

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Saad Dahlab Blida 1
Institut d'Aéronautique et des Études Spatiales
Département de Navigation Aérienne



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de
Master en Aéronautique
Option : Opérations Aériennes
Thème

*Création d'une application pour l'Affichage
automatique des NOTAMs relatifs aux
réservations d'espace aérien*

Présenté par :

Mr ERBUI Salim

M^{lle} FENTOUSSI Manel

Encadré par :

Encadrant : Mr HELLAL Bilel

Promoteur : Mr BENAÏSSA Rachid

Co - Promotrice : M^{me} BOUMESHAD Hadjer

Promotion : 2022 / 2023

Remerciements

*P*our commencer, nous tenons à exprimer notre gratitude envers Allah pour nous avoir guidés et soutenus tout au long de ce travail de recherche.

*N*ous ne pourrions pas terminer ce travail sans remercier notre promoteur, Monsieur BENAÏSSA Rachid, pour son soutien dévoué, son expertise et ses conseils précieux tout au long de notre travail. Nous sommes sincèrement reconnaissants envers lui pour son accompagnement et son implication dans notre travail de recherche.

*N*ous tenons à exprimer notre gratitude envers notre encadrant, Monsieur HELLAL Bilel, qui nous a accompagnés et guidés tout au long de notre stage. Son encadrement attentif, sa disponibilité et son soutien infailible ont joué un rôle fondamental dans la réussite de notre projet. Ses conseils éclairés et son expertise ont contribué de manière significative à l'avancement de notre travail.

*N*ous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers Monsieur MAZACHE Mohamed pour les précieuses informations et les bases solides qu'il nous a transmises. Sa générosité intellectuelle et sa volonté de partager ses connaissances ont grandement facilité nos débuts dans ce projet. Nous exprimons également notre gratitude envers Monsieur BENAÏSSA Abdellah, Monsieur MEMICHE Azzeddine et toute l'équipe du département d'information aéronautique pour leur soutien et leur assistance.

*E*nfin, nous aimerions remercier sincèrement Madame BOUMASHAD Hadjer pour son temps précieux et son soutien continu tout au long de notre travail. Malgré les toutes responsabilités, elle a trouvé le temps de nous conseiller et de nous apporter son soutien. Sa présence bienveillante et ses encouragements constants ont été une source de motivation supplémentaire pour nous.

*N*ous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à notre projet de recherche. Votre soutien moral, vos conseils et votre présence ont été d'une importance capitale pour notre réussite.

Dédicace

*T*out d'abord, je tiens à exprimer ma gratitude envers Dieu pour m'avoir donné la force et le courage nécessaires pour accomplir ce travail modeste. Je dédie ce travail :

À ma mère, ma source de vie et de bonheur, tu as été ma plus grande inspiration. Tu m'as toujours soutenue de manière inconditionnelle, m'encourageant à poursuivre mes rêves et surmontant les obstacles à mes côtés.

À Toi, cher papa, qui m'a fait grandir et m'a montrée la voie, Je te suis infiniment reconnaissant pour ton soutien et la confiance que tu m'as accordée, C'est grâce à toi que je suis devenue la personne que je suis aujourd'hui.

*M*on frère Akram et ma sœur Ranim votre présence et votre encouragement ont été d'une importance capitale dans ma vie.

*U*n remerciement spécial à mon binôme Salim pour sa patience, son soutien et sa compréhension tout au long de ce projet. Grâce à toi, nous avons surmonté les difficultés et accompli ce travail avec succès.

À mes amies Khadidja et Zolla, mes âmes sœurs, Nous avons traversé des moments de bonheur et de douleur. Merci d'être les amies extraordinaires que vous êtes. Je suis honorée et bénie de vous avoir à mes côtés.

*E*nfin, à tous ceux qui ont contribué à ma réussite, Qui m'ont aimé, soutenu et encouragé sans limite, Votre présence dans ma vie est un véritable trésor.

MANEL

Dédicace

*T*out d'abord, je remercie Allah de m'avoir donné la force et la persévérance nécessaires pour arriver jusqu'ici.

*J*e suis également profondément reconnaissant envers mes parents, qui ont été des piliers fondamentaux de mon parcours académique. Leur dévouement, leur sacrifice et leur amour inconditionnel ont été une source de motivation inépuisable pour moi. Je me souviens de leur soutien et de leurs encouragements sans faille, qui m'ont aidé à persévérer dans les moments difficiles.

*J*e tiens à exprimer ma gratitude envers mon frère Fouad et mes sœurs. Leur soutien inébranlable et leur amour inconditionnel ont été des facteurs essentiels dans mon parcours académique. Leur présence, leurs encouragements et leurs conseils précieux ont contribué à renforcer ma confiance en moi et à me pousser à donner le meilleur de moi-même.

*J*e tiens à remercier mon binôme Manel pour sa collaboration sérieuse et efficace, qui a permis de mener à bien nos travaux de recherche et d'atteindre nos objectifs académiques.

*E*nfin, je suis reconnaissant envers mes amis qui ont été présents à mes côtés tout au long de mon expérience universitaire. En particulier, je souhaite remercier Mohamed et Nassim pour leur soutien constant tout au long de mon parcours universitaire. Leur présence réconfortante, leurs conseils avisés et leur amitié indéfectible ont été des éléments clés de mon expérience académique.

*M*erci à tous pour votre soutien, votre encouragement et votre amour constants.

SALIM

RESUME

Pour faciliter la préparation des vols et assurer la sécurité des opérations aériennes, ainsi que pour une meilleure gestion de l'espace aérien, cette étude présente une application innovante qui exploite les données des NOTAM émis par les autorités militaires. L'application permet une automatisation et une visualisation claire, précise et instantanée des zones réservées, y compris les zones interdites, dangereuses, réglementées et les nouvelles zones annoncées. Ainsi, les planificateurs de vol peuvent planifier des itinéraires évitant ces zones sensibles, contribuant ainsi à améliorer l'efficacité et la sécurité des opérations aériennes. Cette solution favorise également une meilleure coordination entre l'aviation civile et les activités militaires.

Mots clés : NOTAM - zones interdites - zones dangereuses - zones réglementées - réservation d'espace aérien.

ABSTRACT

TO facilitate flight planning and ensure the safety of flight operations, as well as for better airspace management, this study presents an innovative application that exploits NOTAM data issued by the military authorities. The application enables clear, precise and instantaneous automation and visualization of reserved areas, including prohibited, dangerous, restricted and new announced areas. This enables flight planners to plan routes that avoid these sensitive areas, helping to improve the efficiency and safety of flight operations. This solution also promotes better coordination between civil aviation and military activities.

Keywords: NOTAM - prohibited areas - dangerous areas - restricted areas - airspace reservation.

ملخص

من أجل تسهيل إعداد رحلات الطيران وضمان سلامة العمليات الجوية، ولتحقيق إدارة أفضل للمجال الجوي. تقدم هذه الدراسة تطبيقًا مبتكرًا يستغل بيانات الإشعارات الجوية التي تصدرها السلطات العسكرية. يتيح التطبيق عرضًا واضحًا ودقيقًا وفوريًا للمناطق المحجوزة، بما في ذلك المناطق الممنوعة، المناطق الخطرة، والمناطق المقيدة، والمناطق الجديدة المعلن عنها. بالتالي، يمكن لمخططي الرحلات تخطيط مسارات تجنب هذه المناطق الحساسة، مما يساهم في تحسين كفاءة وسلامة العمليات الجوية. تشجع هذه الحلول أيضًا على تحقيق تنسيق أفضل بين الطيران المدني والأنشطة العسكرية.

الكلمات المفتاحية: الإشعارات الجوية - المناطق الممنوعة - المناطق الخطرة - المناطق المقيدة - حجز المجال الجوي.

TABLE DES MATIERES

RESUME	I
TABLE DES MATIERES	II
LISTE DES ABREVIATIONS	V
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES TABLEAUX	IX
INTRODUCTION GENERALE	1
PROBLEMATIQUE	3

Chapitre I :L'INFORMATION AERONAUTIQUE

Introduction	4
I.1 Structure d'accueil	4
I.1.1 Historique	4
I.1.2 Présentation de L'Etablissement National de la Navigation Aérienne	4
I.1.3 Les Missions de l'ENNA	5
I.1.4 L'organisation de l'ENNA	6
I.1.5 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne	7
I.1.6 Département d'Information Aéronautique DIA	7
I.1.6.1 Service d'exploitation BNI	9
I.1.6.2 Service Documentation / Réglementation	9
I.2 Service de l'Information Aéronautique (SIA)	10
I.2.1 Information Aéronautique	10
I.2.1.1 Cycle de vie de l'Information Aéronautique	11
I.2.1.2 Distribution de l'Information Aéronautique	12
I.2.2 Système intègre de l'information aéronautique	12
I.2.2.1 Les éléments constitutifs du système intégré d'information aéronautique	12
I.2.2.2 Régularisation et contrôle de la diffusion des renseignements Aéronautiques AIRAC	15
Conclusion	15

Chapitre II : NOTAM

Introduction	17
II.1 Historique	17
II.2 Définition NOTAM OACI	18
II.3 La Diffusion des NOTAM	18
II.4 Renseignements à diffuser par NOTAM	19
II.5 Etablissement et transmission des NOTAM en Algérie	21
II.6 Période de validité des NOTAM	22
II.7 Série de NOTAM	22
II.8 Imprimé NOTAM	23
II.8.1 Priorités	23
II.8.2 Spécifications pour les NOTAM	23
II.9 ASHTAM	29
II. 10 SNOWTAM.....	30
II.11 les zones à statuts particuliers	30
Conclusion	31

Chapitre III : SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

Introduction	33
III.1 L'Information Géographique (IG)	33
III.1.1 Modes de représentation de l'information géographique	33
III.1.1.1 Mode vecteur	33
III.1.1.2 Mode raster	34
III.2 Les Systèmes d'Information Géographique	34
III.2.1 Composants d'un SIG	35
III.2.2 Fonctionnalités d'un SIG	36
III.2.3 Organisation de l'IG dans un SIG	37
III.2.4 Les données d'un SIG	38
III.2.5 La différence entre une donnée et une information	39
III.2.6 Les principaux logiciels SIG	40
III.2.7 Les systèmes de coordonnées en ALGERIE	41
III.2.8 SIG en Aéronautique	42

III.2.9 Avantages des SIG pour l’affichage automatique des NOTAM aux réservations d’espace aérien	43
III.3 Présentation de QGIS comme outil SIG	43
III.3.1 Exploration de l’interface de QGIS	43
III.3.2 Le rôle de QGIS dans l’application	45
III.4 Conception d’interfaces graphiques avec Qt Designer	45
III.4.1 Exploration de l’interface principale	45
III.5 Intégration de Python dans notre application	46
III.5.1 PyQGIS	47
III.5.2 PyQt	47
III.5.3 SQLite	48
Conclusion	49

Chapitre VI : REALISATION ET EXPERIMENTATION

Introduction	50
IV.1 Objectives de l’application	50
IV.2 Modélisation du système	51
IV.3 La conception de l’application	55
IV.3.1 Création de la carte	55
IV.3.2 Présentation du Logo et du Nom de l’application	64
IV.3.3 Présentation de l’interface	65
IV.3.3.1 Interface principale	65
IV.3.3.2 Fonctionnalités Principales	75
IV.3.3.3 Gestion des notifications	82
IV.4 Tests et validation :	85
Conclusion	88
CONCLUSION GENERALE.....	89
BIBLIOGRAPHIE	90

LISTE DES ABREVIATIONS

ACC	: Area Control Center (centre de contrôle régional)
AGA	: Aeronautical Ground Aids
AGL	: Above Ground Level (au-dessus du niveau du sol)
AIC	: Aeronautical Information Circular (circulaires d'information aéronautique)
AIP	: Aeronautical Information Publication (publication d'information aéronautique)
AIP SUP	: Aeronautical Information Publication Supplement
AIRAC	: Aeronautical Information Regulation And Control
AIS	: Aeronautical Information Service (Service d'information aéronautique)
AMDT AIP	: Les Amendement des Publications d'Information Aéronautique
AMSL	: Above Mean Sea Level (Au-dessus du niveau moyen de la mer)
ANSP	: Air Navigation Service Provider
ASECNA	: Agency for the Safety of Air Navigation in Africa and Madagascar
ASHTAM	: Activité volcanique
ATS	: Air Traffic Services (Services de la circulation aérienne)
BCT	: Bureau Central de Télécommunication
BNI	: Bureau NOTAM International
CCR	: Centre de Contrôle Régional
CD	: Compact Disc
COM	: Telecommunications
CQRENA	: Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne
DACM	: Direction d'Aviation Civile et de la Météorologie
DAF	: Département Administration et Finances
DATA-ORIGINATOR	: Originateur de Données
DCA	: Département Circulation Aérienne

DDNA	: Direction de Développement de la Navigation Aérienne.
DENA	: Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne
DIA	: Département Informations Aéronautiques
DJRH	: Direction Juridique et Ressources Humaines
DL	: Direction de la Logistique
DMC	: Détachement Militaire de Coordination
DME	: Distance Measuring Equipment (Dispositif de mesure de distance)
DRFC	: Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité
DS	: Département Système
DTA	: Département Télécommunications Aéronautiques
DT	: Département Technique
DTNA	: Direction Technique de la Navigation Aérienne.
DVD	: Digital Versatile Disc
D-VOR	: Doppler VHF Omnidirectional Range
E-AIP	: L'AIP Electronique
ENAC	: Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse
ENEMA	: Entreprise Nationale de la Navigation Aérienne
ENNA	: Etablissement National de la Navigation Aérienne
ENESA	: Entreprise Nationale de Services Aéronautiques
EPIC	: Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
EPSG	: European Petroleum Survey Group
EUROCONTROL	: Européenne Contrôle
FIC	: Flight Information Center
FIR	: Flight Information Region
FL	: Flight Level
GND	: Ground (niveau du sol)
GUI	: Graphical User Interface (une interface utilisateur graphique)
IAES	: Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales
IFR	: Instrument Flight Rules
IG	: Information Géographique

IGN	: L'Institut Géographique National
MET	: Meteorological or Meteorology (Météorologie ou météorologique)
Mhz	: Mégahertz
NDB	: Non-Directional radio Beacon (Radiophare non directionnel)
NM	: Nautical Miles
NOTAM	: NOTICE TO AIRMAN (Avis aux navigateurs aériens)
OACI	: Organisation de l'Aviation Civile Internationale
OGSA	: Office de Gestion des Services de l'Aviation
ONAM	: Office National de l'Aviation Marchande
PERM	: Permanente
PIB	: Pre-flight Information Bulletins (Bulletins d'information Pré-vol)
PyQGIS	: Python Quantum Geographic Information System
PyQt	: Python Quality and Technology
QGIS	: Quantum Geographic Information System
QT	: Quality and Technology
RNAV	: Area Navigation
RSFTA	: Réseau du Service Fixe des Télécommunications Aéronautiques
SAR	: Search And Rescue (Recherches et sauvetage)
SFA	: System of Flight Assistance
SFC	: Surface
SGS	: Safety Management System (Système de Gestion de la Sécurité)
Shp	: Shapefile
SIA	: Service de l'Information Aéronautique
SIG	: Geographic Information Systems (Systèmes d'Information Géographique)
SNOWTAM	: Snow Notice To Airmen
SQLite	: Structured Query Language
TIFF	: Tagged Image File Format (Format de fichier d'image balisé)

TMA	: T erminal M anoeuvring A rea
TSA	: T emporary S egregated A reas (Z ones de S egregations T emporaries)
UIR	: U pper I nformation R egion
UML	: U nified M odeling L anguage
UNL	: U nlimited
UTC	: C oordinated U niversal T ime
UTM	: U niversal T raverse M ercator
VFR	: V isual F light R ules
VHF	: V ery H igh F requency
VOR	: V HF O mnidirectional R ange
WIE	: W ith I mmEDIATE E ffect
WGS84	: W orld G eodetic S ystem 1984

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

Figure I. 1: Organisation simplifiée De L'ENNA	6
Figure I. 2: Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne	7
Figure I. 3: Structure du DIA	9
Figure I. 4: Les Obligations de Service Information Aéronautique	10
Figure I. 5: Classification de l'information aéronautique.....	11
Figure I. 6: Cycle de vie de l'Information	12
Figure I. 7: Système intégré d'information aéronautique.....	16

CHAPITRE II

Figure II. 1: la transmission d'un NOTAM.....	22
Figure II. 2: Imprimé NOTAM.....	32

CHAPITRE III

Figure III. 1: Mode Vectoriel.	34
Figure III. 2: Mode Raster.	34
Figure III. 3: Composants d'un SIG.	36
Figure III. 4 : Les principales fonctionnalités d'un SIG.....	37
Figure III. 5: Couches portant le même type de l'information géographique.	37
Figure III. 6: Superposition des couches.	38
Figure III. 7: Données géographiques.	39
Figure III. 8: Données attributaires.....	39
Figure III. 9: Présentation de l'interface QGIS.	44
Figure III. 10: Présentation de l'interface Qt Designer.	46
Figure III. 11: Console Python dans QGIS.....	47
Figure III. 12: Exemple de script PyQt5.....	48

CHAPITRE IV

Figure IV. 1: Présentation du diagramme de classe de notre application.....	53
Figure IV. 2: Présentation du diagramme de séquence de notre application.	54
Figure IV. 3: La carte de base.	56

Figure IV. 4: La FIR d'Alger.....	57
Figure IV. 5: Les secteurs de contrôle.....	57
Figure IV. 6: Aéroport de Sétif DAAS.....	58
Figure IV. 7: Zone règlementée DA-R68.....	59
Figure IV. 8: Zones réservées temporairement TSA-B (Active) et TSA-H (No Active)....	60
Figure IV. 9: Les zones TMA sur carte.....	61
Figure IV. 10: DVOR/DMEs d'Oran et de Mostaganem.....	62
Figure IV. 11: Les points significatifs.....	63
Figure IV. 12: Les routes ATS Inferieurs, ATS supérieures et RNAVs.....	64
Figure IV. 13: Le logo de WingsPlan.....	64
Figure IV. 14: La carte de croisière d'Algérie dans l'interface.....	66
Figure IV. 15: La barre Airspace NOTAMs.....	67
Figure IV. 16: La case de recherche.....	67
Figure IV. 17: Notification lorsque non connecté.....	68
Figure IV. 18: La fenêtre Log In.....	69
Figure IV. 19: E-mail reçu en cas d'oubli du mot de passe.....	69
Figure IV. 20: Menu des fonctionnalités.....	70
Figure IV. 21: La fenêtre du compte utilisateur.....	71
Figure IV. 22: La barre "Map Key".....	72
Figure IV. 23: La barre "Help".....	73
Figure IV. 24 : La fenêtre "My Account " de l'administrateur.....	74
Figure IV. 25: la fenêtre "history".....	75
Figure IV. 26: Barre de création d'une nouvelle zone annoncée.....	76
Figure IV. 27: La case de sélection du cercle.....	77
Figure IV. 28: La case de sélection du polygone.....	77
Figure IV. 29: Barre pour activer une zone déjà existante.....	80
Figure IV. 30: Barre de désactivation d'une zone.....	81
Figure IV. 31: Exemple d'erreurs de saisie dans le champ "NOTAM number".....	83
Figure IV. 32:Notification de zone en dehors de la FIR.....	83
Figure IV. 33: Notification de chevauchement avec la FIR Alger.....	84
Figure IV. 34: Notification de chevauchement avec une zone existante.....	84
Figure IV. 35:Notification de chevauchement avec une route.....	84
Figure IV. 36: Notification après avoir accepté d'afficher le chevauchement.....	85
Figure IV .37 : Notification après avoir refusé d'afficher le chevauchement.....	85

Figure IV. 38: Visualisation d'une zone polygonale annoncée par NOTAM dans notre application.	86
Figure IV. 39: Visualisation d'une zone circulaire annoncée par NOTAM dans notre application.	87
Figure IV. 40: Vue de la zone DA-D82 avant l'activation par NOTAM.	88
Figure IV. 41: Vue de la zone DA-D82 après l'activation par NOTAM.	88

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 : Table de fonctionnalités des utilisateurs	52
--	----

INTRODUCTION GENERALE

Dans un monde en constante évolution, la technologie et l'automatisation sont devenues des éléments clés pour améliorer l'efficacité et la sécurité dans différents domaines. L'aviation est l'un de ces domaines où l'automatisation a un rôle important à jouer, en particulier dans les opérations aériennes.

Grâce à l'utilisation de technologies avancées, les opérations aériennes ont connu une transformation significative au cours des dernières décennies. Les progrès dans les domaines de l'électronique, de l'informatique et des télécommunications ont permis aux compagnies aériennes et aux autorités de réglementation de mettre en place des systèmes automatisés pour faciliter la gestion des vols, des espaces aériens, et des opérations.

L'Etablissement national de la navigation aérienne (ENNA) a constaté au niveau du département d'information aéronautique (DIA) que les NOTAM relatifs aux réservations d'espace aérien revêtent une importance particulière. Ces NOTAM contiennent des informations concernant des exercices de tirs, des manœuvres militaires, des opérations spéciales ou des activités aériennes qui nécessitent souvent la réservation temporaire de zones dans l'espace aérien. Cependant, cette réservation d'espace aérien est encore réalisée manuellement sur une carte plutôt qu'à l'aide d'une interface visuelle. Cette méthode peut entraîner des erreurs et des pertes de temps, ce qui peut avoir un impact sur la sécurité des vols. C'est pourquoi il est important de développer des outils informatiques tels que notre application pour automatiser les processus de gestion des réservations d'espace aérien, garantir la sécurité des vols, améliorer la qualité des données, réduire les risques d'erreur et contribuer à une meilleure coordination entre les différents intervenants.

Cette application permettra aux utilisateurs de visualiser les données relatives aux espaces aériens en Algérie, telles que la FIR, les secteurs de contrôle, les aérodromes, les points significatifs, les routes aériennes et les moyens de radio navigation ainsi que les zones dangereuses, réglementées, interdites, les zones réservées temporairement, les zones de manœuvre terminale et les nouvelles zones réservées. Cette visualisation sera réalisée en temps réel et sera représentée sur des cartes géographiques, permettant ainsi aux utilisateurs d'obtenir une vue d'ensemble complète de l'espace aérien Algérien.

Notre travail sera structuré en quatre chapitres présentés comme suit :

- Le premier chapitre expose une présentation détaillée sur « l'Information Aéronautique », cette section offre une vue d'ensemble sur ce contexte ainsi que des acteurs impliqués dans la fourniture de l'information nécessaire pour la navigation aérienne. Elle aborde également l'origine de cette information ainsi que la structure de l'ENNA, notamment le DIA.
- Le deuxième chapitre nommé « NOTAM », étudie en détail les messages NOTAM, leur structure et leur diffusion, ainsi que les NOTAM relatifs aux réservations d'espace aérienne par les militaires.
- Le troisième chapitre, consacré au « Système d'information géographique », traite de la gestion des données géographiques ainsi leur visualisation sur des cartes. Il examine également les logiciels couramment utilisés dans les SIG et leur utilisation dans le domaine de l'aéronautique.
- Et enfin, le dernier chapitre présentera la réalisation et l'expérimentation de l'application, détaillant toutes les étapes que nous avons suivies pour la concrétiser.

PROBLEMATIQUE

La sécurité aérienne est l'objectif essentiel de l'aviation. Les contrôleurs aériens et le personnel navigant travaillent ensemble pour garantir des vols sûrs et efficaces en transmettant des informations précises et à jour. Les opérations aériennes impliquent la planification des vols et le choix des routes les plus sûres et les plus efficaces. Cela implique la prise en compte de nombreux facteurs tels que les conditions météorologiques, densité de trafic, les activités militaires, les NOTAM et bien d'autres encore.

Cependant, lors de notre stage à l'ENNA, nous avons constaté que la réservation d'espace aérien se faisait encore manuellement, ce qui exposait le système à des erreurs potentielles. Pour remédier à ce problème, ils nous ont proposé de développer une application qui afficherait automatiquement les NOTAM relatifs aux réservations d'espaces aériens.

Pour être plus précis, Cette application permettrait de simplifier et d'accélérer le travail des opérateurs aériens et des gestionnaires d'espace aérien. Elle réduirait les risques d'erreur de réservation, de confusion ou de perte de données.

De plus, l'automatisation des processus de réservation d'espaces aériens peut améliorer la qualité du service offert aux clients en réduisant les temps d'attente et en optimisant la sécurité et la conscience de la situation des vols pour des trajets plus rapides et plus sûrs.

Chapitre I :

L'INFORMATION AERONAUTIQUE

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons explorer en détail l'organisme de l'ENNA et plus particulièrement le département d'information aéronautique. Nous allons mettre l'accent sur le système intégré de l'information aéronautique et son fonctionnement au sein de l'ENNA.

I.1 Structure d'accueil :

I.1.1 Historique :

Entre 1962 et 1968, l'OGSA gérait tous les services de l'aviation civile en Algérie, avant d'être remplacée par l'ONAM, puis par l'ENEMA jusqu'en 1983. Les activités météorologiques ont ensuite été transférées à l'Office National de Météorologie, tandis que l'ENEMA est devenue l'ENESA, une entreprise nationale à caractère économique. Ses statuts ont été modifiés en 18 mai 1991, renommant l'entreprise ENNA. [1]

I.1.2 Présentation de L'Etablissement National de la Navigation Aérienne :

L'ENNA est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle du Ministère des Transports algériens. Il assure le service public de la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien algérien pour le compte et au nom de l'Etat. La mission principale de l'ENNA est la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. L'ENNA est également responsable du suivi et du contrôle des aéronefs en vol, ainsi que de la sécurité aérienne en général. En outre, l'ENNA collabore avec des institutions nationales et internationales pour le développement des projets liés à la navigation aérienne :

- Ministère des Transports ;
- Institut d'aéronautique et des études spatiales Blida (IAES) ;
- Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) ;
- AEFMP : organisation régionale réunissant l'Algérie, l'Espagne, la France, le Maroc et le Portugal ;
- ASECNA : Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar ;

- EUROCONTROL : Organisation européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne ;
- Ecole Nationale de l'Aviation Civile de Toulouse (ENAC). [2]

I.1.3 Les Missions de l'ENNA :

Les principales missions de l'établissement sont :

- Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'État ;
- Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées ;
- Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, et l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission ;
- Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique ;
- Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique .[1] [2]

I.1.4 L'organisation de l'ENNA :

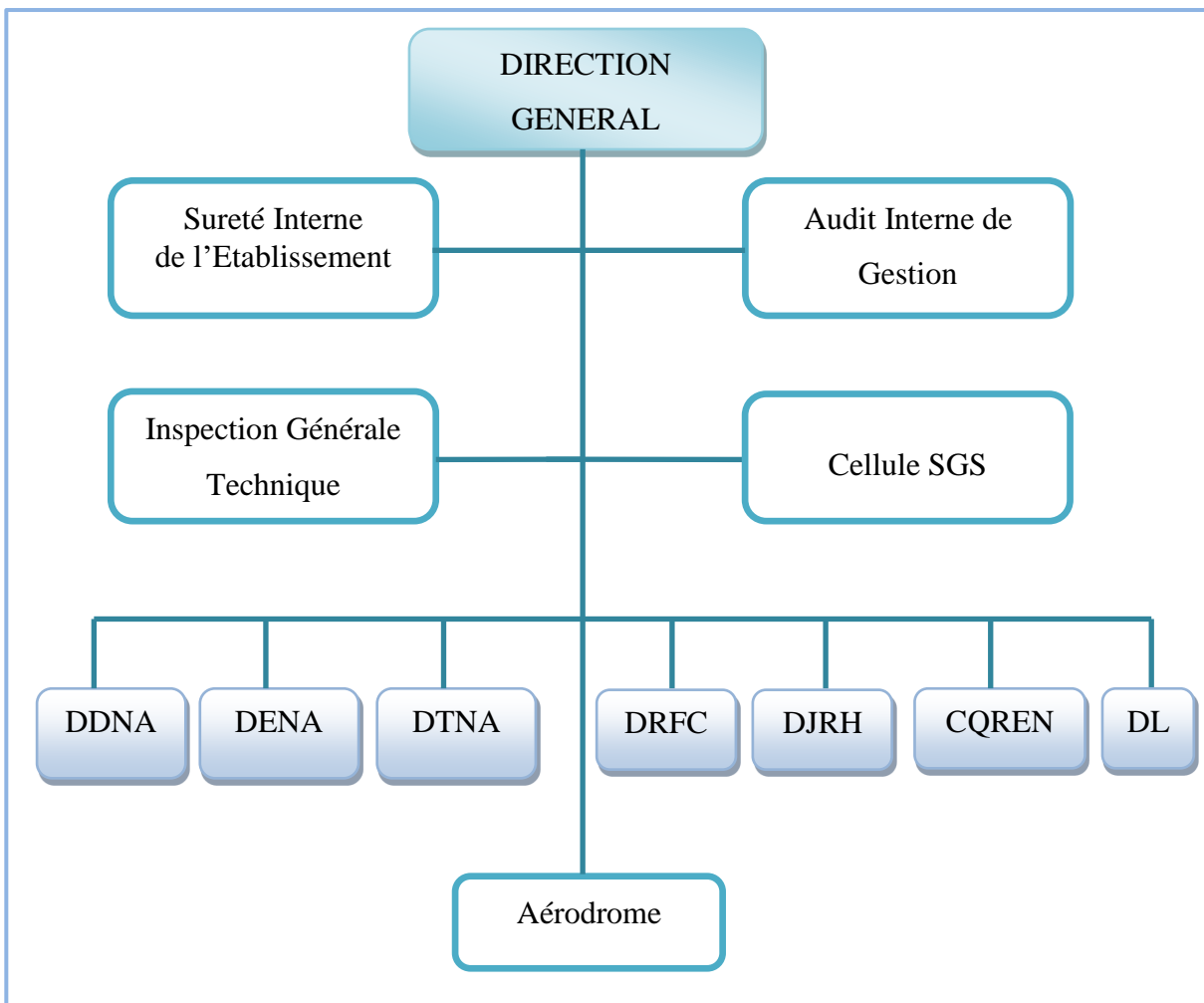


Figure I. 1: Organisation simplifiée de L'ENNA. [1]

DDNA : Direction de Développement de la Navigation Aérienne.

