il y a détection de non-conformité, nous devons chercher une Action Corrective Action Préventive (ACAP). Cette dernière est efficace si nous connaissons réellement les causes des non-conformités.

En effet, jusqu'à ce jour, les prévisionnistes vérifient les non-conformités dans les TAF manuellement avant de les envoyer. Ce qui est donc inefficace car le taux de conformité de 100% n'est jamais atteint. Ainsi, pour l'avenir, comme Action Corrective et Action Préventive (ACAP), nous proposons d'utiliser un logiciel qui permet de détecter les non-conformités dans les prévisions d'aérodrome avant de les envoyer.

Conclusion sur la deuxième partie

Dans la deuxième partie, nous avons procédé à l'évaluation de la conformité des TAF. Ceci dans le but d'avoir un indicateur de performance objectif de la qualité des prévisions d'aérodrome. Mais avant d'atteindre les résultats finaux, nous avons évalué divers points intermédiaires de conformité pour en déduire le résultat de l'évaluation de la conformité des TAF. Ainsi, dans notre étude, une TAF est soit conforme soit non conforme. Comme le volume des données à traiter est énorme, nous avons conçu un logiciel qui permet de nous donner les résultats de ces évaluations.

Les résultats ont montré que les taux de conformité des TAF sont tous inférieurs à 100% dans tous les aérodromes.

Face à la détection de ces non conformités, dans le but de l'amélioration continue de la qualité de service, nous proposerons une Action Corrective Action Préventive (ACAP) dans la troisième partie qui consiste à la conception d'un logiciel permettant de détecter les non conformités dans une prévision d'aérodrome. Ce logiciel sera intégré dans le logiciel précédent. Ainsi, le logiciel final comprendra deux volets : le premier permet d'évaluer la conformité des TAF et le second permet de détecter les non - conformités dans une TAF avant de l'envoyer.

*Troisième partie : CONCEPTION ET TEST
DU LOGICIEL PERMETTANT DE DETECTER
LES NON-CONFORMITES DANS UNE
PREVISION D'AERODROME*

Dans cette partie, nous allons voir l'aperçu général du logiciel et tester si le logiciel arrive à détecter les non-conformités évalués dans la partie précédente.

Chapitre 9 : Généralités sur le logiciel

9.1 But de la conception du logiciel

Le but de la conception du logiciel est d'avoir un logiciel à l'usage du prévisionniste aéronautique qui aidera ce dernier à détecter les non-conformités dans une TAF avant de l'envoyer. Ainsi, la conception de ce logiciel est considérée comme une Action Corrective Action Préventive (ACAP) face à l'existence des non-conformités dans la deuxième partie.

Comme la plupart des structures de contrôles utilisés dans la conception de ce logiciel sont ceux dans le logiciel de la partie précédente (logiciel qui donne le taux de non-conformité des prévisions d'aérodromes), nous avons intérêt à l'intégrer dans le premier logiciel. Ainsi, le logiciel final aura deux options : évaluation TAF et vérification TAF.

Il est tout à fait évident que les contrôles que ce logiciel effectue sont par rapport aux règles en vigueur actuel.

9.2 Ordinoigramme d'utilisation du logiciel

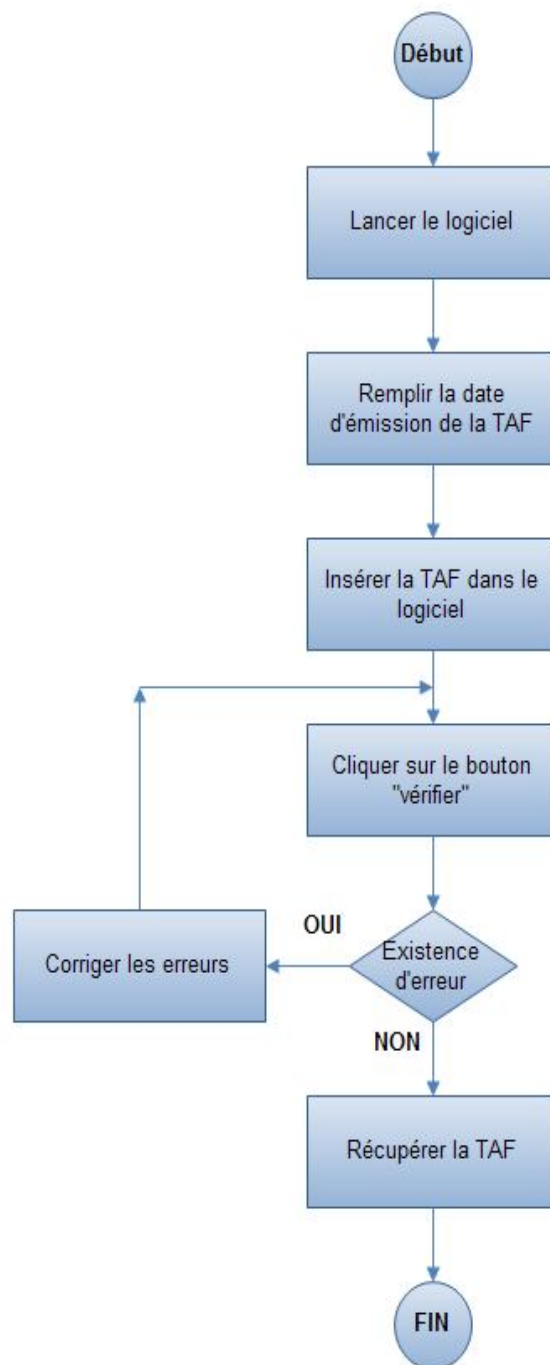


Figure III.1 : Ordinoigramme d'utilisation du logiciel

Chapitre 10 : Détection des non-conformités sur la forme du message

10.1 Détection des non-conformités sur les groupes obligatoires

10.1.1 Détection de non-conformité sur le groupe indicateur du type de prévision

The screenshot shows a window titled "Aide pour la prévision" with a tab labeled "Ctrl TAF". It contains a "Date" field with the value "02-03-2015" and a "Calendrier" button. Below these is a text area containing the following TAF message:
TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020
PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB
BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT
FEW017 BKN020=
Below the text area is a large empty box labeled "Groupe identification du type de prévision erroné". At the bottom is a "Vérifier" button.

Figure III.2: Exemple de détection de non-conformité sur le groupe indicateur du type de prévision

10.1.2 Détection de non-conformité sur le groupe indicateur d'emplacement

The screenshot shows the same "Aide pour la prévision" window with the "Ctrl TAF" tab. The "Date" field is "02-03-2015" and the "Calendrier" button is present. The text area contains the same TAF message as in Figure III.2. Below the text area is a large empty box labeled "Groupe indicateur d'emplacement erroné". At the bottom is a "Vérifier" button.

Figure III.3: Exemple de détection de non-conformité sur le groupe indicateur d'emplacement

10.1.3 Détection de non-conformité sur le groupe temps d'établissement de la prévision

Aide pour la prévision

Ctrl TAF

Date 02-03-2015 Calendrier

TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020
 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB
 BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT
 FEW017 BKN020=

Temps d'établissement de la prévision invalide

Vérifier

Figure III.4: Exemple de détection de non-conformité sur le groupe temps d'établissement de la prévision

10.1.4 Détection de non-conformité sur le groupe période de validité de la prévision

Aide pour la prévision

Ctrl TAF

Date 02-03-2015 Calendrier

TAF FMMI 022300Z 0200/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020
 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB
 BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT
 FEW017 BKN020=

Jour et période de validité de la prévision invalide

Vérifier

Figure III.5 : Exemple de détection de non-conformité sur le groupe période de validité de la prévision

10.1.5 Détection de non-conformité sur le format du groupe vent

The screenshot shows a window titled "Aide pour la prévision" with a tab labeled "Ctrl TAF". It contains a date field set to "02-03-2015" and a "Calendrier" button. Below is a text area containing a TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 38001KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=". The wind group "38001KT" is highlighted in pink. Below the text area is a message box that says "Format de vent incorrect". At the bottom is a "Vérifier" button.

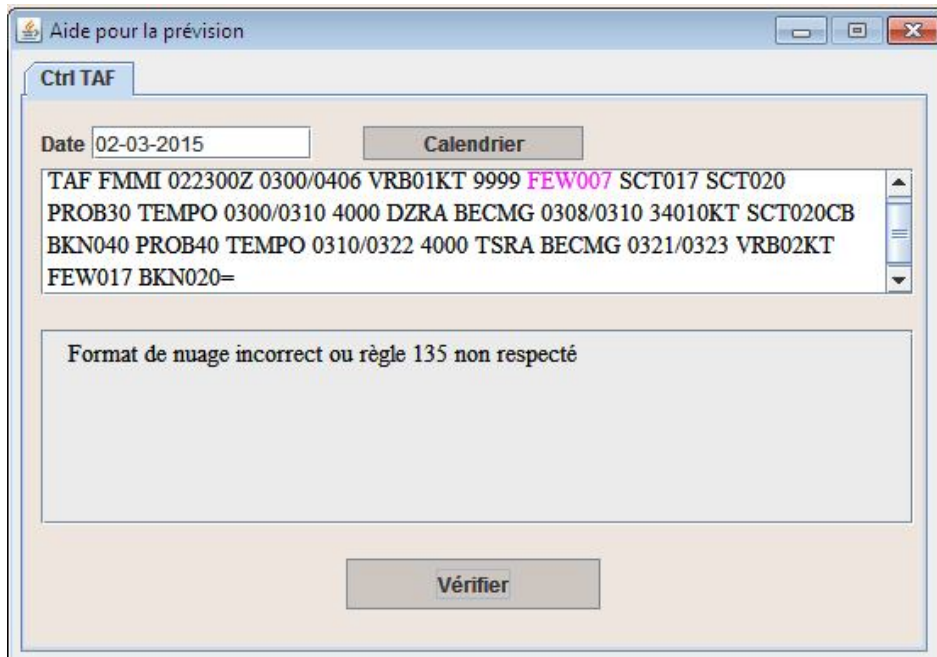
Figure III.6 : Exemple de détection de non-conformité sur le format du groupe vent

10.1.6 Détection de non-conformité sur le format du groupe visibilité

The screenshot shows the same "Aide pour la prévision" window with the "Ctrl TAF" tab. The date field is still "02-03-2015". The TAF forecast text is: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 5500 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=". The visibility group "5500" is highlighted in pink. Below the text area is a message box that says "Format de visibilité incorrect". At the bottom is a "Vérifier" button.

Figure III.7 : Exemple de détection de non-conformité sur le format du groupe visibilité

10.1.7 Détection de non-conformité sur le format du groupe des nuages

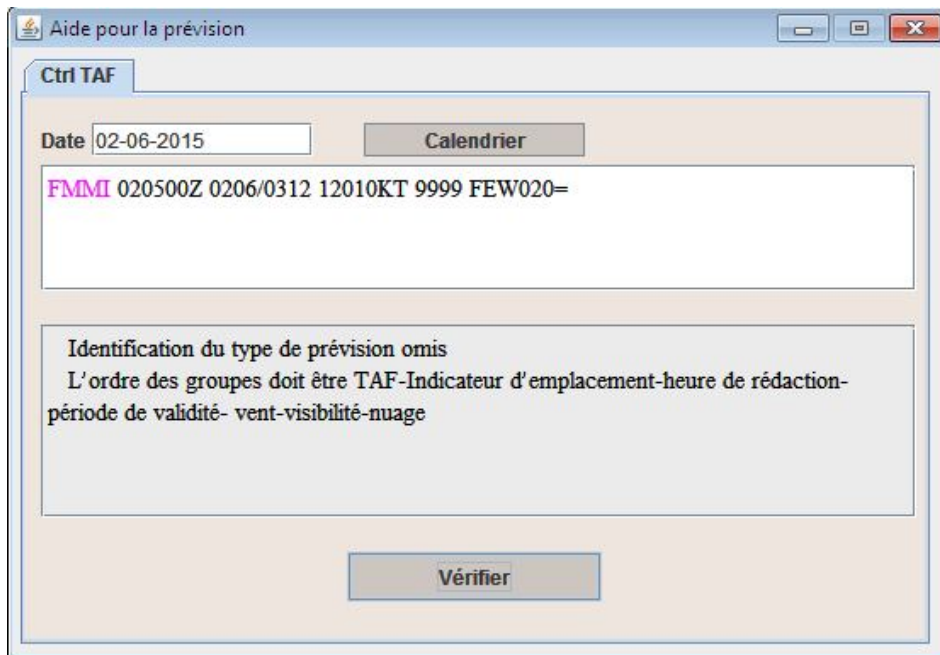


The screenshot shows a window titled 'Aide pour la prévision' with a tab labeled 'Ctrl TAF'. It contains a 'Date' field with '02-03-2015' and a 'Calendrier' button. Below is a text area containing a TAF forecast: 'TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 SCT020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020='. Below the text area, a message box states: 'Format de nuage incorrect ou règle 135 non respecté'. At the bottom is a 'Vérifier' button.

Figure III.8 : Exemple de détection de non-conformité sur le format du groupe des nuages

10.2 Détection d'omission des groupes obligatoires

10.2.1 Détection d'omission de groupe indicateur du type de prévision



The screenshot shows a window titled 'Aide pour la prévision' with a tab labeled 'Ctrl TAF'. It contains a 'Date' field with '02-06-2015' and a 'Calendrier' button. Below is a text area containing a TAF forecast: 'FMMI 020500Z 0206/0312 12010KT 9999 FEW020='. Below the text area, a message box states: 'Identification du type de prévision omis L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-période de validité- vent-visibilité-nuage'. At the bottom is a 'Vérifier' button.

Figure III.9 : Exemple de détection d'omission du groupe indicateur du type de prévision

10.2.2 Détection d'omission de groupe indicateur d'emplacement

The screenshot shows a software window titled "Aide pour la prévision". Inside, there is a tab labeled "Ctrl TAF". Below the tab, there is a "Date" field containing "02-03-2015" and a "Calendrier" button. A text area contains the following TAF forecast:


```
TAF 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30
  TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040
  PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017
  BKN020=
```

 Below the text area, a message box states:

Indicateur d'emplacement omis
Jour et période de validité de la prévision invalide

 At the bottom, there is a "Vérifier" button.

Figure III.10 : Exemple de détection d'omission du groupe indicateur d'emplacement

10.2.3 Détection d'omission du groupe temps d'établissement de la prévision

The screenshot shows the same software window "Aide pour la prévision" with the "Ctrl TAF" tab. The "Date" field still shows "02-03-2015". The text area now contains a TAF forecast with an additional group:


```
TAF FMMI 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO
  0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40
  TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=
```

 Below the text area, a message box states:

Temps d'établissement de la prévision omis
Jour et période de validité de la prévision invalide
L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-
période de validité- vent-visibilité-nuage

 At the bottom, there is a "Vérifier" button.

Figure III.11: Exemple de détection d'omission du groupe temps d'établissement de la prévision

10.2.4 Détection d'omission du groupe période de validité de la prévision

The screenshot shows a software window titled "Aide pour la prévision" with a tab labeled "Ctrl TAF". It contains a date field set to "02-03-2015" and a "Calendrier" button. Below this is a text box containing a TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=". Below the text box is a list of error messages: "L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-période de validité- vent-visibilité-nuage", "Utilisation du groupe de probabilité incorrect", "Utilisation du groupe de probabilité incorrect", "Utilisation du groupe de probabilité incorrect", and "Utilisation du groupe de probabilité incorrect". At the bottom is a "Vérifier" button.

Figure III.12: Exemple de détection d'omission du groupe période de validité de la prévision

10.2.5 Détection d'omission du groupe vent

The screenshot shows the same software window "Aide pour la prévision" with the "Ctrl TAF" tab. The date field is still "02-03-2015". The TAF forecast text box now contains: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=". The error messages list now includes "Groupe vent de surface omis" at the top, followed by "L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-période de validité- vent-visibilité-nuage". The "Vérifier" button remains at the bottom.

Figure III.13: Exemple de détection d'omission du groupe vent

10.2.6 Détection d'omission du groupe visibilité

The screenshot shows a window titled "Aide pour la prévision" with a tab labeled "Ctrl TAF". It contains a date field set to "02-03-2015" and a "Calendrier" button. Below this is a text box containing the TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT FEW007 SCT017 BKN020=". A message box below the text box states: "Groupe visibilité omis" and "L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-période de validité- vent-visibilité-nuage". At the bottom is a "Vérifier" button.

Figure III.14: Exemple de détection d'omission du groupe visibilité

10.2.7 Détection d'omission des groupes de nuages

The screenshot shows the same "Aide pour la prévision" window with the "Ctrl TAF" tab. The date field is "02-03-2015" and the "Calendrier" button is present. The text box contains a more complex TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=". The message box below states: "Groupe nuages omis" and "L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-période de validité- vent-visibilité-nuage". The "Vérifier" button is at the bottom.

