

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Faculté de science de l'ingénieur département d'aéronautique
Université SAAD DAHLEB DE BLIDA

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en Aéronautique

Spécialité : Navigation Aérienne
Option : Exploitation

THEME

REFLEXION SUR L'INTEGRATION
DU SYSTEME A-SMGCS EN
ALGERIE

Présenté par :

M^{elle} : REMATI Assia
M_r : HAMDANI Youcef

Encadré par :

M_r : SOUFI Djamel Ahmed

Promotion 2010 - 2011



خلاصة عملنا تتركز أساسا على دراسة لإمكانية إدماج النظام SMGCS - A في مطار هواري بومدين بالجزائر، ونظرا للنمو في حركة النقل الجوي والأرضي لإدارة المطار هذا النظام أصبح ضروري



Le contenu de cet exposé est axé essentiellement sur l'étude d'une possible intégration du système A-SMGCS dans la gestion aéroportuaire au niveau de l'aéroport HOUARI BOUMEDIENNE. En effet et compte tenu de la croissance du trafic aérien et au sol, la gestion de l'aéroport par ce système est devenue une nécessité.



Contained this talk is centered primarily on the study of possible intergation of system A-SMGCS in airport management at HOUARI BOUMEDIENNE airport . Indeed and given the growth in airtraffic and ground management of the aioport by this system has become a necessity



Remerciement

Au nom de Dieu le clément le miséricordieux

Le grand merci à notre DIEU le tout puissant, qui nous a donné la force et la volonté pour finir notre thèse

Je saisi cette occasion pour remercier chaleureusement tous les personnes qui ont, par leurs actions et par leur soutien, participé à ce travail de prêt ou de loin, matériellement ou moralement. J'éprouve le devoir de les remercier individuellement :

**** Mr SOUFI Djamel Ahmed de Tassili Agro Alignes***

**** Mlle OTMANE Doudja (Air Algérie)***

**** Mr REMATI Ahmed***





Dédicace

Le travail de fin d'étude, que je viens d'accomplir m'a comblé de fierté et de bonheur pour les connaissances que j'ai acquises, pour le sacrifice que j'ai consentis, pour les efforts que j'ai déployés, pour avoir forgé ma personnalité.

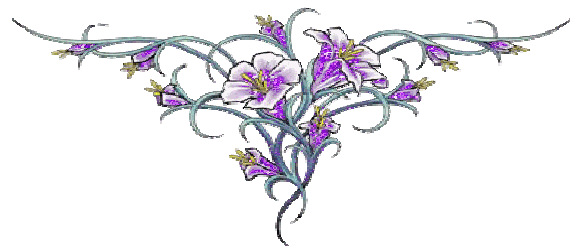
C'est ce travail, qui représente énormément pour moi, que je me ferais un devoir de le dédier à ceux que j'aime, à ceux que je respecte, à ceux qui m'ont soutenu dans les moments difficiles.

Enfin à tous ceux qui ont cru en moi et m'on constamment encouragé.

Je le dédie :

- *A la mémoire de ma grand mère paternelle 'manina' (décédée en 2003).*
- *A ma très chère mama à qui je dois ce que je suis maintenant et que les mots ne suffisent pas pour la remercier pour tout ce qu'elle a fait pour moi, merci mama.*
- *A mon très chère papa qui a tout fait pour m'aider, m'orienter et m'encourager pour accomplir ce modeste travail et que les mots ne suffisent pas pour le remercier de tout ce qu'il a fait pour moi, dans tous les cas merci papa.*
- *A ma très chère mani qui m'a donné le courage, la volonté par ses prières.*
- *A mon très chère djedou qui m'a donné le courage pour accomplir ce travail.*
- *A ma grand sœur et tante HAYET.*
- *A ma petite sœur HAYOUTA*
- *A mon chère et adorable frère ABDELDJALIL..*
- *A mes cousines : AMINA, BOUCHERA, CHAHERA, DOUNIA ,HIBA, LOUBNA MERIOUMA SARAH ZINED MERIEM DJAZIA et MALIKA*
- *A mon petit cousin MOHAMES WISSAME*
- *A mes collègues d'aéronautique spécialement d'exploitation.*
- *A tous mes oncles et mes tantes.*
- *A mon binôme HAMDANI Youcef*

REMATI Assia





Dédicace

Je dédie mon travail

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands hommes et qui me manque... à mon père que Dieu le bénisse.

A celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation.... à ma mère.

A mes frères Chems Edine, Abbas, Smail, Billel, Mohamed et ma chère unique sœur Sarah.

A mon promoteur Mr SOUFI mon binôme Assia ainsi que son père Mr REMATI Ahmed qui ont vécu avec moi toutes les difficultés, et à la personne qui ma énormément aidé durant mon stage pratique Mlle OTMANE Doudja.

A mes amis qui m'ont soutenu dans les moments difficiles de ma vie... .

HAMDANI Youcef



LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Gestion et organisation d'une plate forme Aéroportuaire

Figure I.1 : L'infrastructure de l'aéroport Houari Boumediene.....	06
Figure I.2 : Représentation macroscopique globale des flux aéroportuaires.....	07
Figure I.3 : Les zones du système aéroportuaire.....	08
Figure I.4 : Air de stationnement de l'aéroport d'Alger	10
Figure I.5 : Systèmes linéaires.....	11
Figure I.6 : Système à jetée.....	11
Figure I.7 Système à transbordement.....	12
Figure I.8 : Système hybride	13
Figure I.9 : Exemple terminale d'Alger	13
Figure I.10 : Les zones d'aprons ou aires de trafic.....	14
Figure I.11 : Réseau de voies de circulation.....	16
Figure I.12 : Exemple de distances de sécurité aux abords de la piste.....	18
Figure I.13 : Voies de sortie rapide.....	19

CHAPITRE II : La circulation au sol et ces problèmes

Figure II.1 Les flux de trafic et la structure de contrôle d'un aéroport.....	21
Figure II.2 : Le balisage lumineux des voies de circulation et des pistes.....	23
Figure II.3 : Utilisation de l'ADS-B dans la surveillance sol.....	25
Figure II.4 : Le diagramme du protocole de communication entre le contrôleur et le pilote.....	27
Figure II.5 : Poste de contrôle.....	27
Figure II.6 Le flux des avions et l'information échangée avec la tour de contrôle.....	29
Figure II.7 : Exemple de bande de progression.....	33
Figure II.8 : Zone de protection des postes de stationnement.....	36
Figure II.9 : Manœuvrabilité de l'avion à très basse vitesse.....	37

CHAPITRE III : La circulation au sol et ces problèmes

Figure III.1 : Exemple d'un A-SMGCS.....	42
Figure III.2 : Eléments fonctionnels généraux d'un système de type A-SMGCS.....	45
Figure III.3 : Exemple d'un IHM du contrôleur	46
Figure III.4 : Dépendances entre les services d'A-SMGCS.....	49
Figure III.5 : Principe de fonctionnement du niveau I	55
Figure III.6 : Principe de fonctionnement du niveau II.....	57

CHAPITRE IV : Possibilité de mise en œuvre d'un A-SMGCS en Algérie

Figure IV.1 : Caméras d'aide de surveillance pour les contrôleurs.....	64
Figure IV.2 : Exemple de Basse Visibilité.....	66
Figure IV.3 : Exemple d'état météorologique défavorable.....	68
Figure IV.4 : Exemple d'un équipement de véhicule.....	73
Figure IV.5 : Exemple d'un Transpondeur.....	74

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III :

Tableau III.1 : Niveaux d'A-SMGCS par type d'aéroport.....62

CHAPITRE IV :

Tableau IV.1- Les moyens de mise en œuvre d'un A-SMGCS.....71

SOMMAIRE

Introduction Générale.....	01
-----------------------------------	-----------

Partie I

CHAPITRE I : Gestion et organisation d'une plate forme aéroportuaire

I.1- Introduction.....	03
I.2-Les acteurs du trafic aéroportuaire	03
I.2.1-Les autorités aéroportuaires	04
I.2.2-Les contrôleurs	04
I.2.3-Les compagnies aériennes	04
I.2.4-Les pilotes	05
I.3-La mise en œuvre du système	05
I.4 L'organisation générale d'une plate-forme aéroportuaire	06
I.4.1 Les aire de stationnement	09
I.4.2 Les aprons	13
I.4.3- Les voies de circulation	14
I.4.4- Les pistes	17
I.4.5- Les sorties de pistes.....	18
I.5- Conclusion	19