DENA : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne.

DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne.

DRFC : Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité.

DJRH : Direction Juridique et Ressources Humaines.

CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.

DL : Direction de la Logistique.

SGS : Système de Gestion de la Sécurité.

AERODROMES : - 25 Aérodromes nationaux.

- 11 Aérodromes internationaux.

I.1.5 Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne :

La DENA a pour mission principale d'assurer la sécurité et la régularité de la navigation aérienne, ainsi que de veiller à une bonne gestion technique des aérodromes. Ses principales missions se résument comme suit :

- ➔ Gérer et contrôler l'espace aérien (en route et au sol) confié par le centre de contrôle régional et les différents départements de la circulation aérienne ;
- ➔ Mettre à la disposition de tous les exploitants le service de l'information aéronautique ainsi que les informations météorologiques ;
- ➔ Gérer les services de la télécommunication aéronautique ;
- ➔ Assurer le service de sauvetage et de lutte contre les incendies aux aérodromes.

La DENA se compose de six (06) Départements et d'un Centre de Contrôle Régional :

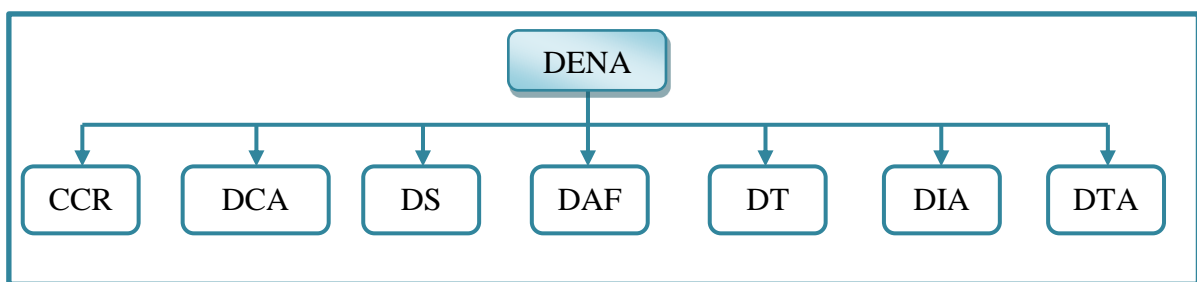


Figure I. 2: Direction de l'Exploitation de la Navigation Aérienne. [2]

DCA : Département Circulation Aérienne.

DS : Département Système.

DAF : Département Administration et Finances.

DT : Département Technique.

DIA : Département Informations Aéronautiques.

DTA : Département Télécommunications Aéronautiques.

CCR : Centre de Contrôle Régional.

I.1.6 Département d'Information Aéronautique DIA :

Le Département de l'Information Aéronautique est l'organisme central, responsable de l'information aéronautique dans sa zone de compétence. Il est chargé de :

- Centraliser, compiler, éditer et diffuser les informations aéronautiques concernant la FIR Alger. Ce travail comprend notamment :
 - L'élaboration de la publication d'information aéronautique, y compris ses mises à jour ;
 - L'élaboration des SUP AIP ;
 - La diffusion des NOTAM ;
 - La diffusion des circulaires d'information aéronautique AIC.
- D'obtenir en outre, les informations et renseignements dont il a besoin pour assurer le service d'information avant le vol et pour répondre aux besoins de l'information en vol en ayant recours aux sources ci-après :
 - Services d'information aéronautique d'autres états ;
 - Renseignements éventuellement fournis par les équipages, pendant le vol ;
 - Autres sources disponibles.
- De mettre rapidement à la disposition des services de l'information aéronautique d'autres Etats toutes les informations nécessaires à la sécurité, à la régularité et à l'efficacité de la navigation aérienne ;
- De prendre toutes les dispositions pour que les informations nécessaires à la sécurité, la régularité et à l'efficacité de la navigation aérienne soient disponibles sous une forme qui convienne le mieux aux besoins de l'exploitation.

Le Département d'Information Aéronautique est composé de deux services :

- Le service d'exploitation (BNI) ;
- Le service Documentation et réglementation subdivisé en trois sous bureaux :
 - Le Bureau Diffusion ;
 - Le Bureau Cartographie ;
 - Le Bureau Documentation.

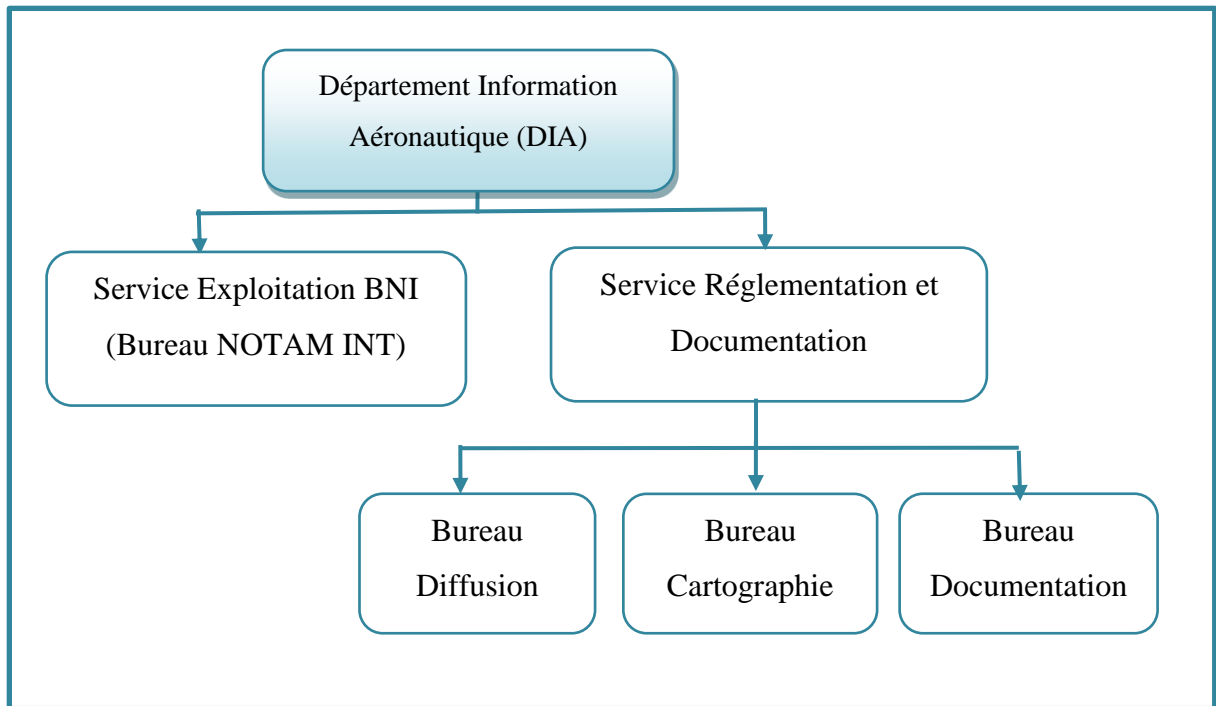


Figure I. 3: Structure du DIA. [2]

I.1.6.1 Service d'exploitation BNI :

Bureau NOTAM international est défini comme tout bureau désigné par un Etat pour échanger des NOTAM sur le plan international. Il est chargé de :

- Contrôle et distribution de NOTAM étrangers ;
- Elaboration et diffusion de NOTAM nationaux ;
- Elaboration de Bulletin d'Information en Vol en coordination avec le CCR ;
- Elaboration de Bulletin d'Information Pré Vol.

I.1.6.2 Service Documentation / Réglementation :

Le service réglementation et documentation est chargé de l'élaboration de :

- AIP, SUP AIP et AIC : Amendements et corrections.
- Cartographie : Elaboration de cartes aéronautiques.
- Diffusion : Contrôle, reproduction, timbrage, reliure, documentation, AIP étrangers, abonnement, etc.
- Gestion du site web SIA-ENNA.

I.2 Service de l'Information Aéronautique (SIA) :

Le rôle essentiel du Service de l'Information Aéronautique est de publier les informations nécessaires à la sécurité, à la régularité et à l'efficacité des vols civils. Le SIA a pour mission de centraliser, compiler, éditer et diffuser des informations aéronautiques couvrant l'intégralité de la zone de responsabilité de sa région.

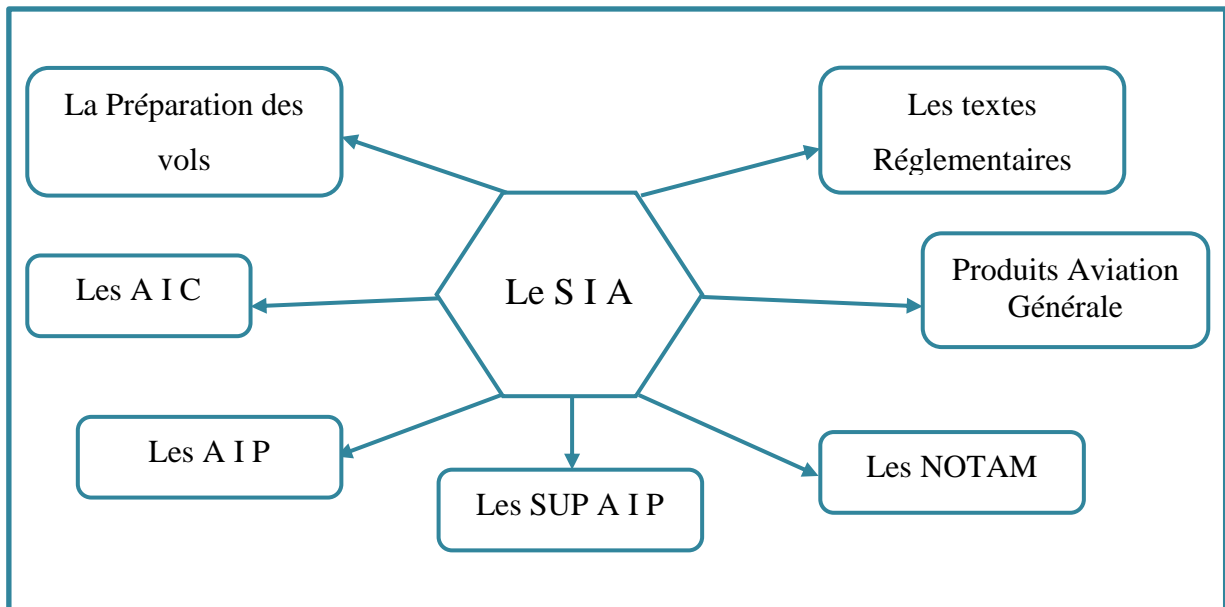


Figure I. 4: Les Obligations de Service Information Aéronautique. [2]

I.2.1 Information Aéronautique :

Selon l'Annexe 15 de l'OACI, l'information aéronautique est définie comme étant « l'information résultant de l'assemblage, de l'analyse et du formatage de données concernant le domaine aéronautique ». Ces informations participent à la sécurité, la régularité et l'efficacité des vols et sont traitées de façon différente selon leur urgence, leur importance opérationnelle, leur champ d'application en termes de nombre d'exploitants ou de types de vols concernés, leur volume et leur durée de validité, ainsi que selon les utilisateurs concernés.[3]

Classification de l'information aéronautique :

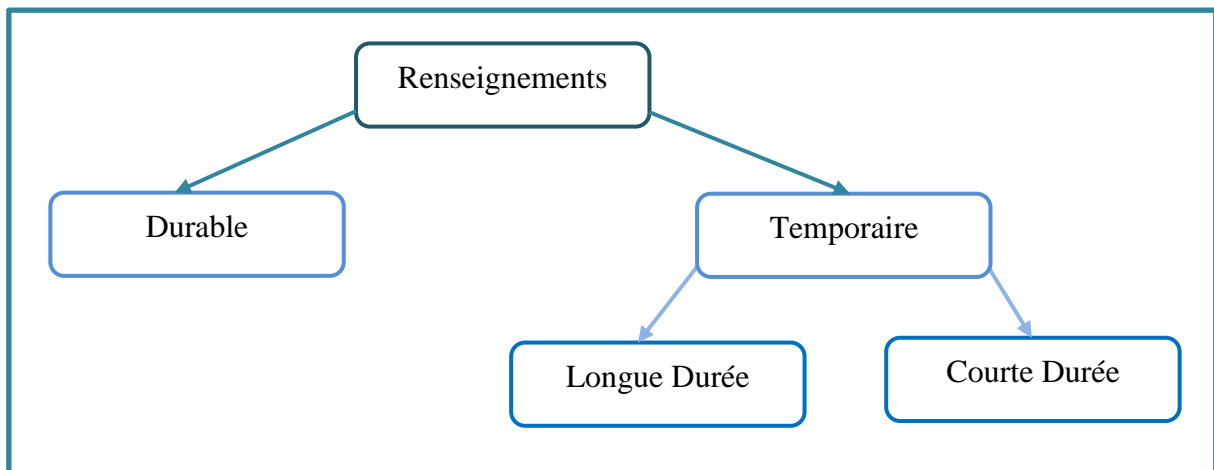


Figure I. 5:Classification de l'information aéronautique.

I.2.1.1 Cycle de vie de l'Information Aéronautique :

Les différentes étapes du cycle de vie de l'information aéronautique :

- Identifier les potentiels des exploitants de l'information ;
- Collecte d'informations à partir de différentes sources ;
- Vérification de l'information pour déterminer si des mises à jour sont nécessaires ;
- Mise à disposition de l'information pour les différents exploitants ;
- Utilisation de l'information à travers une gamme de produits et services ;
- Fermeture de la boucle en fournissant des évaluations pour déterminer si l'information était complète et précise ;
- Nouveau cycle de vie de l'information aéronautique. [2]

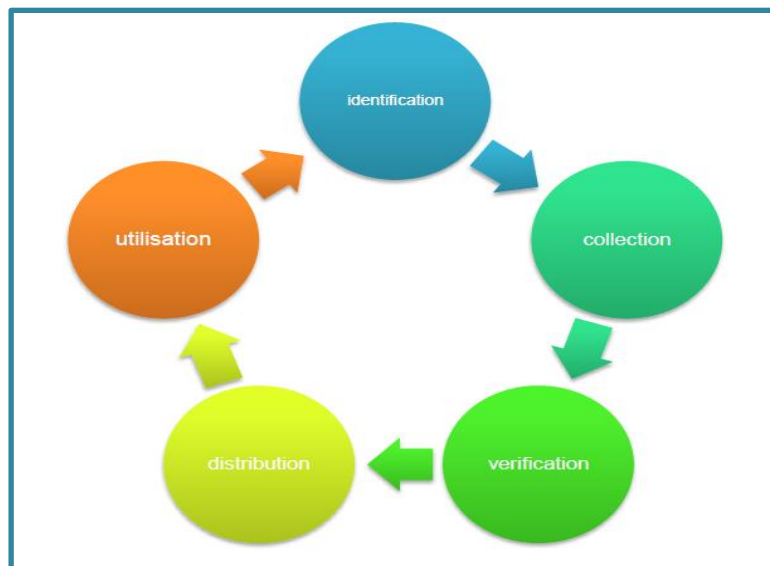


Figure I. 6: Cycle de vie de l'Information. [2]

I.2.1.2 Distribution de l'Information Aéronautique :

L'Annexe 15 de l'OACI, stipule que l'information aéronautique doit être publiée sous forme d'un Système Intègre d'Information Aéronautique. [3]

I.2.2 Système intégré de l'information aéronautique :

Le système est composé de plusieurs éléments utilisés pour la diffusion des informations aéronautique selon des critères spécifiques : la durée de l'information (durée utile) et l'ampleur des changements apportés aux informations existantes. [3]

I.2.2.1 Les éléments constitutifs du système intégré d'information aéronautique :

Le système intégré d'information aéronautique est composé des éléments suivants :

➔ Publication d'Information Aéronautique :

L'AIP est une publication d'information aéronautique renfermant des informations aéronautiques de caractère permanentes et changements temporaire de longues durées, essentielles à la navigation aérienne. Elle contient des détails sur les réglementations, les procédures et d'autres informations pertinentes à l'exploitation des aéronefs dans le pays auquel elle se rapporte. L'AIP constitue l'élément fondamental du système et chaque AIS devra établir un document complet, le tenir à jour et veiller à ce qu'il soit simple a utilisé.

➔ Les Amendement d'AIP (AMDT AIP) :

Les amendements d'AIP sont publiés chaque fois qu'il est nécessaire d'apporté des modifications permanentes et des ajouts à l'information déjà mentionnée dans l'AIP. Les amendements sont produits en deux catégories :

- AIRAC AIP Amendements.
- AIP Amendements (NON AIRAC)

Lorsqu'un Etat a fixé un intervalle régulier de publication ou les dates de publication de ses amendements d'AIP, cet intervalle ou ces dates doivent être indiqués dans la première partie de l'AIP (GENERALITE).

- Supplément d'AIP (SUP AIP) :

Un supplément d'AIP a pour but d'attirer l'attention des usagers sur tout changement temporaire de longue durée (trois mois ou plus) et sur tout renseignement de courte durée qui en matière d'exploitation, contient beaucoup de texte ou d'illustrations et qui concerne une ou plusieurs parties de l'AIP.

Les suppléments de l'AIP sont produits en 2 catégories :

- Suppléments à l'AIP AIRAC ;
- Suppléments à l'AIP NON AIRAC.

En général, les suppléments de l'AIP AIRAC sont de nature opérationnelle, par contre les NON AIRAC ne le sont pas. L'information contenue dans les suppléments à l'AIP est à jointe de l'AIP en page séparée. Elle sera retirée dès l'expiration de la validité de l'information.

➔ L'AIP Electronique (E-AIP) :

L'OACI préconise la production des AIP, des amendements d'AIP, des suppléments d'AIP et des AIC également dans un format qui permet de les visualiser sur un écran d'ordinateur et de les imprimer sur papier. La teneur de l'E-AIP et sa structure en chapitres, sections et paragraphes suivront celles de l'AIP sur papier.

L'E-AIP comprendra des fichiers permettant de produire une AIP sur papier. L'E-AIP sera mise à disposition sur un support physique CD, DVD ou en ligne sur internet .[4]

➔ **NOTAM (NOTICE TO AIRMAN) :**

Lorsque les informations ont diffusé sont de courte durée ou que des modifications permanente et temporaire de longue durée qui ont de l'importance pour l'exploitation seront apporté avec un bref préavis, l'information doit être transmise sous forme d'avis connu sous le nom de NOTAM, sa diffusion se fait très rapidement.

➔ **Bulletins d'information Pré-vol (PIB) :**

Le PIB contient les renseignements les plus récents sur l'état des installations et services, primordiale pour le bon déroulement de l'auto briefing et la planification d'un vol, le bulletin est préparé manuellement, imprimé en langage clair et transmis aux pilotes.

Les NOTAM est la principale source des renseignements contenu dans le PIB, les bulletins peuvent même être des listes des NOTAM en vigueur, portant sur les routes ou zone choisies, cependant l'Etat pourra juger bon d'établir des bulletins plus détaillés.

➔ **Circulaire d'Information Aéronautique AIC :**

Pour répondre aux besoins éventuels de diffusion de renseignement qu'il ne convient pas de publier sous forme d'AIP ou NOTAM.

- SERIE A : lorsqu'il s'agit d'informations à caractère international ;
- SERIE B : lorsqu'il s'agit d'informations à caractère national.

Une liste récapitulative des AIC en vigueur est publiée au moins une fois par an et sa diffusion est la même que celle des AIC .[5]

➔ **Liste Récapitulatifs des NOTAM :**

Des listes récapitulatives des NOTAM valides doivent être publiées régulièrement (au moins une fois par mois) via le SFA. En outre, ces listes récapitulatives doivent mentionner les plus récents amendements d'AIP, suppléments d'AIP et au moins les AIC faisant l'objet d'une diffusion internationale. De plus, une liste mensuelle des NOTAM valides imprimée en langage clair, comprenant la mention des plus récents amendements d'AIP, AIC publiées et une liste récapitulative des suppléments d'AIP, doit être envoyée à tous les usagers du système intégré d'information aéronautique. [3] [4]

I.2.2.2 Régularisation et contrôle de la diffusion des renseignements Aéronautiques AIRAC :

a) Définition AIRAC :

Le système AIRAC assure le contrôle et la régularisation des modifications nécessaires pour mettre à jour les cartes, manuels de route, etc...[5]

b) Diffusion des changements :

Les changements planifiés sont assurés en les diffusant à des dates prédéterminées dans le cadre du système AIRAC. Ils sont publiés sous forme d'AMDT (AIRAC Amendment) d'AIP AIRAC ou de SUP d'AIP AIRAC.

c) Notification en cas de retard :

Dans les cas où un AMDT ou un SUP AIRAC ne peut être élaboré dans les délais impartis, un NOTAM contenant clairement la mention AIRAC est émis et est immédiatement suivi par un AMDT ou un SUP.

d) Délai de diffusion :

Les publications AIRAC doivent être diffusées au moins 42 jours avant la date d'application, de manière à atteindre les destinataires au moins 28 jours avant la date d'application, à moins que les circonstances qui motivent la notification ne soient temporaires et ne durent pas toute cette période. [6]

Conclusion :

Pour conclure, Ce chapitre constitue une étape importante pour comprendre l'origine de l'information aéronautiques et les mécanismes de transmission grâce au système intégré d'information aéronautiques présent dans le ENNA.

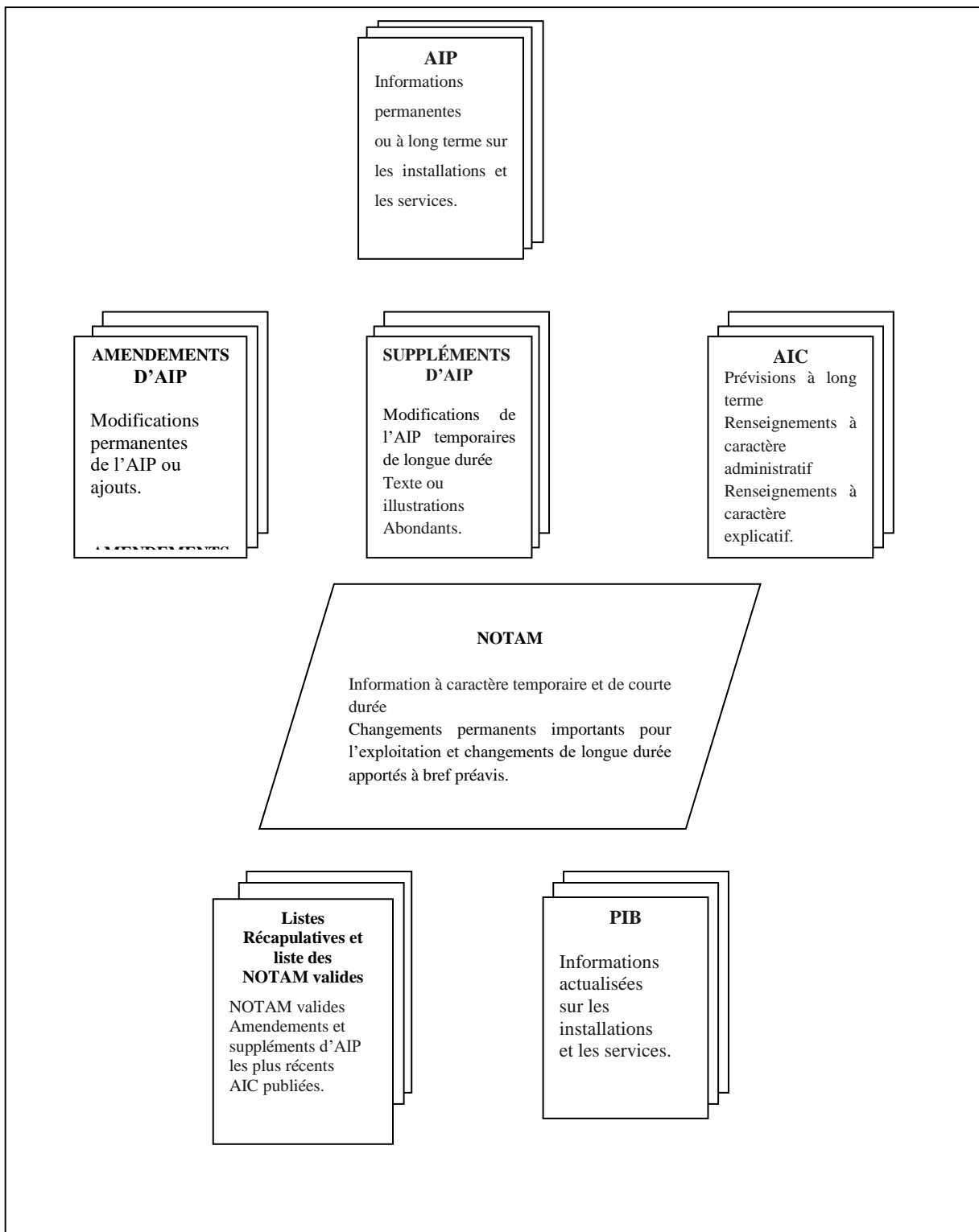


Figure I. 7: Système intégré d'information aéronautique.[6]

Chapitre II :

NOTAM

Introduction :

Les NOTAM sont des messages d'information émis par les autorités de l'aviation civile et les services de la circulation aérienne pour informer les professionnels de l'aviation des changements temporaires dans les conditions aéronautiques, pouvant affecter la sécurité et la régularité des vols. Les NOTAM sont donc un outil essentiel pour assurer la sécurité aérienne.

II.1 Historique :

Dans les années 1940, le développement de l'aviation civile a conduit à une augmentation du trafic aérien et à une demande croissante d'informations sur les obstacles et les conditions de vol. Cependant, les informations étaient souvent transmises de manière informelle, ce qui pouvait entraîner des erreurs et des retards dans la prise de décision des pilotes.

Pour remédier à cette situation, l'Organisation de l'aviation civile internationale a créé un système d'information aéronautique en 1947. Le système comprenait des NOTAM, qui étaient utilisés pour transmettre des informations importantes sur les obstacles, les travaux en cours, les changements d'équipements, les restrictions d'espace aérien, etc.

À l'époque, les NOTAM étaient envoyés par télex, une technologie de transmission de texte qui permettait de transmettre rapidement des messages courts. Les messages étaient envoyés à des centres de distribution NOTAM, qui les transmettaient aux utilisateurs finaux, tels que les compagnies aériennes, les aéroports, les autorités de contrôle du trafic aérien, etc.

Au fil des années, le système NOTAM a évolué pour s'adapter aux nouvelles technologies de communication, telles que le fax, l'e-mail, les sites web et les réseaux de télécommunication SFA. Le contenu des NOTAM a également été élargi pour inclure des informations plus détaillées sur les conditions de vol, les changements de procédures, les fermetures d'aéroports, les événements spéciaux, etc.

Aujourd'hui, le système NOTAM est un élément clé de la gestion de l'espace aérien et de la sécurité des vols. Les NOTAM sont diffusés dans le monde entier via des réseaux de communication sécurisés et sont utilisés par les pilotes, les contrôleurs de la circulation aérienne, les gestionnaires d'aéroports et les autorités réglementaires pour prendre des décisions éclairées sur la navigation aérienne.

II.2 Définition NOTAM OACI :

Avis diffusé par télécommunication et donnant, sur l'établissement, l'état ou la modification d'une installation, d'un service, d'une procédure aéronautique, ou d'un danger pour la navigation aérienne, des renseignements qu'il est essentiel de communiquer à temps au personnel chargé des opérations aériennes. [4]

Langues des NOTAM : Les parties rédigées en langage clair dans les NOTAM, ainsi que dans les autres éléments du système intégré d'information aéronautique à diffusion internationale, doivent comporter un texte en anglais. Cette exigence vise à faciliter la tâche de la majorité du personnel de l'aviation civile. [6]

II.3 La Diffusion des NOTAM :

Il existe plusieurs méthodes pour diffuser les NOTAM :

- Diffusion en ligne : de nombreux pays ont mis en place des sites web où les NOTAM sont publiés en temps réel. Les utilisateurs peuvent accéder à ces sites web pour consulter les NOTAM qui les concernent.
- Diffusion par courrier électronique : les NOTAM peuvent être envoyés directement aux utilisateurs par courrier électronique, ce qui leur permet de recevoir les informations rapidement et efficacement.
- Diffusion par fax : bien que cette méthode soit de moins en moins utilisée, certains organismes continuent de diffuser les NOTAM par fax pour les utilisateurs qui n'ont pas accès à Internet.
- Diffusion par téléphone : les NOTAM peuvent également être consultés par téléphone en appelant une ligne téléphonique dédiée. Cependant, cette méthode est également de moins en moins courante.
- Diffusion via un réseau de télécommunication SFA : Le système de diffusion des NOTAM via le réseau de télécommunication SFA a été introduit dans les années

1970, selon le document 8126 de l'OACI. Cette méthode est aujourd'hui l'une des plus courantes pour transmettre les informations aéronautiques, y compris les NOTAM, aux pilotes, aux organismes de contrôle du trafic aérien et à d'autres parties prenantes de l'aviation. Le SFA est un système de communication numérique automatisé utilisé par les services d'information aéronautique pour diffuser rapidement et efficacement les informations aux acteurs de l'aviation.[3]

Exemple d'un message NOTAM envoyé via SFA :

```
(A0703/03 NOTAMN
Q) RJTG/QWLLW/V/M/W/000/065/ 4248N14042E100
A) RJTG B) 2305311930 C) 2306290930
D) MAY 31 JUN 06 07 13 14 20 21 27 28 1930-0930
E) HOT AIR BALLOON FLT IN AREA
4300N14040E
4240N14030E
4236N14030E
4236N14054E
4300N14040E VMC ONLY
F) SFC G) 2000M AMSL)
```

Note : les méthodes de diffusion peuvent varier d'un pays à l'autre, en fonction des pratiques en vigueur dans chaque pays et des technologies disponibles.