Figure III.15: Exemple de détection d'omission des groupes de nuages

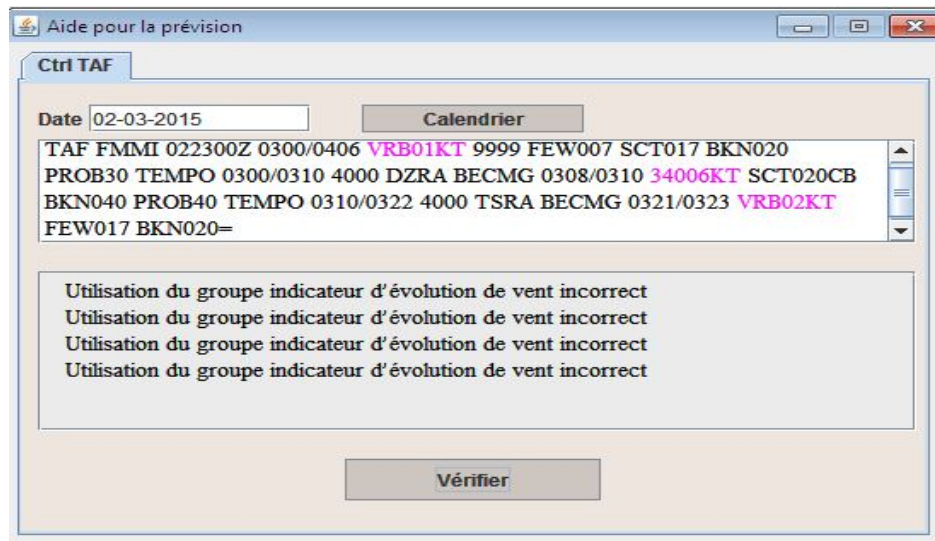
10.3 Détection d'erreur sur l'ordre des groupes obligatoires

The screenshot shows a software window titled "Aide pour la prévision". Inside, there is a tab labeled "Ctrl TAF". Below the tab, there is a "Date" field containing "02-03-2015" and a "Calendrier" button. A text area displays a TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 9999 VRB01KT FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020=". Below the text area, a message box states: "L'ordre des groupes doit être TAF-Indicateur d'emplacement-heure de rédaction-période de validité- vent-visibilité-nuage". At the bottom, there is a "Vérifier" button.

Figure III.16: Exemple de détection d'erreur sur l'ordre des groupes obligatoires

Chapitre 11 : Détection des non-conformités sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution d'élément météorologique

11.1 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent



Aide pour la prévision

Ctrl TAF

Date: 02-03-2015 Calendrier

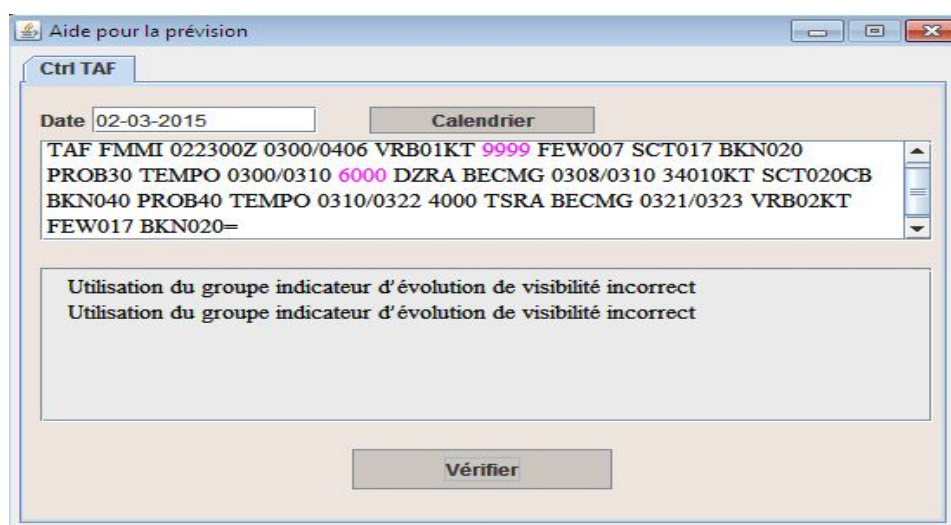
TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020
 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34006KT SCT020CB
 BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT
 FEW017 BKN020=

Utilisation du groupe indicateur d'évolution de vent incorrect
 Utilisation du groupe indicateur d'évolution de vent incorrect
 Utilisation du groupe indicateur d'évolution de vent incorrect
 Utilisation du groupe indicateur d'évolution de vent incorrect

Vérifier

Figure III.17: Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent

11.2 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de visibilité



Aide pour la prévision

Ctrl TAF

Date: 02-03-2015 Calendrier

TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020
 PROB30 TEMPO 0300/0310 6000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB
 BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT
 FEW017 BKN020=

Utilisation du groupe indicateur d'évolution de visibilité incorrect
 Utilisation du groupe indicateur d'évolution de visibilité incorrect

Vérifier

Figure III.18: Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de visibilité

11.3 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de phénomène

The screenshot shows a software window titled "Aide pour la prévision" with a tab labeled "Ctrl TAF". It contains a "Date" field with the value "02-03-2015" and a "Calendrier" button. Below this is a text area containing the TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 -RA=". The forecast is displayed in a monospace font, with the evolution indicator group "-RA=" highlighted in pink. Below the text area is a large grey box containing the message "Format de phenomene incorrect". At the bottom of the window is a "Vérifier" button.

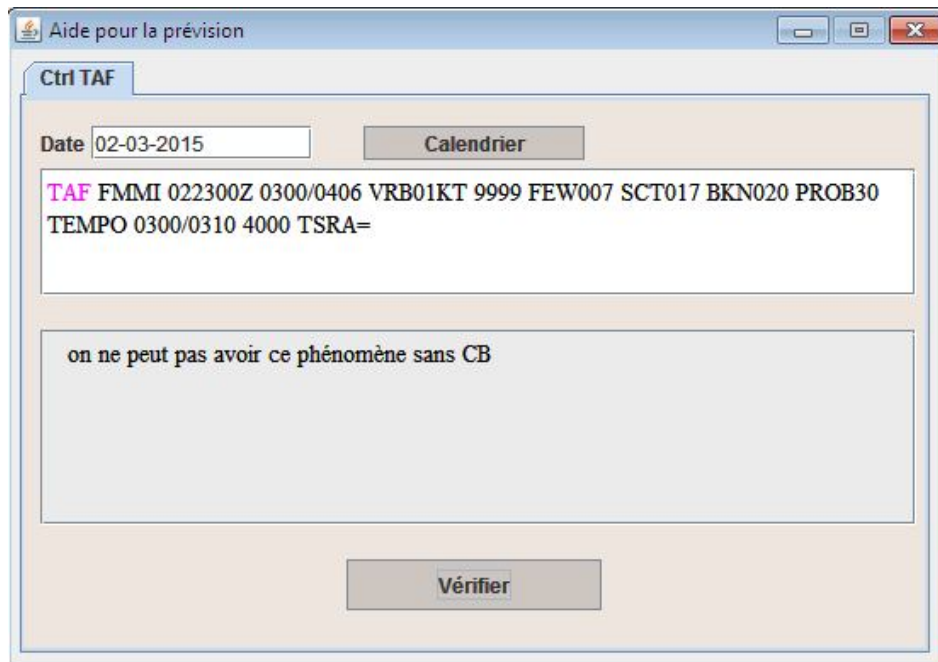
Figure III.19 : Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de phénomène

11.4 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages

The screenshot shows the same "Aide pour la prévision" window with the "Ctrl TAF" tab. The "Date" field is "02-03-2015" and the "Calendrier" button is present. The text area contains the TAF forecast: "TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 BECMG 0308/0310 34010KT BKN020=". The evolution indicator groups "FEW007" and "BKN020" are highlighted in pink. Below the text area is a large grey box containing two lines of error messages: "Utilisation du groupe indicateur d'évolution de nuage incorrect" and "Utilisation du groupe indicateur d'évolution de nuage incorrect". At the bottom of the window is a "Vérifier" button.

Figure III.20 : Exemple de détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages

11.5 Test sur la cohérence entre phénomène prévu et les autres éléments prévus



Aide pour la prévision

Ctrl TAF

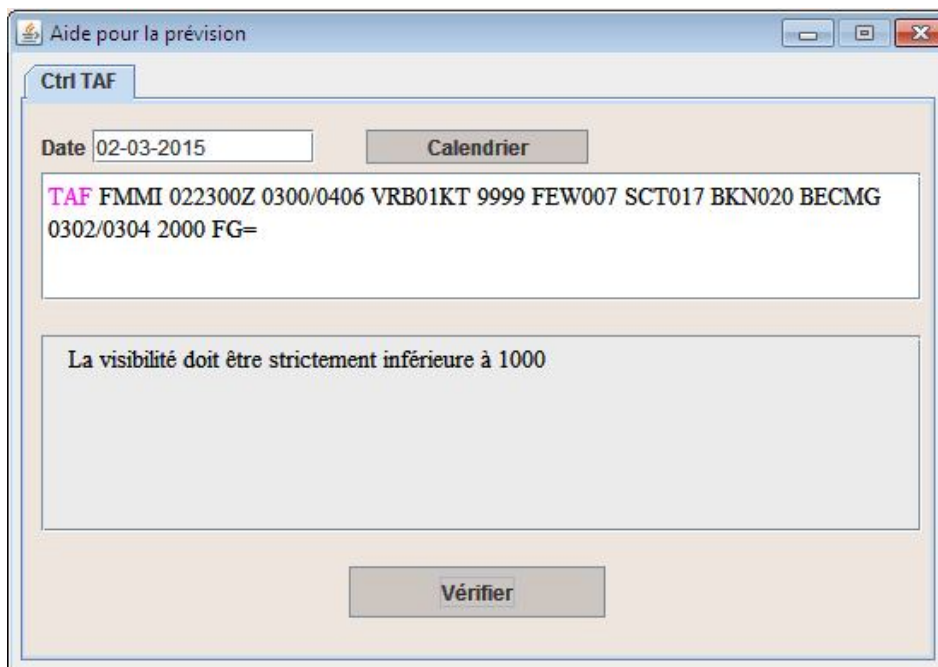
Date 02-03-2015 Calendrier

TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30
TEMPO 0300/0310 4000 TSRA=

on ne peut pas avoir ce phénomène sans CB

Vérifier

Figure III.21: Exemple de détection de non- cohérence entre phénomène prévu et nuages prévus



Aide pour la prévision

Ctrl TAF

Date 02-03-2015 Calendrier

TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 BECMG
0302/0304 2000 FG=

La visibilité doit être strictement inférieure à 1000

Vérifier

Figure III.22: Exemple de détection de non- cohérence entre phénomène prévu et visibilité prévue

Chapitre 12 : Détection des non-conformités sur l'utilisation des groupes de probabilités et d'évolution

12.1 Détection de non-conformité sur la période de validité de BECMG

The screenshot shows a software window titled 'Aide pour la prévision'. It has a tab labeled 'Ctrl TAF'. Inside, there is a 'Date' field with '02-03-2015' and a 'Calendrier' button. Below this is a text area containing a TAF forecast: 'TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0310/0322 4000 TSRA BECMG 0221/0323 VRB02KT FEW017 BKN020='. The BECMG group '0221/0323' is highlighted in pink. Below the text area is a message box that says 'Utilisation du groupe de probabilité incorrect'. At the bottom is a 'Vérifier' button.

Figure III.23: Exemple de détection de non- conformité sur l'utilisation de la période de validité de BECMG

12.2 Détection de non-conformité sur la période de validité de TEMPO

The screenshot shows the same software window as Figure III.23. The TAF forecast text is: 'TAF FMMI 022300Z 0300/0406 VRB01KT 9999 FEW007 SCT017 BKN020 PROB30 TEMPO 0300/0310 4000 DZRA BECMG 0308/0310 34010KT SCT020CB BKN040 PROB40 TEMPO 0210/0322 4000 TSRA BECMG 0321/0323 VRB02KT FEW017 BKN020='. The TEMPO group '0210/0322' is highlighted in pink. The message box still says 'Utilisation du groupe de probabilité incorrect'. The 'Vérifier' button is at the bottom.

Figure III.24: Exemple de détection de non- conformité sur l'utilisation de la période de validité de TEMPO

12.3 Détection de non-conformité sur le nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité

The screenshot shows a software window titled "Aide pour la prévision". Inside, there is a tab labeled "Ctrl TAF". Below the tab, there is a "Date" field containing "04-03-2015" and a "Calendrier" button. A text area displays a TAF forecast: "TAF FMMI 041000Z 0412/0518 28010KT 9999 SCT020CB SCT023 PROB40 TEMPO 0412/0420 TSRA BECMG 0414/0416 22010KT BECMG 0420/0422 FEW016 BKN020 PROB30 TEMPO 0500/0504 RA BECMG 0508/0510 SCT020CB PROB40 TEMPO 0513/0518 4000 TSRA=". Below the text area, a message box states: "Le nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité doit être inférieure ou égale à 5". At the bottom, there is a "Vérifier" button.

Figure III.25: Exemple de détection de non- conformité sur le nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité

Conclusion sur la troisième partie

La troisième partie consiste essentiellement au test du logiciel qui permet de détecter les non-conformités dans une prévision d'aérodrome avant de l'envoyer.

Dans le test, diverses éventualités de non-conformités ont été simulées et détectées par le logiciel. Comme les prévisions d'aérodrome sont rédigées manuellement par les prévisionnistes, la vérification visuelle est parfois inefficace. Ceci est prouvé par la détection des non-conformités (les taux de conformités sont tous inférieurs à 100%) dans les TAF des huit aérodromes de Madagascar.

Ainsi, l'utilisation de ce logiciel qui permet de détecter les non-conformités dans les prévisions d'aérodrome est considérée comme une Action Corrective Action Préventive (ACAP) suite à la détection des erreurs.

Conclusion

La certification ISO 9001 version 2008, faisant foi de la qualité de service, assure la solvabilité envers les clients. L'ASECNA toute entière a déjà obtenu la certification ISO 9001 version 2008. Mais cette certification n'a qu'une validité de cinq ans. Lors de la prochaine certification, l'existence de ce logiciel justifie l'amélioration continue de la qualité de service. Pour pouvoir quantifier la qualité des TAF sur les huit aérodromes de Madagascar, nous avons évalué le taux de conformité des prévisions d'aérodrome durant les cinq dernières années. Comme le volume des données à traiter est énorme, nous étions obligés de faire recours à la méthode informatique qui n'est autre que la conception de logiciel permettant de faire sortir le taux de conformité des prévisions d'aérodrome sous forme de diagrammes. Ensuite, pour répondre à la problématique posée par le sujet, nous avons intégré une autre fonctionnalité au dit logiciel, qui consiste à détecter les éventuelles non-conformités dans une TAF.

Pour les huit aérodromes, durant les cinq années d'études, les résultats de l'évaluation de la conformité des prévisions d'aérodromes sont : 85 % pour Ivato, 95% pour Toamasina, 88% pour Mahajanga, 84 %pour Nosy Be, 96% pour Taolagnaro, 97% pour Antsiranana, 95% pour Toliary et 94% pour Sainte Marie. Ainsi, au terme de cette étude, aucun de ces aérodromes n'a atteint 100% de taux de conformité. Pour l'avenir, nous proposons la vérification des TAF par logiciel avant de les envoyer via le RSFTA ou avant de les inclure dans les documentations de vol.

Comme perspective, le jour où il y aura un nouvel amendement de l'annexe 3 de l'OACI, ou un nouveau règlement national ou régional concernant les prévisions d'aérodromes, nous recommandons de retoucher les programmes déjà établis pour que le logiciel tienne en compte les nouveautés. Aussi, ce logiciel ainsi que les programmes qui y sont intégrés peuvent être exploités pour concevoir un jour un logiciel qui rédige automatiquement les prévisions d'aérodromes dans la mesure où on a accès aux systèmes de codage des sorties des produits de prévision numérique du temps (PNT).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A- Bibliographie

[1], DIONKARA BEBA, Météorologie Aéronautique, 2008.

[2], OACI, Document de mise en œuvre des installations et des services, région Afrique et Océan Indien, volume II- FASID, 1^{ère} édition, 2001.

[3], ASECNA, Document AIP, version à jour 2014.

[4], J.BESSE-H.HALLOT-D.LABYT, Météorologie Aéronautique, Edition 2008.

OACI, Assistance météorologique à la Navigation Aérienne internationale, version à jour de l'amendement 76 de l'annexe III, 18^{ème} édition, juillet 2013.

[5], OMM N°49, règlement technique, document de base n°2, Assistance Météorologique à la Navigation Aérienne, Edition 2007.

[6], OACI, Assistance météorologique à la Navigation Aérienne internationale, version à jour de l'amendement 74 de l'annexe III, 16^{ème} édition.

[7], OACI, Assistance météorologique à la Navigation Aérienne internationale, version à jour de l'amendement 75 de l'annexe III, 17^{ème} édition, juillet 2010.

[8], OACI, Assistance météorologique à la Navigation Aérienne internationale, version à jour de l'amendement 76 de l'annexe III, 18^{ème} édition, juillet 2013.

[9], ASECNA, NOTice d'Exploitation de la Météorologie (NOTEM) ; Edition Avril 2012.

[10], ACM, Règlement Aéronautique de Madagascar (RAM 7.02), Edition 2, Amendement 0, 15 Février 2015.

[11], Météo France, Les guides pratiques Aviation, Edition 2014/2016.

[12], CLAUDE DELANNOY, Programmer en JAVA, Edition 3, 2006.

[13], ASECNA, Manuel TAF, Version à jour, 2014.