Chapitre II : La circulation au sol et ces problèmes

II-Introduction	20
II.2-cadre opérationnel	20
II.2.1-Les systèmes de signalisation	22
II.2.2-Les systèmes de localisation.....	23
II.2.3-Les systèmes de communication	26
II.3- L'enjeu du contrôle de trafic avion au sol	27
II.3.1-Les différentes fonctions associées au contrôle du trafic au sol.....	31
II.3.2-Les bandes de progression	32
II.4-Problèmes opérationnels de la circulation au sol des avions.....	34
II.4.1-Problèmes liées à la météorologie.....	34
II.4.2-Les problèmes liés aux performances des avions	35
II.5-Conclusion	38

Partie II

Chapitre III : Le système A-SMGCS

	39
III.1- Introduction	39
III.2- Historique.....	41
III.3- Les objectifs.....	42
III.4- Les principales fonctions	42
III.4.1- La surveillance	43
III.4.2- Le routage	44
III.4.3- Le guidage	44
III.4.4- Le contrôle	45
III.5- Les éléments du système.....	45
III.5.1- Les Interfaces Homme Machine (IHM).....	47
III.5.2- Les modules anticollisions.....	48
III.5.3- Les modules de routage et de guidage.....	48
III.6- Les niveaux d'exécution.....	49
III.6.1- Les critères de définition.....	49
III.6.1.1- Dépendances entre les services	50
III.6.1.2- Équipement d'aéroport et d'utilisateurs	50
III.6.1.3- Le coût	51
III.6.1.4- Type d'aéroport	51
III.6.1.4.1- La visibilité.....	52
III.6.1.4.2- La densité de trafic.....	53
III.6.1.4.3- L'organisation aéroportuaire.....	54
III.6.2- Classification des niveaux	55
III.6.2.1- Le niveau I.....	55
III.6.2.1.1- Surveillance.....	56
III.6.2.1.2- Guidage	56
III.6.2.1.3- Routage	57
III.6.2.1.4- Contrôle	57
III.6.2.2- Le niveau II.....	58
III.6.2.2.1- Surveillance	58
III.6.2.2.2- Guidage	58
III.6.2.2.3- Routage	59
III.6.2.2.4- Contrôle	59
III.6.2.3- Le niveau III.....	59
III.6.2.3.1- Surveillance	59
III.6.2.3.2- Guidage	60
III.6.2.3.3- Routage	60
III.6.2.3.4- Contrôle	61

III.6.2.4- Le niveau IV	61
III.6.2.4.1- Surveillance	61
III.6.2.4.2- Guidage	61
III.6.2.4.3- Routage	61
III.6.2.4.4- Contrôle	62
III.6.3- Le choix du niveaux d'exécution d'A-SMGCS.....	62
III.7- Conclusion	

CHAPITRE IV La mise en œuvre de l'A-SMGCS

	63
IV.1- Introduction	63
IV.2- procédé utilisé : SMGCS.....	63
IV.2.1- définition.....	64
IV.2.2- Contrôle	65
IV.2.3- Guidage	65
IV.2.4- Procédures de basse visibilité (LVP)	67
IV.3- Nécessite d'intégration d'un A-SMGCS	68
IV.3.1- Opérationnel dans tous les états météorologiques.....	68
IV.3.2- Optimisation de capacité	69
IV.3.3- Procédures d'ATC	69
IV.3.4- Coordination d'activités d'aérodrome	70
IV.3.5- Insuffisances de technologie dans le SMGCS	71
IV.4- Les moyens de mise en œuvre d'A-SMGCS	72
IV.4.1- Moyens Non-Coopératifs :.....	72
IV.4.1.1- Radar de Mouvement de Surface Primaire (SMR) ...	72
IV.4.1.2- Autres moyens	73
IV.4.2- Moyens Coopératifs	73
IV.4.2.1- Équipements de véhicules	74
IV.4.2.2- Transpondeurs d'A/C	74
IV.4.2.3- Mode S Multilatération	76
IV.4.2.4- Portes du mode S	
IV.5- Les contraintes de la mise en œuvre d'A-SMGCS en	76
Algérie	76
IV.5.1-Certification	77
IV.5.2-Les procédures	77
IV.5.3-Le cout et la maîtrise technologique.....	78
IV.5.4-L'hésitation des opérateurs d'avions	78
IV.5.5-L'engagement de l'ENNA	79
IV.6- Conclusion	
	80