II.4 Renseignements à diffuser par NOTAM :

Un NOTAM sera établi et publié dans le cas des renseignements ci-après :

- a) Mise en service, fermeture ou importantes modifications dans l'exploitation d'aérodromes/hélistations ou de pistes ;
- b) Mise en service, retrait ou importantes modifications dans le fonctionnement des services aéronautiques (AGA, AIS, ATS, COM, MET, SAR, etc.) ;
- c) Mise en service, retrait ou modification importante de la capacité opérationnelle des services de radionavigation et des services de communication air-sol, y compris : interruption ou rétablissement du service, modification de fréquences, changement dans les heures de service notifiées, changement d'indicatif, changement d'orientation (aides directionnelles), modification de l'emplacement, variations de

- puissance d'au moins 50 %, changement d'horaire ou de teneur des émissions, irrégularité ou incertitude du fonctionnement des services de radionavigation ou des services de communication air-sol ;
- d) Mise en service, retrait ou modification importante d'aides visuelles ;
 - e) Interruption ou remise en service d'éléments majeurs des dispositifs de balisage lumineux d'aérodrome ;
 - f) Institution, suppression ou modification importante de procédures pour les services de navigation aérienne ;
 - g) Apparition ou correction de défauts ou d'entraves majeurs dans l'aire de manœuvre ;
 - h) Modifications et limitations dans la disponibilité de carburant, d'huile et d'oxygène ;
 - i) Changements importants dans les moyens et services de recherches et de sauvetage ;
 - j) Installation, retrait ou remise en service de phares de danger balisant des obstacles à la navigation aérienne ;
 - k) Modifications apportées aux règlements et nécessitant des mesures immédiates, par exemple zones interdites à cause d'opérations SAR ;
 - l) Existence de dangers affectant la navigation aérienne (y compris obstacles, exercices militaires, manifestations aériennes, courses et activités majeures de parachutisme hors des emplacements promulgués) ;
 - m) Erection, suppression ou modification d'obstacles à la navigation aérienne dans les aires de décollage/montée, d'approche interrompue, d'approche ainsi que dans la bande de piste ;
 - n) Institution ou suppression (mise en activité ou hors d'activité) de zones interdites, réglementées ou dangereuses, ou changement de classification de ces zones ;
 - o) Etablissement ou suppression de zones ou de routes ou de parties de zones ou de routes où il y a possibilité d'interception et où il est nécessaire d'assurer la veille sur la fréquence d'urgence VHF 121,500 MHz ;
 - p) Désignation, annulation ou changement d'indicateur d'emplacement ;
 - q) Changements significatifs du niveau de protection normalement disponible à un aérodrome/une hélistation aux fins du sauvetage et de la lutte contre l'incendie. Un NOTAM ne sera établi que s'il y a changement de catégorie et ce changement sera clairement spécifié ; [7]
 - r) Existence, élimination ou importantes modifications de conditions dangereuses dues à la présence de neige, de neige fondante, de glace, de matières radioactives,

- de produits chimiques toxiques, d'un dépôt de cendres volcaniques ou d'eau sur l'aire de mouvement ;
- s) Apparition d'épidémies nécessitant des changements dans les règlements notifiés en matière de vaccination et dans les dispositions relatives au contrôle sanitaire ;
 - t) Prévisions de rayonnement cosmique d'origine solaire, lorsqu'elles sont fournies ;
 - u) Changement d'activité volcanique, lieu, date et heure d'une éruption volcanique et étendue horizontale et verticale d'un nuage de cendres volcaniques, y compris direction de son déplacement, niveaux de vol et routes ou portions de route qui pourraient être concernés ;
 - v) Dégagement dans l'atmosphère de matières radioactives ou de produits chimiques toxiques à la suite d'un incident nucléaire ou chimique ; lieu, date et heure de l'incident ; niveaux de vol et routes ou portions de route qui pourraient être affectés et direction du déplacement ;
 - w) Etablissement de missions de secours humanitaires, comme celles qui sont réalisées sous les auspices des Nations Unies, avec les procédures ou les limitations concernant la navigation aérienne ;
 - x) Application de mesures d'exception à court terme en cas de perturbation générale ou partielle des services de la circulation aérienne ou des services de soutien connexes.[6] [5]

II.5 Etablissement et transmission des NOTAM en Algérie :

Après avoir reçu la demande de diffusion d'un NOTAM d'un DATA-ORIGINATOR (DACM, Aérodrome, département circulation aérienne DCA, détachement militaire de coordination DMC ...) la demande doit être vérifiée et diffusée.

En Algérie, 99% des NOTAM sont diffusés par RSFTA, ce réseau est même utilisé pour l'envoi des demandes de diffusion des NOTAM par les data-originators. En cas d'une panne de la liaison RSFTA, d'autre moyen peuvent être utiliser ; à savoir : le FAX, le Mail, Téléphone enregistré etc...[5]

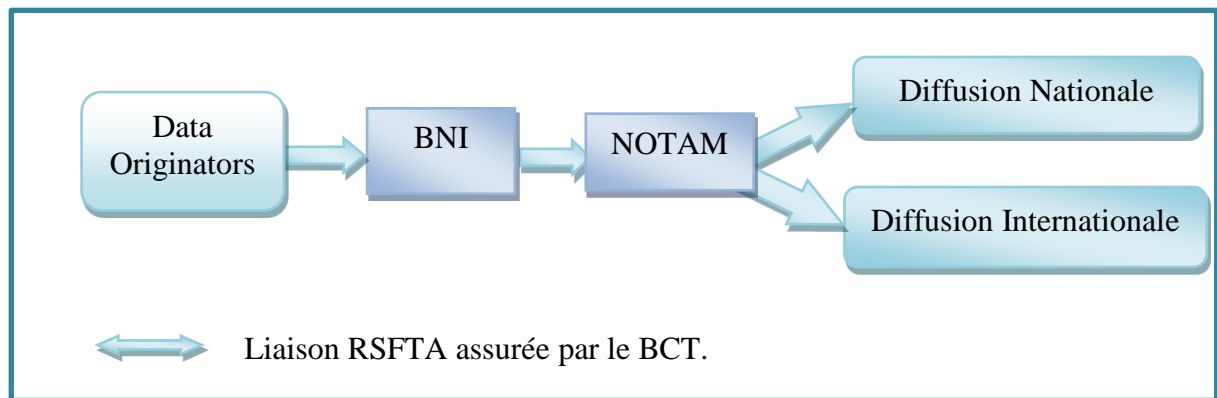


Figure II. 2: la transmission d'un NOTAM. [5]

II.6 Période de validité des NOTAM :

Selon l'Annexe 15, la validité des NOTAM ne doit pas dépasser trois mois. Si la situation à notifier dépasse cette période, un supplément d'AIP doit être publié. Si un changement temporaire dépasse trois mois, un nouveau NOTAM ou un remplacement peut être émis, mais uniquement si la situation ne doit pas durer plus d'un ou deux mois supplémentaires. Si elle est prévue pour durer plus longtemps, un supplément d'AIP doit être publié. [3]

II.7 Série de NOTAM :

Chaque NOTAM doit porter un indicateur de série constitué d'une lettre et d'un groupe de quatre chiffres, suivis d'une barre oblique puis de deux chiffres indiquant l'année afin que les destinataires puissent s'assurer qu'il n'en manque pas. La numérotation doit être consécutive et fondée sur l'année civile. [6]

En cas de publication de plus d'une série de NOTAM. Chaque série doit être identifiée séparément par une lettre. Les lettres A à Z, à l'exception de S et T, peuvent être utilisées pour identifier une série de NOTAM.

En Algérie 3 séries de NOTAM sont utilisées :

Série A : diffusion internationale.

Série B : diffusion nationale.

Série M : diffusion à usage restreint.

II.8 Imprimé NOTAM :

Il est utilisé pour présenter les informations diffusées par NOTAM de manière standardisée, afin de faciliter la compréhension par les destinataires. Cet imprimé tient compte des symboles spéciaux nécessaires pour composer le message sous forme de message SFA.

L'imprimé NOTAM se compose essentiellement de deux parties :

- a) La partie intéressant le service des communications qui traite le message SFA, c'est-à-dire celle qui comprend l'indicateur de priorité, les adresses, les date et heure de dépôt et l'indicateur d'origine ;
- b) La partie qui contient les renseignements NOTAM .[3] [6]

II.8.1 Priorités :

Le système de priorité pour les NOTAM diffusés via le SFA est généralement GG. Toutefois, dans des cas exceptionnels où un traitement spécial est justifié, un NOTAM peut être classé avec une priorité supérieure DD .[6]

II.8.2 Spécifications pour les NOTAM :

→ Numérations des NOTAM :

Chaque NOTAM sera identifié par une série indiquée par une lettre et par un numéro constitué de quatre chiffres suivis d'une barre oblique et de deux chiffres pour l'année (par exemple : A0023/03). Chaque série débutera le 1^{er} janvier, par le numéro 0001. [5]

- SERIE A : lorsqu'il s'agit d'informations à caractère international.
- SERIE B : lorsqu'il s'agit d'informations à caractère national.

Types de NOTAM (Identificateurs) :

- a) NOTAMN (New) : dans le cas d'un NOTAM contenant de nouveaux renseignements.
- b) NOTAMR (replace) : dans le cas d'un NOTAM remplaçant un NOTAM antérieur ; cet identificateur sera suivi du numéro de série/année du NOTAM remplacé.

Par exemple : A0125/03 NOTAMR A0123/03 .

c) NOTAMC (cancel) :s'il s'agit d'un NOTAM annulant un NOTAM antérieur;
cet identificateur sera suivi du numéro de série/année du NOTAM annulé .[6]

Par exemple : A0460/03 NOTAMC A0456/03 .

➔ **Qualificateur (case Q) :**

La case Q est divisée en huit champs, séparés les uns des autres par une barre oblique.
Pour faciliter la production automatique des PIB , tous les champs de la case Q) doivent se voir attribuer une valeur ; des valeurs par défaut seront utilisées le cas échéant .[5]

Exemple :

Q) LFFF / QNDAS / IV / BO / AE / 000 / 999 / 5034N00305E060

Voici la définition de chaque champ :

1) FIR :

Le champs FIR comprend le code à quatre lettres de la FIR où se trouve le sujet du NOTAM.

- Si l'aérodrome se trouve dans la FIR d'un autre état le champ contiendra le code de cette FIR ;
- Si le sujet du NOTAM est situé dans plusieurs FIRs le champ contiendra le les deux premières lettres du code de l'état d'origine (celui qui a publié le NOTAM) suivies de XX.

2) CODE NOTAM :

Chaque groupe du code NOTAM comprend cinq lettres au total, la première étant toujours la lettre Q.

Les deuxième et troisième lettres indiquent le sujet du NOTAM, les quatrième et cinquième lettres l'état ou la condition concernant ce sujet.

- Un NOTAM ne doit traiter que d'un seul sujet et d'une seule condition s'y rapportant ;
- Les codes à deux lettres des sujets et conditions sont ceux qui sont indiqués dans les PANS-ABC (Doc 8400). Pour les combinaisons de deuxièmes et troisièmes lettres et de quatrième et cinquièmes lettres, voir les critères de sélection des NOTAM figurant à l'Appendice B du doc 8126 OACI Manuel AIS ou insérer une des combinaisons suivantes, selon le cas :

- Si le sujet ne figure pas dans le code NOTAM (Doc 8400) [8], insérer « XX » comme deuxième et troisième lettres (par exemple :QXXAK) ;
- Si la condition du sujet ne figure pas dans le code NOTAM (Doc 8400) ou dans les critères de sélection des NOTAM (Doc 8126) [6], insérer « XX » comme quatrième et cinquième lettres (par exemple :QFAXX) ;
- Dans le cas d'un NOTAM contenant une liste récapitulative des NOTAM valides, insérer « KKKK » comme deuxième, troisième, quatrième et cinquième lettre. [6]

3) TRAFIC:

I= IFR

V= VFR

IV= IFR+VFR

K = NOTAM contenant une liste récapitulative

Note : Selon le sujet et la teneur du NOTAM, le champ de qualificateur TRAFIC peut contenir un qualificateur combiné. Des orientations sur la combinaison des qualificateurs TRAFIC avec le sujet et les conditions, dans le respect des critères de sélection des NOTAM, sont présentées à l'Appendice B .[6] [5]

4) OBJET :

N = NOTAM sélectionné pour l'attention immédiate des exploitants d'aéronefs ;

B = NOTAM sélectionné pour indication dans le PIB ;

O = NOTAM concernant les vols ;

M = NOTAM divers, ne fait pas l'objet d'un briefing, mais il est disponible sur demande ;

K = NOTAM contenant une liste récapitulative.

Note :les lettres peuvent être combinées selon les tableaux du DOC 8126 OACI manuel AIS .[6]

5) PORTÉE :

A = Aérodrome.

E = En route.

W = Avertissement de navigation.

K = NOTAM contenant une liste récapitulative.

Note : les lettres peuvent être combinées selon les tableaux du DOC 8126 OACI manuel AIS .[6]

6) et 7) LIMITE INFÉRIEURE ET SUPÉRIEURE :

Les champs LIMITE INFÉRIEURE et LIMITE SUPÉRIEURE n'indiqueront que les niveaux de vol (FL) correspondant aux limites verticales réelles de la zone d'influence, sans ajout de zones tampons. Dans le cas d'avertissements de navigation et de restrictions d'espace aérien, les valeurs indiquées seront cohérentes avec celles qui figurent aux cases F et G. Si le sujet ne concerne pas une hauteur particulière, insérer les valeurs par défaut «000» dans le champ LIMITE INFÉRIEURE et « 999 » dans le champ LIMITE SUPÉRIEURE .[6]
[5]

8) COORDONNÉES, RAYON :

Latitude et longitude avec une précision à une minute près, ainsi qu'un « nombre » de trois chiffres pour la distance donnant le rayon d'influence en NM (par exemple : 4700N01140E043). Les coordonnées sont celles du centre approximatif du cercle de rayon indiqué qui englobe l'ensemble de la zone d'influence (par exemple : les coordonnées du point de référence de l'aérodrome pour un NOTAM de Portée A). Si le NOTAM concerne toute la FIR/UIR ou plus d'une FIR/UIR, indiquer la valeur par défaut «999 » comme rayon.

➔ FIR/AERODROME (Case A):

On ne peut indiquer qu'un seul aérodrome. Si plus d'un aérodrome est concerné, il faut publier des NOTAM distincts. Plusieurs FIR/UIR peuvent être indiquées le cas échéant. L'indicateur d'emplacement de la FIR ou de l'UIR à indiquer est celui du centre de contrôle régional ou du centre d'information de vol fournissant les services de la circulation aérienne au sein de cette FIR ou de cette UIR.

Exemple :

« A) LOWW » identifie l'aérodrome de Wien/Schwechat, alors que « A) LOVV » identifie la FIR de Wien (LOVV est l'indicateur d'emplacement de l'ACC/FIC de Wien).

Le nombre de FIR pouvant être indiquées dans la case A est limité à 7 par la longueur d'une ligne RSFTA.

➔ Début d'activité (Case B) :

La case B doit indiquer le début de l'événement ou de l'activité ou, dans le cas d'une installation ou d'un service devenant inutilisable, la date et l'heure de dépôt du NOTAM.

- Pour le groupe date/heure, utiliser un groupe de dix chiffres indiquant l'année, le mois, le jour, l'heure et les minutes UTC (par exemple : B) 2210241230, soit le 24 octobre 2022 à 1230 UTC).
- Cette indication représente l'heure et la date d'entrée en vigueur du NOTAMN. Dans le cas d'un NOTAMR et d'un NOTAMC, le groupe date/heure indique l'heure et la date réelles de l'établissement du NOTAM. Pour éviter d'éventuels malentendus sur de nouveaux changements ou l'existence simultanée de NOTAM multiples concernant le même sujet, aucune annulation ou aucun remplacement futur n'est publié. Le début d'une journée sera indiqué par « 0000 ».

➔ Fin d'activité (Case C) :

- La case C doit indiquer la fin de l'événement ou de l'activité.
- Sauf dans le cas d'un NOTAMC, on utilisera un groupe date/heure (un groupe de dix chiffres donnant l'année, le mois, le jour, l'heure et les minutes UTC) pour indiquer la période de validité de l'information, à moins que celle-ci ne soit de nature permanente, auquel cas il faut utiliser l'abréviation « PERM ».

Si l'information relative à la période de validité est incertaine, on indiquera la durée approximative en utilisant un groupe date/heure suivi de l'abréviation «EST » (par exemple : C) 0310250600 EST). Tout NOTAM qui comprend l'abréviation «EST » sera annulé ou remplacé avant la date et l'heure spécifiées à la case C.

- La case C ne doit comporter une indication « PERM » que pour les informations NOTAM qui seront incorporées dans l'AIP. Ces NOTAM sont annulés.

➔ **Horaire (Case D) :**

La case D doit contenir l'horaire ou la ou les périodes spécifiées pendant lesquelles un événement se produit ou un danger existe. L'insertion d'informations dans cette case est facultative et ne doit avoir lieu qu'en cas de nécessité.

Dans l'hypothèse où le danger, l'état de fonctionnement ou la condition des installations faisant l'objet du message existeront à des dates et pendant des périodes précises entre les dates et heures figurant aux cases B et C, indiquer ces dates et ces périodes à la case D. Si les renseignements à porter dans la case D représentent plus de 200 caractères, on envisagera de les communiquer dans des NOTAM distincts consécutifs.

Exemple : Lorsqu'entre le 19 avril 2022 0730 UTC et le 20 avril 2022 1500 UTC, un danger existera le 19 et le 20 avril entre 0730 et 1500 UTC uniquement, les cases B, C et D sont à compléter comme suit :

B) 2204190730 C) 2204201500

D) APR 19 AND 20 0730-1500

➔ **Texte du NOTAM (Case E) :**

La case E, aussi appelée texte du NOTAM, doit contenir les renseignements sur le danger, l'état de fonctionnement ou la condition des installations faisant l'objet du message.

Les NOTAM retenus pour une diffusion internationale comporteront un texte en anglais pour les parties en langage clair.

Le texte de la case E devrait être le plus concis possible, tout en contenant tous les renseignements essentiels nécessaires à la sécurité du vol.

Les limites latérales d'une zone publiées dans l'AIP ou dans le supplément d'AIP ne doivent pas être répétées à la case E ; on y mentionne plutôt le nom de la zone.

Dans le cas d'un NOTAMC, un rappel du sujet et un message d'état seront inclus pour permettre des contrôles précis de plausibilité.

Exemple:

E) RWY 25R LLZ U/S

➔ **Limites inférieures et supérieures (Cases F et G) :**

Ces cases sont normalement applicables aux avertissements intéressant la navigation ou à des restrictions de l'espace aérien mais peuvent servir pour tout autre sujet. Indiquer les

limites inférieure et supérieure des activités ou restrictions en précisant la même date de référence et la même unité de mesure dans les deux champs.

- Limite inférieure : La case F peut indiquer la limite inférieure comme étant SFC, GND, une altitude en mètres ou en pieds au-dessus du niveau moyen de la mer (par exemple : « 2000M AMSL » ou « 6500FT AMSL »), une hauteur au-dessus du sol (par exemple : « 1000M AGL ») ou un niveau de vol (par exemple « FL100 »). L'abréviation « 000 » ne peut être utilisée.
- Limite supérieure : La case G peut indiquer la limite supérieure comme étant une altitude en mètres ou en pieds au-dessus du niveau moyen de la mer (par exemple : « 5000M AMSL » ou « 16500FT AMSL »), une hauteur au-dessus du sol (par exemple : « 6000M AGL » ou « 19700FT AGL »), un niveau de vol (par exemple : « FL200 ») ou comme étant « UNL » (illimitée), le cas échéant. L'abréviation « 999 » ne peut être utilisée.

Exemple :

F) GND G) 30000FT AMSL

Signification : Depuis le niveau du sol jusqu'à une altitude de 30 000 FT au-dessus du niveau moyen de la mer .[6] [5]

II.9 ASHTAM :

Un NOTAM de série spéciale, intitulé ASHTAM, est utilisé pour signaler un changement d'activité volcanique important pour l'exploitation, le lieu, la date et l'heure d'une éruption volcanique et l'étendue horizontale et verticale d'un nuage de cendres volcaniques, y compris la direction de son déplacement, les niveaux de vol et les routes ou portions de route qui pourraient être concernés. [6]

Exemple [9]:

ASHTAM alerting pre-eruptive activity

VALI0021 LIRR 01091410

ASHTAM 005/10

A) ROMA FIR B) 01091350 C) ETNA 101-06 D) 3744N01500E

E) YELLOW ALERT

J) VULCANOLOGICAL AGENCY

ASHTAM alerting eruptive activity

VALI0024 LIRR 01151800

ASHTAM 015/10

A) ROMA FIR B) 01151650 C) ETNA 101-06 D) 3744N01500E

E) RED ALERT F) AREA AFFECTED 3700N01500E 3900N01600E
3800N001700W SFC/35000FT G) NE H) ROUTES AFFECTED WILL BE
NOTIFIED BY ATC
J) VULCANOLOGICAL AGENCY
ASHTAM alerting reduction in eruptive activity
VALI0035 LIRR 01300450 ASHTAM 025/10
A) ROMA FIR B) 01300350 C) ETNA 101-06 D) 3744N01500E
E) YELLOW ALERT FOLLOWING ORANGE
J) VULCANOLOGICAL AGENCY

II. 10 SNOWTAM:

Un NOTAM de série spéciale , intitulé SNOWTAM , est utilisé pour notifier la présence ou l'élimination de conditions dangereuses sur l'aire de mouvement résultant de la présence de neige, de neige fondante, de glace.[6]

Exemple : [9]

(SNOWTAM 1435
EBLG
11300120 04L 5/5/5 75/100/75 NR/03/03 WET/SLUSH/WET SNOW
11300130 04R 5/2/2 100/50/75 NR/06/06 WET/SLUSH/SLUSH
RWY 04L SNOW BANK LR20 FM CL. RWY 04R ADJ SNOW BANKS. TWY
B POOR. APRON POOR)

II.11 les zones à statuts particuliers :

Les espaces aériens sont composés de plusieurs types d'espace aériennes, des espaces contrôlés, non contrôlés et des espaces réservés à des fins spécifiques surnommés : zones à statuts particuliers.

Il existe quatre types de zones :

- **La zone interdite(P)** : est un espace aérien de dimensions définies dans lequel le vol des aéronefs évoluant en circulation aérienne générale est interdit selon des modalités publiées dans la publication d'informations aéronautiques. Toutefois, la création d'une zone interdite ne peut intervenir que dans les limites de l'espace aérien algérien.
- **La zone réglementée (R)** : est un espace aérien dans lequel le vol des aéronefs est subordonné à des conditions définies pendant des périodes et des circonstances déterminées et publiées dans la publication d'informations aéronautiques (AIP). Ces zones peuvent être actives ou non, l'information est donnée par NOTAM.

- **La zone dangereuse(D)** : est un espace aérien à l'intérieur duquel se déroulent, pendant des périodes spécifiées, des activités opérationnelles qui présentent un danger pour la circulation aérienne générale. Les périodes spécifiées de ces activités sont publiées dans la publication d'informations aéronautiques (AIP).
- **Zone réservée temporairement (TSA)**: Plus des trois types de zones particuliers cités ci-dessus, des portions d'espace aérien peuvent être réservés temporairement par NOTAM à des fins militaires ou autre.[10]

Conclusion :

Les NOTAM sont un outil essentiel pour informer les acteurs de l'aviation de divers événements et changements susceptibles d'affecter la sécurité des vols. Ils peuvent concerner l'existence de zones militaires ou l'activité militaire en cours, mais aussi des travaux sur les pistes d'atterrissage, des fermetures temporaires d'aéroports, des restrictions de l'espace aérien ou des obstacles en approche etc...

Chapitre II : NOTAM

Indicateur de priorité												
Adresse												
Date et heure de dépôt												
Indicateur d'origine	(
Série de messages, numéro dans cette série et identificateur de message												
NOTAM contenant de nouveaux renseignements NOTAMN (série et numéro/année)											
NOTAM remplaçant un NOTAM antérieur NOTAMR (série et numéro/année) (série et numéro/année du NOTAM remplacé)											
NOTAM annulant un NOTAM antérieur NOTAMC (série et numéro/année) (série et numéro/année du NOTAM annulé)											
Qualificateurs												
	F I R	Code NOTAM	Tr afi c	Obj et	Po rté e	Li mite infé rieure	Lim ite supé rieure	Coordonnées, rayon				
Q)	Q											
Identification, par l'indicateur d'emplacement OACI, de l'emplacement de l'installation, de l'espace aérien ou de la condition faisant l'objet du message								A)				
Période de validité												
De (groupe date-heure)	B)											→
À (PERM ou groupe date-heure)	C)										EST * PER M*	
Horaire (le cas échéant)	D)										→	
Texte du NOTAM en langage clair (avec abréviations OACI)												
E)												
Limite inférieure	F)											
Limite supérieure	G))											
Signature												

Figure II. 2 : Imprimé NOTAM. [3]

Chapitre III :

**SYSTEME D'INFORMATION
GEOGRAPHIQUE**

Introduction :

La visualisation des zones géographique sur des cartes est un élément essentiel pour la gestion de zones. Dans ce contexte, les Systèmes d'Information Géographique (SIG) offrent une solution efficace pour la visualisation et l'analyse des données spatiales. En permettant une représentation visuelle et intuitive des données géographiques sous forme de cartes, ce qui facilite la compréhension et l'analyse des relations spatiales entre les différents éléments.

III.1 L'Information Géographique (IG) :

Les informations géographiques concernent des objets et des phénomènes qui sont associés à des emplacements spécifiques sur la surface de la Terre. Elles nous fournissent des détails sur la localisation, les caractéristiques et les relations entre ces objets et phénomènes. Ces informations peuvent être représentées de différentes manières, notamment sous forme de cartes, d'images satellite, de coordonnées géographiques, de modèles numériques de terrain etc. Elles permettent de visualiser et de comprendre les données géographiques, facilitant ainsi l'analyse et la prise de décisions dans de nombreux domaines.[11]

III.1.1 Modes de représentation de l'information géographique :

Il existe deux modes conventionnels pour la représentation graphique ou de la composante spatiale de l'information géographique : le mode vecteur et le mode raster (maillé).

III.1.1.1 Mode vecteur :

Le mode vecteur représente des objets géographiques sous forme de points, de lignes ou de polygones, basés sur des coordonnées géographiques. Elles peuvent être stockées sous forme de fichiers shapefile, de fichiers de géodatabase ou de fichiers de cartes web, et permettent des analyses spatiales telles que la mesure de distance et le calcul d'aire. Les données vecteur sont modifiables en tant que couche et requièrent moins de mémoire que les données raster.[12] [13]

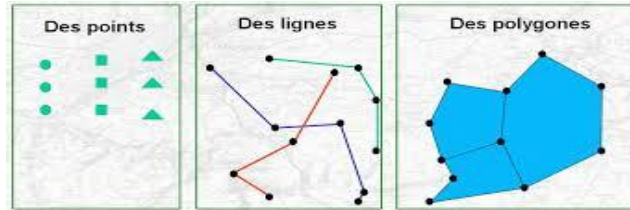


Figure III.2: Mode Vectoriel.