[14], ENM, Observation Météorologique en surface, septembre 2010.

[15], CLAUDE DELANNOY, Exercice en JAVA, Edition 2, 2006.

B- Webographie

[I], <http://www.aerodidact.enm.meteo.fr/>, 10 Janvier 2015, Mai 2009.

[II], <http://www.ais-asecna.org/>, 21 Mai 2015, Mai 2015.

[III], <http://www.icao.int/>, 21 Mai 2015, 18 Mai 2015.

[IV], <http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm>, 30 Avril 2015.

[V], <http://www.ogimet.com/>, 15 Mars 2015, Mai 2015.

[VI], <http://www.developpez.com>, 21 Mai 2015, Mai 2015.

ANNEXES


```

1 package mg.graphique;
2
3 public class AnalyseStatistTaf {
4     //Vent
5     private int VentSeuil;
6     private int VentForme;
7     private int VentComptable;
8
9     //Visibilite
10    private int VisiSeuil;
11    private int VisiForme;
12    private int VisiComptable;
13
14    //TempsPresent
15    private int TempsSeuil;
16    private int TempsForme;
17    private int TempsComptable;
18
19    //Nuage
20    private int NuageSeuil;
21    private int NuageForme;
22    private int NuageComptable;
23
24
25
26    public int getVentSeuil() {
27        return VentSeuil;
28    }
29
30    public void setVentSeuil(int ventSeuil) {
31        VentSeuil = ventSeuil;
32    }
33
34    public int getVentForme() {
35        return VentForme;
36    }
37
38    public void setVentForme(int ventForme) {
39        VentForme = ventForme;
40    }
41
42    public int getVentComptable() {
43        return VentComptable;
44    }
45

```

Figure A1 : Aperçu de la classe AnalyseStatistTaf, extrait du code source

```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.sql.Connection;
4
5
6 public class Base {
7     public Connection conn;
8
9     public void ConnectionBD(){
10        try{
11            Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
12        }
13        catch(Exception ex){
14            System.out.println("Erreur de chargement");
15            System.exit(0);
16        }
17
18        try{
19            String url="jdbc:mysql://localhost/taf";
20            String user="root";
21            String pass="";
22            conn=DriverManager.getConnection(url,user,pass);
23        }catch(Exception ex){
24            System.out.println("Erreur de la connexion à la base de donnée");
25        }
26    }
27
28    //Recuperation de la connexion
29    public Connection getConnect(){
30        return conn;
31    }
32
33    //Deconnection
34    public void DeconnexionBD(){
35        try {
36            conn.close();
37        }
38        catch(Exception ex){
39            System.out.println("Deconnexion impossible");
40        }
41    }
42
43 }
44

```

Figure A2 : Aperçu de la classe Base, extrait du code source

```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.util.*;
4
5
6
7
8
9
10
11
12 public class Code{
13
14     static Configure cfgchenminEmp= new Configure();
15
16     private static final String cheminEmplacement=cfgchenminEmp.getCheminRegleEmplacement();
17     private static final String cheminNuage=cfgchenminEmp.getCheminRegleNuage();
18     private static final String cheminTempsPresent=cfgchenminEmp.getCheminRegleTempsPresent();
19
20     public static String LireFichier(String path){
21         BufferedReader lect;
22         String tmp="";
23         try{
24             lect = new BufferedReader(new FileReader(path));
25             while(lect.ready()== true)
26             {
27                 tmp += lect.readLine();
28             }
29         }
30         catch (NullPointerException a)
31         {
32             System.out.println("Erreur: pointeur null");
33         }
34         catch (IOException a)
35         {
36             System.out.println("Problème d'IO");
37         }
38         return tmp;
39     }
40
41     //Methode pour savoir si un caractère est un chiffre
42     public static boolean chiffre(char c){
43         return (int)c>=48&&(int)c<=57;
44     }
45
46     //Methode pour savoir si une chaîne correspond à un centre (4 alphabets en majuscules)
47     public static boolean isCentre(String s){
48         //Méthode
49         // récupération d'indicateur d'emplacement dans un fichier txt
50         String txt= "";
51

```

Figure A3 : Aperçu de la classe Code, extrait du code source

```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.util.*;
4
5
6 public class CompleterEvolution {
7     public List<Evolution> GetEvolutionRef(Evolution pPrincipale, Evolution pE1, Evolution pE2, Evolution pE3, Evolution pE4, Evolution pEv5){
8         //AnalyseStatistTaf taf= new AnalyseStatistTaf();
9
10        List<Evolution> liEvo= new ArrayList<Evolution>();
11
12        if(pE1.getIdentifiacateur()!=null){
13            //Visibilite
14            if(pE1.getNuage()==null){
15                pE1.setNuage(pPrincipale.getNuage());
16            }
17            liEvo.add(pE1);
18        }
19        if (pE2.getIdentifiacateur() != null) {
20            if(pE2.getNuage()==null){
21
22                if (pE1.getIdentifiacateur().equals("BECMG")) {
23                    // E2 à comparer avec E1
24                    pE2.setNuage(pE1.getNuage());
25                } else if (pE1.getIdentifiacateur().contains("TEMPO")) {
26                    // à comparer avec le principale
27                    pE2.setNuage(pPrincipale.getNuage());
28                }
29            }
30            liEvo.add(pE2);
31        }
32
33        //Evolution 3
34        if(pE3.getIdentifiacateur()!=null){
35            if(pE3.getNuage()==null){
36                if(pE2.getIdentifiacateur().equals("BECMG")){
37                    //nuage E2 dans E3
38                    pE3.setNuage(pE2.getNuage());
39                }
40                else if (pE2.getIdentifiacateur().contains("TEMPO")){
41                    if(pE1.getIdentifiacateur().equals("BECMG")){
42                        //nuage E1 dans E3
43                        pE3.setNuage(pE1.getNuage());
44                    }
45                    else if (pE1.getIdentifiacateur().contains("TEMPO")){
46                        //nuage E principale dans E3

```

Figure A4 : Aperçu de la classe CompleterEvolution, extrait du code source

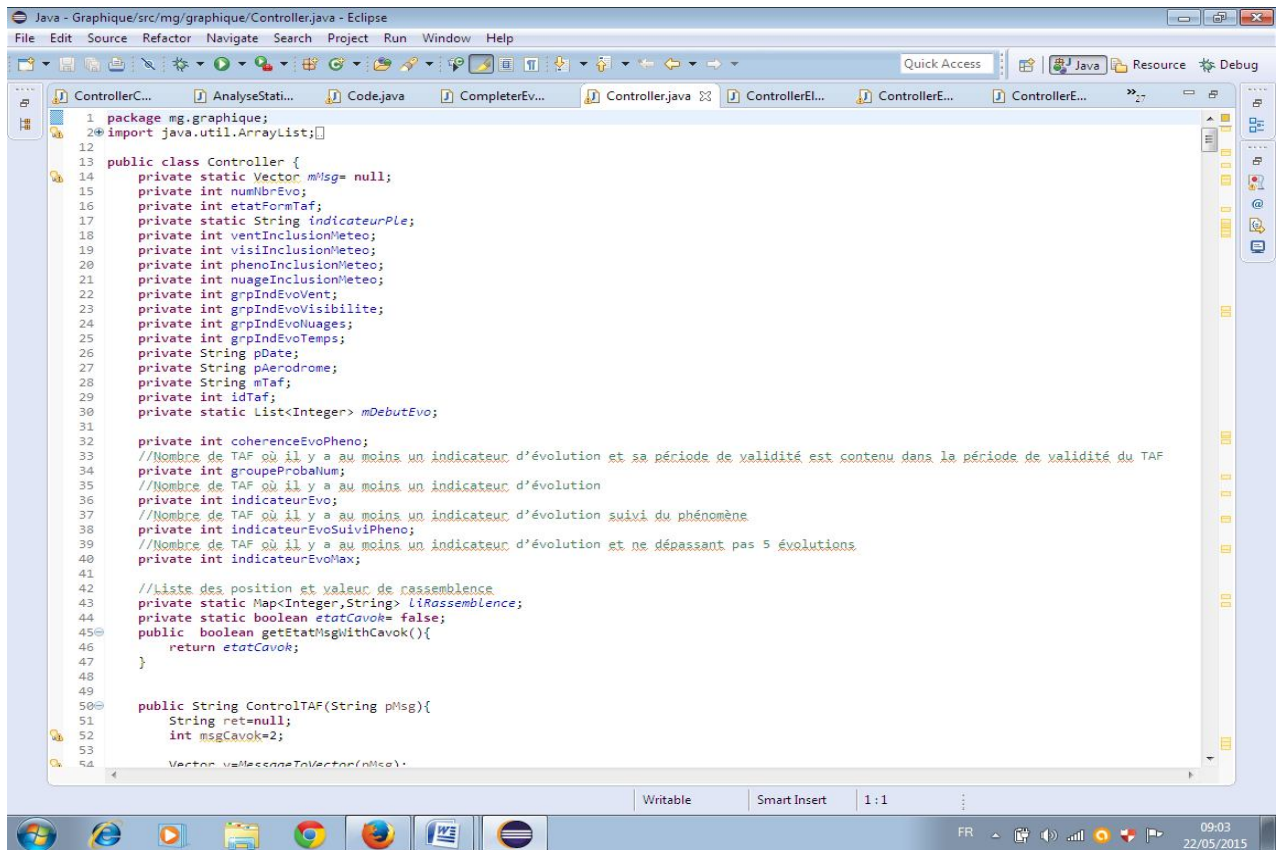


Figure A5 : Aperçu de la classe Controller, extrait du code source

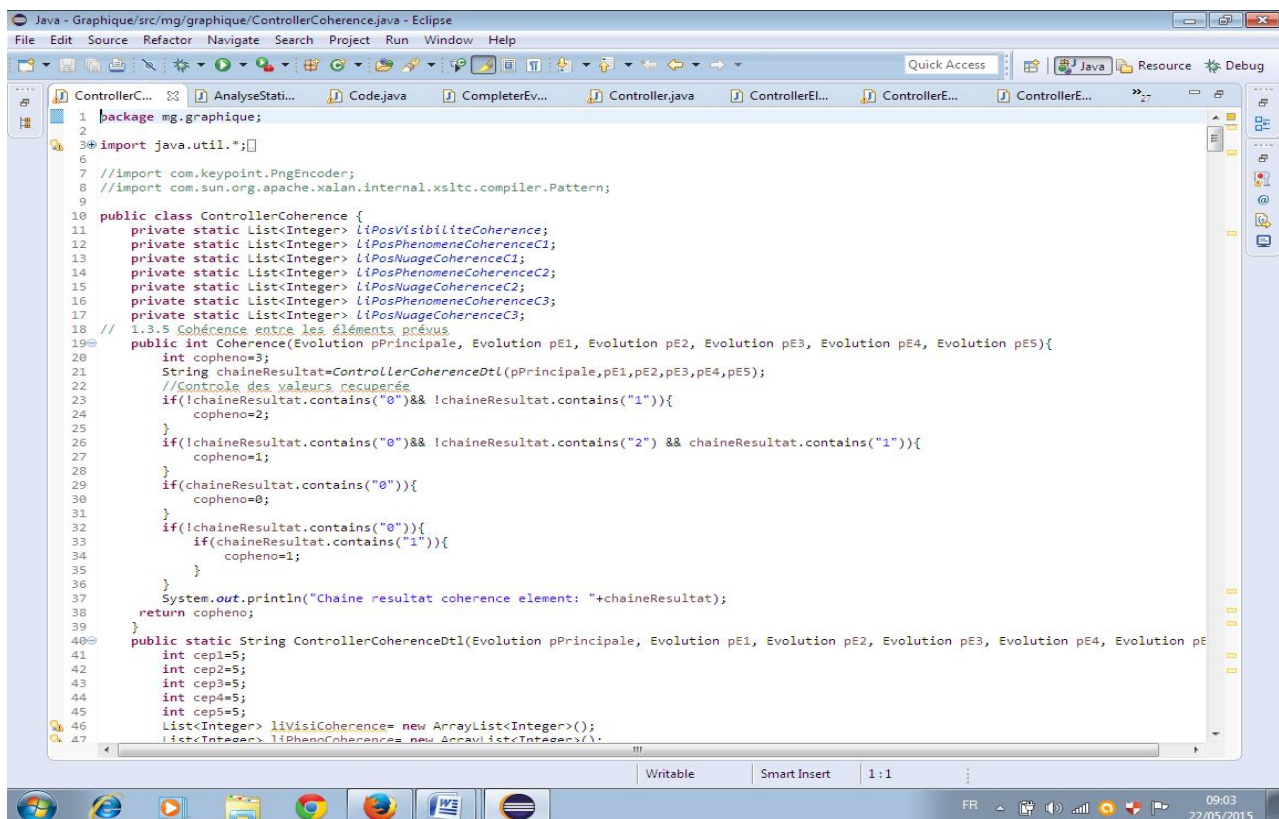


Figure A6 : Aperçu de la classe ControllerCoherence, extrait du code source


```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.util.regex.Matcher;
4
5 public class ControllerElement {
6
7     public static boolean isContansTaf(String pchaine){
8         boolean ret= false;
9         Pattern patternTaf;
10        Matcher matcherTaf;
11        patternTaf = Pattern.compile("TA");
12        matcherTaf = patternTaf.matcher(pchaine);
13        while(matcherTaf.find()) {
14            ret=true;
15        }
16        return ret;
17    }
18
19    public static boolean isIdentificateurValide(String pChaine){
20        boolean ret= false;
21        if(pChaine.equals("PROB30") || pChaine.equals("PROB40"))ret=true;
22        if(pChaine.substring(0,2).equals("FM") && pChaine.length()==8)ret=true;
23        return ret;
24    }
25
26    public static boolean isAerodrome(String pChaine){
27        boolean ret= false;
28        ret=Code.isFichierContient(pChaine, Configure.getCheminaerodrome());
29        // if(pChaine.equals("FMMA") || pChaine.equals("FMNN")||pChaine.equals("FMWM")||pChaine.equals("FMWI")||pChaine.
30        return ret;
31    }
32
33    public static boolean isTafValide(String pC){
34        boolean ret= false;
35        String p=pC.trim();
36        if(p.equals("TAF")){
37            ret= true;
38        }
39        String pCt[]=null;
40        if(p!=null){
41            if(p.contains(" ")){
42                System.out.println("Manana ily");
43                pCt=p.split(" ");
44            }
45        }
46    }
47
48 }

```

Figure A7 : Aperçu de la classe ControllerElement, extrait du code source

```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.util.ArrayList;
4
5 public class ControllerErreur {
6     private int mEtat;
7
8     public List<Erreur> getAllError(List<Evolution> plisteEv,String pDate,int msgCavok){
9         List<Erreur> retlist=new ArrayList<Erreur>();
10        // Recuperation de l'evolution principale
11
12        Evolution ePr=plisteEv.get(0);
13        if(msgCavok!=2){
14            if(msgCavok==0){
15                Erreur e=new Erreur("Synthaxe", "Erreur lors de l'utilisation du groupe CAVOK",ePr.getmPositionCavok()+1);
16                retlist.add(e);
17            }
18        }
19        if(ePr.getIdentificateur()==null){
20            if(!ControllerElement.isIdentificateurValide(ePr.getIdentificateur())){
21                Erreur e=new Erreur("Synthaxe", "Identification du type de prévision omis",ePr.getPositionIdentificateur()+1);
22                retlist.add(e);
23            }
24        }
25        if(!ControllerElement.isTafValide(ePr.getIdentificateur())){
26            Erreur e=new Erreur("Synthaxe", "Groupe identification du type de prévision erroné ",1);
27            retlist.add(e);
28        }
29    }
30    if(ePr.getIndicateurEmplacement()==null){
31        Erreur e=new Erreur("Synthaxe", "Indicateur d'emplacement omis",ePr.getPositionIndicateurEmplacement()+1);
32        retlist.add(e);
33    }
34    else{
35        if(!ControllerElement.isAerodrome(ePr.getIndicateurEmplacement())){
36            Erreur e=new Erreur("Synthaxe", "Groupe indicateur d'emplacement erroné",ePr.getPositionIndicateurEmplacement()+1);
37            retlist.add(e);
38        }
39    }
40    if(ePr.getHeureRedaction()==null){
41        Erreur e=new Erreur("Synthaxe", "Temps d'établissement de la prévision omis",ePr.getmPosHeureRedaction()+1);
42        retlist.add(e);
43    }
44    else{
45        //Si le groupe heure de rédaction est erroné
46        if(!ControllerErreurUtil.isHeureRedaction(ePr.getHeureRedaction())){
47
48        }
49    }
50 }