Conclusion Générale

ANNEXE I

Bibliographie

ANNEXE

I- Définition :

Systèmes Avancés de Guidage et de Contrôle des Mouvements en Surface : systèmes fournissant des indications d'acheminement (de routage), de guidage et de contrôle des aéronefs et des véhicules pour préserver le flux des mouvements sol déclaré dans toutes les conditions météorologiques comprises dans le niveau opérationnel de visibilité d'aérodrome (AVOL) en maintenant le degré de sécurité requis

NOTE : Cette définition est dérivée du Document OACI 9830 [i.4].

A-SMGCS niveau 1 : A-SMGCS incluant un élément de surveillance complet capable de localiser et de classier tous les aéronefs et les véhicules à l'intérieur de la zone concernée et aussi d'identifier les aéronefs et les véhicules coopératifs.

A-SMGCS niveau 2 : A-SMGCS incluant les capacités d'un A-SMGCS de niveau 1 et utilisant les données de surveillance complètes disponibles pour surveiller la situation dans la zone concernée en tenant compte d'un ensemble de règles, ce qui permettra au système d'alerter l'utilisateur des situations de danger.

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

NOTE : Cette définition est dérivée du Document OACI 9830 [i.4].

Aire de trafic : aire définie, sur un aérodrome terrestre, destinée aux aéronefs pendant l'embarquement ou le débarquement des voyageurs, le chargement ou le déchargement de la poste ou du fret, l'avitaillement ou la reprise de carburant, le stationnement ou l'entretien

NOTE : Cette définition est dérivée du Document OACI 9830 [i.4].

Aire de manœuvre : partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic.

NOTE : Cette définition est dérivée du Document OACI 9830 [i.4].

Aire de mouvement : partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, et qui comprend l'aire de manœuvre et les aires de trafic.

NOTE : Cette définition est dérivée du Document OACI 9830 [i.4].

Procédure : méthode standard pour l'utilisation technique ou opérationnelle des systèmes dans le contexte des concepts d'exploitation approuvés et validés qui exigent une mise en œuvre uniforme dans la totalité du réseau européen de gestion du trafic aérien

NOTE : Ceci est la définition à valeur légale dans le contexte du ciel unique européen [i.2].

Système : les composants au sol ou embarqués, ainsi que les équipements spatiaux qui fournissent un appui aux services de navigation aérienne pour toutes les phases de vol

NOTE : Ceci est la définition à valeur légale dans le contexte du ciel unique européen [i.2].

Cible : aéronef, véhicule ou obstacle qui est affiché sur un écran de surveillance.

NOTE : Cette définition est dérivée du Document OACI 9830 [i.4].

II-Abréviation et Acronymes :

A-SMGCS	Systèmes Avancés de Guidage et de Contrôle des Mouvements en Surface.
AVOL	Niveau Opérationnel de Visibilité d'Aérodrome
EUROCAE	Organisation Européenne pour l'Equipement de l'Aviation Civile
EUROCONTROL	Organisation Européenne pour la Sécurité de la Navigation Aérienne
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
TIS-B	Service de Diffusion d'Information de Trafic
ADS-B	Diffusion de Surveillance Dépendante Automatique
R/T	Radio/Téléphonie
RVP	Runway visual range (portée optique de piste)
LVP	Procédures de basse visibilité
ATIS	Automatic Terminal Information Service (service Automatique d'information de région terminal)
ATM	Air trafic management (Gestion du trafic aérien)

CFMU	Central flow Management unit (Unité central de Gestion de flux de trafic)
SMR	Surface Movement Radar (radar de mouvement du surface)
PSR	Primary Surveillance Radar (radar primair de surveillance)
SSR	Secondary Search Radar (Radar secondaire de Surveillance)
MLT	Systeme multilatération
ATS	Air Traffic Service (service de la circulation aérienne)
ATC	Air Traffic Control (control du trafic aérien)
ADS	Automatic Depended surveillance
ADS-B	Automatic Depended surveillance- Broadcast

Introduction Générale :

La gestion du trafic de la circulation au sol dans un aéroport devient de plus en plus difficile et stressante avec l'accroissement du nombre d'avions et de véhicules qui y circulent. La capacité des aéroports qui dépend d'un certain nombre de paramètres très contraignants rend difficile l'exploitation des plateformes aéroportuaires objet d'études et de recherches qui concourent à l'amélioration de la sécurité aérienne et à la sûreté sur les aéroports et ce, par l'introduction de moyens techniques qui permettent une meilleure fluidité des passagers au niveau des terminaux, des avions au niveau des tarmacs et des pistes et des véhicules au niveau des tarmacs.