III.1.1.2 Mode raster :

Ce mode de représentation décompose l'espace géographique en une grille composée de cellules généralement de forme géométrique carré, localisées par le nombre de ligne et de colonne, appelées pixels. Elles sont couramment utilisées pour représenter des données d'imagerie aérienne ou satellite, des modèles numériques de terrain et des modèles de couverture terrestre. Les données raster sont généralement stockées sous forme de fichiers TIFF, de fichiers de géodatabase ou de fichiers de cartes web. Contrairement aux couches vecteur, les données raster requièrent beaucoup de mémoire et ne sont pas modifiables comme une couche vecteur. [12] [13]

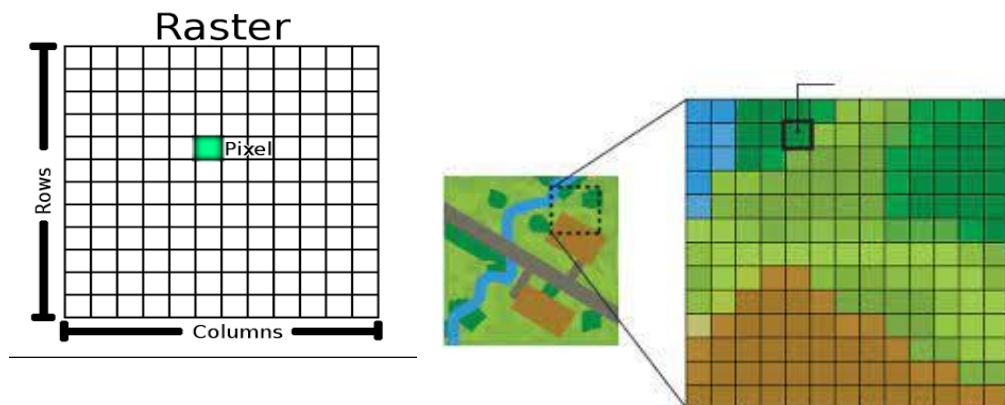


Figure III. 3: Mode Raster.

III.2 Les Systèmes d'Information Géographique :

Un système d'information géographique est un outil informatisé de gestion de bases de données qui assure la collecte, le stockage, l'extraction, la manipulation, l'analyse et l'affichage de données à référence spatiale. Les SIG permettent aux utilisateurs de créer des cartes personnalisées et d'effectuer des analyses géospatiales pour prendre des décisions plus intelligentes. [12] [13]

III.2.1 Composants d'un SIG :

Comme définit précédemment, un SIG est un outil de gestion, d'analyse et d'affichage de l'information géographique et pour assurer ses fonctions, ce dernier doit disposer des cinq composantes suivantes :

➤ **Le matériel informatique :**

Les SIG fonctionnent sur une large gamme de machines client-serveur en intranet, extranet ou internet permettant et facilitant la diffusion de la donnée.

➤ **Les logiciels :**

Les logiciels SIG assurent le stockage, l'analyse et l'affichage de toute donnée ou information géographique, et se compose principalement de :

- Outils pour la saisie et la manipulation de l'information géographique ;
- Un système de gestion de base de données ;
- Outils géographiques permettant de lancer des requêtes, effectuer des analyses et visualiser les résultats ;
- Interface graphique utilisateur pour faciliter la manipulation.

➤ **Les données :**

Les données géographiques et tabulaires constituent les composantes les plus importantes des SIG, ils sont saisis soit en interne par un opérateur ou transférées par d'autres producteurs de données.

➤ **Les utilisateurs :**

Le SIG est un outil avant tout mais son utilisation qui permet de l'exploiter et depuis son avènement sur internet, sa communauté ne cesse de s'agrandir, allant des développeurs des systèmes aux utilisateurs qui manipulent la dimension géographique.

➤ **Méthodes et savoir-faire :**

La mise en œuvre d'un SIG et son exploitation se fait à l'aide des règles et de procédures propres à chaque organisation faisant appel aux connaissances techniques et aux savoirs faire de métiers divers.



Figure III. 4: Composants d'un SIG.

III.2.2 Fonctionnalités d'un SIG :

Les systèmes d'information géographique (SIG) jouent un rôle crucial dans la gestion, l'analyse et la visualisation des données géographiques. Le processus des SIG peut être décrit à travers les "5 A" :

- **ABSTRACTION** : consiste à transformer les caractéristiques du monde réel en modèles mathématiques et en représentations numériques compréhensibles par les ordinateurs.
- **ACQUISITION** : implique la collecte de données géographiques à partir de différentes sources, telles que des satellites, des capteurs et des enquêtes sur le terrain.
- **ARCHIVAGE** : stockées les données dans des formats spécifiques pour garantir leur intégrité et leur accessibilité.
- **ANALYSE** : est une étape fondamentale des SIG, qui permet d'explorer et de comprendre les relations spatiales entre les données géographiques. Cela inclut des opérations telles que la superposition de couches, le calcul de distances, l'analyse statistique et la modélisation.
- **AFFICHAGE** : l'affichage permet de visualiser les données géographiques sous forme de cartes, de graphiques ou d'autres représentations visuelles .[12]

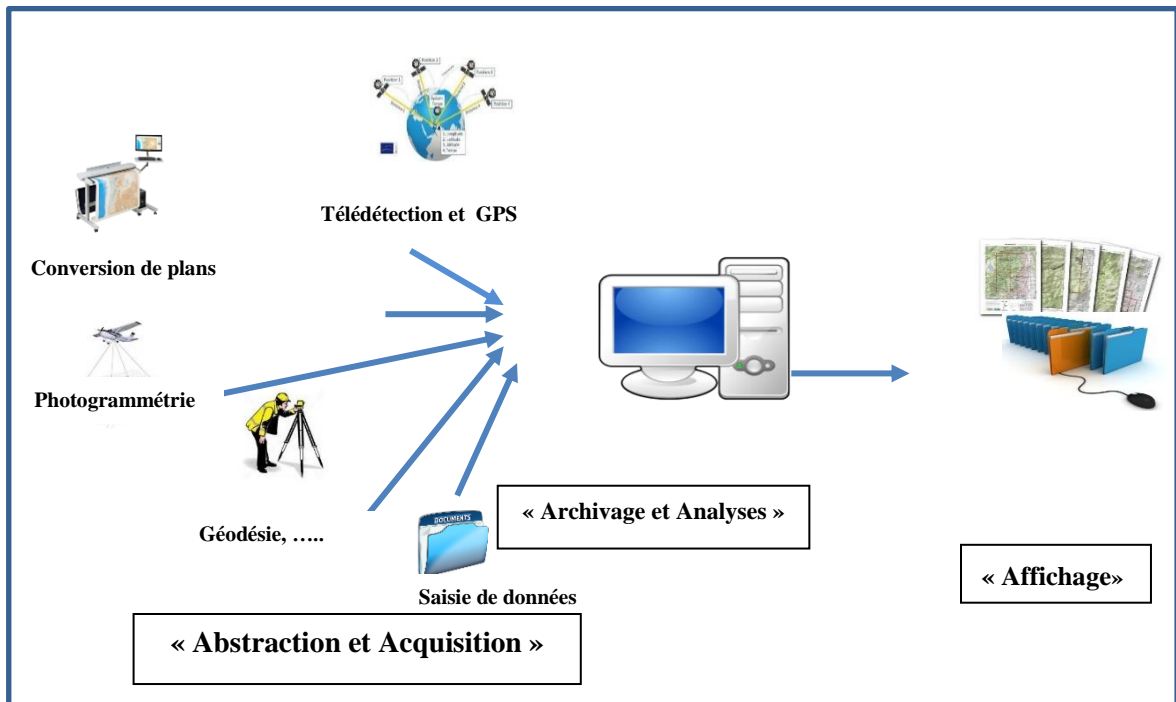


Figure III. 6 : Les principales fonctionnalités d'un SIG. [12]

III.2.3 Organisation de l'IG dans un SIG :

L'information géographique peut être organisée selon la notion de couche :

Notion de couches : Une couche est une représentation plane de l'information géographique regroupant le même type d'objets et décomposant l'espace géographique par type d'entités : point, ligne et polygone. Chaque couche est référencée spatialement et peut être gérée et traitée indépendamment des autres.

La figure suivante illustre les différentes couches portant des entités de même type : [12]

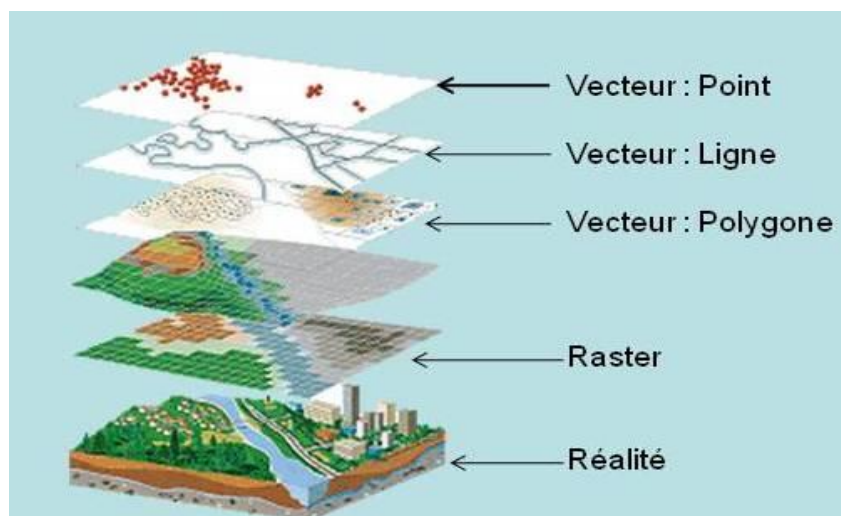


Figure III. 7: Couches portant le même type de l'information géographique.

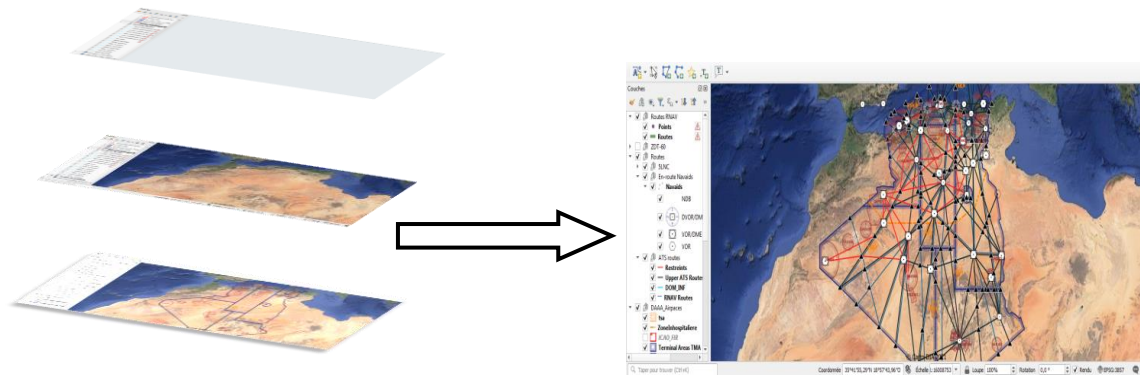


Figure III. 8: Superposition des couches.

III.2.4 Les données d'un SIG :

Dans le contexte des systèmes d'information géographique (SIG), les données géographiques sont cruciales pour la représentation et l'analyse des objets et phénomènes géographiques. Ces données sont composées de quatre éléments fondamentaux, chacun apportant une information spécifique :

- Les données géométriques : Cette composante concerne la forme, la taille et la position des objets géographiques. Les coordonnées spatiales, telles que les points, les lignes et les polygones, permettent de définir précisément la géométrie des entités géographiques et leur emplacement sur la surface de la Terre.
- Données attributaires : caractéristiques quantitatives et qualitatives décrivant l'objet (nom, profondeur, surface, volume d'eau... pour un lac par exemple).
- Les métadonnées : Elles fournissent des informations sur les données elles-mêmes, telles que leur source, leur méthode de collecte, leur échelle, leur précision, leur projection cartographique et leur date de création. Les métadonnées sont essentielles pour évaluer la qualité, la fiabilité et l'applicabilité des données géographiques, ainsi que pour faciliter l'échange, le partage et l'interopérabilité des données entre différents utilisateurs et systèmes .[12]

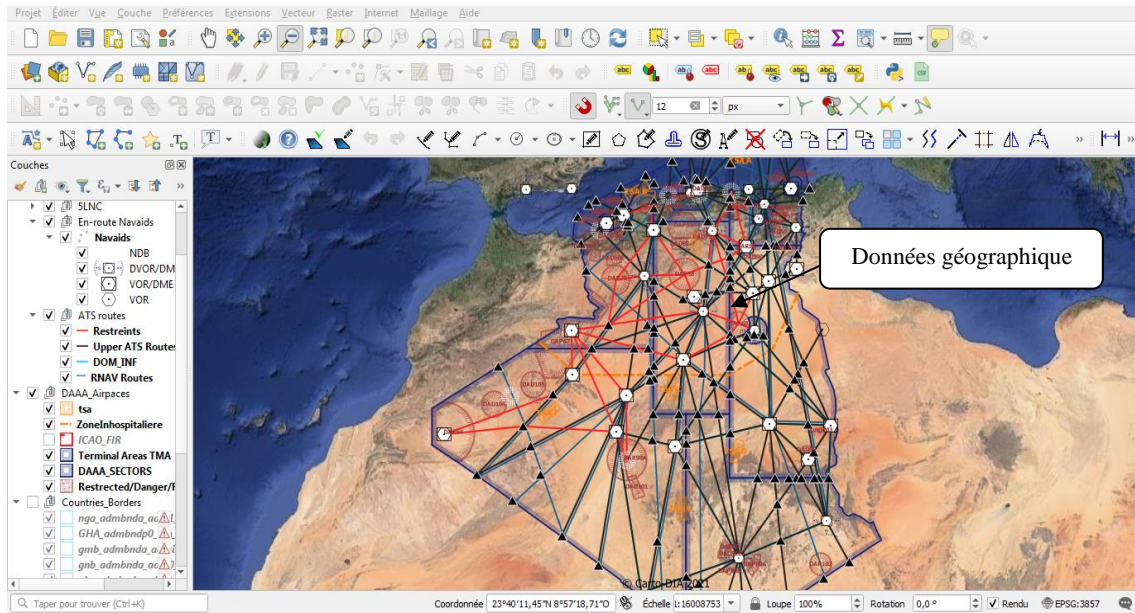


Figure III. 9: Données géographiques.

Restricted/Danger/Prohibited Areas — Total des entités: 62, Filtrées: 62, Sélectionnées: 0

id	IDENT	Nom	Limite_inf	Limite_sup	Horaire	Observ	Horaires	Type	
1	NULL	DAR98B	REGGAN	GND	FL95	H24	NULL	NULL	R
2	NULL	DAR98A	REGGAN	GND	FL280	H24	NULL	NULL	R
3	NULL	DAR88	BISKRA	GND	FL100	H24	NULL	NULL	R
4	NULL	DAR84B	BOUFARIK	GND	FL50	H24	Exercices aériens	NULL	R
5	NULL	DAR84A	BOUFARIK	GND	2500FT	H24	Exercices aériens	NULL	R
6	NULL	DAR84	CHERAGA	GND/MSL	FL40	H24	Exercices aériens	NULL	R
7	NULL	DAR78	CHLEF	GND	FL70	H24	Pénétration sou- de contrôle	NULL	R
8	NULL	DAR77	OUM EL BOUA...	NOTAM	NOTAM	NOTAM	Activité annon...	NULL	R
9	NULL	DAR68	AIN ARNAT	GND	FL105	H24	Pénétration sou- de contrôle	NULL	R
10	NULL	DAR102	HASSI-TIRIRINE	GND	FL085	H24	Activités Aérien...	NULL	R
11	NULL	DAP89C	TAMENGHASSET	GND	UNIL	H24	NULL	NULL	P
12	NULL	DAP89B	TAMENGHASSET	GND	UNIL	H24	NULL	NULL	P
13	NULL	DAP89A	TAMENGHASSET	GND	UNIL	H24	NULL	NULL	P
14	NULL	DAP80	OUM EL BOUA...	GND	FL280	NULL	NULL	NULL	P
15	NULL	DAP73	TLEMCEN	GND	FL80	H24	H24 Sauf autori...	NULL	P
16	NULL	DAP70	MECHERIA	GND	UNIL	NULL	NULL	NULL	P
17	NULL	DAP67	BECHAR	GN	UNIL	H24	H24 Sauf autori...	NULL	P
18	NULL	DAP64	TINDOUF	GND	UNIL	H24	NULL	NULL	P
19	NULL	DAP60	OUARGLA	GND	UNIL	NULL	NULL	NULL	P
20	NULL	DAP58	LAGHOUAT	GND	UNIL	NULL	NULL	NULL	P
21	NULL	DAP51	AI OUSSERA	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	P

Montrer toutes les entités

Figure III. 10: Données attributaires.

III.2.5 La différence entre une donnée et une information :

Dans le domaine des systèmes d'information géographique, il est important de comprendre la distinction entre les données et les informations :

- Données : Les données sont une collection de faits, d'observations et de mesures recueillies sur des objets, des phénomènes ou des lieux. Elles sont représentées sous forme de valeurs numériques. Par exemple, la mesure de la salinité d'un sol est une

donnée géographique. Les données sont généralement brutes et nécessitent un traitement pour être exploitées pleinement.

- Information : L'information est le résultat du traitement des données, présenté de manière utile et significative à l'utilisateur. C'est la transformation des données en connaissances exploitables. Par exemple, la dégradation d'un sol est une information géographique qui peut être déduite à partir des données collectées et analysées. L'information fournit une perspective, une interprétation ou un contexte qui permet de prendre des décisions éclairées.

Un SIG permet d'intégrer, d'analyser et de transformer les données géographiques en informations pertinentes. Le rôle essentiel d'un SIG est de faciliter la transition des données vers l'information, en offrant des outils et des fonctionnalités pour l'analyse, la visualisation et la présentation des résultats .[13]

III.2.6 Les principaux logiciels SIG :

Les principaux logiciels SIG sont QGIS, MapInfo et ArcGIS. Voici quelques informations sur chacun d'eux :

QGIS:

- C'est un logiciel SIG gratuit et open-source.
- Il est souvent utilisé par les petites structures et les collectivités.
- Le format vecteur principal pris en charge est le format .shp.
- Avantages : Interopérabilité avec d'autres logiciels, possibilité de personnalisation et d'extensibilité grâce aux plugins et aux scripts Python.
- Inconvénient : QGIS est un produit relativement récent, ayant été développé en 2002.



MapInfo:

- MapInfo est un logiciel SIG payant.
- Il est généralement utilisé par le secteur privé.
- Le format vecteur principal utilisé est le format .tab (propriétaire).



- Avantages : Très flexible pour les requêtes, performances élevées, idéal pour manipuler de grandes quantités de données.
- Inconvénients : Obligation d'utiliser le format .tab pour toute modification, coût élevé et manque de personnalisation et d'extensibilité.

ArcGIS:

- ArcGIS est un logiciel SIG payant.
- Il est utilisé par toutes sortes de structures et de collectivités.
- Le format vecteur principal pris en charge est le format .shp (propriétaire).
- Avantages : Propose des outils à la pointe de la technologie, offre une puissance et une fiabilité élevées, permet l'intégration avec d'autres logiciels, prend en charge plusieurs langages de script tels que Python, Java et JavaScript.
- Inconvénient : Le prix d'ArcGIS est élevé .[12]

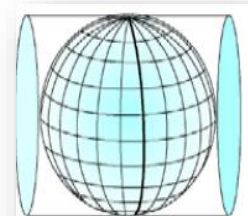


III.2.7 Les systèmes de coordonnées en ALGERIE :

En Algérie, deux systèmes de coordonnées couramment utilisés sont le Nord Sahara 1959 et le World Geodetic System 1984 (WGS84).

Nord Sahara 1959 :

- Il s'agit d'un système de coordonnées géographiques local utilisé en Algérie.
- La projection cartographique couramment associée à ce système est l'UTM.
- Le système Nord Sahara 1959 a été développé en 1959 par l'Institut Géographique National (IGN) de France.
- Il est identifié par le code EPSG 4307, qui est utilisé par le groupe Européen Petroleum Survey (EPSG) pour la référence de ce système.



World Geodetic System 1984 (WGS84) :

- Il s'agit d'un système de coordonnées géographiques global largement utilisé dans le monde entier, y compris en Algérie.
- La projection cartographique couramment associée à ce système est également l'UTM.
- Le WGS84 a été développé depuis 1950 et a subi plusieurs révisions et améliorations au fil des ans.
- Il est identifié par le code EPSG 3857, qui est utilisé pour la référence de ce système dans le cadre du groupe European Petroleum Survey (EPSG).



Ces deux systèmes de coordonnées permettent de géoréférencer des données géographiques en Algérie, en utilisant des projections cartographiques adaptées à chaque système. L'utilisation de l'UTM comme projection courante facilite les calculs et la représentation cartographique. Il est essentiel de sélectionner le système de coordonnées approprié en fonction des besoins spécifiques du projet ou de l'application géospatiale. [12]
[13]

III.2.8 SIG en Aéronautique :

Les SIG sont largement utilisés dans le secteur aéronautique pour la cartographie, la planification, la gestion et la surveillance des opérations aériennes. Les SIG permettent de visualiser et d'analyser les données géographiques, telles que les aéroports, les pistes, les obstacles, les zones de restriction, les zones militaires, les routes aériennes, les trajectoires de vol, les conditions météorologiques etc. Les organisations de l'aviation tirent parti des technologies du SIG pour conserver les données aéronautiques et les rendre accessibles aux acteurs de l'aviation. Les SIG sont également utilisés pour la production de cartes aéronautiques et la création de bases de données spatiales pour la gestion des opérations aériennes.

III.2.9 Avantages des SIG pour l'affichage automatique des NOTAM aux réservations d'espace aérien :

Nous avons choisi d'utiliser SIG dans notre application pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les SIG offrent une solution efficace pour la visualisation des données spatiales, en permettant une représentation visuelle et intuitive des zones géographiques concernées par les NOTAM et les réservations d'espace aérien. En utilisant les SIG, les compagnies aériennes et les autorités aéronautiques peuvent mieux sécuriser leurs itinéraires, surveiller les activités aériennes et garantir une meilleure gestion de l'espace aérien. De plus, l'automatisation des processus à l'aide de SIG comme QGIS permet de gagner du temps et d'améliorer l'efficacité des opérations aériennes.

III.3 Présentation de QGIS comme outil SIG :

QGIS est un logiciel SIG qui a débuté en mai 2002 open source et multiplateforme, conçu pour la collecte, l'analyse, la visualisation et la gestion de données géographiques. Il permet aux utilisateurs de créer et de modifier des cartes, des graphiques et des données spatiales en utilisant une interface utilisateur conviviale. Le logiciel offre une grande variété d'outils pour la manipulation de données géographiques, tels que l'analyse spatiale, l'interpolation, la géocodification etc.[14] [15]

III.3.1 Exploration de l'interface de QGIS :

L'interface de QGIS offre une gamme d'outils et de fonctionnalités permettant aux utilisateurs d'explorer, de visualiser et de manipuler leurs données géospatiales de manière efficace et conviviale. Elle est composée de plusieurs éléments essentiels :

- 1. La barre des menus :** Elle permet d'accéder à différentes fonctionnalités du logiciel, telles que l'ouverture de projets, l'ajout de couches, l'analyse spatiale et l'exportation de données.
- 2. Les barres d'outils :** Elles regroupent des outils selon leurs fonctionnalités, offrant des boutons rapides pour des actions courantes comme l'ajout de couches, la numérisation de nouvelles entités, la sélection d'entités, le zoom et le déplacement. Ces barres d'outils peuvent être personnalisées et déplacées selon les besoins de l'utilisateur.

- 3. La fenêtre de carte :** C'est la fenêtre principale de QGIS où les données géospatiales sont affichées et manipulées. Les utilisateurs peuvent définir la visibilité des couches, effectuer des analyses spatiales et générer des cartes.
- 4. Le panneau des couches :** Il affiche la liste des couches ajoutées à la carte ainsi que leurs propriétés. Les utilisateurs peuvent gérer les couches en ajustant leur visibilité, en ajoutant, supprimant ou renommant des couches, et en modifiant leurs propriétés telles que les symboles, les étiquettes et les requêtes spatiales.
- 5. L'explorateur :** Cet outil facilite la navigation dans les répertoires et la gestion des données géographiques. Il permet aux utilisateurs d'accéder rapidement aux fichiers et dossiers pertinents pour leur travail.
- 6. La barre de localisation :** Située en bas à gauche de l'interface, elle permet aux utilisateurs d'effectuer des recherches rapides d'algorithmes, d'actions, de couches, etc. Elle permet également de localiser une entité spécifique dans la couche active.
- 7. La barre d'état :** Elle se trouve en bas de l'écran et affiche des informations relatives à l'affichage de la carte et au projet en cours, telles que les coordonnées du curseur, le système de coordonnées utilisé et l'échelle de la carte.

Grâce à cette interface conviviale et aux outils puissants de QGIS, les utilisateurs peuvent explorer, visualiser et manipuler leurs données géospatiales de manière efficace, facilitant ainsi leur travail dans le domaine de l'analyse et de la gestion de l'information géographique. [14]

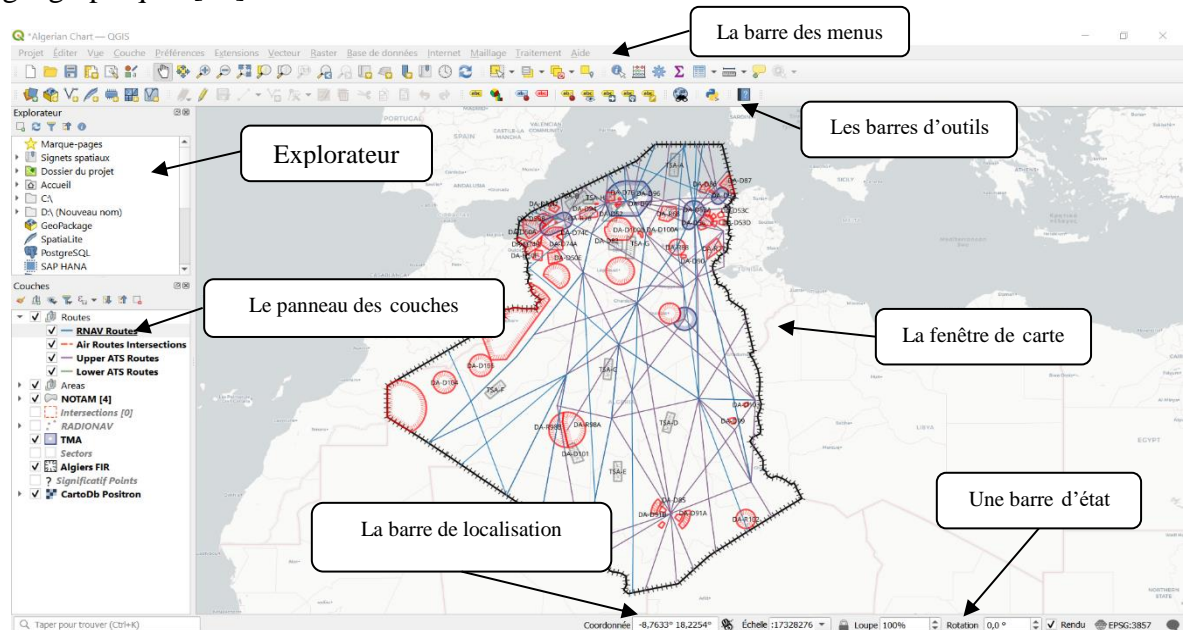


Figure III. 12: Présentation de l'interface QGIS.

III.3.2 Le rôle de QGIS dans l'application :

Dans cette application, QGIS permet de créer des cartes affichant les données géographiques de l'application, en affichant des couches de données géographiques, en modifiant les symboles et les couleurs des données, en créant la carte en plusieurs étapes pour montrer l'évolution de certaines zones géographiques, etc. QGIS dispose également de nombreuses extensions (plugins) qui permettent d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires à l'application.

III.4 Conception d'interfaces graphiques avec Qt Designer :

Qt Designer est un logiciel gratuit et open source qui fait partie de la suite d'outils Qt utilisée pour développer l'interface utilisateur de QGIS. Il permet aux développeurs de créer des interfaces graphiques conviviales pour leurs applications multiplateformes. Qt Designer offre des fonctionnalités de glisser-déposer et de personnalisation avancée, ce qui facilite la conception d'interfaces graphiques. Les applications créées avec Qt Designer sont compatibles avec différents systèmes d'exploitation, ce qui permet un déploiement facile, modernes et performantes .[16]

III.4.1 Exploration de l'interface principale :

L'interface de Qt Designer se compose de plusieurs sections principales qui facilitent la conception d'interfaces graphiques :

- 1. Choix du projet :** Lorsque Qt Designer est ouvert, différentes options de projets sont disponibles. Le choix du "Main Widget" (Widget Principal) est particulièrement pertinent.
- 2. Palette d'outils :** À gauche de l'écran, la palette d'outils regroupe tous les widgets disponibles. Ils sont classés par catégories, ce qui facilite leur recherche et leur sélection.
- 3. Zone de travail :** Au centre de l'interface, la zone de travail principale permet de disposer les widgets pour créer la mise en page de l'interface. Le glisser-déposer permet de placer les widgets, de les redimensionner et de les réorganiser selon les besoins. Les propriétés et les styles des widgets peuvent être définis à l'aide des panneaux de configuration.