```

Figure A8 : Aperçu de la classe ControllerErreur, extrait du code source

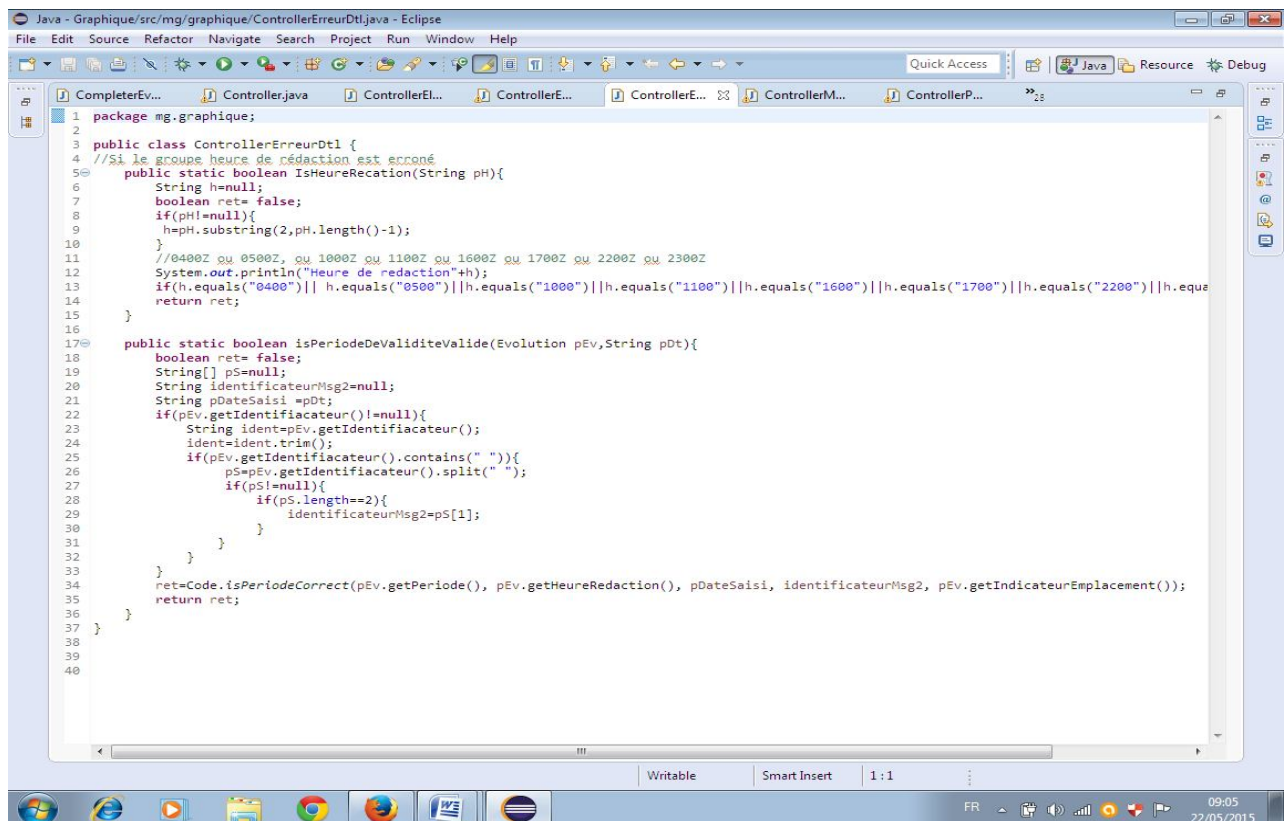


Figure A9 : Aperçu de la classe ControllerErreurDtl, extrait du code source

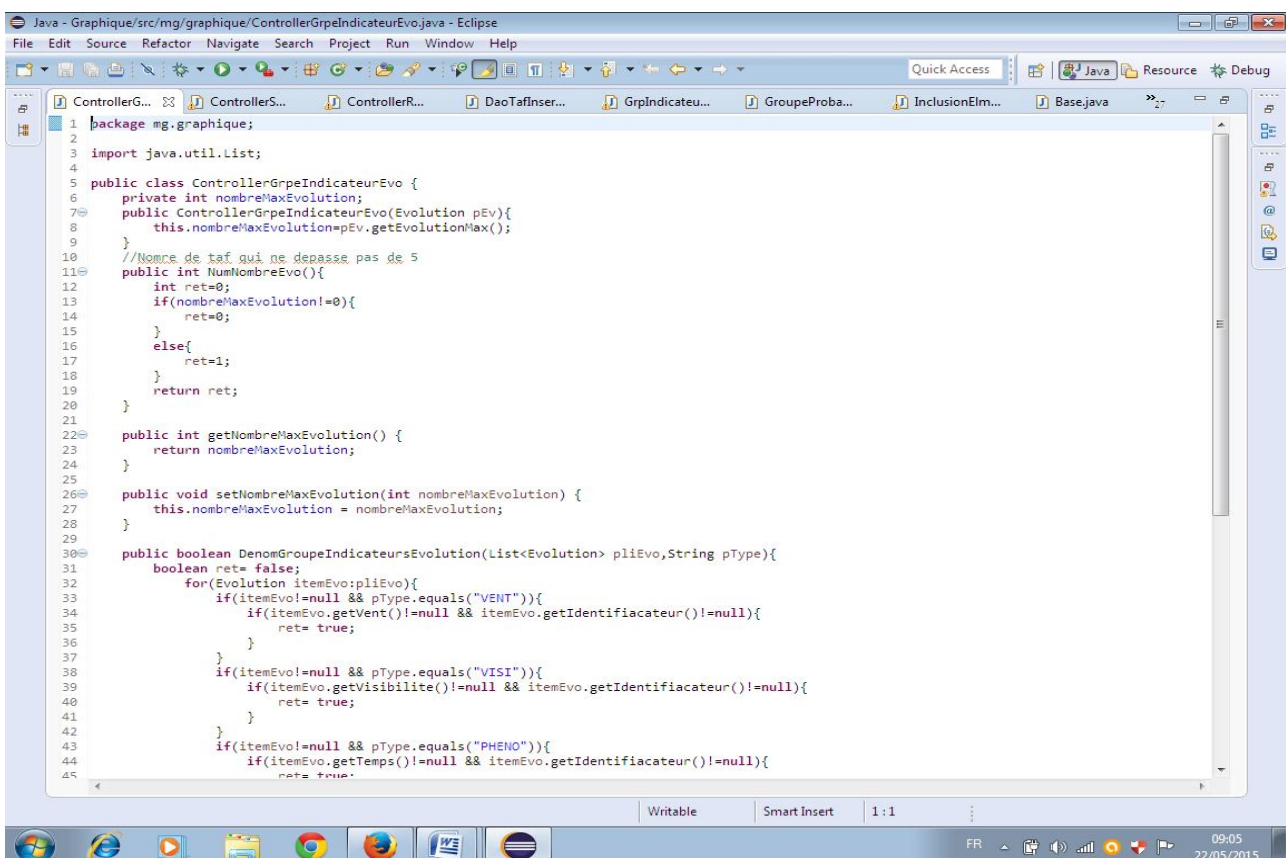


Figure A10 : Aperçu de la classe ControllerGroupeIndicateurEvo, extrait du code source