Ces systèmes ont été développés à la lumière des incidents très graves qui ont marqués les décennies précédentes et qui ont à titre d'exemple provoqué l'annulation du programme concorde à cause d'un objet non identifié au niveau d'une piste d'atterrissage.

Après avoir incriminé le facteur humain qui était la cause première dans l'occurrence des incidents et accidents et amélioré les moyens de détection et de communication en faisant appel aux systèmes « New Generation », on s'est aperçu qu'un objet métallique au niveau d'une piste pouvait avoir des conséquences malheureuses et dramatiques.

Cet aspect concerne tant le contrôle du trafic aérien que l'exploitation commerciale des aéroports qui sont tous les deux concernés par la sécurité aérienne et la sûreté sur les aéroports

Les contrôleurs doivent avoir un état complet et fiable de la situation du trafic, vérifier leur conformité avec les déagements et instructions et être au courant de tout ce qui concerne la sécurité et l'efficacité de l'opération.

Le contrôle du trafic à partir de la tour de contrôle par des moyens visuels est difficile voir impossible dans certaines conditions, telles que les mauvaises

conditions météorologiques ou bien lorsque les dimensions de l'aérodrome ne sont pas adéquates aux flux des heures de pointes.

Les pilotes ne sont du reste pas épargnés par ces conditions, où la vue à partir du cockpit devient restreinte par l'effet du brouillard ou d'autres effets météorologique. La circulation au sol devient alors un exercice compliqué, stressant et parfaitement dangereux.

Le radar du mouvement de surface (SMR), disponible présentement, à l'aéroport d'Alger, mais non fonctionnel à 100%, présente un certain nombre d'imperfections, dont la non identification des cibles.

L'amélioration du SMR par la mise en service du nouveau système SMGCS a été accueillie favorablement par les groupements aéroportuaires.

Le SMGCS n'a cependant pas pu satisfaire toutes les attentes, notamment dans la surveillance et par voie de conséquence dans la sécurité. Dès lors, des groupes de réflexions sont mis en place pour le développement d'un système pouvant optimiser toutes les fonctions, et intégrer tous les acteurs de la plate forme aéroportuaire.

La naissance du système A-SMGCS devrait satisfaire les attentes de la communauté aéronautique ?

Ya t'il eut véritablement satisfaction ?

A-t-il été utilisé dans tous les aéroports ?

C'est ce que nous allons essayer d'expliquer dans cet exposé.

Notre travail est constitué de quatre chapitre :

Chapitre I : Gestion et organisation d'une plate forme aéroportuaire

Chapitre II : La Circulation au sol et ses problèmes

Chapitre III : Le système A-SMGCS

Chapitre IV : Possibilité d'intégration d'un A-SMGCS en Algérie

Partie I : Description de la plate forme

Chapitre I : Gestion et organisation
d'une plate forme aéroportuaire

Chapitre II: la circulation au sol et ses
problèmes

Partie II: le système A-SMGCS

Chapitre III: le système A-SMGCS

**Chapitre IV: Possibilité d'intégration
d'un A-SMGCS en Algérie**

I.1- Introduction :

Ce chapitre sera consacré exclusivement à la gestion et à la configuration de la plate forme aéroportuaire.

La première partie, appelée gestion, consistera à définir les acteurs, leur fonction respective et leur responsabilité afin d'assurer convenablement la circulation au sol.

La deuxième partie, appelée organisation de la plate forme aéroportuaire ou cadre physique, consistera à décrire les différents configurations et systèmes de plateformes en adéquation à la taille de l'aéroport.

I.2- Les acteurs du trafic aéroportuaire :

Deux groupes d'acteurs principaux sont partie prenante dans les opérations au sol :

- Les autorités aéroportuaires et les contrôleurs du trafic au sol.
- Les compagnies aériennes et les pilotes.