- 4. Barre de menus et barre d'outils :** En haut de l'interface, la barre de menus et la barre d'outils regroupent les fonctionnalités et les options de personnalisation supplémentaires. Elles offrent un accès rapide à des fonctionnalités telles que l'ajout de signaux et de slots, la définition de propriétés avancées et l'aperçu de l'interface utilisateur.
- 5. Panneau des objets :** À droite de l'interface, le panneau des objets affiche une liste hiérarchique des widgets utilisés dans l'interface. Il permet de sélectionner les widgets, d'accéder à leurs propriétés et à leurs options de configuration.
- 6. Panneau des propriétés :** En sélectionnant un widget dans le panneau des objets, ses propriétés et attributs peuvent être modifiés dans le panneau des propriétés situé en bas à droite de l'interface. Ce panneau permet de définir des propriétés spécifiques au widget sélectionné, comme son texte, sa couleur, sa taille, etc ...[16]

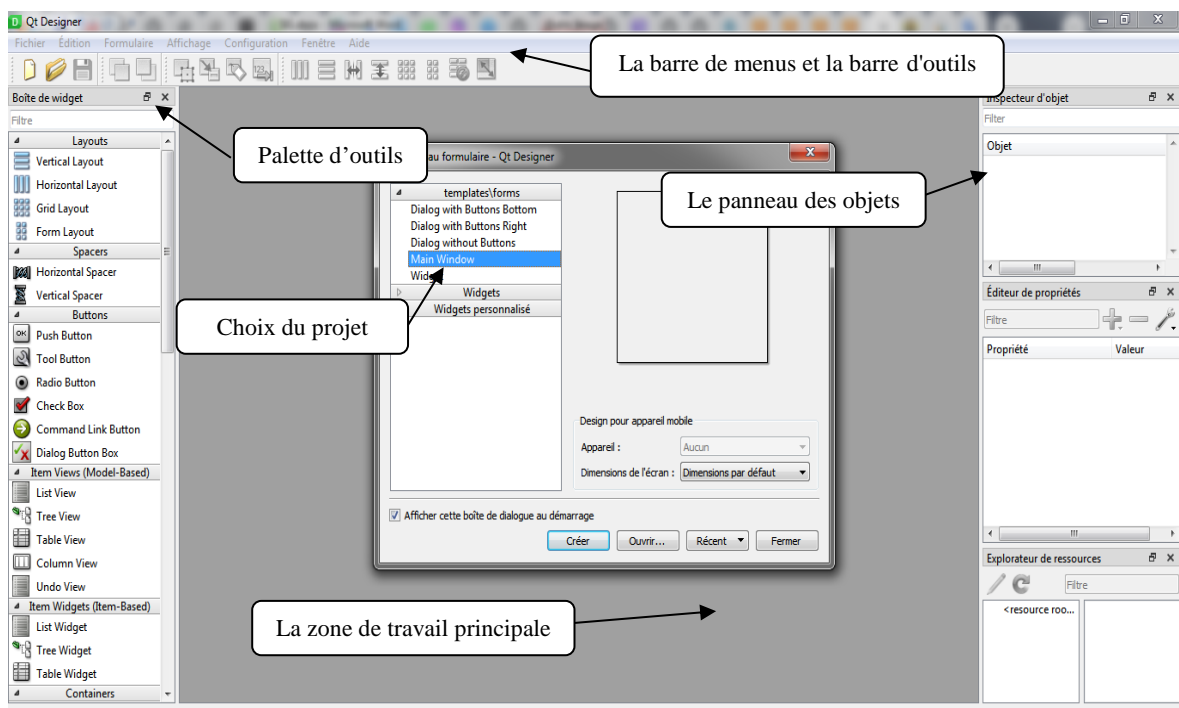


Figure III. 14: Présentation de l'interface Qt Designer.

III.5 Intégration de Python dans notre application :

Python est un langage de programmation polyvalent, populaire et facile à apprendre. Sa simplicité syntaxique et sa vaste bibliothèque en font un choix idéal pour développer des applications géospatiales .[17]

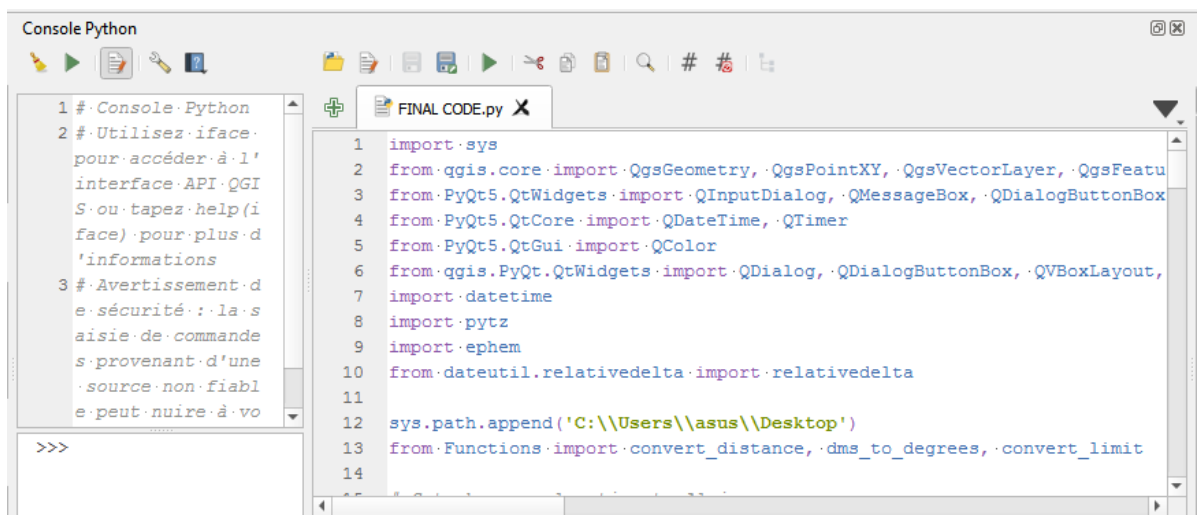
Dans notre application, Python joue un rôle central en intégrant les différentes composantes. Nous avons utilisé trois bibliothèques clés : PyQGIS , PyQt et PySQLite .

III.5.1 PyQGIS :

PyQGIS est une bibliothèque Python puissante qui facilite la manipulation des outils de QGIS pour créer et visualiser des polygones, des lignes et des points. Cette bibliothèque offre une gamme complète de fonctionnalités pour travailler avec des données géospatiales de manière efficace.

Avec PyQGIS, il devient possible d'interagir avec les éléments géographiques de manière simple et intuitive. On peut créer ces éléments en définissant leurs coordonnées géographiques, leurs attributs et leurs propriétés spatiales. De plus, il est possible de les modifier en mettant à jour leurs coordonnées, leurs attributs ou en appliquant des opérations spatiales telles que la fusion, la découpe ou la transformation.

Il simplifie la manipulation des outils de QGIS en fournissant une interface Python conviviale pour créer, modifier et visualiser des éléments géographiques. Cela permet de travailler efficacement avec les données géospatiales et de représenter graphiquement les entités géographiques spécifiées dans l'AIP.[18]



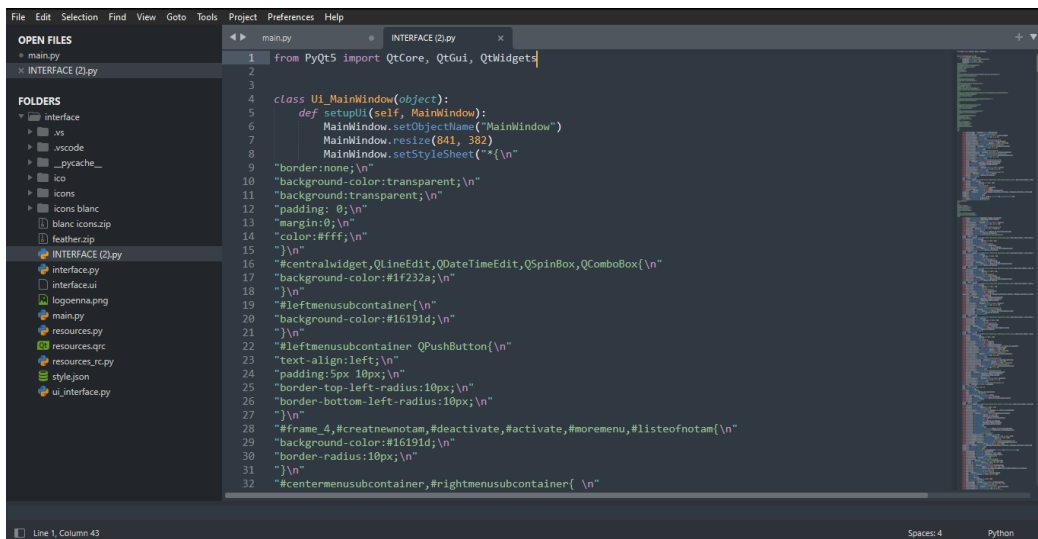
```
1 # Console Python
2 # Utilisez l'interface pour accéder à l'interface API QGIS. ou tapez help(interface) pour plus d'informations
3 # Avertissement de sécurité : la sécurité de commande provenant d'une source non fiable peut nuire à votre système.
4
5 >>>
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

Figure III. 15: Console Python dans QGIS.

III.5.2 PyQt :

PyQt est une bibliothèque Python qui permet de créer des applications avec une interface utilisateur graphique (GUI). Elle offre de nombreuses fonctionnalités et

composants pour concevoir des fenêtres, des boutons, des boîtes de dialogue et d'autres éléments d'interface utilisateur. Avec PyQt, les développeurs peuvent personnaliser l'apparence et le comportement des éléments de l'interface, gérer les interactions de l'utilisateur et associer des actions spécifiques à des événements tels que les clics de souris et les saisies au clavier. L'utilisation de PyQt a simplifié le développement de l'interface utilisateur en offrant une flexibilité et une variété d'options de conception. Cela nous a permis de créer une interface conviviale et adaptée aux besoins de notre application .[17]