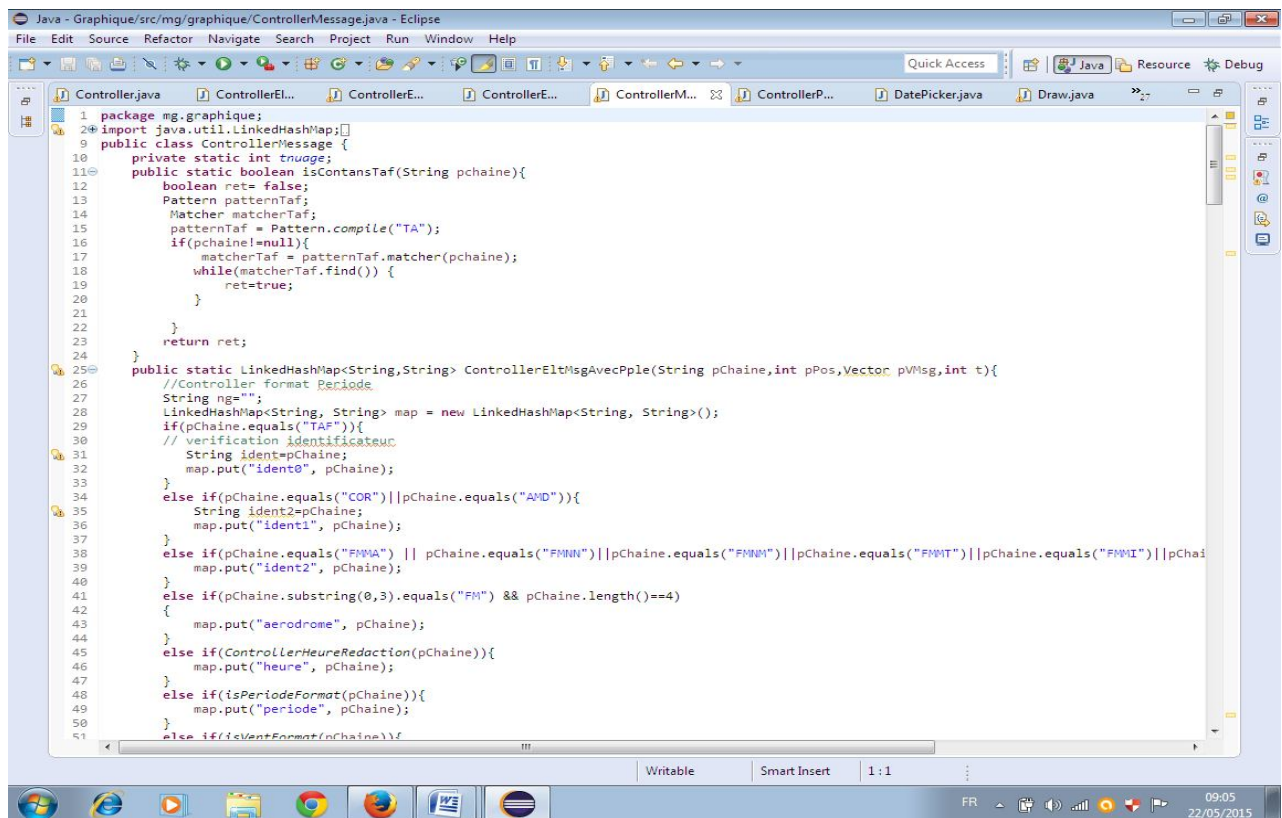


Figure A11 : Aperçu de la classe ControllerMessage, extrait du code source

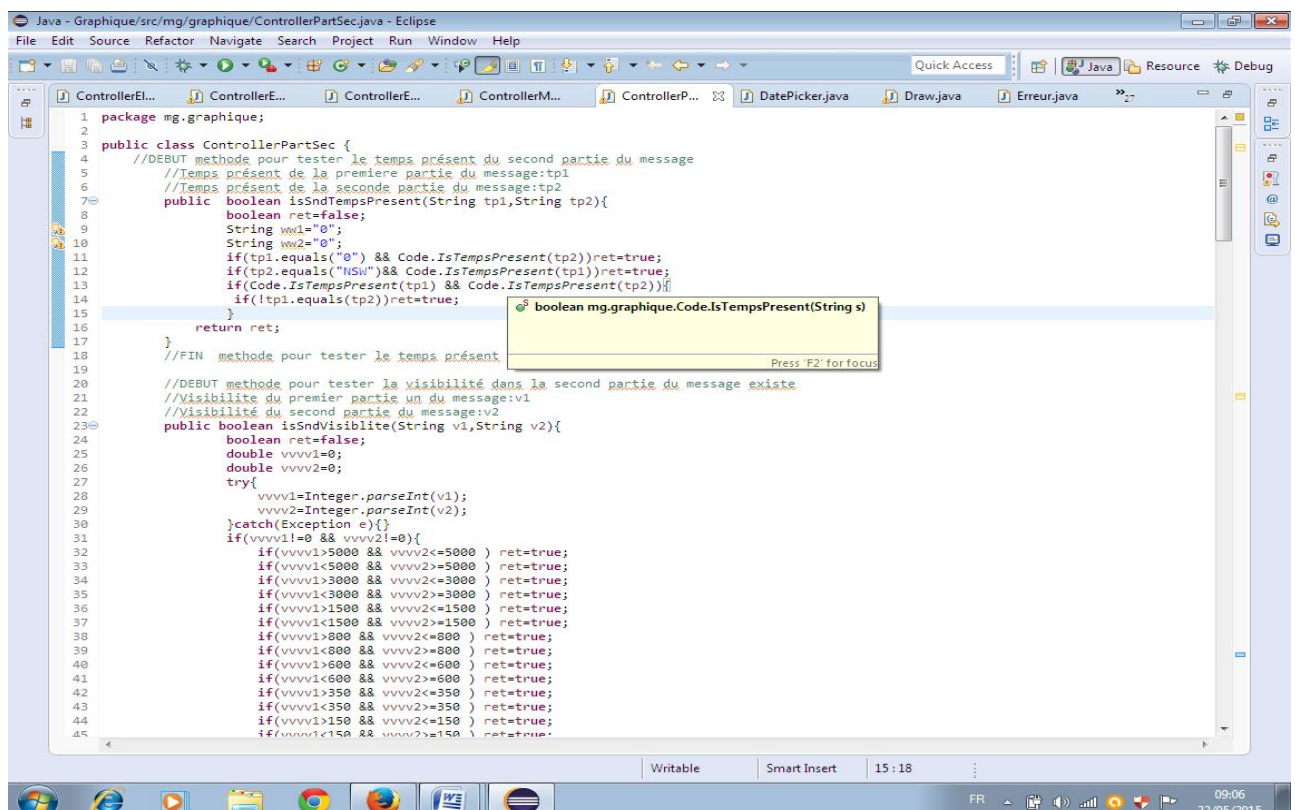


Figure A12 : Aperçu de la classe ControllerPartSec, extrait du code source

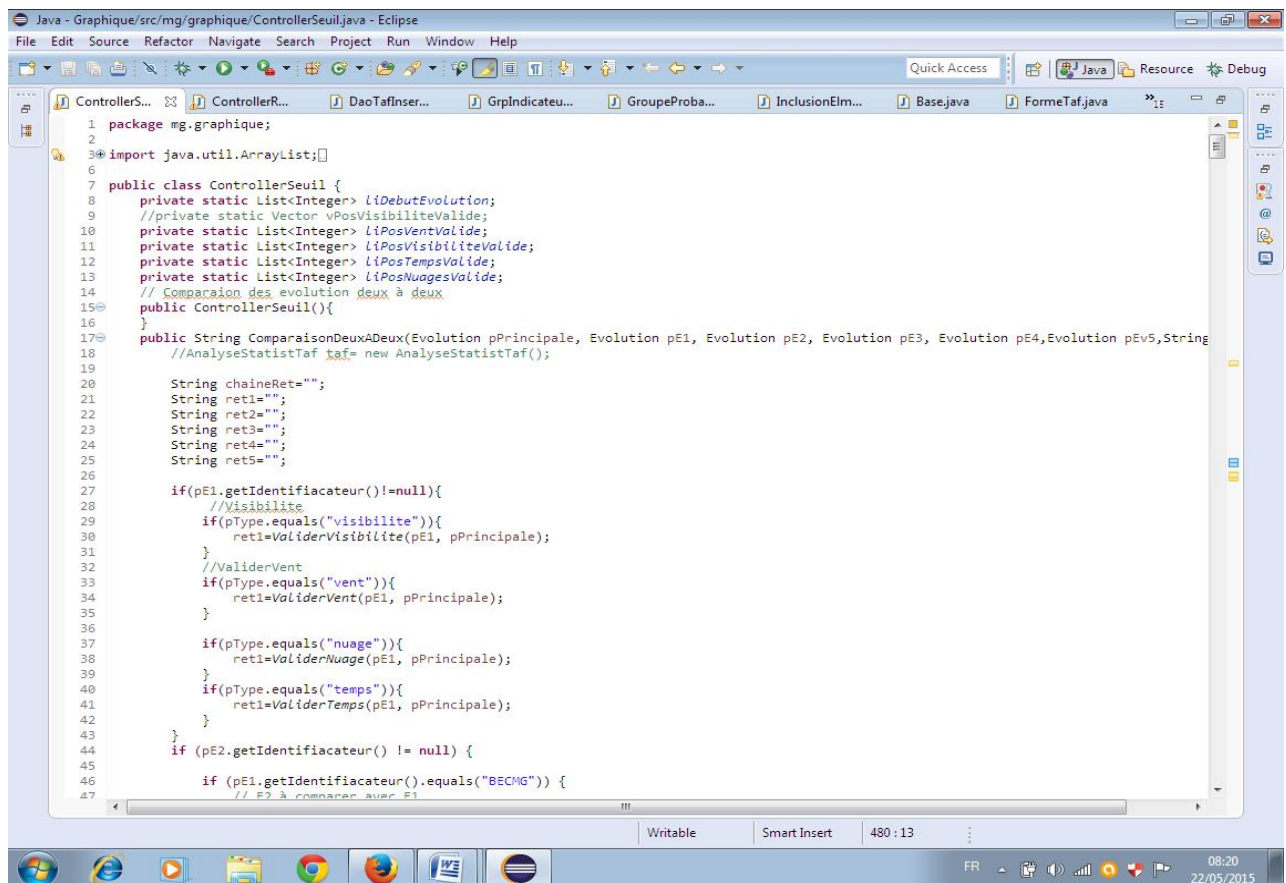


Figure A13 : Aperçu de la classe ControllerSeuil, extrait du code source

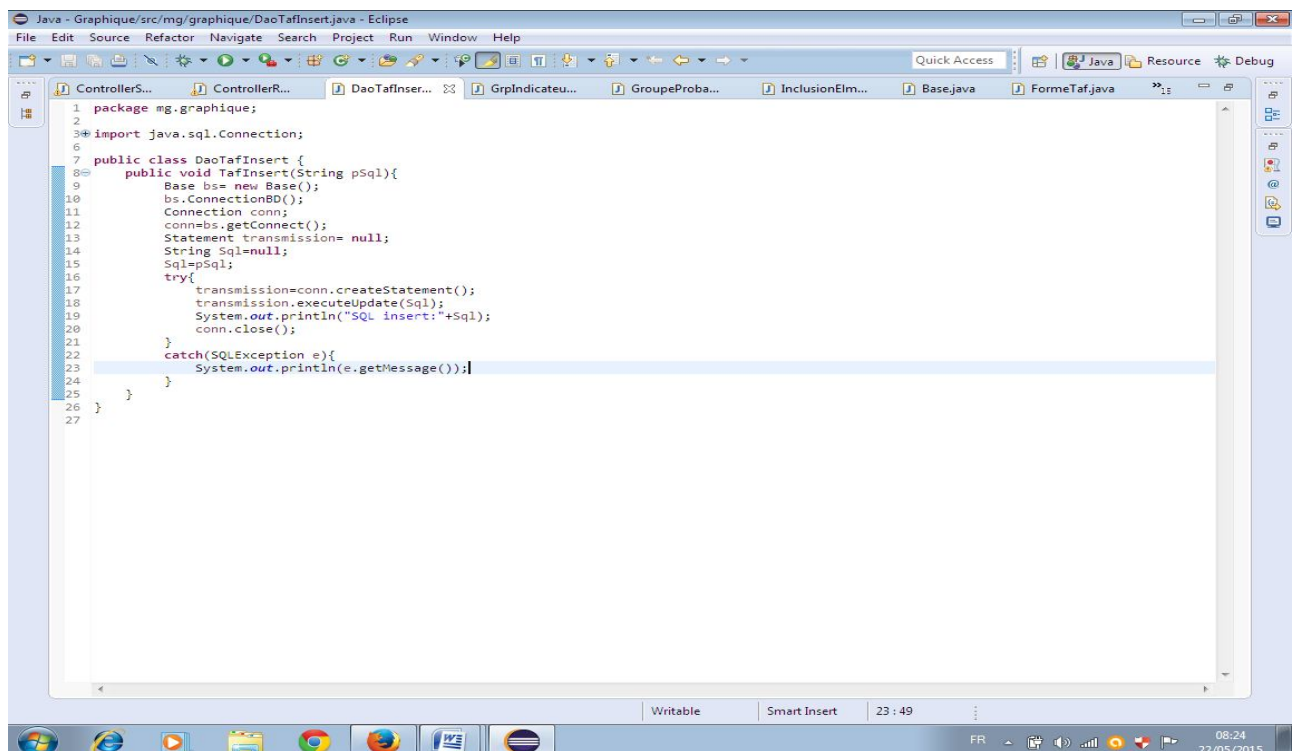


Figure A14 : Aperçu de la classe DaoTafInsert, extrait du code source

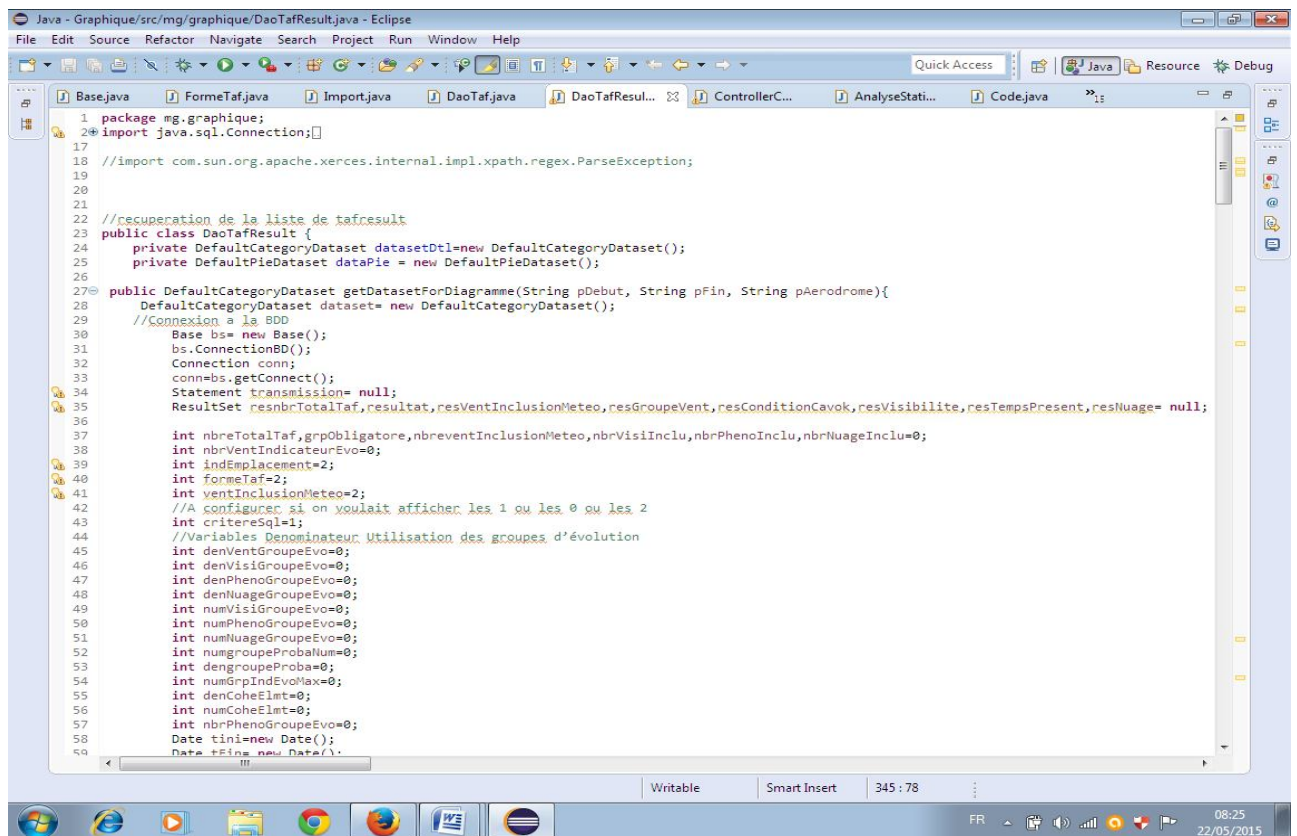


Figure A15 : Aperçu de la classe DaoTafresult, extrait du code source

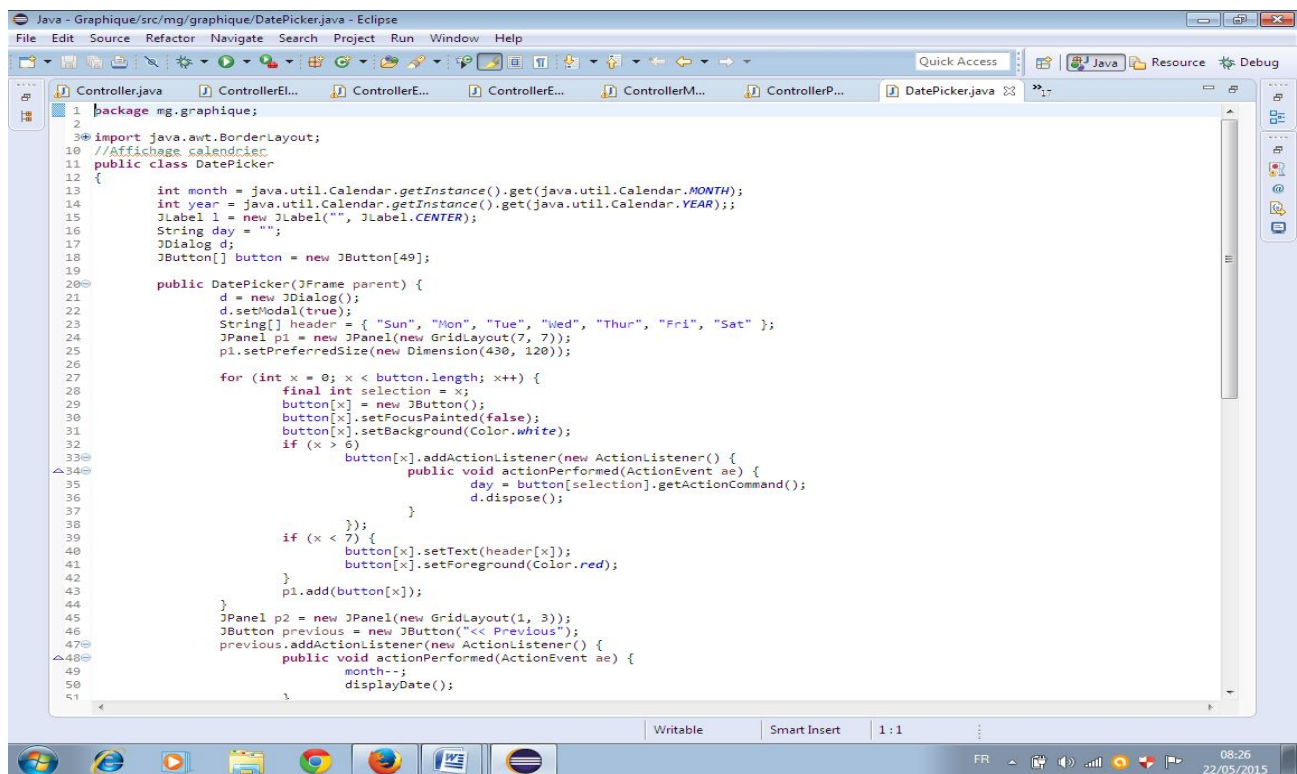


Figure A16 : Aperçu de la classe DatePicker, extrait du code source

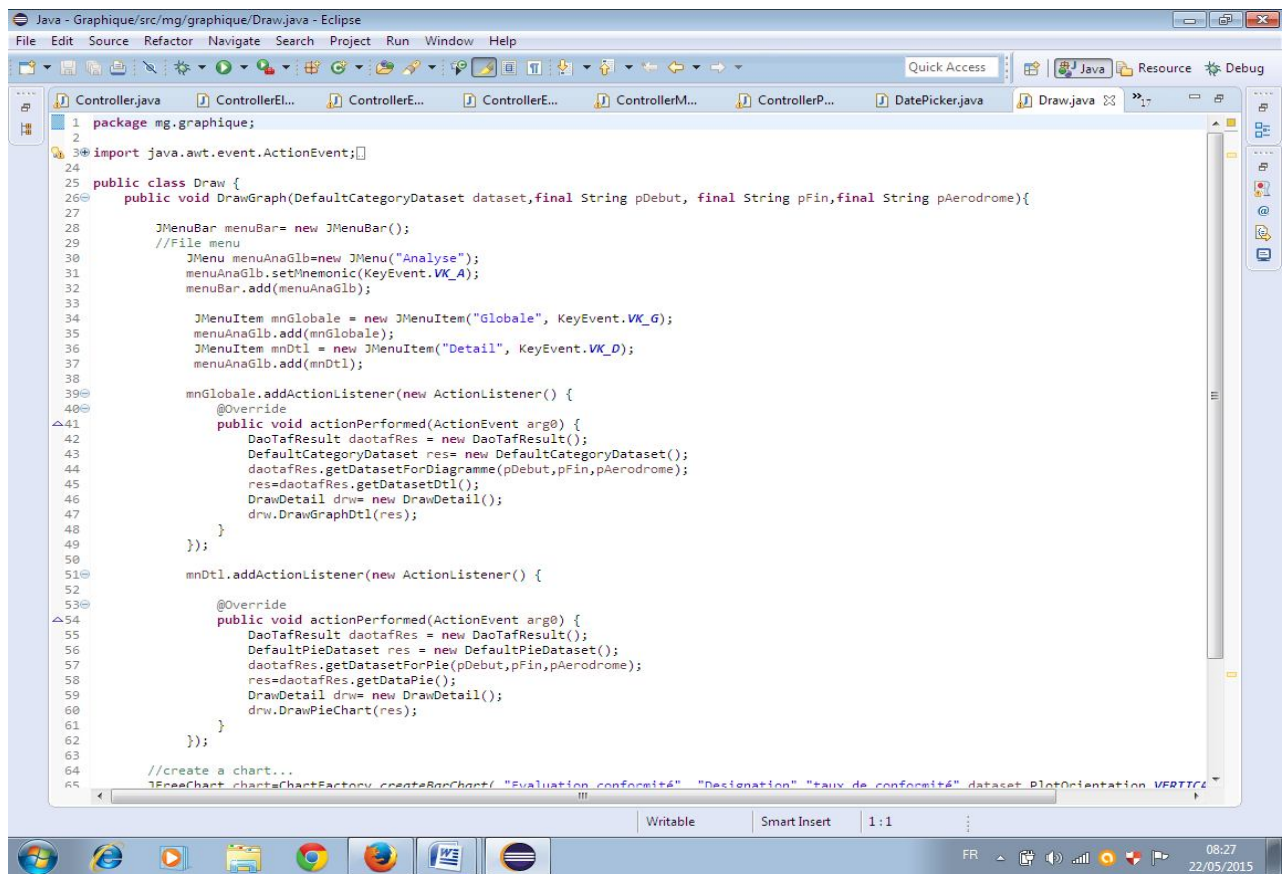


Figure A17 : Aperçu de la classe Draw, extrait du code source

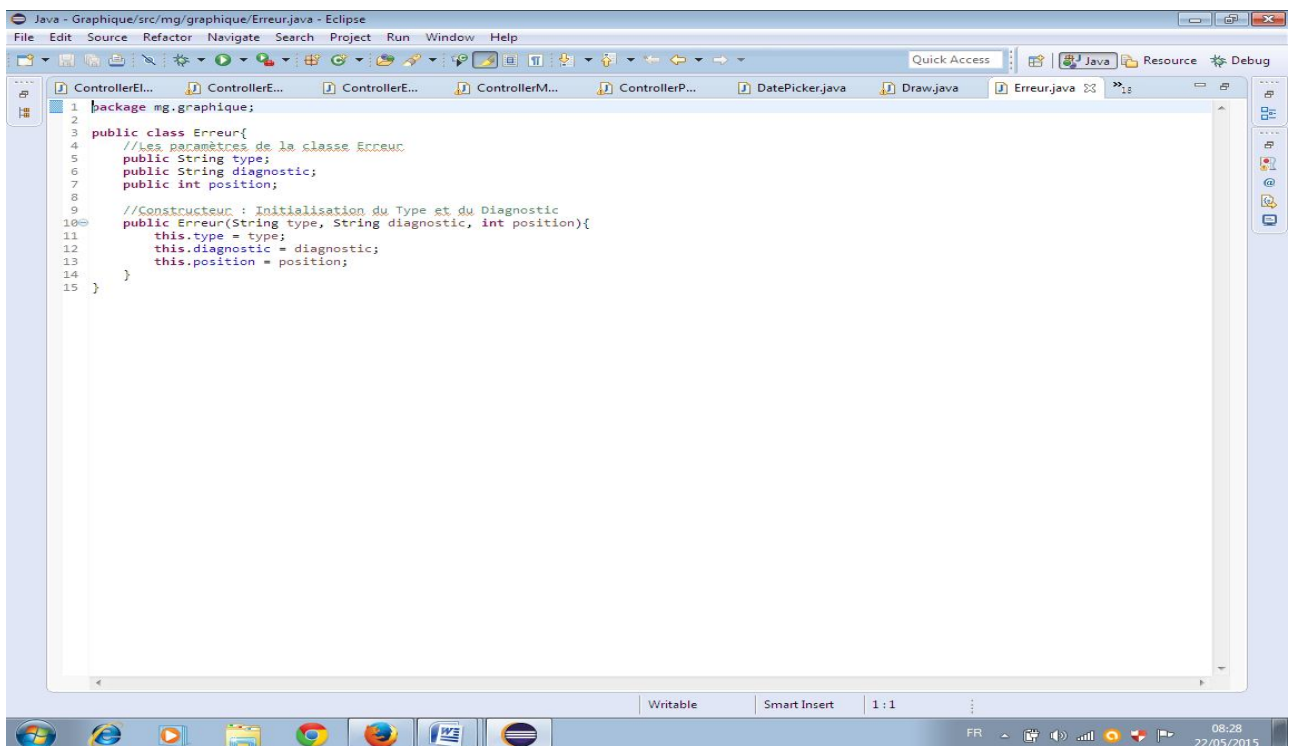


Figure A18 : Aperçu de la classe Erreur, extrait du code source

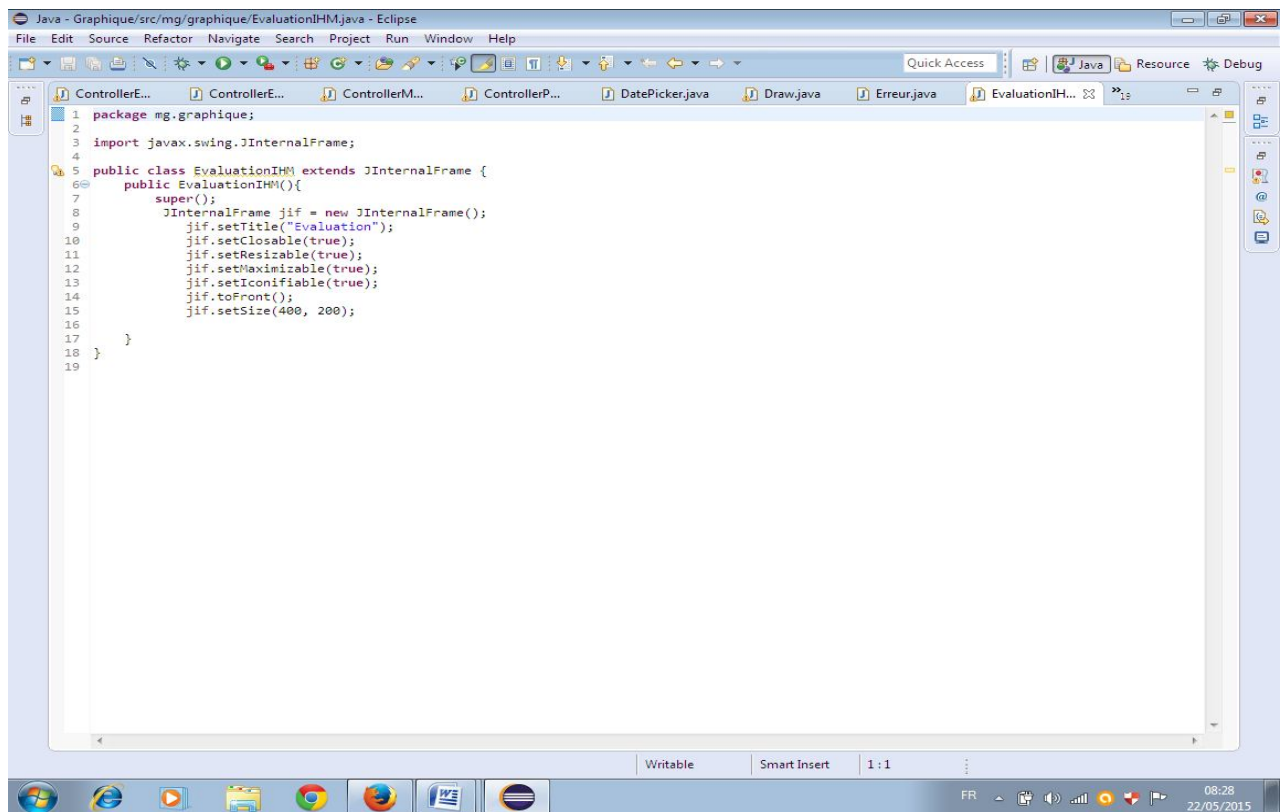


Figure A19 : Aperçu de la classe Evaluation, extrait du code source

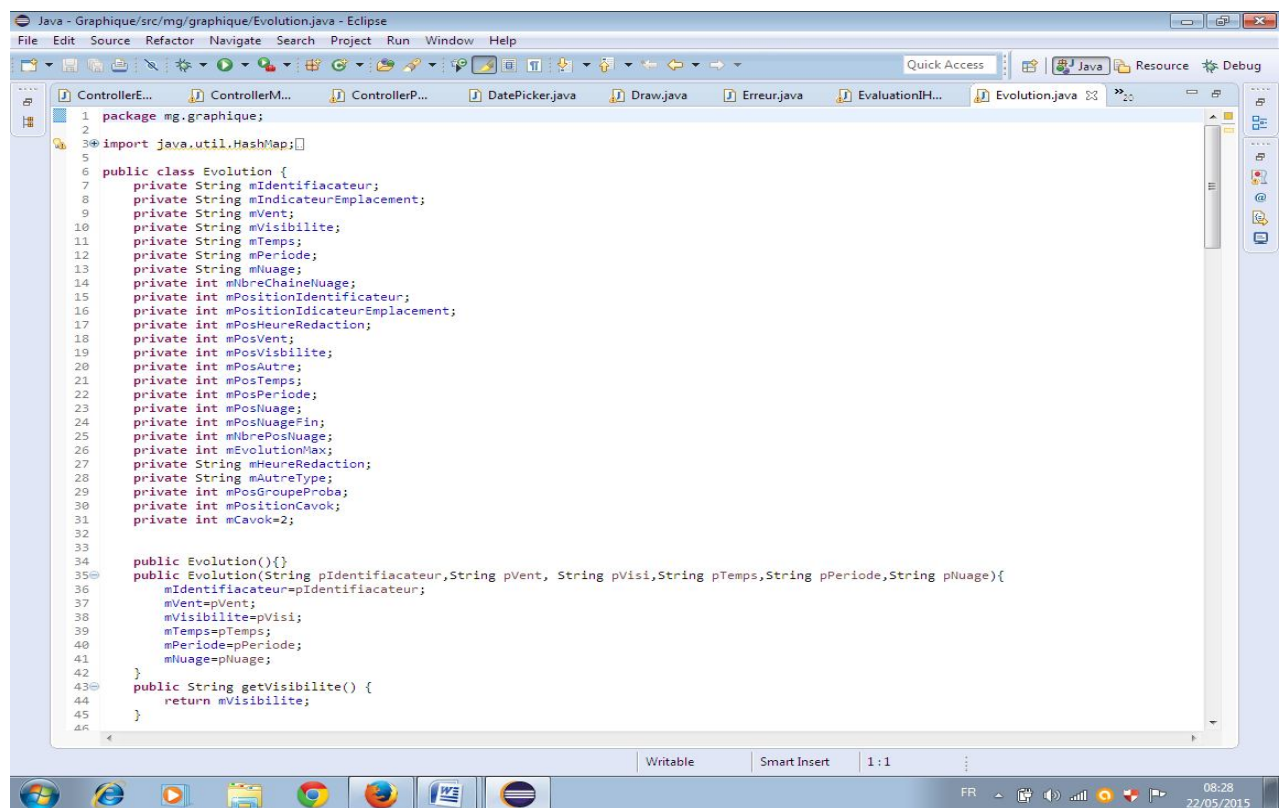


Figure A20 : Aperçu de la classe Evolution, extrait du code source

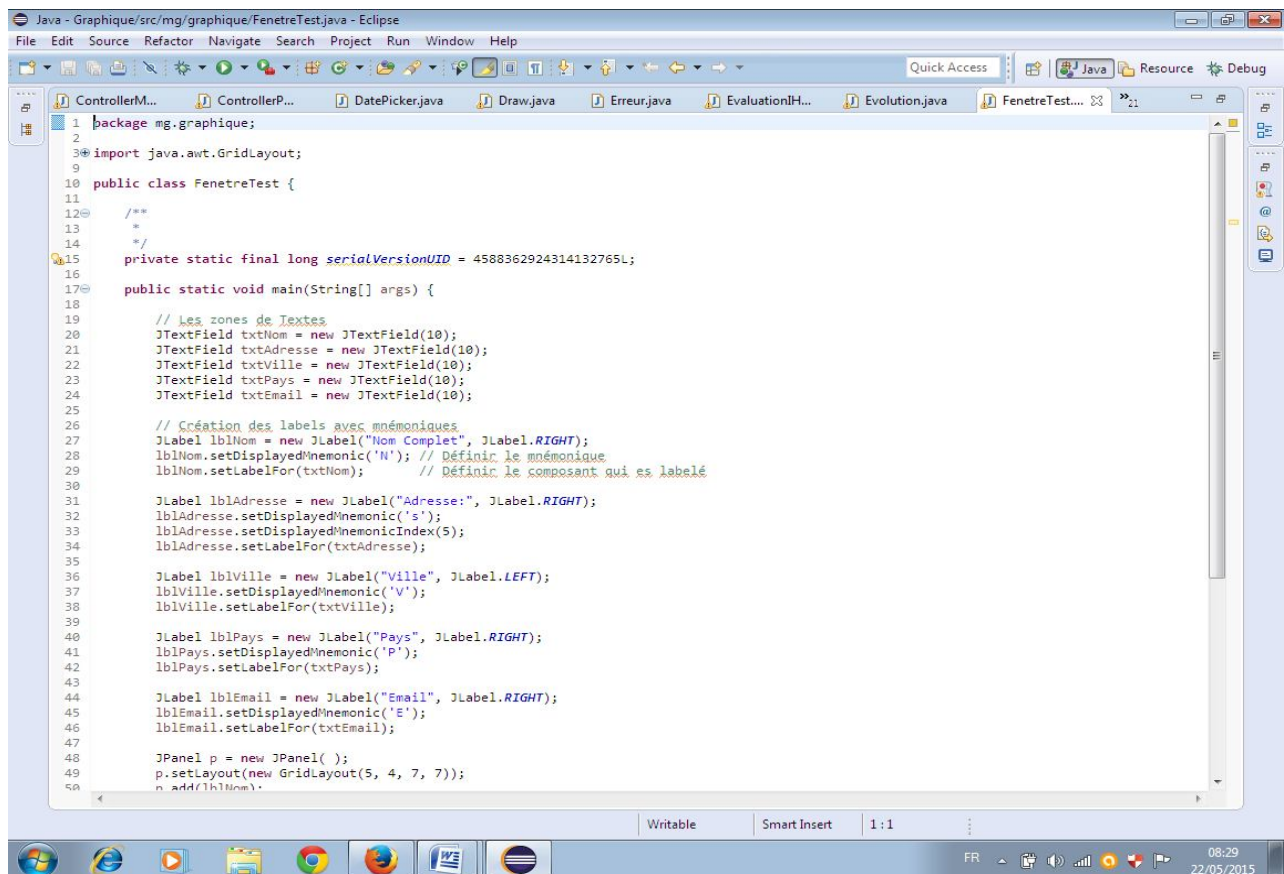


Figure A21 : Aperçu de la classe FenetreTest, extrait du code source

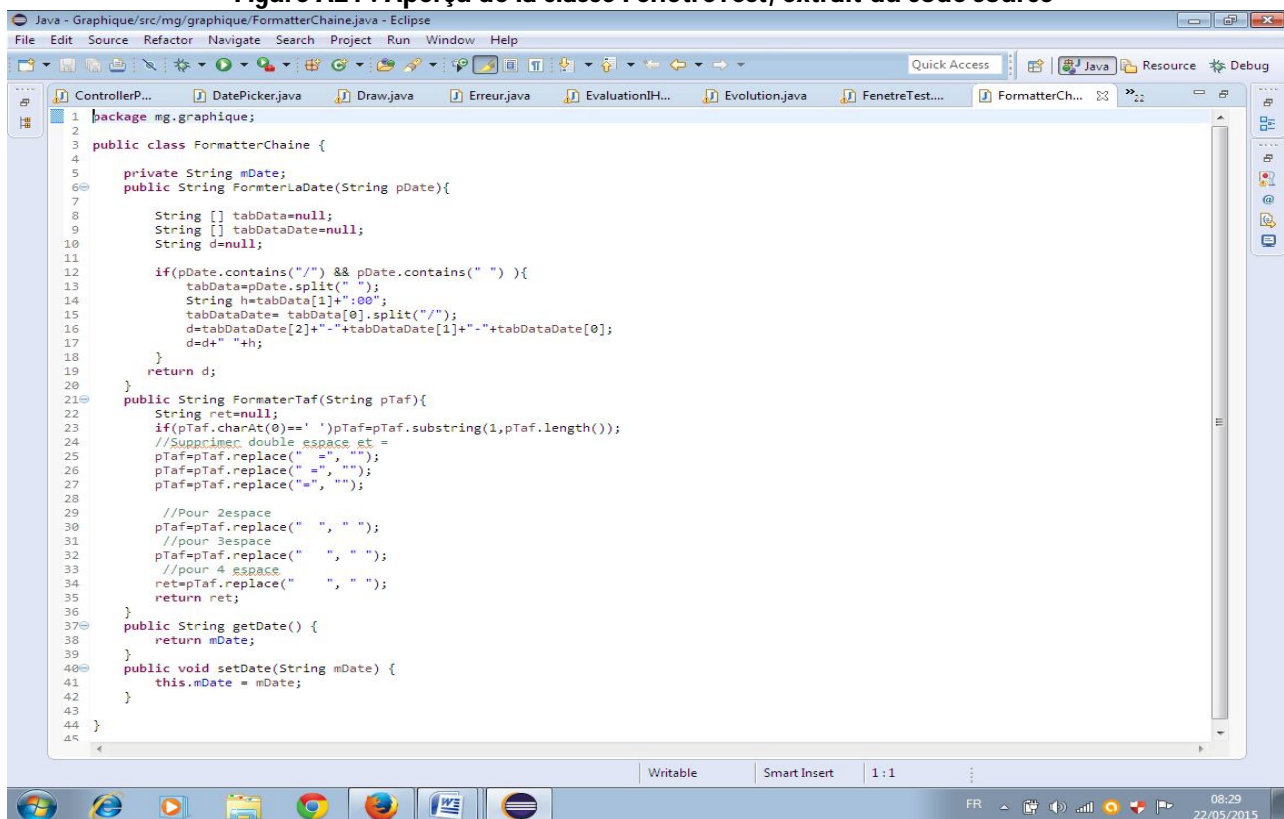


Figure A22 : Aperçu de la classe FormatterChaine, extrait du code source

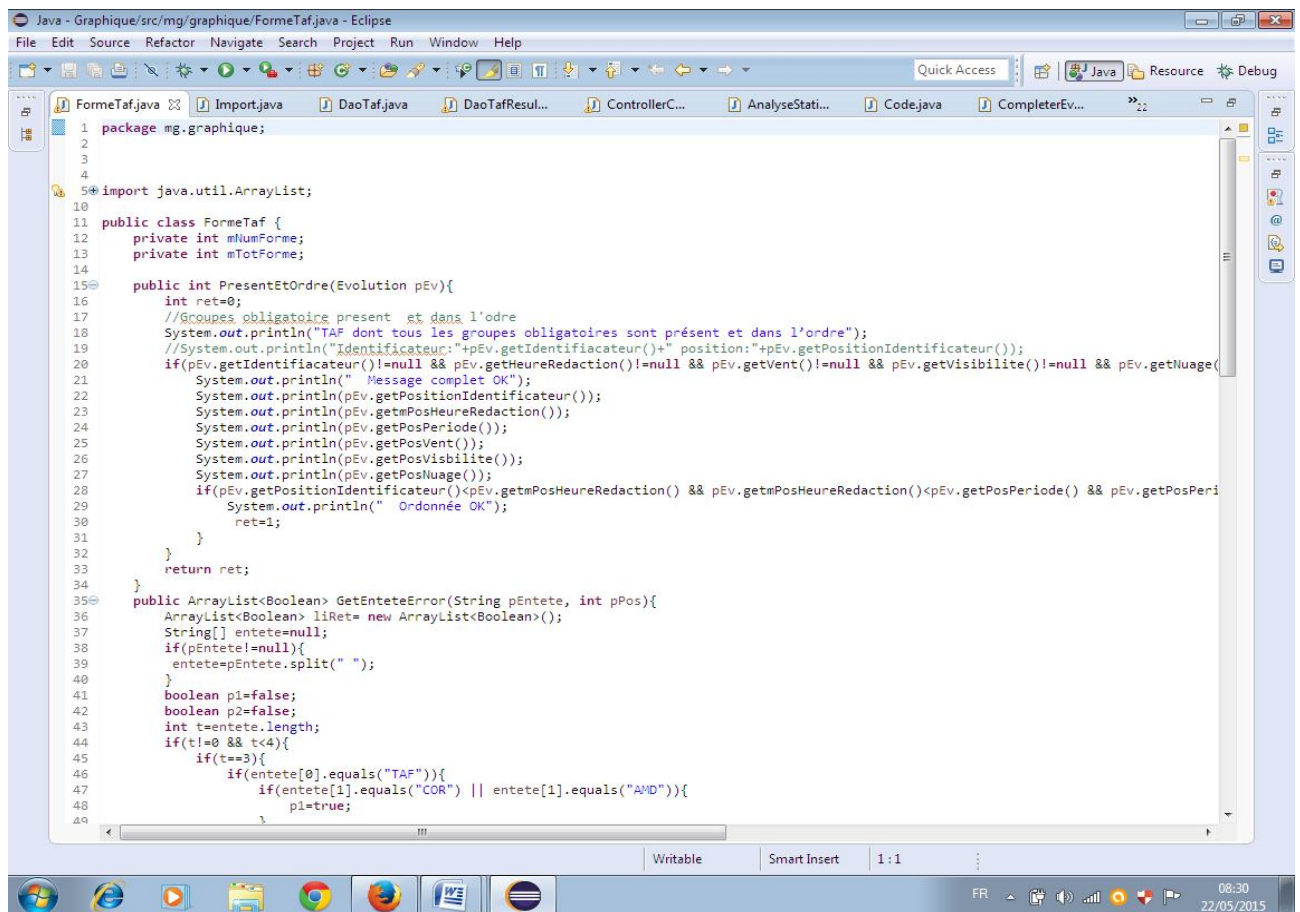