Les uns sont responsables de la définition de l'offre de service (les autorités aéroportuaires) et de sa mise en œuvre (les contrôleurs), les autres sont responsables de la demande de service (les compagnies aériennes) et de sa mise en œuvre (les pilotes).

On laissera de côté ici d'autres intervenants tels que les pompiers, la police et d'autres prestataires de services sur la plate-forme aéroportuaire en considérant que des moyens de localisation particuliers sont mis en œuvre et que des règles strictes de priorité sont imposées pour la circulation des véhicules qui leur sont associés.

I.2.1- Les autorités aéroportuaires :

Le rôle des autorités aéroportuaires est de veiller sur le long, le moyen et le court terme à l'adéquation des infrastructures au sol qui permettent la circulation des avions sur la plate-forme aéroportuaire. Ainsi une grande partie de leurs activités concerne la planification de la capacité de la plate-forme aéroportuaire, d'autres sont dédiés aux activités d'extension ou de redéploiement et enfin d'autres sont dédiés à l'entretien des installations.

I.2.2- Les contrôleurs:

Le rôle des contrôleurs est de gérer le flux de trafic, en privilégiant la sécurité et, autant que possible, la ponctualité. Ce qui signifie qu'ils doivent être capables de :

- Localiser tous les aéronefs et les véhicules en mouvement sur la plate-forme aéroportuaire.
- Guider les aéronefs au sein du réseau de circulation aéroportuaire entre les pistes et les points de stationnement.
- Parer à tout problème survenant sur la plate-forme et associé au système de contrôle du trafic sol (des pannes du balisage jusqu'aux incursions de piste).

I.2.3- Les compagnies aériennes:

A part leurs activités commerciales (transport de passagers et fret aérien), elles sont amenées à développer les destinations offertes à leurs clients et donc à mettre en service des appareils de types et de capacités adaptés aux caractéristiques correspondantes. Ainsi, c'est le succès du Transport Aérien sur le moyen-long terme qui a amené à la multiplication des compagnies aériennes et à l'expansion de leurs flottes. Elles interviennent donc sur le moyen-long terme essentiellement pour

fixer les paramètres de la demande de service de circulation au sol des aéronefs.

I.2.4- Les pilotes :

L'équipage est en charge directe du contrôle des mouvements de l'avion sur la plate-forme aéroportuaire. Lors de l'exécution des instructions reçues du système de contrôle de trafic, le rôle de l'équipage est, entre autre, de :

- Communiquer avec le système de contrôle de trafic au sol (« la tour »).
- Suivre les instructions des contrôleurs de trafic.
- Se localiser précisément sur la plate-forme aéroportuaire.
- Eviter toute collision avec d'autres aéronefs, véhicules et autres obstacles.
- Eviter toute excursion piste ou taxiway quelles que soient les conditions météorologiques et de visibilité.

I.3. La mise en œuvre du système:

Avec la création de l'OACI, les premiers groupes de travail abordant ce domaine ont très vite conclu qu'une gestion efficace des mouvements aéroportuaire passait par la création d'un véritable « système » de contrôle du trafic au sol mettant en relation les contrôleurs, les pilotes et les autres agents intervenant sur la plate-forme. Ce système, appelé alors SMGCS (Surface Movement Guidance and Control System) a fait l'objet de nombreuses études, notamment avec l'accroissement du trafic et l'extension des voies de circulation et des zones de stationnement sur les grands aéroports. Aujourd'hui ce type de système n'est mis en exploitation que partiellement sur quelques grands aéroports.

I.4 L'organisation générale d'une plate forme

aéroportuaire :

L'efficacité maximale d'un aéroport n'est obtenue qu'en réalisant un équilibre entre, d'une part les aérogares de passagers et de fret, et d'autre part les pistes, les postes de stationnement et les zones d'entretien des avions. Ces éléments fonctionnels distincts sont reliés par le réseau de voies de circulation. Le réseau de voies de circulation constitue ainsi le support des échanges physiques entre les divers sous systèmes de la plateforme aéroportuaire. Son fonctionnement efficace est essentiel à l'utilisation optimale de la plate-forme aéroportuaire.

La figure I.1 met en évidence la configuration de la plate forme aéroportuaire de l'aéroport HOUARI BOUMEDIENNE.