```
1 from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets
2
3
4 class Ui_MainWindow(object):
5     def setupUi(self, MainWindow):
6         MainWindow.setObjectName("MainWindow")
7         MainWindow.resize(841, 382)
8         MainWindow.setStyleSheet("""
9             "border:none;\n"
10            "background-color:transparent;\n"
11            "background:transparent;\n"
12            "padding: 0;\n"
13            "margin:0;\n"
14            "color:#fff;\n"
15            ")\n"
16            "#centralwidget, QLineEdit, QDateTimeEdit, QSpinBox, QComboBox{\n"
17            "background-color:#f232a;\n"
18            ")\n"
19            "#leftmenubarcontainer{\n"
20            "background-color:#16191d;\n"
21            ")\n"
22            "#leftmenubarcontainer QPushButton{\n"
23            "text-align:left;\n"
24            "padding:5px 10px;\n"
25            "border-top-left-radius:10px;\n"
26            "border-bottom-left-radius:10px;\n"
27            ")\n"
28            "#frame_4,#createnewnotam,#deactivate,#activate,#moremenu,#listeofnotam{\n"
29            "background-color:#16191d;\n"
30            "border-radius:10px;\n"
31            ")\n"
32            "#centermenubarcontainer,#rightmenubarcontainer{\n"
```

Figure III. 16: Exemple de script PyQt5.

En combinant PyQGIS et PyQt, nous avons pu tirer parti des fonctionnalités de QGIS et créer une interface utilisateur interactive pour notre application géospatiale.

III.5.3 PySQLite :

SQLite est un système de gestion de base de données relationnelle autonome et sans serveur, qui est largement utilisé pour stocker des données dans des applications mobiles, des navigateurs web et des logiciels embarqués .Sa conception légère, rapide et fiable en fait un choix populaire pour les applications qui nécessitent une base de données locale[19].

Dans le domaine des SIG, SQLite est pris en charge en tant que format de données dans QGIS, ce qui vous permet de stocker et de gérer des données spatiales dans une base de données SQLite directement à partir de QGIS.

La bibliothèque PySQLite est disponible pour Python et permet aux développeurs d'utiliser SQLite de manière transparente dans leurs applications Python, y compris les

applications QGIS. Cela en fait un excellent choix pour les développeurs Python qui cherchent à intégrer une base de données dans leur application QGIS. Avec PySQLite, les développeurs peuvent facilement interagir avec une base de données SQLite directement depuis leur code Python dans QGIS, ce qui rend l'accès aux données plus simple et plus efficace.

Conclusion :

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils puissants pour la gestion et la visualisation des données géographiques. En utilisant des logiciels tels que QGIS et des bibliothèques comme PyQGIS, PyQt et PySQLite, nous avons pu exploiter pleinement les fonctionnalités des SIG et créer une application adaptée à nos besoins spécifiques. QGIS nous a permis de gérer les données géospatiales, de les analyser et de les représenter graphiquement, tandis que Qt Designer nous a facilité la création d'une interface utilisateur conviviale et personnalisée. L'utilisation combinée de ces outils a été essentielle pour le développement de notre application, nous permettant de manipuler et de visualiser efficacement les informations géographiques. Grâce à cette synergie technologique, nous avons réussi à créer une application répondant à nos exigences en matière de gestion et de visualisation des données géographiques.

Chapitre VI :

**REALISATION ET
EXPERIMENTATION**

Introduction :

La gestion des NOTAM relatifs aux réservations d'espace aérien est une tâche essentielle pour assurer la sécurité, la fluidité, et la bonne coordination des activités aériennes. Cependant, le processus traditionnel de traçage des zones réservées était laborieux et sujet aux erreurs humaines. Nous avons donc soulevé la nécessité de développer une solution automatisée qui faciliterait ce processus, tout en offrant une visualisation claire et intuitive des zones réservées.

Dans ce chapitre, nous allons explorer les différentes étapes de développement de cette application. Nous partagerons notre démarche et les résultats obtenus.

IV.1 Objective de l'application :

L'objectif de ce chapitre est de présenter en détail le développement de notre application d'automatisation et de visualisation des NOTAM relatifs aux réservations d'espace aérien. Cette application répond aux besoins des ANSPs en assurant deux rôles clés :

- ➔ La vérification des demandes de diffusion des NOTAM avant leur diffusion, pour garantir leur conformité avec les réglementations et les exigences de sécurité.
- ➔ L'intégration des NOTAM dans l'application pour leur visualisation et pour une meilleure gestion de l'espace aérien.

Pour les compagnies aériennes, cette application peut être utilisée comme un outil d'aide à la décision pour les pilotes, leur fournissant une meilleure conscience de la situation. Elle permet également la schématisation et la visualisation des zones de réservation d'espace aérien, afin d'affiner et d'optimiser les itinéraires de vol et peut aider au calcul du carburant.

De plus, cette application vise à atteindre les objectifs suivants :

- ➔ Automatiser le processus de traçage des zones réservées : Notre application vise à éliminer la nécessité d'un traçage manuel fastidieux des zones réservées en proposant une approche automatisée. Cela permet aux utilisateurs d'entrer les informations NOTAM et de générer automatiquement les zones réservées correspondantes.
- ➔ Visualiser les zones réservées sur une carte géographique : L'un des principaux objectifs de notre application est de permettre aux utilisateurs de visualiser les zones réservées de

manière claire et visuelle. Cela facilite la compréhension de l'emplacement et de l'étendue des zones réservées, ce qui contribue à une meilleure coordination des activités aériennes.

- ➔ La synchronisation temporelle : est un aspect essentiel de notre application. L'objectif est de concevoir et de mettre en œuvre une application qui est synchronisée avec le temps, ce qui signifie qu'elle est capable d'activer et de désactiver automatiquement les zones de réservation de l'espace aérien en fonction des dates de début et de fin spécifiées dans les NOTAM. Cette fonctionnalité assure que les informations fournies aux utilisateurs sont constamment mises à jour et reflètent avec précision l'état actuel de l'espace aérien.
- ➔ Améliorer la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes : En réduisant les erreurs, même en accélérant le processus de réservation et en offrant une visualisation claire des zones réservées, notre application vise à améliorer la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes.

IV.2 Modélisation du système :

La modélisation d'un système consiste à représenter de manière abstraite et structurée les différents aspects d'une application à l'aide de diagrammes UML et de tableaux explicatifs.

- ➔ Nous avons choisi de concevoir un tableau de fonctionnalités :

Tableau de fonctionnalités : Permet d'identifier les différents acteurs (utilisateurs, systèmes externes) et les fonctionnalités principales de l'application. Dans notre cas, nous avons trois utilisateurs : "Viewer", "User" et "Admin", et chaque utilisateur a ses propres fonctionnalités.

Tableau IV.1 : Table de fonctionnalités des utilisateurs.

Functionality	Viewer	User	Admin
Map page	✓	✓	✓
Airspace NOTAMs	✓	✓	✓
Search	✓	✓	✓
Login	✗	✓	✓
Create new area	✗	✓	✓
Activate an existing area	✗	✓	✓
Deactivate Area	✗	✓	✓
My account	✗	✓	✓
Add new user	✗	✗	✓
history	✗	✗	✓
Logout	✗	✓	✓

➔ Nous avons opté aussi pour la conception UML :

UML : est un langage de modélisation standardisé utilisé dans le domaine du développement logiciel pour représenter visuellement les systèmes logiciels. [20]

Selon notre application, nous avons utilisés deux diagrammes :

- Diagramme de classe : Le diagramme de classe permet de représenter de manière statique la structure du système à développer. Il met l'accent sur les classes et les associations entre elles. Dans notre cas, nous avons plusieurs classes à considérer : les zones à statut particulier, les moyens de radio navigation, les utilisateurs et les fonctionnalités liées à les NOTAM.

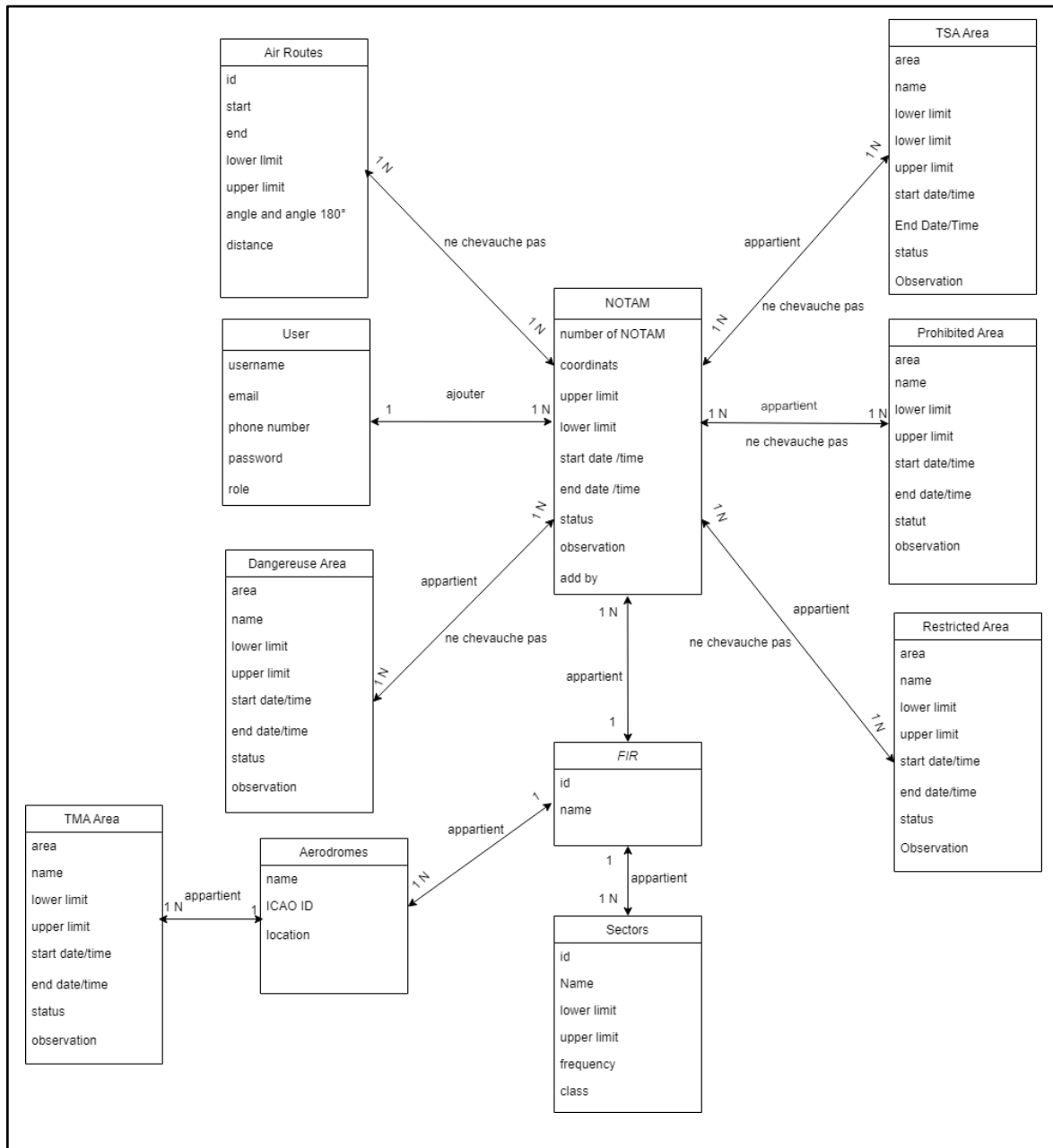


Figure IV. 1 : Présentation du diagramme de classe de notre application.

→ Diagramme de séquence : Ce diagramme représente la séquence chronologique des interactions entre les différents objets du système lors de l'accès au compte et de la réservation des zones.

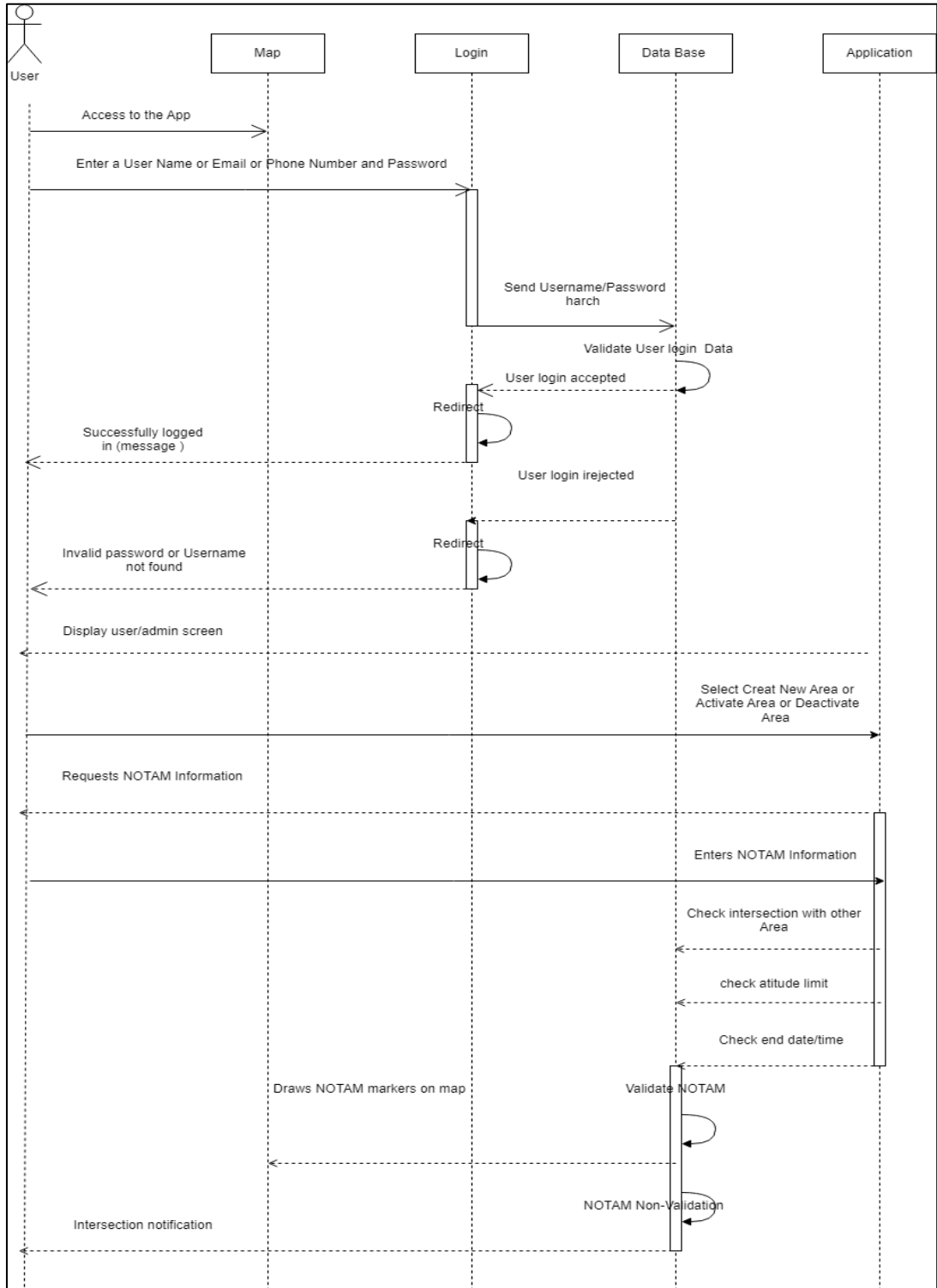


Figure IV. 2 : Présentation du diagramme de séquence de notre application.

IV.3 La conception de l'application :

Pour la conception de cette application, plusieurs étapes ont été suivies pour la réaliser. Voici les principales étapes du processus :

IV.3.1 Création de la carte :

Une carte aéronautique est constituée de plusieurs couches, chacune représentant la FIR, les secteurs de contrôle, les points significatifs, les moyens de radionavigation, les routes et les zones. Pour visualiser une carte aéronautique, il est nécessaire de traiter les données comme des couches distinctes. Chaque couche peut être superposée aux autres pour créer une représentation visuelle complète de la carte.

Création des couches :

Pour créer les différentes couches nécessaires à notre carte, nous avons utilisé une combinaison d'outils et de techniques adaptés à nos besoins spécifiques. Les informations fournies par l'ENNA, notamment l'AIP, ont été d'une grande utilité pour la création de ces couches. Dans la section suivante un aperçu des couches que nous avons créées et des outils que nous avons utilisés pour les réaliser :

1- Carte de base (Base map) :

Pour afficher une carte de base, nous avons utilisé des services de cartographie en ligne disponibles dans QGIS. Nous avons utilisé une extension appelée "QuickMapServices" pour télécharger des fonds de carte provenant de différentes sources. Par exemple, nous avons utilisé "CartoDB Positron" comme fond de carte qui fournit un style clair et moderne.

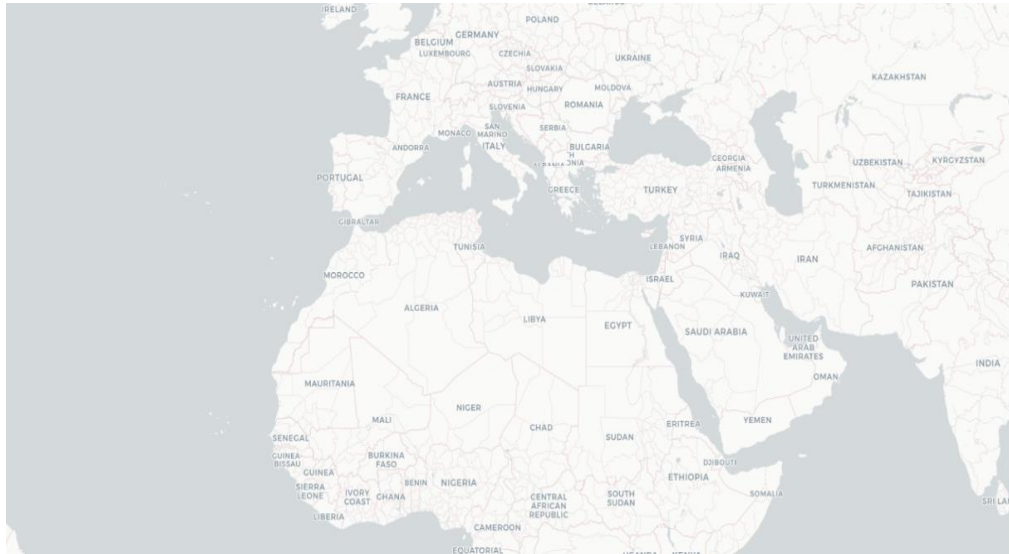


Figure IV. 3 : La carte de base.

2- FIR :

Afin de créer une frontière précise et conforme aux normes et exigences de l'aviation pour notre FIR, nous avons choisi d'utiliser une couche de type "Polygon". Cette couche est créée en utilisant une combinaison de frontières algériennes et des limites FIR d'Alger spécifiées dans l'AIP, garantissant ainsi la précision et l'exactitude de la frontière de la FIR. Dans un premier temps, nous avons utilisé les frontières algériennes comme référence initiale pour délimiter grossièrement la zone de la FIR. Ensuite, en nous basant sur les coordonnées géographiques spécifiées dans l'AIP, nous avons affiné et ajusté la frontière de la FIR pour correspondre avec précision à ces coordonnées.

Pour réaliser cette tâche, nous avons utilisé les outils de numérisation et d'édition avancés de QGIS. Ces outils nous ont permis de tracer une frontière précise sur notre carte de croisière, en suivant avec précision les limites exactes de la FIR.

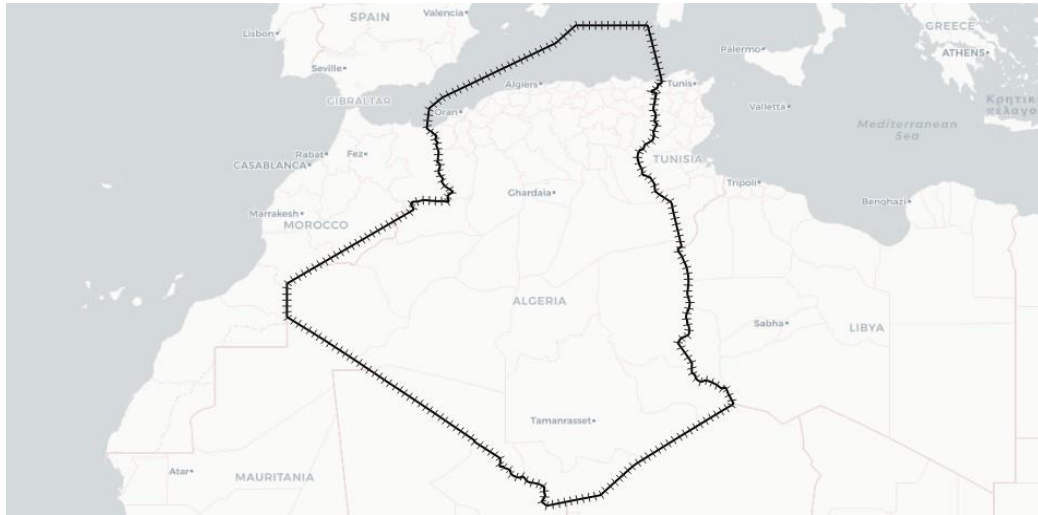


Figure IV. 4 : La FIR d'Alger.

3- Les secteurs de contrôle :

La FIR Alger est subdivisée en 7 secteurs de contrôle distincts, chacun possédant ses propres caractéristiques et attributs spécifiques. Afin de représenter ces secteurs sur notre carte de croisière, nous avons utilisé une approche méthodique basée sur les données de l'AIP et les outils avancés de QGIS. Dans ce contexte, nous avons tiré parti de l'extension "Intersection" dans QGIS, qui nous a permis de connecter les points pertinents de l'AIP et de tracer des contours précis pour chaque secteur de contrôle.

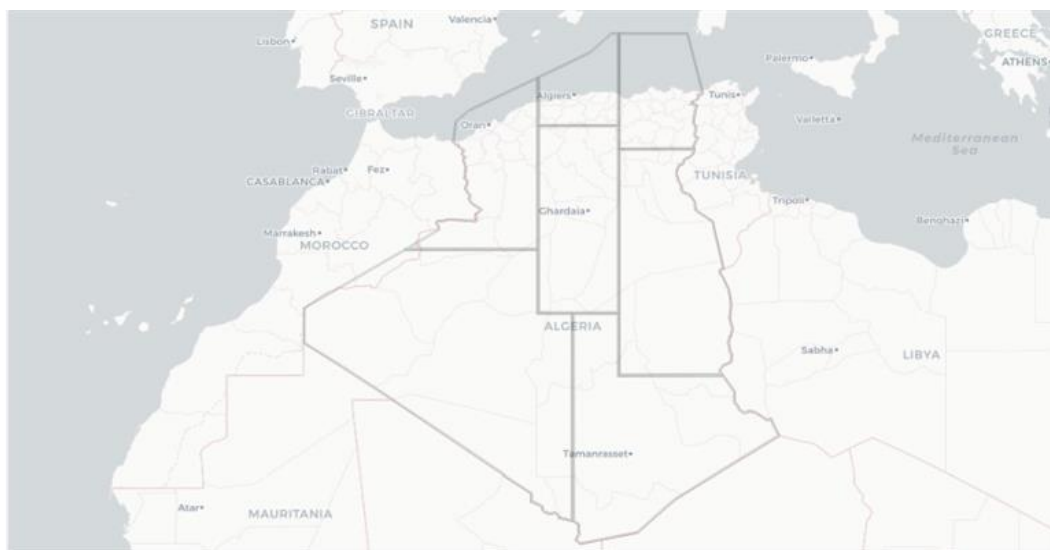


Figure IV. 5 : Les secteurs de contrôle.

4- Les Aérodrômes :

Pour intégrer les 33 Aérodrômes dans notre carte de croisière, nous avons suivi les étapes suivantes :

- **Création** : Nous avons utilisé une couche de type "Point" pour représenter tous les aéroports sur notre carte de croisière. Pour importer rapidement et efficacement les données de chaque aéroport et les placer avec précision sur la carte, nous avons automatisé ce processus à l'aide d'un script PyQGIS.
- **Stylisation des symboles** : Afin de représenter de manière distinctive les aéroports, nous avons utilisé des symboles identiques à ceux présents sur les cartes aéronautiques.
- **Étiquetage** : Les symboles des Aérodrômes ont été étiquetés pour afficher les informations pertinentes telles que leur l'identifiant et leur indicatif OACI.



Figure IV. 6 : Aérodrôme de Sétif DAAS.

5- Les zones à statuts particuliers :

Dans notre carte de croisière, nous avons intégré quatre zones principales : les zones règlementées (10 zones), les zones dangereuses (39 zones), les zones interdites (11 zones) et les zones réservées temporairement (08 zones). Pour réaliser cette tâche, nous avons utilisé plusieurs outils et techniques dans QGIS :

- **Création** : Pour créer les différentes zones de notre carte de croisière, nous avons suivi une approche en deux étapes. Dans un premier temps, nous avons utilisé un script PyQGIS pour tracer les zones simples sur une couche de type "Polygon" en utilisant des

coordonnées géographiques spécifiques. Cette étape nous a permis de définir des formes de base telles que des cercles ou des rectangles. Ensuite, nous avons utilisé la boîte à outils de traitement de QGIS pour obtenir des zones plus complexes et personnalisées. À l'aide de cette boîte à outils, nous avons utilisé des outils tels que "Intersection" et "Différence" pour modifier les polygones existants ou combiner différentes formes géométriques simples.

- **Symbologie** : Pour représenter visuellement les différentes zones, nous avons choisi d'utiliser la même symbologie pour les quatre types de zones. Cette symbologie est similaire à celle utilisée sur les cartes aéronautiques, offrant ainsi une familiarité aux utilisateurs et facilitant la compréhension des informations affichées. Cependant, pour les zones réservées temporairement, nous avons choisi une couleur d'activation différente afin de les distinguer facilement des autres zones.
- **Étiquetage** : Pour une meilleure lisibilité et une compréhension claire des différentes zones, nous avons enrichi les étiquettes en affichant l'identifiant de la zone, la limite inférieure et supérieure. Cette approche d'étiquetage détaillée offre aux utilisateurs de la carte une vue d'ensemble complète des zones. Les étiquettes fournissent ainsi les éléments essentiels pour identifier, localiser et interpréter les différentes zones, facilitant ainsi la planification et la navigation en tenant compte des spécificités de chaque zone.

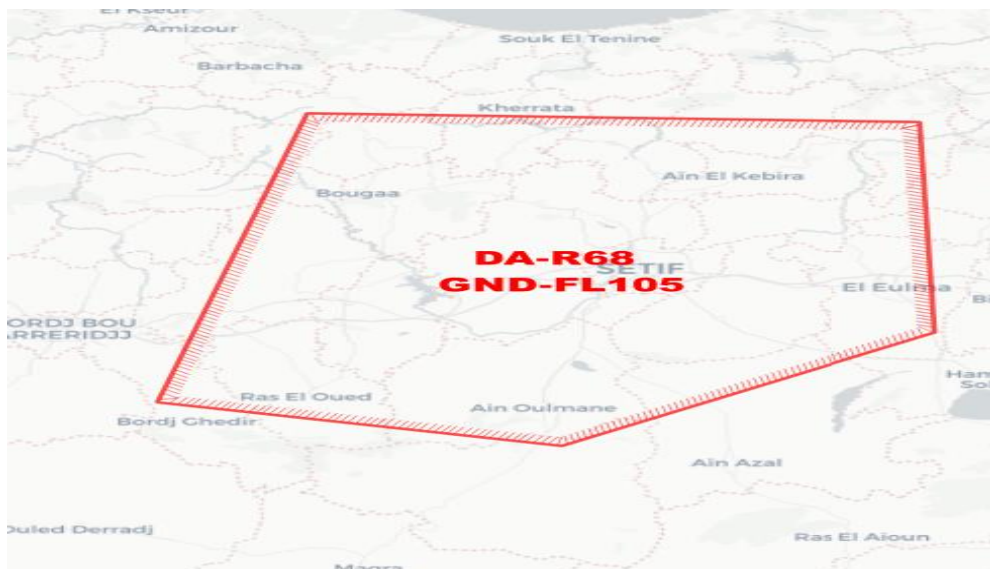


Figure IV. 7 : Zone règlementée DA-R68.

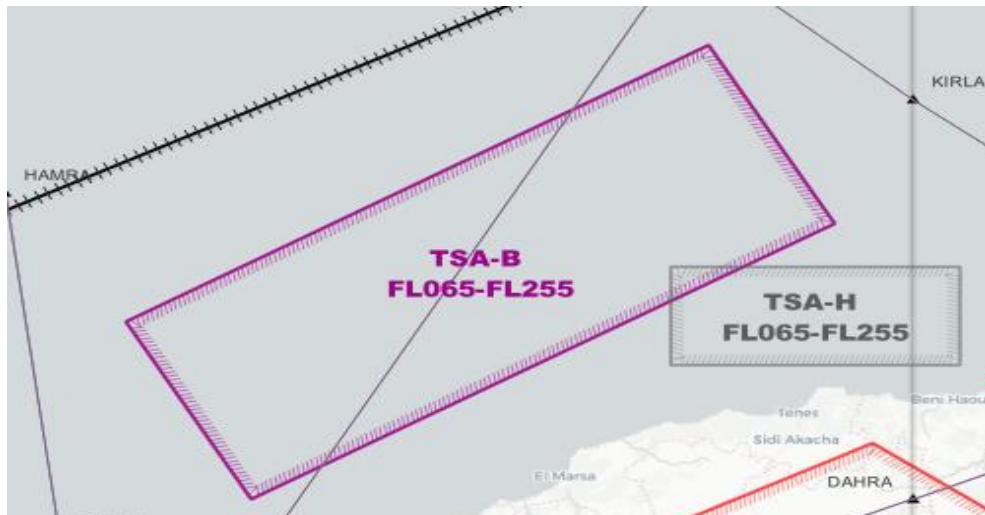


Figure IV. 8 : Zones réservées temporairement TSA-B (Active) et TSA-H (No Active).

6- TMA :

Notre carte de croisière comprend cinq zones TMA principales, chacune avec ses propres spécifications et restrictions. Pour créer ces zones TMA, nous avons utilisé des outils et des techniques spécifiques dans QGIS pour garantir leur précision et leur efficacité :

- **Création** : Pour la création des TMA, une approche similaire à celle utilisée pour créer les autres zones de la carte de croisière a été suivie. Le processus de création s'est déroulé en deux étapes. Les zones de base ont été définies en utilisant des coordonnées géographiques spécifiques pour tracer des formes simples telles que des cercles ou des rectangles. Ensuite, la boîte à outils de traitement de QGIS a été utilisée pour obtenir des zones plus complexes et personnalisées, en utilisant des outils tels que "Merge vector layers", "Intersection" et "Difference" pour modifier les polygones existants ou combiner différentes formes géométriques simples. Cette approche a permis de créer une variété de zones adaptées aux besoins sur la carte de croisière.
- **Symbologie** : Nous avons utilisé une symbologie spécifique pour les TMA sur notre carte de croisière, inspirée de la symbologie utilisée sur les cartes aéronautiques. Cette symbologie a été choisie pour différencier clairement les TMA des autres zones. En utilisant des styles et des symboles appropriés, nous avons créé une symbologie intuitive et familière pour faciliter l'association avec l'expérience préalable des utilisateurs avec des cartes et des symboles similaires.
- **Étiquetage** : Nous avons ajouté des étiquettes aux TMA en affichant leur l'identifiant, leur limite inférieure, leur limite supérieure et leur fréquence. Cette approche permet

aux utilisateurs de la carte de croisière de visualiser facilement les différentes zones TMA et de comprendre rapidement leur identité et leurs caractéristiques essentielles.

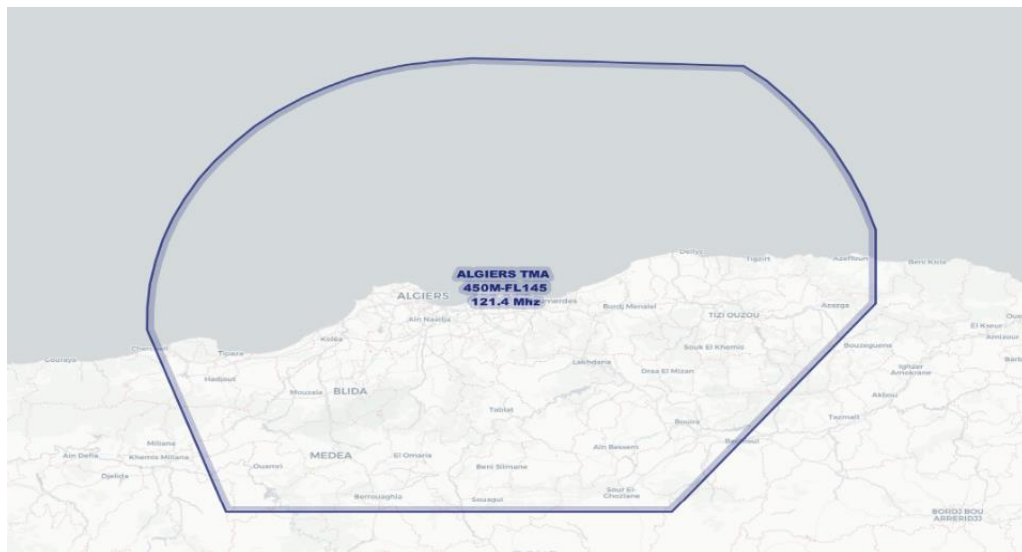


Figure IV. 9 : Les zones TMA sur carte.

7- Les moyens de radionavigation :

Pour représenter les moyens de radionavigation en route, nous avons intégré 45 moyens de radionavigation comprenant DVOR/DME, VOR/DME, VOR et NDB. Les étapes suivantes ont été suivies dans QGIS :

- Création : Nous avons automatisé l'importation des coordonnées et des données de chaque aide à la navigation sur une couche de type "Point" en utilisant le même script PyQGIS que celui utilisé pour l'importation des aérodrômes. Cela nous a permis de placer avec précision les symboles correspondants dans QGIS de manière efficace.
- Stylisation des symboles : Afin de représenter de manière distinctive chaque type de moyens de radionavigation, nous avons utilisé des symboles identiques à ceux présents sur les cartes aéronautiques. Les VOR/DME, les DVOR/DME, les VOR, les DME et les NDB ont ainsi été représentés par des symboles reconnaissables.
- Étiquetage : Les symboles des moyens de radionavigation ont été étiquetés pour afficher les informations pertinentes telles que leur identifiant et leur fréquence.

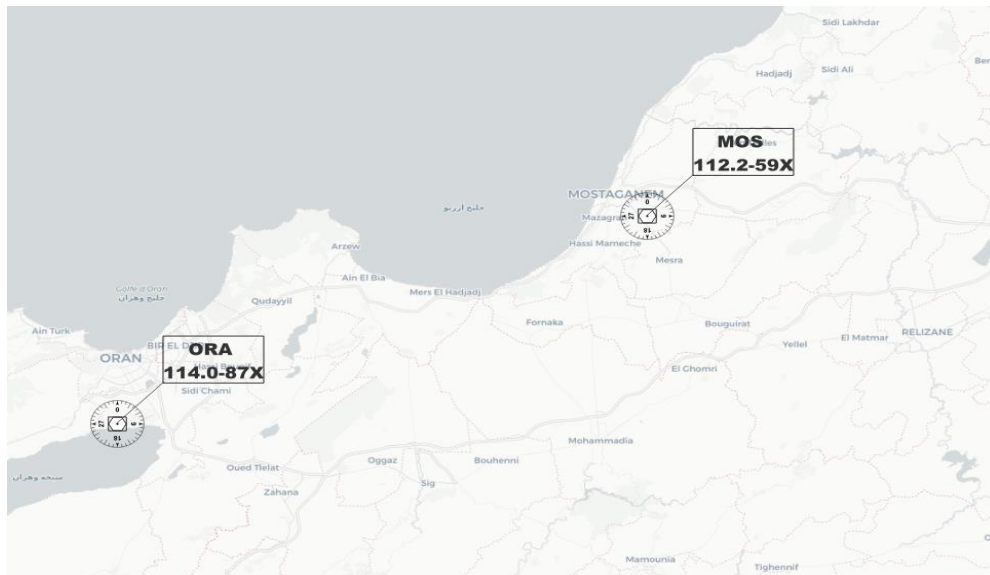


Figure IV. 2 : DVOR/DMEs d'Oran et de Mostaganem.

8- Les points significatifs :

Pour visualiser efficacement les routes et faciliter la planification des itinéraires dans notre carte, nous avons intégré les points significatifs. Afin de représenter ces points de manière adéquate, nous avons suivi les étapes suivantes dans QGIS :

- Création : À l'aide d'un script PyQGIS, nous avons automatisé l'importation des coordonnées et les données de chaque point dans notre carte. Le script a automatisé l'importation des informations, ce qui nous a permis de placer les points aux coordonnées correctes avec précision sur la carte.
- Symbologie : Pour représenter de manière distinctive les points, nous avons appliqué une symbologie similaire à celle des cartes aéronautiques avec des symboles appropriés.
- Étiquetage : Pour fournir des informations supplémentaires, nous avons ajouté des étiquettes aux symboles des points, indiquant leur identification. L'annotation claire et précise affiche l'identifiant des points directement sur la carte, contribuant à une meilleure compréhension.

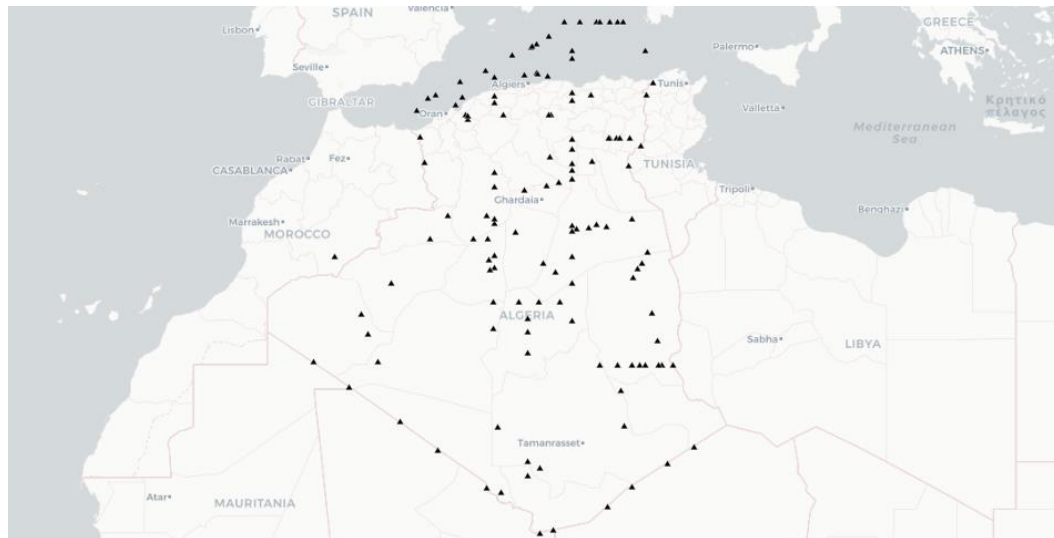


Figure IV. 3 : Les points significatifs.

9- Les routes :

Pour représenter les routes, comprenant les routes ATS inférieures, ATS supérieures et RNAVs, nous avons suivi les étapes suivantes dans QGIS :

- Création : Sur une couche de type "LineString" nous avons utilisé l'extension "Point to path" pour créer les routes aériennes en reliant les moyens de radio navigation et les points significatifs appropriés. Cette extension a automatisé le processus de création des routes en se basant sur les coordonnées des points à relier. Ainsi, les routes ont été tracées de manière précise, en respectant la séquence des points et en formant des chemins continus.
- Symbologie : Les routes ont été stylisées avec des lignes de différentes couleurs pour les distinguer visuellement. Les routes inférieures ont été représentées par des lignes de couleur rouge, les routes supérieures par des lignes de couleur jaune, et les routes RNAV par des lignes de couleur bleu. Cette approche de stylisation permet de différencier clairement les différents types de routes et facilite leur identification sur la carte.
- Étiquetage : Des étiquettes mentionnant l'identifiant des routes ainsi que leur direction suivie ont été ajoutées le long des routes. Ces annotations permettent aux utilisateurs d'identifier rapidement les routes spécifiques et obtenir des informations sur leur direction, ce qui facilite la planification des vols et améliore la compréhension des itinéraires aériens.

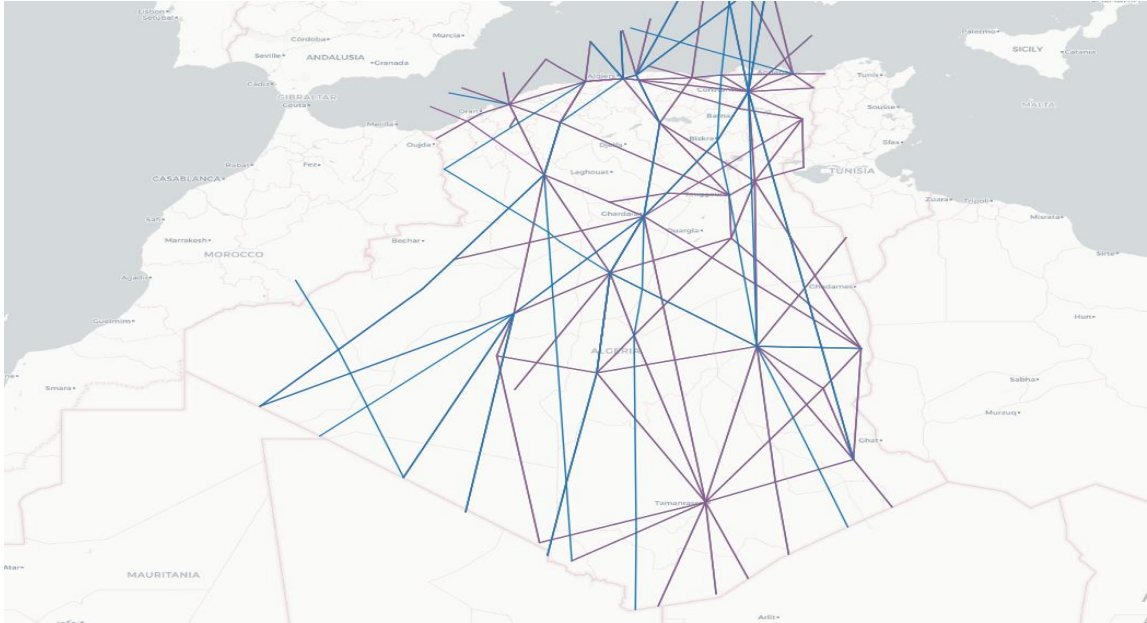


Figure IV. 4 : Les routes ATS Inferieurs, ATS supérieures et RNAVs.

IV.3.2 Présentation du Logo et du Nom de l'application :

- **Nom :** le choix de nom pour notre application s'est porté sur "WingsPlan", un nom qui combine les mots "ailes" et "planification". Ce choix est en lien avec notre domaine d'application, l'aéronautique, et les opérations aériennes. Le mot "ailes" évoque l'image d'un avion et du vol, tandis que le mot "planification" renforce l'idée de la planification et de la préparation. En associant ces deux termes, "WingsPlan" suggère une application qui aide à planifier des vols en toute sécurité et en toute confiance.
- **Logo :** Le logo de notre application "WingsPlan" a été créé avec Adobe Illustrator et se compose d'ailes d'avion stylisées en blanc, qui renforcent l'association de l'application avec le domaine de l'aéronautique. La couleur blanche choisie pour le logo est inspirée par les nuages et transmet des valeurs de simplicité.

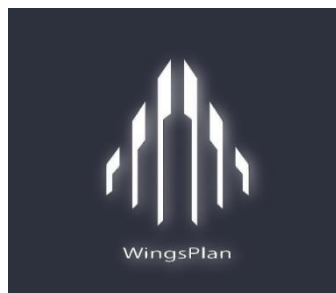


Figure IV. 5 : Le logo de WingsPlan.

Note : Adobe Illustrator est un logiciel de création graphique vectorielle utilisé par les designers pour créer des illustrations et des éléments graphiques. Il offre une large gamme d'outils de dessin, de peinture, de manipulation d'objets et de typographie.

IV.3.3 Présentation de l'interface :

L'interface utilisateur est un élément clé de toute application informatique, car elle permet aux utilisateurs de visualiser et d'interagir avec les différentes fonctions de l'application. L'interface de WingsPlan est simple et intuitive. Elle est composée d'une carte centrale de l'espace aérien algérien, d'un menu pour accéder aux différentes fonctionnalités, d'une fenêtre latérale pour la gestion des zones à statut particulier, d'un bouton de connexion pour accéder à son profil utilisateur, un bouton historique est présent pour accéder aux enregistrements des NOTAM précédents et de plus deux boutons Information et aide ont été ajoutés pour offrir plus d'informations aux utilisateurs.

IV.3.3.1 Interface principale :

L'interface de l'application WingsPlan a été conçue pour aider les utilisateurs à planifier les réservations des espaces aériens d'une manière efficace et en toute sécurité. Elle offre une vue complète de l'espace aérien algérien, ainsi que des fonctionnalités utiles pour la gestion des Zones à statut particulier.

Pour notre application, nous avons trois types d'utilisateurs : Viewer, User et Admin. Chacun de ces utilisateurs a des fonctionnalités spécifiques auxquelles il peut accéder.

➤ Viewer :

L'interface dédiée au Viewer offre une expérience simplifiée dès l'ouverture de l'application. Le Viewer a accès aux fonctionnalités suivantes :

➔ En explorant la carte :

Les utilisateurs peuvent avoir une vue complète de l'espace aérien algérien, ce qui constitue l'interface principale de WingsPlan. La carte de croisière de l'Algérie présente une vue détaillée comprenant la FIR, les zones à statut particulier, les zones réservées de l'espace aérien, les aides de radio navigation, les routes, etc. qui sont superposées sur la carte. Grâce

aux fonctionnalités de navigation, de zoom et de dé-zoom, les utilisateurs peuvent explorer l'espace aérien de manière interactive.

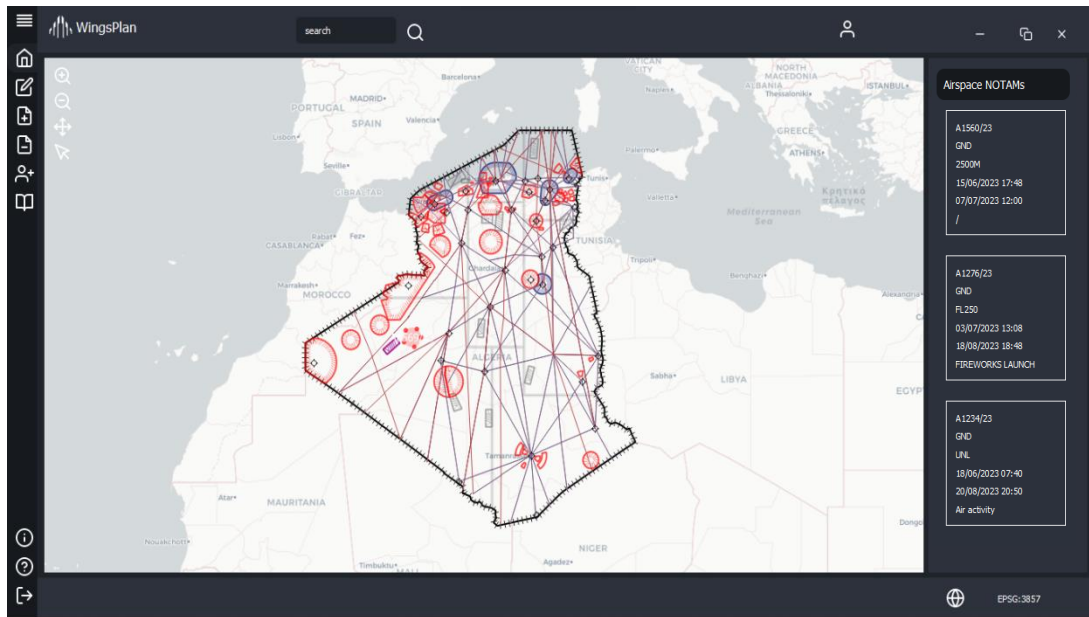


Figure IV. 6 : La carte de croisière d'Algérie dans l'interface.

➔ La fenêtre "Airspace NOTAMS" :

La liste des NOTAM est un élément essentiel de l'application, regroupant tous les NOTAM actifs sur la carte, qu'ils soient nouveaux ou déjà existants. Les NOTAM sont classés selon leur période de validité, avec les NOTAM les plus proches de leur expiration en tête de liste. Ainsi, le NOTAM qui est sur le point de se désactiver apparaît en première position.

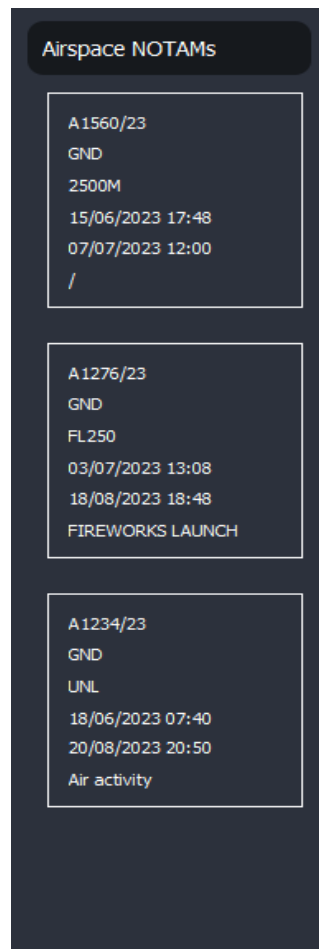


Figure IV. 7: La barre Airspace NOTAMs.

➔ La case de recherche "Search" :

La case de recherche "Search" permet à l'utilisateur d'effectuer des recherches spécifiques sur les numéros de NOTAM, les zones ou les routes, etc. En saisissant un terme de recherche, la fonction de recherche filtrera les résultats et affichera ce qui correspond à sa recherche. De plus, les éléments trouvés sont automatiquement zoomés sur leur emplacement sur la carte, permettant à l'utilisateur de les visualiser en détail.



Figure IV. 8: La case de recherche.

Note : Si l'utilisateur essaie d'accéder à une autre fonctionnalité, une notification s'affiche pour lui indiquer qu'il doit d'abord se connecter avec son compte.

- Le bouton "OK" ouvre la fenêtre de connexion ;
- Le bouton "cancel" ferme la notification.

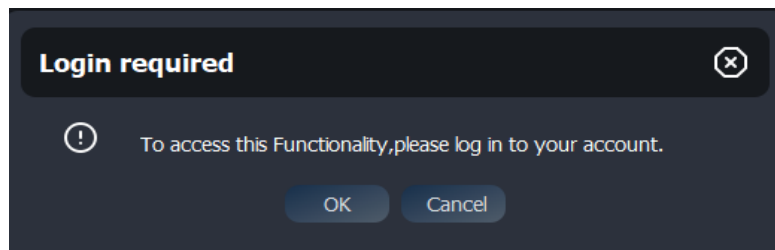


Figure IV. 9: Notification lorsque non connecté.

➤ **User :**

Lorsque l'utilisateur se connecte, les fonctionnalités du Viewer restent les mêmes, mais il bénéficie également d'autres privilèges. En plus des fonctionnalités de visualisation de la carte et des fonctionnalités précédemment mentionnées, l'utilisateur connecté aura accès à des fonctionnalités supplémentaires.

➔ **Le bouton "Login" :**

Permet à l'utilisateur d'accéder à son compte en utilisant son nom d'utilisateur, son adresse e-mail ou son numéro de téléphone, ainsi que son mot de passe. Une fois les informations de connexion saisies, le système effectue les vérifications nécessaires et affiche des notifications appropriées en fonction des situations suivantes :

- Si l'utilisateur a oublié de remplir l'un des champs obligatoires (nom d'utilisateur, adresse e-mail ou numéro de téléphone), une notification s'affiche pour lui indiquer le champ manquant.
- Si l'utilisateur a saisi un nom d'utilisateur incorrect, une notification s'affiche pour l'informer que le nom d'utilisateur est incorrect.
- Si l'utilisateur a saisi un mot de passe incorrect, une notification s'affiche pour lui indiquer que le mot de passe est incorrect.
- Si la connexion est réussie, l'utilisateur accède à son compte et peut commencer à utiliser les fonctionnalités réservées aux utilisateurs connectés.

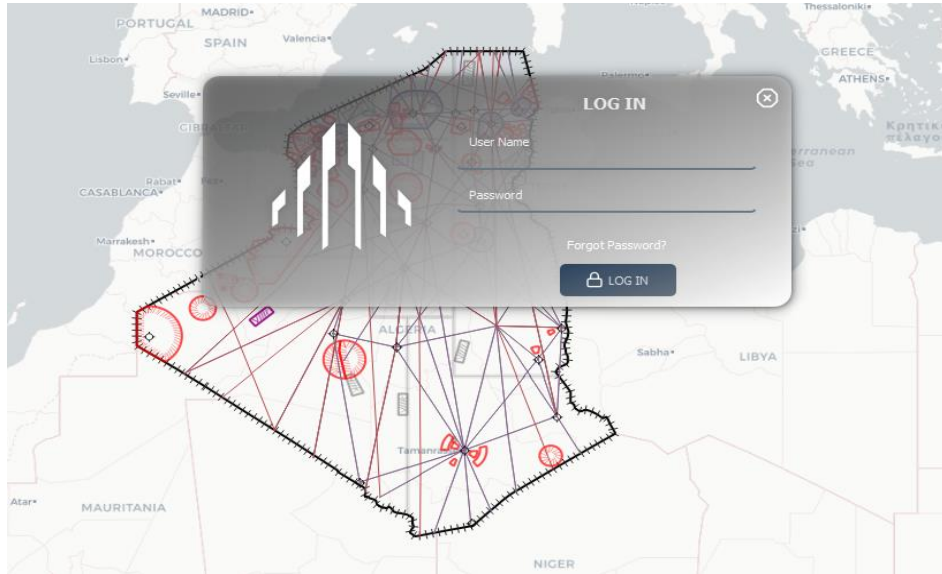


Figure IV. 10: La fenêtre Log In.

En cas d'oubli du mot de passe, l'utilisateur peut cliquer sur le bouton "Forgot Password" (Mot de passe oublié). Après avoir cliqué sur ce bouton, il recevra un e-mail contenant son mot de passe pour son compte.

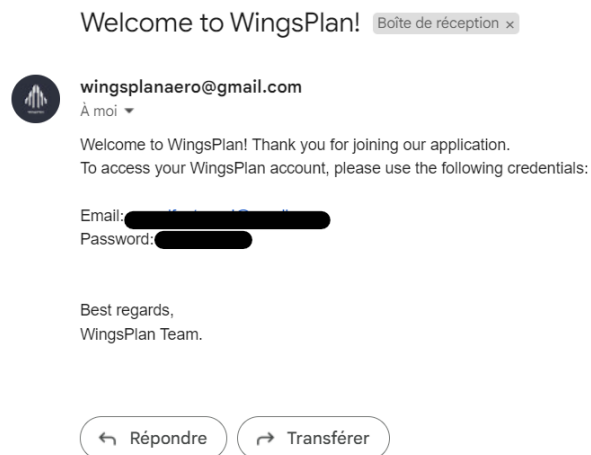


Figure IV. 19: E-mail reçu en cas d'oubli du mot de passe.

→ Le menu :

Le menu se trouve à gauche et s'ouvre et se ferme lorsque l'utilisateur clique sur le bouton "Menu". Il contient neuf boutons, chacun ayant sa fonctionnalité spécifique :

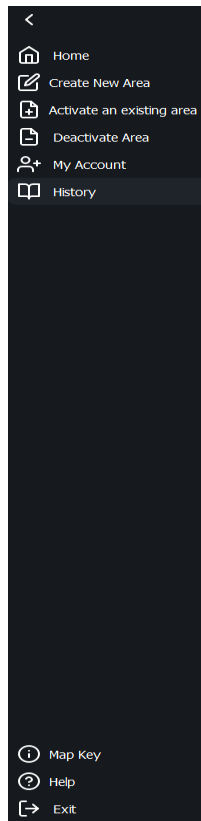


Figure IV. 11: Menu des fonctionnalités.

1- Bouton "HOME" : Lorsque l'utilisateur clique sur ce bouton, seule la carte est affichée et toutes les autres fenêtres sont fermées.

2- Bouton " Create New Area " : Ce bouton ouvre une autre fenêtre adjacente qui contient toutes les informations nécessaires pour créer une nouvelle zone. Ces informations sont généralement extraites des NOTAM /demande de diffusion. Les champs de cette fenêtre comprennent :

- Le numéro de NOTAM ;
- Choisir la forme de la zone ;
- Les coordonnées géographiques ;
- La limite inférieure et la limite supérieure de la zone ;
- La date et l'heure de début et de fin de la réservation de la zone ;
- Observations supplémentaires.

3- Le bouton " Activate an existing area " : Permet d'ouvrir une nouvelle fenêtre qui permet à l'utilisateur d'activer une zone existante. Cette fenêtre contient des champs similaires à ceux du bouton " Create New Area ", mais elle comporte également une nouvelle liste intitulée "Select an Area", qui permet de choisir la zone existante à activer au lieu de choisir la forme de la zone et ses coordonnées.

4- Le bouton "Deactivate Area" : ouvre une autre fenêtre qui permet de désactiver une zone existante. Les champs de cette fenêtre incluent uniquement :

- Le numéro de NOTAM ;
- La zone a désactivé ;
- La date et l'heure de la désactivation de la zone ;
- Observation supplémentaire.

5- Le bouton "My Account " : Ce bouton permet d'accéder à un formulaire contenant les informations du compte utilisateur, telles que le nom, le numéro de téléphone, l'adresse e-mail et le rôle de l'utilisateur.

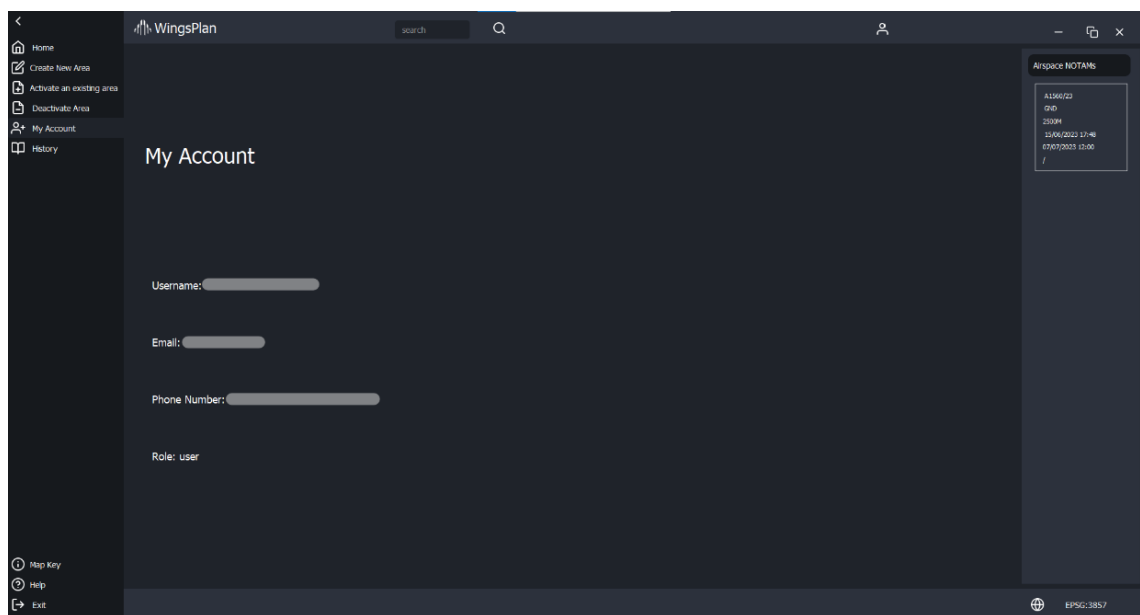


Figure IV. 12: La fenêtre du compte utilisateur.

6- Le bouton "Map Key" : Ce bouton contient toutes les informations concernant les symboles utilisés dans la carte. Lorsque l'utilisateur clique sur ce bouton, une fenêtre s'ouvre

et affiche une liste des symboles utilisés, accompagnée de leur signification. Cela permet à l'utilisateur de comprendre facilement les différents symboles et leur contexte dans la carte.

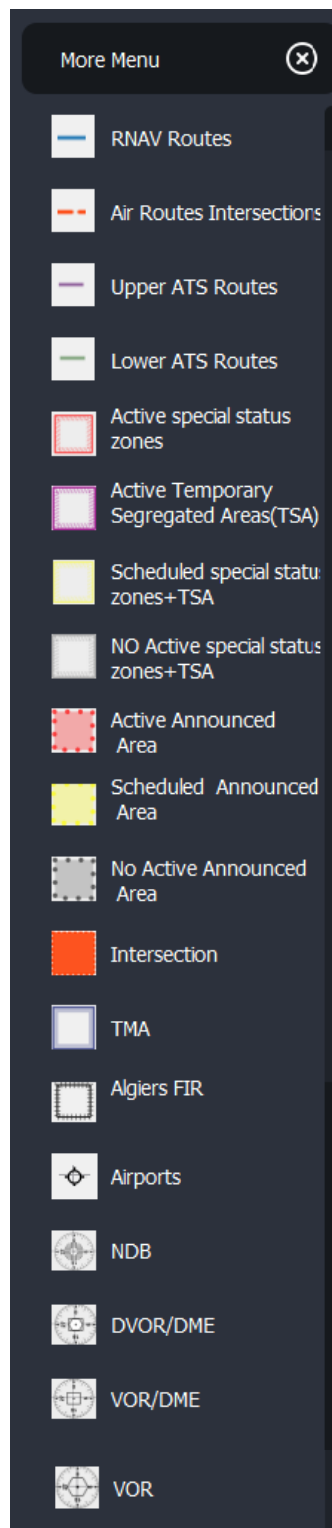


Figure IV. 13: La barre "Map Key".

7- Le bouton "Help" : Offrir une clarification et des instructions sur l'utilisation de l'application à travers un lien vers un document PDF représentant le manuel d'utilisation de l'application. Les utilisateurs peuvent accéder à ce manuel qui fournit des instructions détaillées sur l'utilisation des fonctionnalités de l'application, des conseils et des astuces, ainsi que des informations supplémentaires sur son utilisation. Cela permet aux utilisateurs d'obtenir de l'aide et de consulter le manuel chaque fois qu'ils ont besoin d'assistance lors de l'utilisation de l'application.

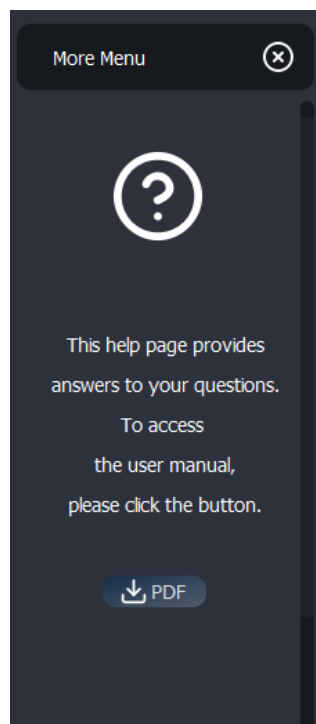


Figure IV. 14: La barre "Help".

8- Le bouton "Exit" : Permet à l'utilisateur de se déconnecter de son compte. Lorsqu'il clique sur ce bouton, la session de l'utilisateur est fermée et il est redirigé vers la session de Viewer. Cela garantit que l'utilisateur n'a plus accès aux fonctionnalités réservées aux utilisateurs connectés et protège ainsi la confidentialité de son compte.

➤ **Admin :**

Pour l'administrateur, il a accès aux mêmes fonctionnalités que le Viewer et l'utilisateur. Cependant, il a des privilèges supplémentaires.

1- Le bouton "My Account" : Permet à l'administrateur d'ajouter d'autres utilisateurs. Lorsque l'administrateur clique sur ce bouton, une page s'ouvre affichant un tableau

contenant les informations telles que le nom d'utilisateur, l'adresse e-mail, le numéro de téléphone, le mot de passe et la catégorie (administrateur ou utilisateur). L'administrateur peut saisir ces informations dans la fenêtre à droite pour les ajouter au tableau et les enregistrer dans la base de données.

De plus, l'administrateur a la possibilité de supprimer un utilisateur en cliquant sur le bouton "Delete" situé en haut du tableau, dans la case correspondant à son nom d'utilisateur. Cela supprimera l'utilisateur de la base de données.

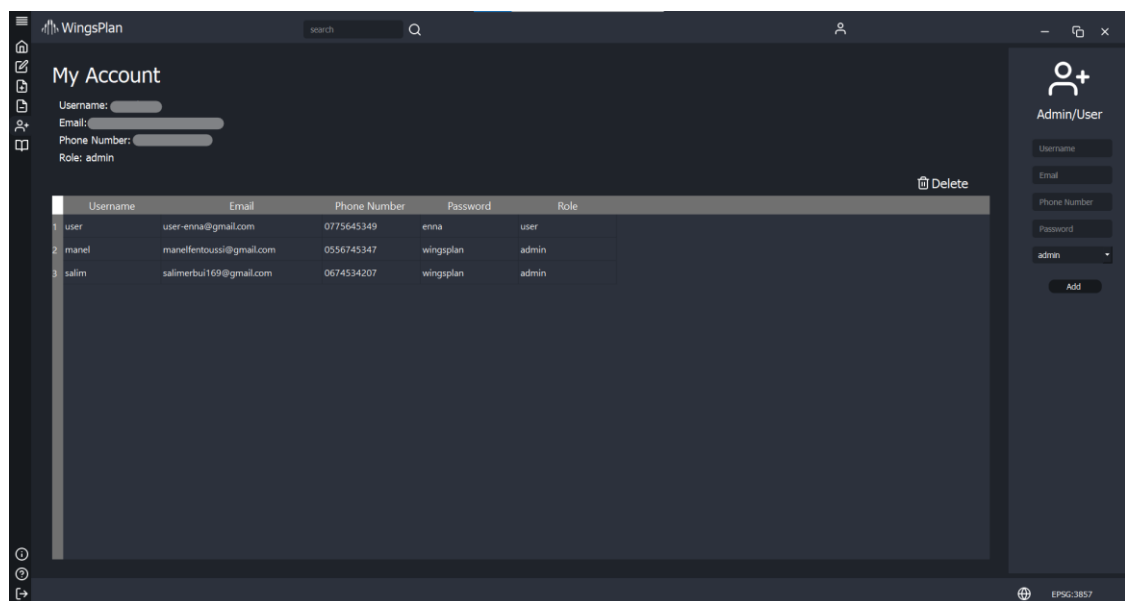


Figure IV. 15 : La fenêtre "My Account " de l'administrateur.

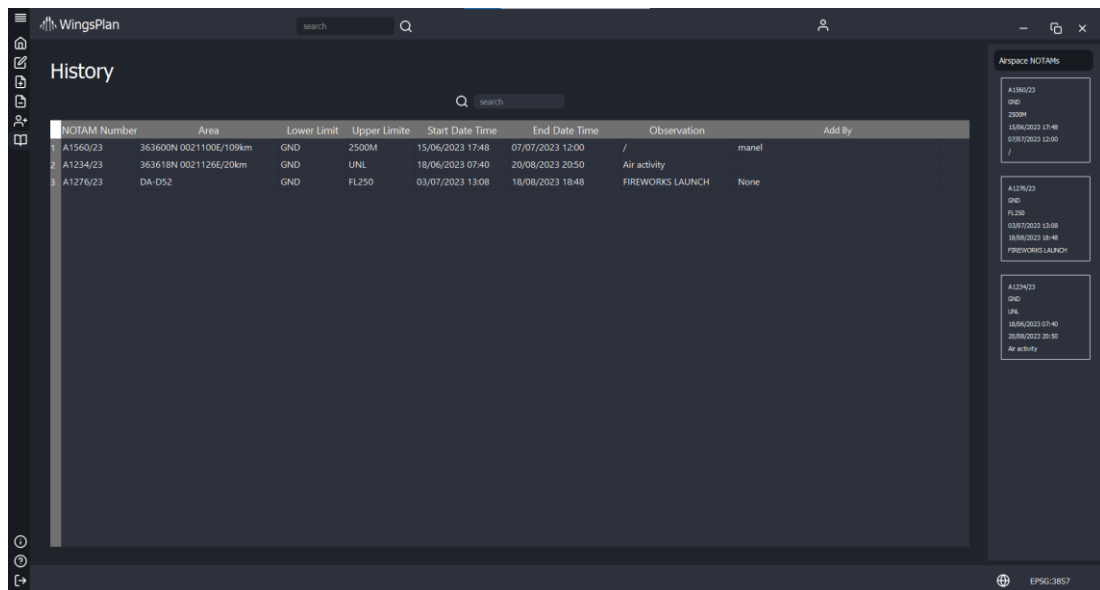
Note : Le bouton "My Account" permet uniquement aux administrateurs d'accéder à la fonction d'ajout d'autres utilisateurs. Les utilisateurs normaux n'ont pas la possibilité d'ajouter de nouveaux utilisateurs. Cette restriction a été mise en place pour garantir la sécurité et l'intégrité des informations stockées dans la base de données.

2- Le bouton "History" : Permet à l'administrateur d'accéder à un tableau complet de tous les NOTAMs précédemment créés. Ce tableau affiche toutes les informations pertinentes relatives aux NOTAM, telles que :

- Le numéro de NOTAM ;
- Les coordonnées géographiques ou bien l'identifiant de la zone ;
- Les limites inférieure et supérieure de la zone ;
- La date, l'heure de début et de fin de la réservation de la zone ;

- Les observations supplémentaires ;
- Le nom d'utilisateur de la personne qui a ajouté le NOTAM.

L'administrateur peut utiliser la case "Search" pour chercher dans l'historique par numéro de NOTAM, zone, limites, date, etc. Cette fonctionnalité de recherche permet à l'administrateur de trouver rapidement les informations dont il a besoin pour gérer efficacement les NOTAM.



NOTAM Number	Area	Lower Limit	Upper Limit	Start Date Time	End Date Time	Observation	Add By
A1560/23	363600N 0021100E/109km	GND	2500M	15/06/2023 17:48	07/07/2023 12:00	/	manel
A1234/23	363618N 0021126E/20km	GND	UNL	18/06/2023 07:40	20/08/2023 20:50	Air activity	
A1276/23	DA-D52	GND	FL250	03/07/2023 13:08	18/08/2023 18:48	FIREWORKS LAUNCH	None

Figure IV. 16: la fenêtre "History".

Note : Le bouton "History" est désactivé pour les utilisateurs, seuls les administrateurs ont accès à cette fonctionnalité. Cela permet de garantir la protection des informations sensibles et la confidentialité des données.

IV.3.3.2 Fonctionnalités Principales :

Dans cette section, nous présenterons les fonctionnalités associées à chaque fenêtre de notre application. Chaque fenêtre a été conçue dans le but d'offrir une fonction spécifique, permettant ainsi d'accomplir des tâches spécifiques.

- La fonction « Create New Area »:

Dans notre application, l'utilisateur a la possibilité de créer facilement de nouvelles zones à partir des informations extraites des NOTAMs/demandes de diffusion. En cliquant

sur le bouton " Create New Area ", une fenêtre s'ouvre et l'utilisateur aura accès à tous les champs nécessaires pour définir les caractéristiques de la zone. Ces champs comprennent les éléments suivants :

" data-bbox="471 179 634 654"/>

Figure IV. 17: Barre de création d'une nouvelle zone annoncée.

- ➔ Numéro du NOTAM : Nous devons indiquer le numéro unique du NOTAM associé à la zone que nous souhaitons créer dans le champ "NOTAM Number".
- ➔ La forme de la zone : Nous sélectionnons la forme de la zone en cliquant sur les options "Circle" ou "Polygon".

Si nous choisissons "Circle" :

- Rayon : Nous spécifions le rayon du cercle en utilisant les unités NM, KM ou M dans le champ "Radius".

- Coordonnées : Nous entrons les coordonnées du point central du cercle au format DDMSS ou en degrés décimaux dans le champ "Center Point Coordinates".

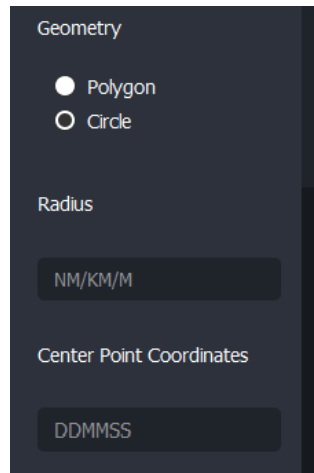


Figure IV. 18: La case de sélection du cercle.

Si nous choisissons "Polygon" :

- Nombre de sommets : Nous définissons le nombre de sommets du polygone, qui peut varier de 3 à 15, dans le champ "Number of vertices".
- Coordonnées : Nous saisissons les coordonnées de chaque sommet séparé par un "/" dans le champ "Points Coordinates". Nous utilisons le format DDMSS ou les degrés décimaux.

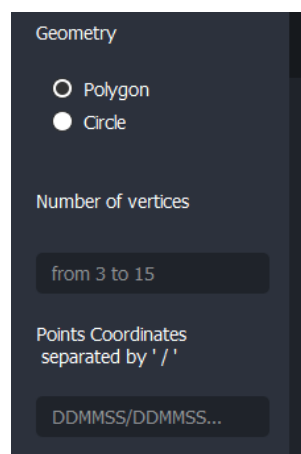


Figure IV. 19: La case de sélection du polygone.

- ➔ Les limites verticales de la zone sont saisies en spécifiant la limite inférieure et la limite supérieure dans les champs "Lower Limit" et "Upper Limit". L'unité de mesure choisie

peut être en mètres (M), pieds (FT), niveaux de vol (FL) ou d'autres abréviations utilisées dans les NOTAM, telles que GND, MSL, UNL, etc.

- ➔ Date et heure de début et de fin de la réservation : Nous saisissons la date et l'heure de début dans le champ "Start Date/Time" et la date et l'heure de fin dans le champ "End Date/Time". Nous utilisons le temps universel coordonné (UTC) qui est utilisé dans le domaine de l'aéronautique. Nous pouvons également utiliser le bouton radio "WIE" pour sélectionner automatiquement la date et l'heure actuelles (en UTC).
- ➔ Observations supplémentaires : Nous ajoutons des informations complémentaires telles que le type d'activité concernée ou des notes spécifiques liées à ce NOTAM dans le champ "Observations".

Une fois que nous avons rempli tous les champs requis, nous pouvons cliquer sur le bouton "Create New Area" pour créer une nouvelle zone annoncée.

➤ **Processus de création :**

Le processus de création d'une nouvelle géométrie implique tout d'abord la spécification de ses attributs. Ensuite, cette géométrie est vérifiée pour déterminer si elle se trouve entièrement ou partiellement à l'extérieur de la FIR.

Si la nouvelle géométrie se trouve entièrement à l'extérieur de la FIR, une notification apparaît pour indiquer que la zone se trouve complètement à l'extérieur de la FIR.

Si la nouvelle géométrie est partiellement à l'extérieur de la FIR, une notification apparaît indiquant que la zone est partiellement à l'extérieur de la FIR.

Si la nouvelle géométrie est complètement à l'intérieur de la FIR, toutes les géométries créées par NOTAM qui chevauchent la nouvelle géométrie sont récupérées. Ensuite, toutes les géométries des zones à statut particulier qui chevauchent la nouvelle géométrie sont récupérées, ainsi que toutes les géométries de routes qui chevauchent la nouvelle géométrie.

Les géométries récupérées dans les étapes précédentes sont vérifiées pour déterminer si elles ont un chevauchement vertical et temporel avec la nouvelle géométrie. Si un chevauchement est trouvé, des géométries sont créées avec des symbologies différentes pour représenter le chevauchement et une notification affiche les noms des géométries qui chevauchent avec la nouvelle géométrie, permettant ainsi à l'utilisateur de prendre une décision quant à la poursuite ou à l'annulation de la création de la zone.

Le script met à jour le statut de toutes les géométries en fonction de leur date de début et de fin. Si la zone est considérée comme "Non active" ou la date de début est ultérieure à

la date actuelle de plus d'une heure, la géométrie est affichée avec une symbologie grise. Si la date de début est ultérieure à la date actuelle de moins d'une heure, la géométrie est considérée comme "Scheduled" et affichée avec une symbologie jaune. Si la date de début est postérieure à la date actuelle mais que la date de fin n'est pas encore passée, la géométrie est considérée comme "Active" et sera représentée avec une symbologie rouge. Cependant, si la date actuelle est ultérieure à la date de fin, la géométrie correspondante sera automatiquement supprimée de la carte pour éviter toute confusion.

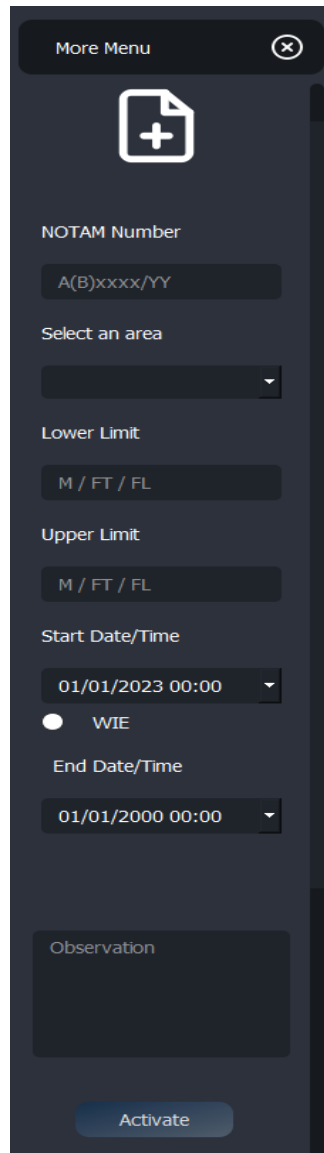
Il convient de noter que le script utilise une symbologie similaire à celle utilisée pour visualiser les NOTAM dans le radar Northrop Grumman AN/TPS 78, avec des cercles centrés.

- **La fonction « Activate an existing area »:**

L'utilisateur peut activer une zone existante à partir d'un NOTAM en cliquant sur le bouton "Activate an existing area". Cette action ouvrira une fenêtre contextuelle qui permettra à l'utilisateur de sélectionner la zone à activer, en se référant au contenu de l'AIP Algérie, et de renseigner les informations requises. Les champs de cette fenêtre sont similaires à ceux de la fonctionnalité "Create New Area", tels que le champ "Numéro de NOTAM", "Limite inférieure", "Limite supérieure", "Date/Heure de début", "Date/Heure de fin", le bouton "WIE" et "Observation". Cependant, une nouvelle liste déroulante a été ajoutée au début, " Select an area", qui permet de choisir la zone existante à activer. Une fois que l'utilisateur a rempli tous les champs requis, il peut cliquer sur le bouton "Activer la zone" pour activer la zone sélectionnée.

➤ **Processus d'activation :**

Dans ce processus, notre application ne recherche pas de chevauchements avec la FIR, les zones existantes ou les routes. Elle vérifie simplement si la zone activée chevauche avec les zones annoncées. Ensuite, elle applique la même symbologie pour représenter le statut de la zone activée.



The screenshot shows a vertical form on a dark background. At the top, there is a 'More Menu' header with a close icon. Below it is a document icon with a plus sign. The form contains the following fields:

- NOTAM Number: A text input field with the placeholder 'A(B)xxxx/YY'.
- Select an area: A dropdown menu.
- Lower Limit: A text input field with the placeholder 'M / FT / FL'.
- Upper Limit: A text input field with the placeholder 'M / FT / FL'.
- Start Date/Time: A date and time picker showing '01/01/2023 00:00'.
- WIE: A radio button.
- End Date/Time: A date and time picker showing '01/01/2000 00:00'.
- Observation: A large text area.
- Activate: A blue button at the bottom.

Figure IV. 29: Barre pour activer une zone déjà existante.

- **La fonction «Deactivate an area »:**

L'utilisateur peut désactiver une zone existante ou annoncée dans notre application en cliquant sur le bouton "Deactivate an Area". Cette action ouvre une fenêtre dans laquelle l'utilisateur doit renseigner le numéro de NOTAM et choisir la zone à désactiver dans la liste des zones actives. Ensuite, l'utilisateur doit entrer la date et l'heure de fin d'activation de la zone.

Le processus de désactivation commence par la sélection de la zone que l'utilisateur souhaite désactiver. Ensuite, il doit modifier la date et l'heure de fin d'activation de la zone

dans le champ "End Date/Time". Si l'utilisateur souhaite désactiver la zone immédiatement, il existe un "Radio Button" nommé "WIE" spécifique pour cela, en plus du champ d'observation. Enfin, la zone sera supprimée de la carte si elle est une zone annoncée, ou sa symbologie changera en gris si elle est une zone existante.

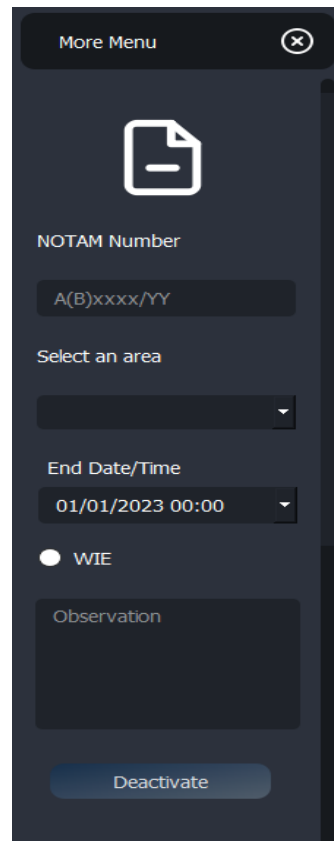


Figure IV. 20: Barre de désactivation d'une zone.

- La synchronisation temporelle :

Notre application utilise le temps pour activer et désactiver automatiquement des zones de la carte en fonction de l'heure actuelle ainsi que des événements astronomiques tels que les levers et couchers de soleil. Pour accomplir cette tâche, nous avons exploité le package `ephem`, une bibliothèque Python spécialisée dans les calculs astronomiques. Cette bibliothèque nous a permis d'obtenir avec précision l'heure actuelle et les heures de lever et de coucher du soleil pour n'importe quelle date et pour n'importe quel lieu sur la Terre. `ephem` utilise l'heure système de l'ordinateur sur lequel notre application s'exécute. L'heure système est une référence de temps stable et fiable, gérée par le système d'exploitation, contrairement à l'heure de bureau qui peut être modifiée par l'utilisateur ou synchronisée

avec un serveur de temps sur Internet. En exploitant les paramètres de localisation spécifiés dans notre application, nous avons pu obtenir des résultats précis pour les événements astronomiques. Cette méthode de calcul nous permet de garantir la fiabilité des données utilisées dans notre application pour activer et désactiver automatiquement les zones de la carte. De cette façon, nous pouvons offrir à nos utilisateurs une expérience de navigation en temps réel, tout en garantissant la précision et la fiabilité des données utilisées dans notre application.

IV.3.3.3 Gestion des notifications :

Les notifications d'erreurs jouent un rôle essentiel dans l'expérience utilisateur de notre application. Dans le cadre de la gestion des entrées et des sorties de données, nous accordons une attention particulière à la détection et à la communication des erreurs aux utilisateurs.

→ Les erreurs d'entrée :

Lorsque l'utilisateur saisit les informations d'un NOTAM dans les champs correspondants de la fenêtre et oublie de remplir un champ obligatoire ou fait une erreur de saisie, une notification s'affiche pour lui rappeler de vérifier les champs manquants ou les erreurs de saisie.

Les cas d'erreurs de saisie :

- Numéro de NOTAM invalide ;
- Rayon sans unité ;
- Nombre de coordonnées entrées différent du nombre de vertex mentionné : Si l'utilisateur entre un certain nombre de coordonnées pour définir un NOTAM, il doit s'assurer que le nombre correspond au nombre de vertex mentionné ;
- Limites erronées : Si l'utilisateur entre des limites pour un NOTAM, il doit s'assurer que les limites sont correctement définies ;
- Différence entre date début et date fin supérieure à 3 mois : Si l'utilisateur entre des dates pour un NOTAM, la différence entre la date de début et la date de fin ne doit pas dépasser 3 mois ;
- La date de début et la date de fin sont postérieures à la date actuelle : Pour qu'un NOTAM soit valide et ajouté à l'application, les dates de début et de fin doivent être ultérieures à la date actuelle. Les NOTAMs expirés ne peuvent pas être ajoutés.

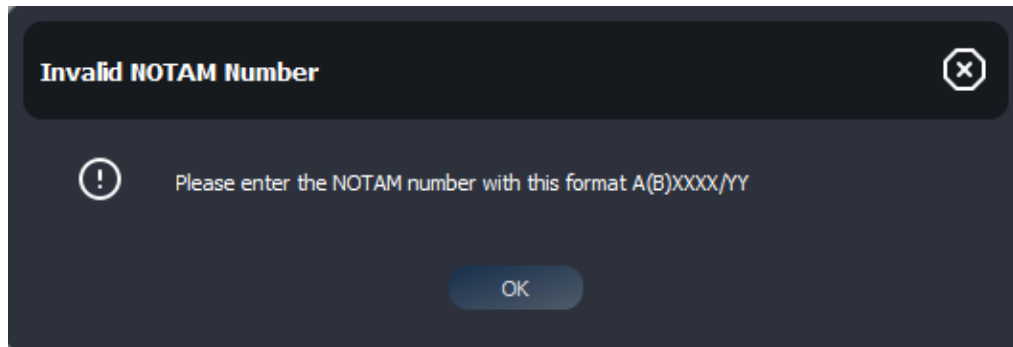


Figure IV. 21: Exemple d'erreurs de saisie dans le champ "NOTAM number".

→ Les erreurs de sortie :

Il est nécessaire de vérifier les chevauchements avec d'autres entités telles que la FIR, les zones existantes, les intervalles de date et heure, ainsi que les limites inférieures et supérieures. Si des chevauchements sont détectés, des notifications appropriées doivent être affichées pour informer l'utilisateur des conflits potentiels avant la création de la géométrie.

1^{er} cas : Si la nouvelle géométrie se trouve entièrement à l'extérieur de la FIR, une notification s'affiche pour indiquer que la zone est totalement en dehors de la FIR.

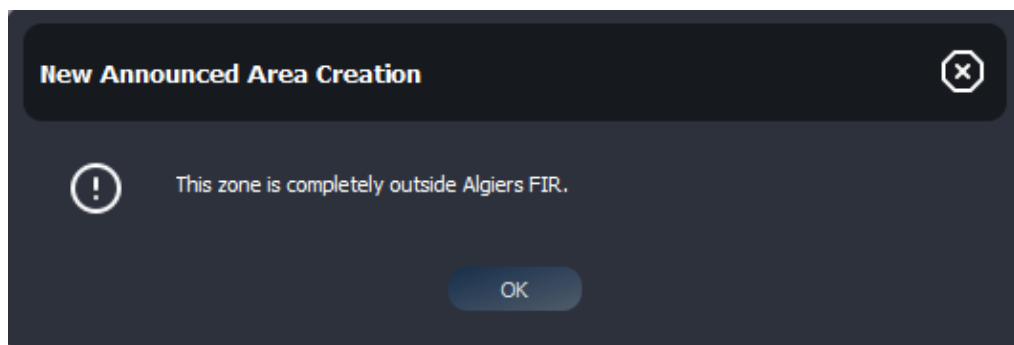


Figure IV. 22: Notification de zone en dehors de la FIR.

2^{eme} cas : Si la nouvelle géométrie est partiellement à l'extérieur de la FIR, une notification apparaît indiquant que la zone est partiellement à l'extérieur de la FIR et ne peut pas être créée.

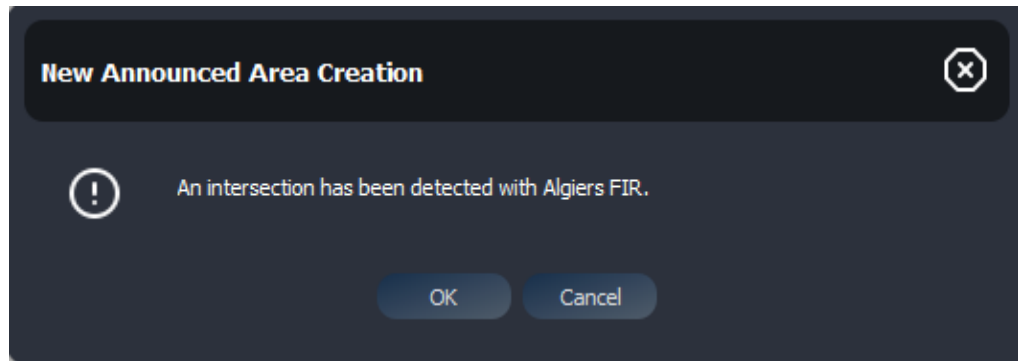


Figure IV. 23: Notification de chevauchement avec la FIR Alger.

3^{ème} cas : Si un chevauchement est détecté entre la nouvelle zone annoncée et une autre zone annoncée, ou avec une zone existante, une notification s'affiche pour indiquer qu'elles se chevauchent.

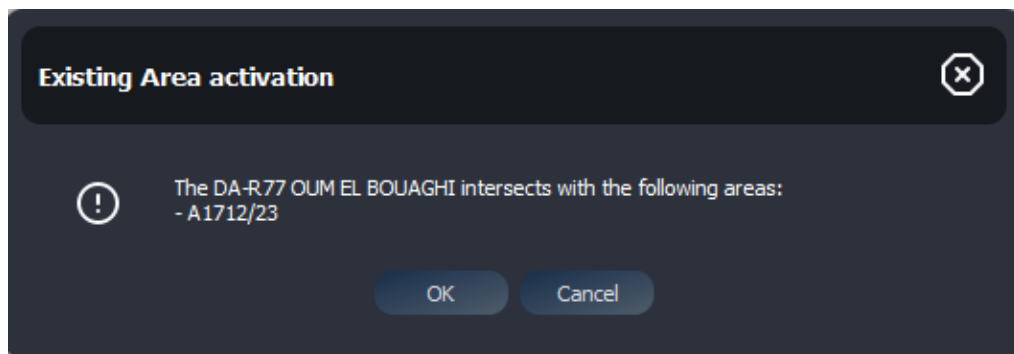


Figure IV. 24: Notification de chevauchement avec une zone existante.

4^{ème} cas : Si la nouvelle zone annoncée chevauche une route ATS inférieure, ATS supérieure ou une route RNAV, une notification s'affiche pour avertir l'utilisateur de ce chevauchement.

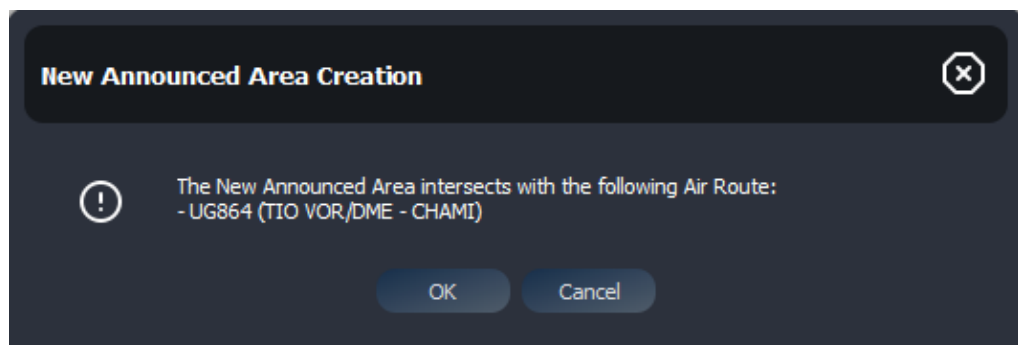


Figure IV. 25: Notification de chevauchement avec une route .

L'utilisateur a deux options :

- Si l'utilisateur souhaite conserver le chevauchement, il peut cliquer sur le bouton "OK". Cela affichera une notification indiquant "The new announced area has been created successfully".

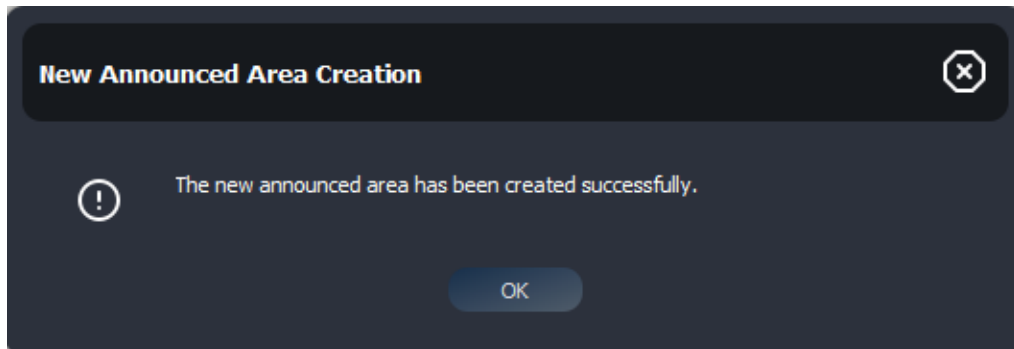


Figure IV. 26: Notification après avoir accepté d'afficher le chevauchement.

- Si l'utilisateur souhaite annuler la création de la nouvelle zone, il peut cliquer sur le bouton "Cancel".

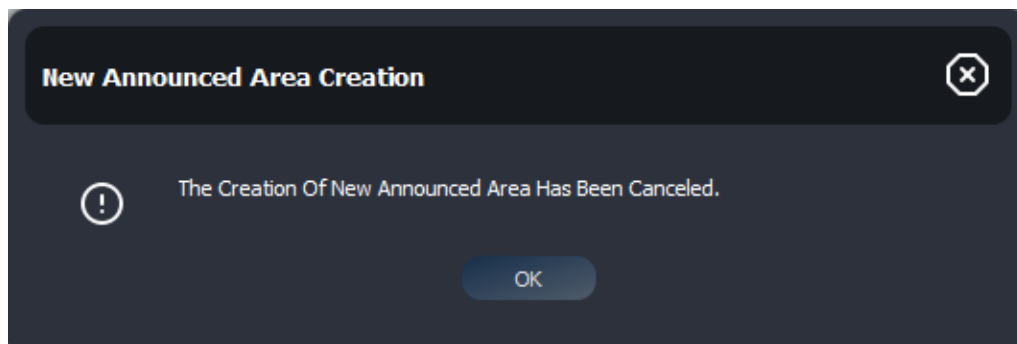


Figure IV .37 : Notification après avoir refusé d'afficher le chevauchement.

IV.4 Tests et validation :

Pour illustrer le processus de création d'une nouvelle zone et d'activation d'une zone annoncée par NOTAM, nous avons choisi deux exemples réels au niveau du Bureau NOTAM International/ENNA. Nous allons tester le NOTAM suivant :

1- Création d'une nouvelle zone

→ Exemple de Polygone :