Figure A23 : Aperçu de la classe FormeTaf, extrait du code source

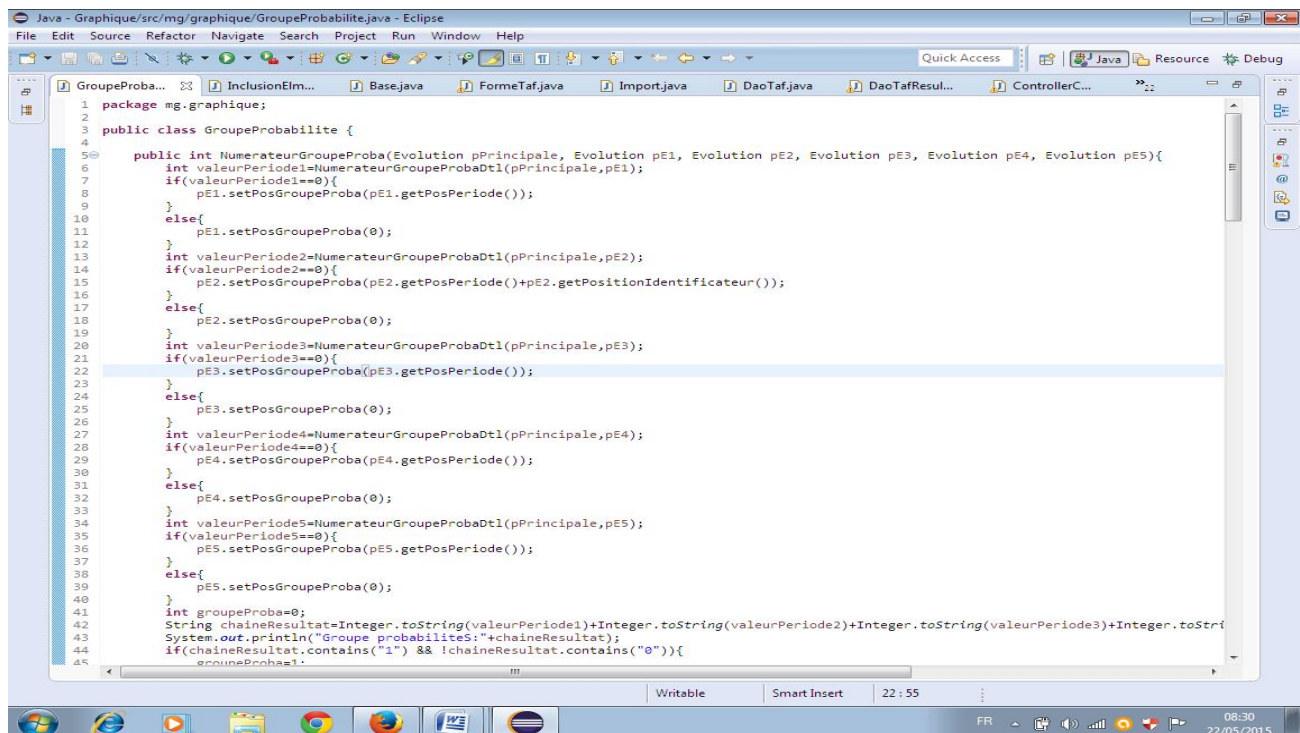


Figure A24 : Aperçu de la classe GroupeProbabilite, extrait du code source

```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.util.List;
4
5 public class GrpIndicateur {
6     private static Evolution mEvoP, mEvo1, mEvo2, mEvo3, mEvo4, mEvo5;
7
8
9
10    public GrpIndicateur(Evolution pPrincipale, Evolution pE1, Evolution pE2, Evolution pE3, Evolution pE4, Evolution pE5){
11        this.mEvoP=pPrincipale;
12        this.mEvo1=pE1;
13        this.mEvo2=pE2;
14        this.mEvo3=pE3;
15        this.mEvo4=pE4;
16        this.mEvo5=pE5;
17    }
18    public int FormatVent(){
19        int ret=0;
20        String chaineVent=FormatVentDtl();
21
22        if(chaineVent.contains("1") && !chaineVent.contains("0")){
23            ret=1;
24        }
25        if(!chaineVent.contains("1") && !chaineVent.contains("0")){
26            ret=2;
27        }
28        if(chaineVent.contains("0")){
29            ret=0;
30        }
31        return ret;
32    }
33    public int FormatVisibilite(){
34        int ret=0;
35        String chaineVisibilite=FormatVisibiliteDtl();
36        if(chaineVisibilite.contains("1") && !chaineVisibilite.contains("0")){
37            ret=1;
38        }
39        if(!chaineVisibilite.contains("1") && !chaineVisibilite.contains("0")){