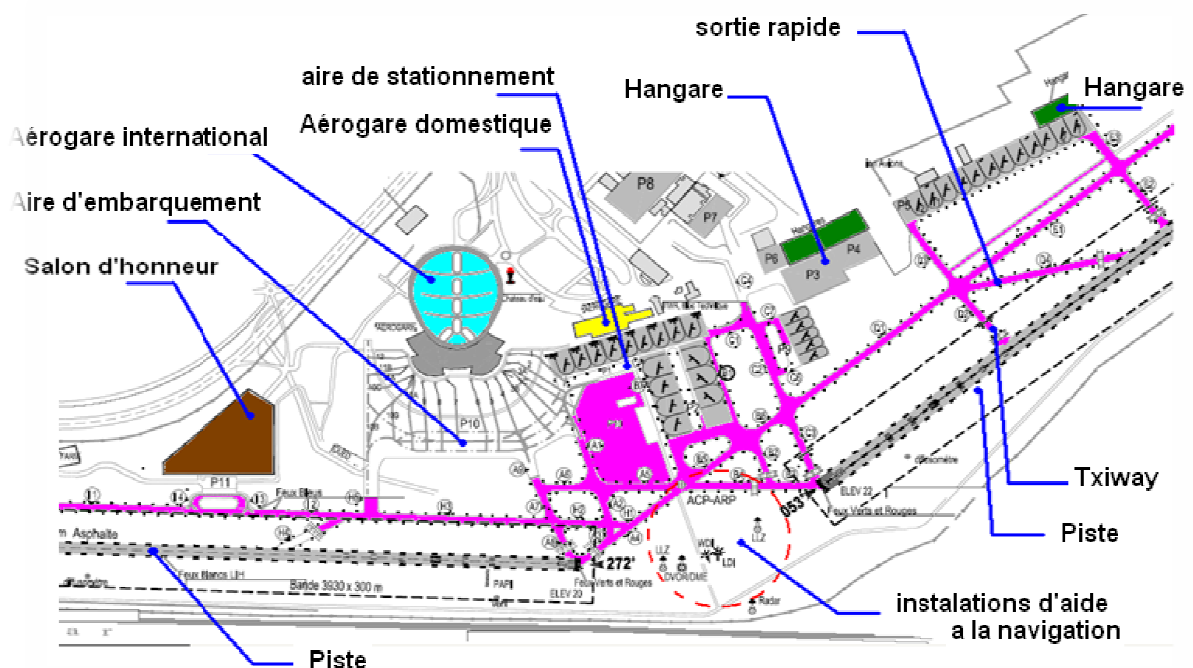


Figure I.1 : L'infrastructure de l'aéroport houari Boumediene

Le « côté air » de l'aéroport (« airside ») peut être résumé par une grande boucle dont le nœud est constitué par les pistes et qui passe par les

aires (les postes de stationnement des avions) (figure I.2). Il est clair que ce niveau de représentation est insuffisamment détaillé pour aborder l'analyse des problèmes opérationnels liés à la circulation des avions au sol, mais il met en avant le traitement cyclique réalisé par la plate-forme aéroportuaire sur le flux d'aéronefs l'utilisant.

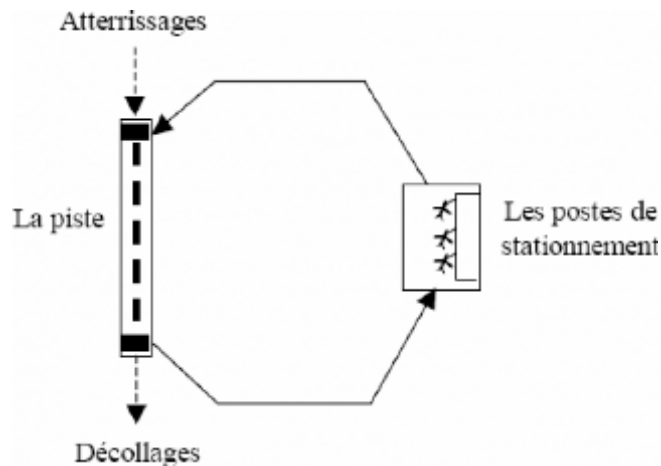


Figure I.2 : Représentation macroscopique globale des flux aéroportuaires

Les mouvements au sol sont classés en trois types: arrivées, départs et transferts d'un poste de stationnement à un autre.