```
A1712/23 NOTAMN
Q) DAAA/QWALW/IV/NBO/W/000/145/2429N00259E628
A) DAAA B) 2307040700 C) 2307042359
E) AIR ACT WILL TAKE PLACE WI AREA
350009N 0071823E
343709N 0072332E
343754N 0075337E
344450N 0080326E
350420N 0074541E
F) GND G) FL145
CREATED: 03 Jul 2023 20:24:00
SOURCE: DAAAYNYX
```

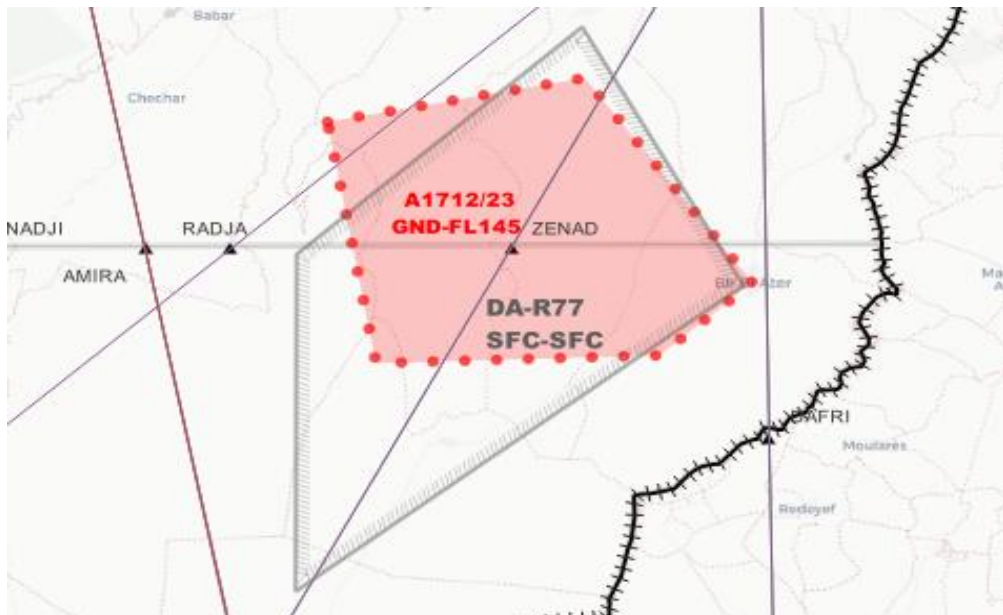


Figure IV. 27: Visualisation d'une zone polygonale annoncée par NOTAM dans notre application.

Dans cette figure, il n'y a pas de chevauchement dans la carte même si les zones se chevauchent latéralement, car la zone DA-R77 n'est pas active.

➔ Exemple de cercle :