40            ret=2;
41        }
42        if(chaineVisibilite.contains("0")){
43            ret=0;
44        }
45        return ret;

```

Figure A25 : Aperçu de la classe GrpIndicateur, extrait du code source

```

1 package mg.graphique;
2
3 import java.awt.List;
4
5 public class Import {
6
7
8
9    public Vector CsvToVector(String path) throws IOException{
10        BufferedReader lect;
11        Vector ret= new Vector();
12        String ligne;
13        try{
14            int i=0;
15            lect = new BufferedReader(new FileReader(path));
16            while((ligne=lect.readLine())!= null)
17            {
18                ret.addElement(ligne);
19                i++;
20            }
21            lect.close();
22        }
23        catch(NullPointerException a)
24        {
25            System.out.println("Erreur: pointeur null");
26        }
27        catch(IOException a)
28        {
29            System.out.println("Problème d'IO");
30        }
31        return ret;
32    }
33
34
35    public String [] ConvertVecteurToTableau(String pVect ){
36        String [] tabData=null;
37        tabData=pVect.split(";");
38        return tabData;
39    }
40
41
42
43 }

```

Figure A26 : Aperçu de la classe Import, extrait du code source

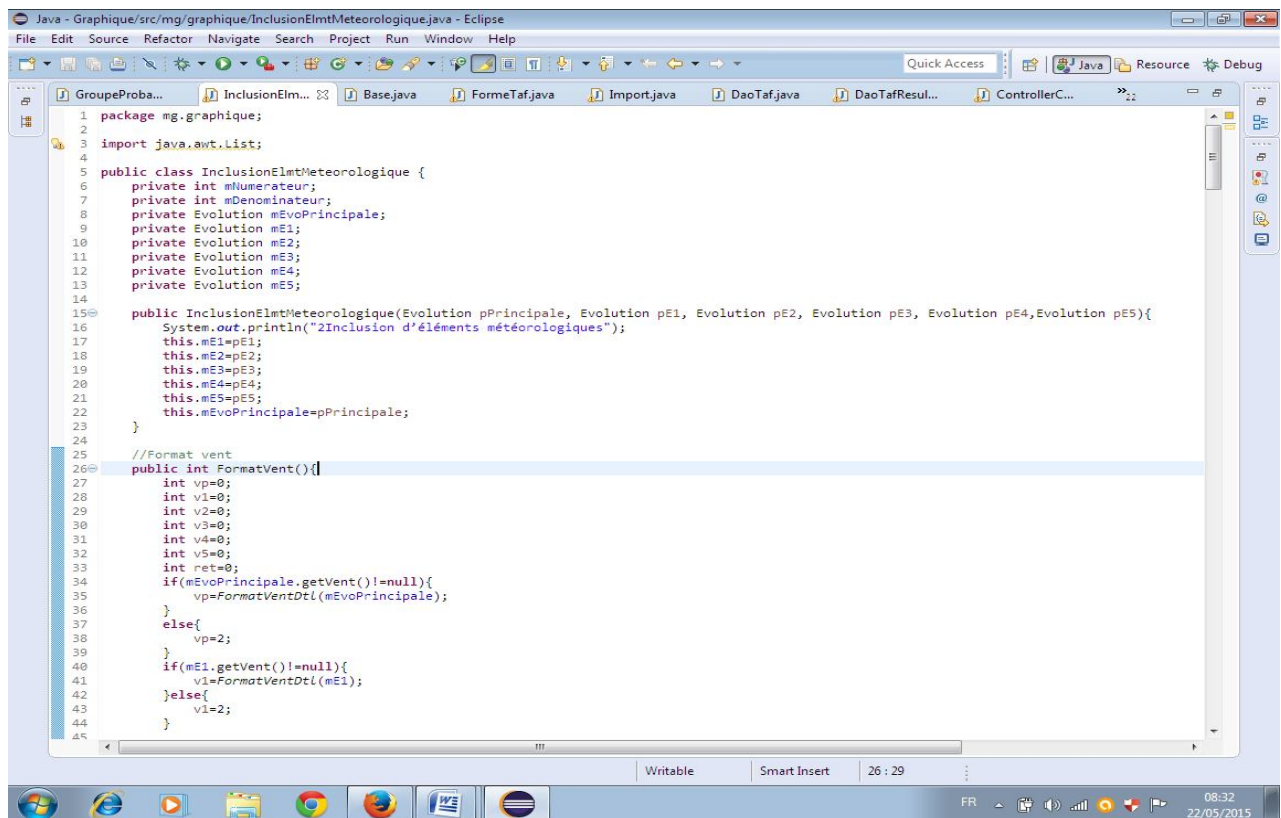


Figure A27 : Aperçu de la classe InclusionElmtMeteorologique, extrait du code source

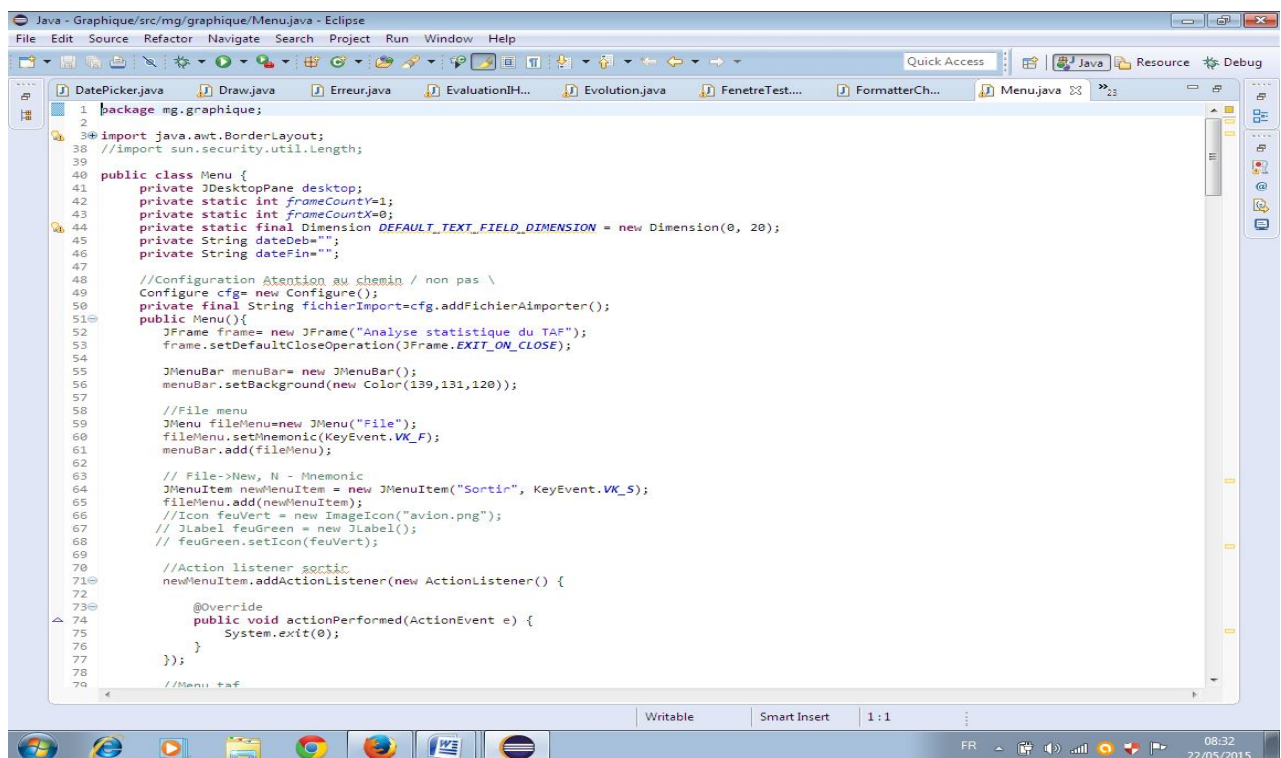


Figure A28 : Aperçu de la classe Menu, extrait du code source

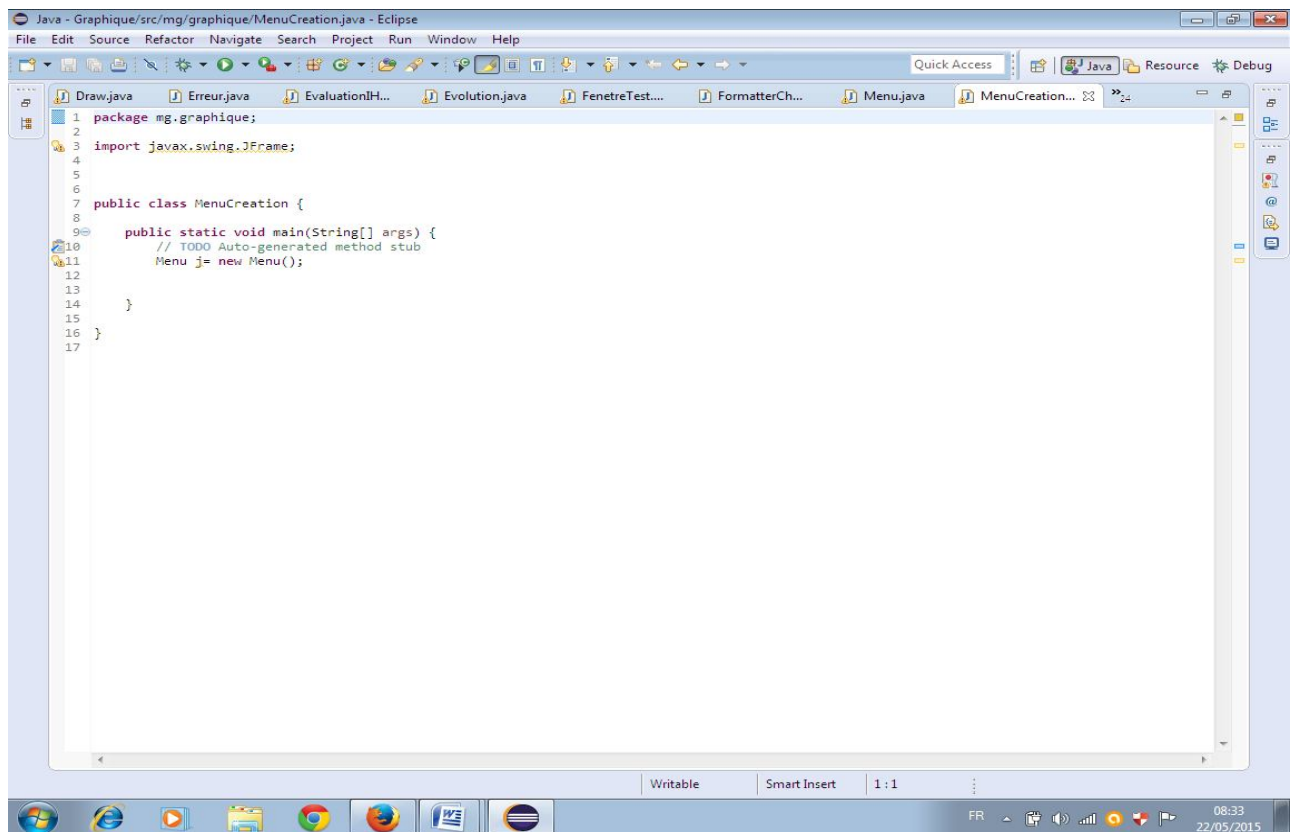


Figure A29 : Aperçu de la classe MenuCreation, extrait du code source

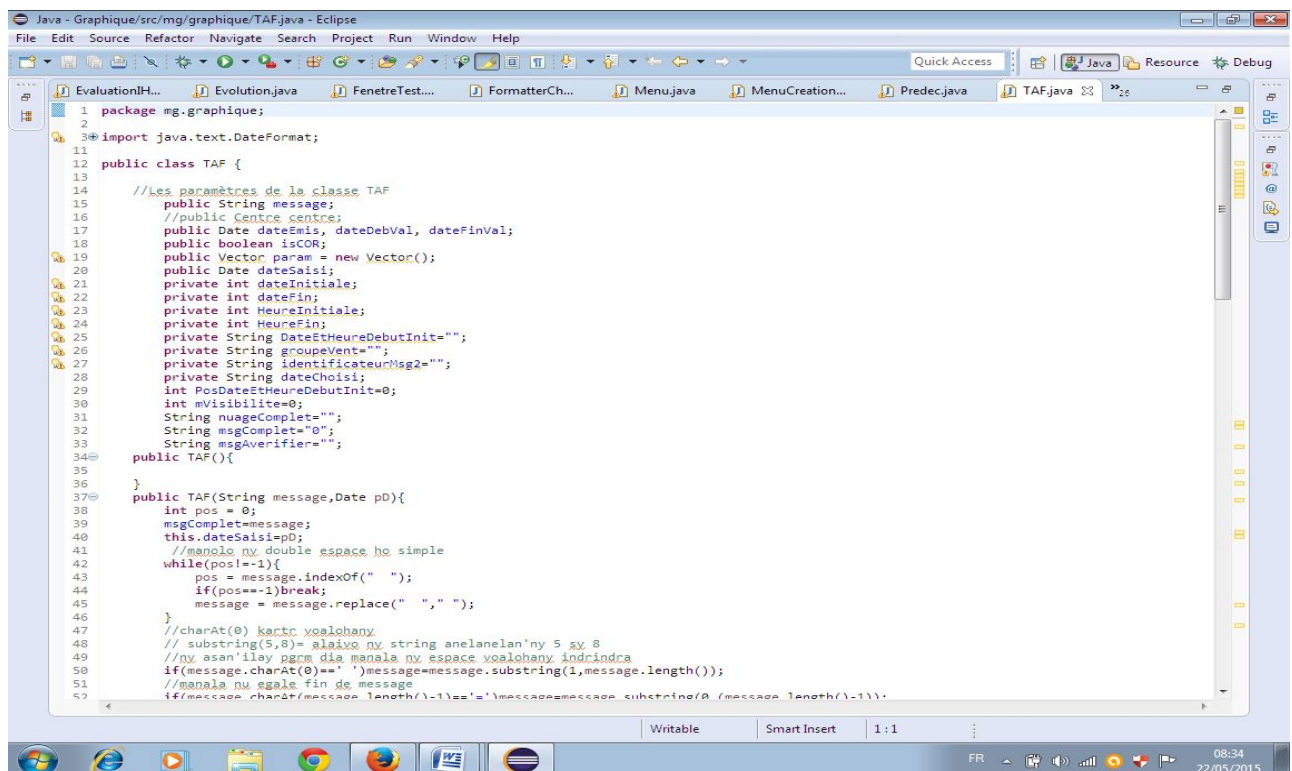


Figure A30 : Aperçu de la classe TAF, extrait du code source

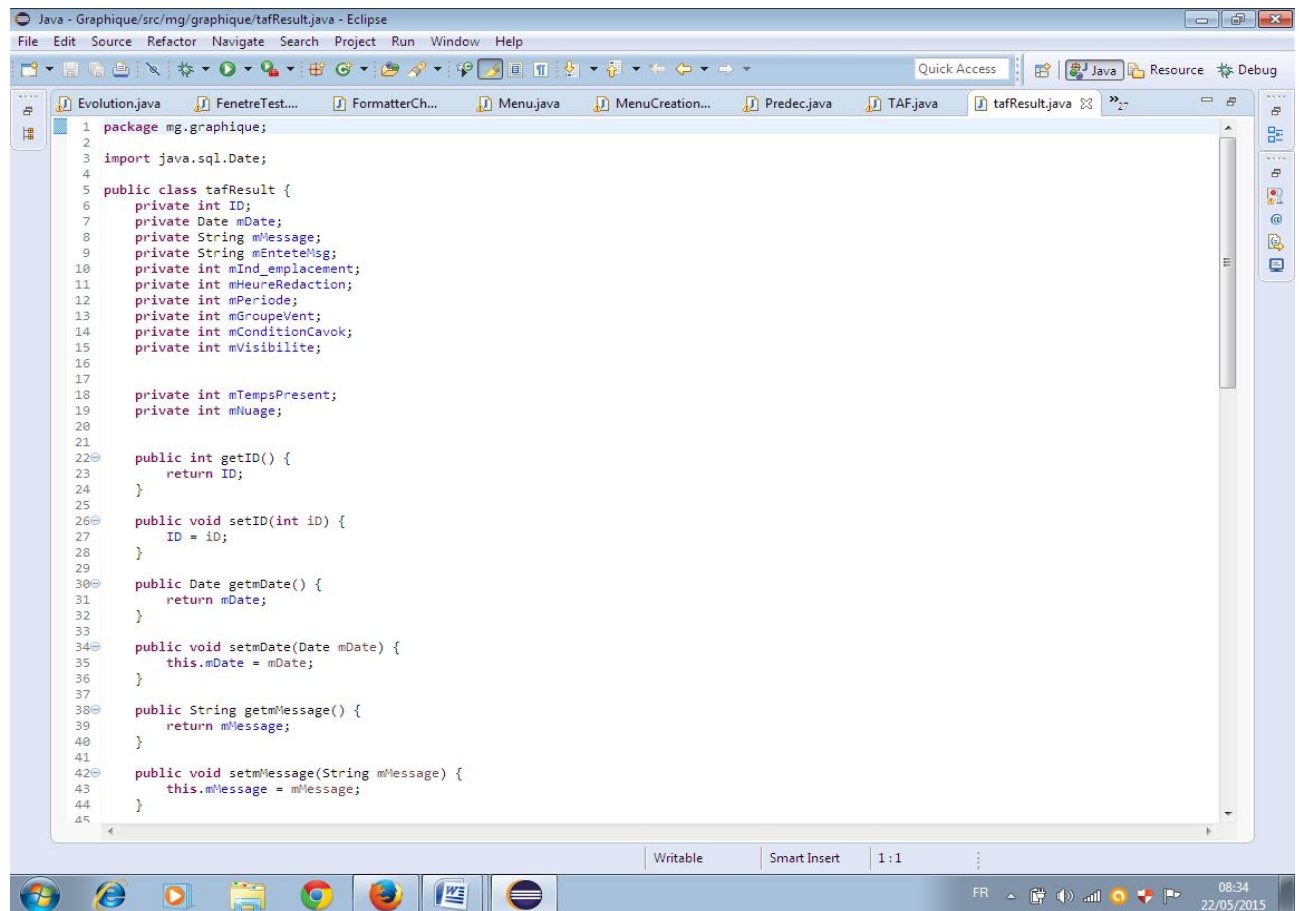


Figure A31 : Aperçu de la classe TafResult, extrait du code source

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES SYMBOLES ET ACRONYMES.....	iii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE: GENERALITES.....	2
Chapitre 1 : Les aérodromes de Madagascar.....	3
1.1 Définitions	3
1.2 Caractéristiques de quelques aérodromes de Madagascar	5
1.2.1 Aérodrome d'Ivato	5
1.2.2 Aérodrome de Toamasina	6
1.2.3 Aérodrome de Mahajanga.....	7
1.2.4 Aérodrome de Nosy Be	8
1.2.5 Aérodrome de Taolagnaro	9
1.2.6 Aérodrome d'Antsiranana	10
1.2.7 Aérodrome de Toliary	11
1.2.8 Aérodrome de Sainte Marie	12
Chapitre2 : Assistance Météorologique à la Navigation Aérienne	13
2.1 Organisation de l'assistance météorologique	13
2.1.1 But de l'assistance météorologique à la navigation aérienne [1], [4].....	13
2.1.2 Les clients ou destinataires ou utilisateurs [1], [4]	13
2.1.3 Les textes réglementaires de l'assistance	13
2.1.4 Les Organismes d'Assistance [1], [4].....	14
2.2 Forme de l'assistance météorologique à la navigation aérienne.....	19
2.2.1 Assistance aux organismes de la Circulation Aérienne [1], [4].....	19
2.2.2 Assistance aux exploitants [1], [4]	19
2.2.3 Assistance aux membres d'équipage de conduite.....	20
Chapitre3 : Importance des paramètres météorologiques et influence des phénomènes météorologiques dangereux pour l'aéronautique	23
3.1 Importance des paramètres météorologiques.....	23
3.1.1 Importance de la température	23
3.1.3 Importance du vent [4]	26
3.1.4 Importance de la visibilité [4].....	27
3.2 Phénomènes météorologiques dangereux pour la navigation aérienne.....	28
3.2.1 Importance aéronautique des phénomènes liés au cumulonimbus (CB) [4]	28
3.2.2 Importance aéronautique du givrage [12].....	29
3.2.3 Importance aéronautique de la turbulence [4].....	30
3.2.4 Importance aéronautique des nuages de cendres volcaniques [4].....	30
3.2.5 Importance aéronautique du cisaillement du vent [12].....	31
Chapitre 4 : Les prévisions d'aérodromes	32

4.1 Définition [I]	32
4.2 Contenu des prévisions d'aérodrome [I]	32
4.2.1 L'identification du type de prévision [I]	32
4.2.2 L'indicateur d'emplacement OACI de l'aérodrome [I]	33
4.2.3 L'heure d'établissement de la prévision [I]	33
4.2.4 L'identification d'une prévision manquante, le cas échéant [I]	33
4.2.5 La date et la période de validité de la prévision [I]	33
4.2.6 L'identification d'une prévision annulée, le cas échéant [I]	34
4.2.7 Le vent de surface [I]	34
4.2.8 La visibilité horizontale (dominante) [I]	35
4.2.9 Les phénomènes météorologiques significatifs ou temps présent [I]	35
4.2.10 Les nuages [I]	37
4.2.11 Les changements significatifs prévus de l'un ou plusieurs des éléments ci-dessus pendant la période de validité [I]	39
4.2.12 Les paramètres et/ou phénomènes significatifs prévus [I]	40
Chapitre 5 : Concept de la qualité	43
5.1 Définitions	43
5.2 Qualité dans le domaine de la prévision d'aérodrome	44
5.2.1 La norme ISO correspondante [IV]	44
5.2.2 L'organisme certifiant [IV]	45
5.2.3 Les conditions nécessaires à l'obtention d'une prévision d'aérodrome de qualité [6], [7], [8]	45
CONCLUSION SUR LA PREMIERE PARTIE	47
DEUXIEME PARTIE: METHODOLOGIE ET TRAITEMENT DES DONNEES	48
Chapitre 6 : Méthodologie	49
6.1 Les données d'expérimentation	49
6.2 Choix des données utilisées	49
6.3 Source des données	49
6.4 Evaluation des conditions nécessaires à l'obtention d'une prévision d'aérodrome de qualité [6], [7], [8]	50
6.5 Les références pour l'évaluation de la conformité des prévisions d'aérodrome	50
6.6 Description de la méthodologie	51
6.7 Modèle conceptuel général de travail	52
Chapitre 7 : Traitement des données	53
7.1 Evaluation de la conformité de la Forme des TAF	53
7.1.1 Conformité de la forme des TAF	53
7.1.2 Ordinogramme d'évaluation de la conformité de la forme des TAF	54
7.2 Evaluation de la conformité de l'inclusion d'éléments météorologiques dans les TAF	55
7.2.1 Evaluation de la conformité de l'inclusion du vent de surface	55
7.2.2 Evaluation de la conformité de l'inclusion de la visibilité	57
7.2.3 Evaluation de la conformité de l'inclusion des phénomènes météorologique	59
7.2.4 Evaluation de la conformité de l'inclusion des nuages	62
7.2.4.2 Ordinogramme d'évaluation de la conformité de l'inclusion des nuages	64
7.2.5 Evaluation de la conformité de l'utilisation de CAVOK	65
7.3 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution [6], [7], [8], [9], [10]	67

7.3.1 Evaluation de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent	68
7.3.2 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de la visibilité	71
7.3.3 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution du phénomène	73
7.3.4 Evaluation de la conformité de l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages ..	75
7.3.5 Evaluation de la cohérence entre les éléments prévus [6], [9], [16]	78
7.4 Evaluation de la conformité de l'utilisation groupe probabilité.....	80
7.4.1 Conformité de l'utilisation des groupes probabilités [6], [7], [8], [9], [10]	80
7.4.2 Ordinogramme d'évaluation du taux de conformité de l'utilisation des groupes de probabilité	81
7.5 Evaluation de la conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité.....	82
7.5.1 Conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité [6], [7], [8], [9], [10]	82
7.5.2 Ordinogramme d'évaluation du taux de conformité du nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité.....	83
7.6 Evaluation de la conformité des TAF	84
7.6.1 Définition d'une TAF conforme.....	84
7.6.2 Schéma conceptuel de l'évaluation de la conformité des TAF	85
Chapitre 8 Résultats et interprétations	86
8.1 Résultats intermédiaires.	86
8.1.1 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Ivato.....	86
8.1.2 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toamasina.....	87
8.1.3 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Mahajanga	87
8.1.4 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Nosy Be	88
8.1.5 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Taolagnaro	88
8.1.6 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome d'Antsiranana.....	89
8.1.7 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Toliary	89
8.1.8 Résultats intermédiaires pour l'aérodrome de Sainte Marie	90
8.2 Résultats finaux	90
8.2.1 Résultats pour l'aérodrome d'Ivato	91
8.2.2 Résultats pour l'aérodrome de Toamasina	93
8.2.3 Résultats pour l'aérodrome de Mahajanga.....	95
8.2.4 Résultats pour l'aérodrome de Nosy Be.....	97
8.2.5 Résultats pour l'aérodrome de Taolagnaro.....	99
8.2.6 Résultats pour l'aérodrome d'Antsiranana	101
8.2.7 Résultats pour l'aérodrome de Toliary.....	103
8.2.8 Résultats pour l'aérodrome de Sainte Marie	105
8.3 Interprétation des résultats	107
CONCLUSION SUR LA DEUXIEME PARTIE.....	108
TROISIEME PARTIE: CONCEPTION ET TEST DU LOGICIEL PERMETTANT DE DETECTER LES NON-CONFORMITES DANS LES PREVISIONS D'AERODROME.....	109
Chapitre 9 : Généralités sur le logiciel.....	110
9.1 But de la conception du logiciel.....	110
9.2 Ordinogramme d'utilisation du logiciel	111

Chapitre 10 : Détection des non-conformités sur la forme du message.....	112
10.1 Détection des non-conformités sur les groupes obligatoires	112
10.1.1 Détection de non-conformité sur le groupe indicateur du type de prévision.....	112
10.1.2 Détection de non-conformité sur le groupe indicateur d'emplacement.....	112
10.1.3 Détection de non-conformité sur le groupe temps d'établissement de la prévision.....	113
10.1.4 Détection de non-conformité sur le groupe période de validité de la prévision	113
10.1.5 Détection de non-conformité sur le format du groupe vent.....	114
10.1.6 Détection de non-conformité sur le format du groupe visibilité.....	114
10.1.7 Détection de non-conformité sur le format du groupe des nuages	115
10.2 Détection d'omission des groupes obligatoires	115
10.2.1 Détection d'omission de groupe indicateur du type de prévision.....	115
10.2.2 Détection d'omission de groupe indicateur d'emplacement.....	116
10.2.3 Détection d'omission du groupe temps d'établissement de la prévision.....	116
10.2.4 Détection d'omission du groupe période de validité de la prévision	117
10.2.5 Détection d'omission du groupe vent.....	117
10.2.6 Détection d'omission du groupe visibilité.....	118
10.2.7 Détection d'omission des groupes de nuages	118
10.3 Détection d'erreur sur l'ordre des groupes obligatoires	119
Chapitre 11 : Détection des non-conformités sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution d'élément météorologique.....	120
11.1 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de vent	120
11.2 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de visibilité .	120
11.3 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution de phénomène	121
11.4 Détection de non-conformité sur l'utilisation des groupes indicateurs d'évolution des nuages..	121
11.5 Test sur la cohérence entre phénomène prévu et les autres éléments prévus.....	122
Chapitre 12 : Détection des non-conformités sur l'utilisation des groupes de probabilités et d'évolution	123
12.1 Détection de non-conformité sur la période de validité de BECMG	123
12.2 Détection de non-conformité sur la période de validité de TEMPO	123
12.3 Détection de non-conformité sur le nombre de groupe indicateur d'évolution et de probabilité	124
CONCLUSION SUR LA TROISIEME PARTIE.....	125
CONCLUSION	126
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	I
A- Bibliographie	I
B- Webographie.....	II
ANNEXES.....	III
TABLE DES MATIERES	IV

Titre : « Etudes et conception d'un logiciel permettant de détecter les non-conformités dans les prévisions d'aérodrome (TAF) ».

Nombre de pages : 126

RESUME

Pour améliorer la qualité de prévision d'aérodrome, nous avons choisi d'évaluer la conformité des prévisions d'aérodrome émises par le service météorologique de l'ASECNA Madagascar via le RSFTA. Comme le volume des données à traiter est énorme, l'évaluation se fait à l'aide d'un logiciel que nous avons conçu. Les résultats ont montré que le taux de conformité annuelle de 100% n'a jamais été atteint. La méthode actuelle de rédaction des TAF est manuelle avec vérification visuelle. Ce qui n'est pas efficace pour éliminer complètement toutes les non-conformités. Pour l'avenir, nous proposons d'utiliser notre logiciel qui vérifie toute sorte de non-conformité dans une TAF avant de l'envoyer.

Mots clés : Aérodrome, TAF, Qualité, Non-conformité.

ABSTRACT

In order to improve the quality of TAF, we chose to evaluate the compliance of aerodrome forecasts issued by the weather service of ASECNA Madagascar via AFTN. As the volume of data to be processed is enormous, we do the evaluation by the use of software that we designed. The results shown that the annual compliance rate of 100% was never reached. The current method of TAF drafting is hand-made with visual check. This is not efficient to get rid of all non-conformity. In the future, we propose to use our software that checks any kind of non-conformity before sending an aerodrome forecast.

Keywords: Aerodrome, TAF, Quality, Non-conformity.

Directeur de mémoire :

Monsieur Nirison RAKOTOARIMANANA, Docteur Ingénieur et Chef de département ANS à l'Aviation Civile de Madagascar (ACM).

Auteur:

RAJAONARISOA Harimino Andriamalala
Lot 155 FI Ambohitrao Talatamaty
033 12 902 71
hariminondriamalala@yahoo.fr