```
A1560/23 NOTAMN
Q) DAAA/QWELW/IV/BO/W/000/085/2429N00259E628
A) DAAA B) 2306200700 C) 2307091200
D) JUN 20-JUL 09 0700-1200
E) AIR ACT WILL TAKE PLACE WI 10KM RADIUS CENTRED
ON :363618N 0021126E
F) GND G) 2500M AGL
CREATED: 15 Jun 2023 17:48:00
SOURCE: DAAAYNYX
```

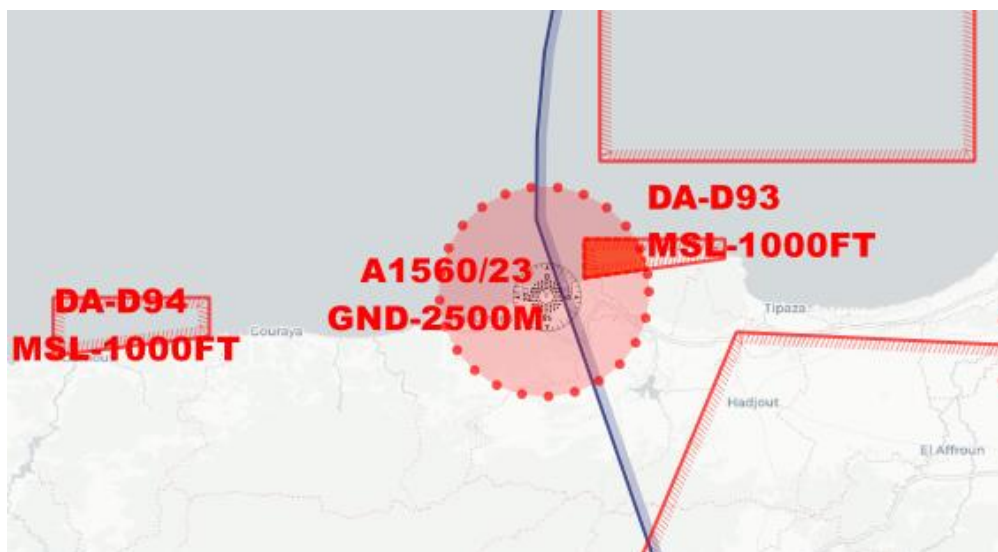


Figure IV. 28: Visualisation d'une zone circulaire annoncée par NOTAM dans notre application.

Dans cette figure, on observe un chevauchement avec la zone DA-D93 qui est active 24 heures sur 24.

2- Activation d'une zone déjà existée :

```
A1378/23 NOTAMN
Q) DAAA/QRDCA/IV/NBO/W/000/265/2429N00259E628
A) DAAA B) 2306011015 C) 2306302359
D) JUN 01 HR 1015-2359
JUN 02-30 H24
E) FRNG EXER AIR/GND AND AIR/AIR WILL TAKE PLACE WI
AREA DAD-82
F) GND G) 8000M AGL
CREATED: 01 Jun 2023 10:17:00
SOURCE: DAAAYNYX
```

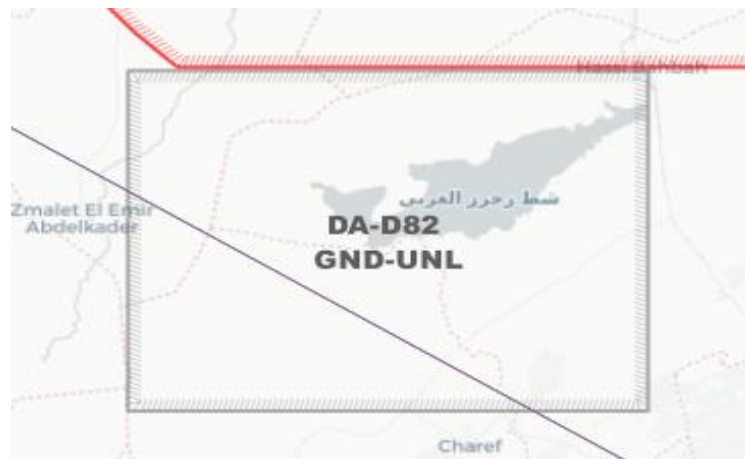


Figure IV. 40 : Vue de la zone DA-D82 avant l'activation par NOTAM.

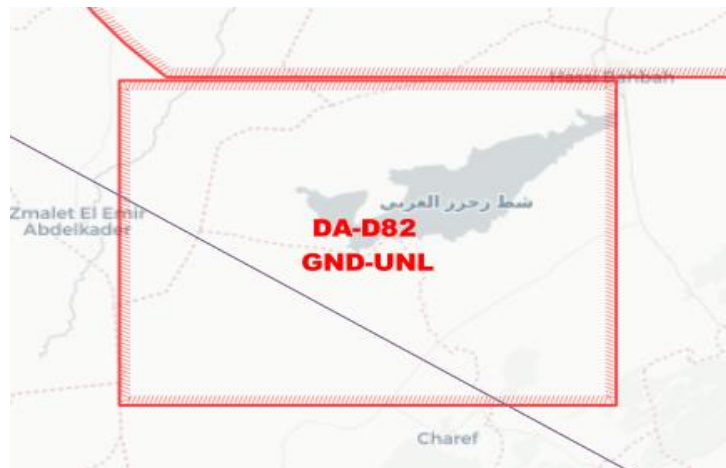


Figure IV. 29: Vue de la zone DA-D82 après l'activation par NOTAM

Conclusion :

Nous avons réussi à résoudre une partie du problème de l'automatisation et de la visualisation des NOTAM pour la réservation de l'espace aérien grâce au développement de cette application. Grâce à celle-ci, nous avons éliminé l'utilisation du papier et simplifié le processus de gestion des NOTAM. Les utilisateurs peuvent désormais accéder rapidement et facilement aux informations des NOTAM, évitant ainsi la recherche manuelle fastidieuse. De plus, l'application réduit considérablement les risques d'erreurs liées à la communication manuelle ou à l'interprétation incorrecte des données.

CONCLUSION GENERALE

Dans le secteur aérien, il est devenu primordial pour les ANSPs et les compagnies aériennes de pouvoir visualiser avec précision les NOTAM relatifs aux réservations d'espace aérien sur la carte de croisière. En effet, ces informations étaient souvent traitées manuellement, ce qui pouvait entraîner des erreurs aux conséquences dangereuses pour l'aviation.

Notre application d'automatisation et de visualisation des NOTAM pour la réservation d'espace aérien offre une solution moderne et efficace pour les opérations aériennes. En simplifiant le processus de gestion des NOTAM et en les représentant de manière visuelle sur une carte de croisière dans un environnement géo référencé.

Cependant, il existe encore des possibilités d'amélioration à l'avenir. L'intégration d'une importation automatique des messages NOTAM à partir de sources fiables telles que RSFTA permettrait de maintenir la base de données à jour sans intervention manuelle. De plus, l'inclusion des données météorologiques offrirait une vue plus complète des conditions atmosphériques, permettant une planification plus précise des vols.

Notre objectif est de fournir aux professionnels de l'aviation, en particulier au personnel de la Direction de l'Information Aéronautique, un outil fiable et efficace pour simplifier leurs tâches quotidiennes. En éliminant la dépendance aux processus manuels et en utilisant des technologies modernes, nous espérons contribuer à une gestion plus sûre et plus efficace de l'espace aérien.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ENNA, « Etablissement National de la Navigation Aérienne », (18 juin 2018).
<https://www.enna.dz/index.php>
- [2] Mme BELHERAOUI Bouchra et Mme DJEMAI Anissa, « la Gestion de l'Information Aéronautique du concept a la mise en oeuvre » <https://di.univ-blida.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/1901/007-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Annexe 15, Douzième édition (Juillet 2004). Services d'information aéronautique,91p.
- [4] OACI, Doc 10066 Gestion de l'information Aéronautique, Première édition, (2018) ,140p.
- [5] M^r. MAZACHE, Manuel de cours ESDAT Service d'Information Aéronautique, (2022), PDF 48-65p.
- [6] Doc 8126 manuel des services d'information aéronautique AN/872, Sixième édition,(2003), 592p.
- [7] OACI, « Annex 14 ». (juillet 2018).<https://www.libelaero.fr/notice/oaci-annexe-14-aerodromes-volume-i>
- [8] « DOC 8400 ICAO Abbreviations and codes ». seventh edition 2007, (22 novembre 2007).
<https://aviation-is.better-than.tv/icaodocs/Doc%208400/ICAO%20Abbreviations%20and%20Codes%20-%202007.pdf>
- [9] « skybrary ». <https://www.skybrary.aero/articles/snowtam>
- [10] « ENNA National Air Navigation Establishment », (2023). <https://www.sia-enna.dz/aeronautical-information-publication.html>
- [11] « aquaportail ». <https://www.aquaportail.com/definition-6409-information-geographique.html>
- [12] INSTITUT NATIONAL DE CARTOGRAPHIQUE ET DE TÉLÉDÉTECTION, « Les Systèmes d'Information Géographique », PPT 28p.
- [13] A. N. Mr. NABED, « S.I.G », sciences de l'eau Spécialité : L3 –Eau et Sol, UHBC, (2019). <https://www.univ-chlef.dz/fsnv/wp-content/uploads/Cours-SIG-appliqu%C3%A9-L3-Sol-et-eau-partie1-Mr.-Nabed-N.pdf>
- [14] « Manuel d'utilisation SIG desktop QGIS pdf ». (6 janvier 2022).
- [15] « ManuelQGIS ». https://docs.qgis.org/3.28/fr/docs/user_manual/introduction/qgis_gui.html
- [16] « Manuel QT Designer », (2023). <https://doc.qt.io/qt-6/qtdesigner-manual.html>.
- [17] « PYQT PYTHON » <https://geekflare.com/fr/python-gui-libraries/>

- [18] « PyQGIS 3.10 developer cookbook », (9 décembre 2020). <https://docs.qgis.org/3.10/pdf/fr/QGIS-3.10-PyQGISDeveloperCookbook-fr.pdf>
- [19] GeeksforGeeks, « SQLite ». <https://www.geeksforgeeks.org/python-sqlite/>
- [20] Akaguriro Soft, « MODILESATION », (2019.) <https://ult.bi/fr/chapitre-iii-conception-et-modelisation-de-lapplication-avec-uml>