Si les deux premiers types de mouvements ont tendance à s'équilibrer en volume, le troisième type reste marginal sur beaucoup d'aéroports.

Au niveau organisationnel et opérationnel on peut identifier les zones de systèmes aéroportuaires (figure I.3) : les pistes (« runways »), les voies de circulation (« taxiways »), les postes de stationnement (« apron » et « parking »). Chacune de ces zones comporte des règles spécifiques de fonctionnement et peuvent être sous la supervision directe de contrôleurs.

Dans les grands aéroports plusieurs pistes et postes de stationnement peuvent coexister avec en général des voies de circulation qui permettent d'assurer la connexion et l'accessibilité de celles-ci.

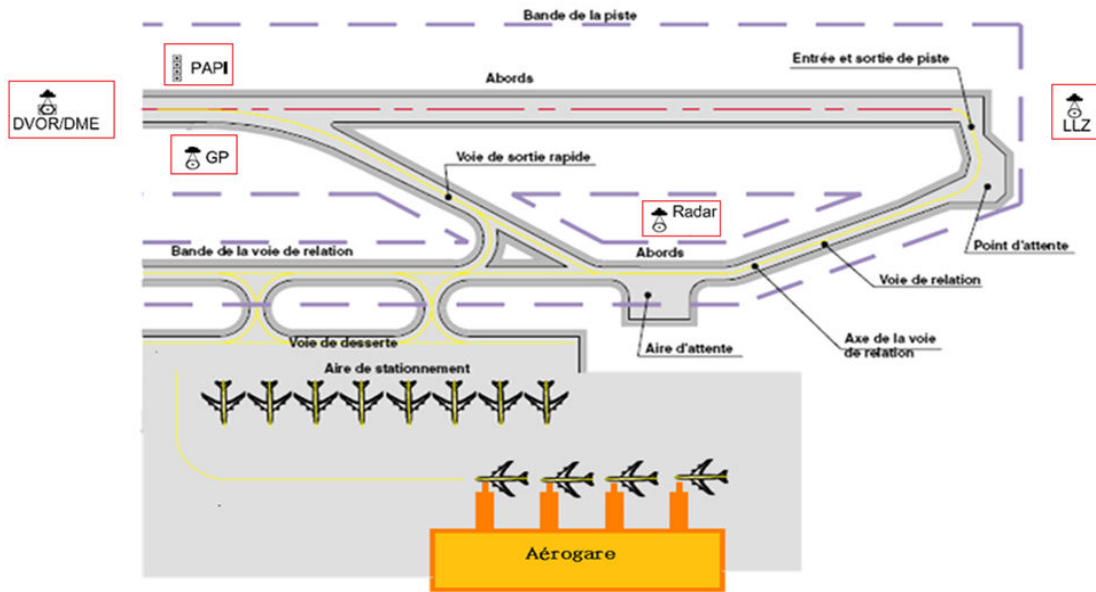


Figure I.3 : Les zones du système aéroportuaire

Les pistes, par leurs dimensions, sont souvent les éléments les plus critiques lors de la définition ou de la redéfinition d'une plate forme aéroportuaire, leur disposition influencera non seulement la position et les dimensions des différents terminaux, mais aussi la disposition et l'extension des voies de circulation. L'horizon de planification des plate-forme aéroportuaires porte sur plusieurs décennies et au fur et à mesure que le trafic augmente sur celles-ci, les possibilités de restructuration deviennent en général de plus en plus limitées compte tenu de l'espace disponible restreint et des contraintes d'accessibilité et d'environnement, chaque fois plus rigides compte tenu de la tendance générale à la densification de l'occupation des espaces au voisinage des aéroports.

I.4.1 Les aires de stationnement :

Les aires de stationnement sont les aires de la plate-forme aéroportuaire destinée à recevoir les avions pendant l'embarquement ou le débarquement des passagers, de la poste ou du fret, pendant le

ravitaillement en carburant, le stationnement au repos et l'entretien. On peut distinguer plusieurs types d'aires de stationnement : les aires de stationnement destinées à l'aérogare de passagers et au fret, à l'entretien, au garage, à l'aviation générale basée sur cette plate-forme et au stationnement temporaire des avions de passage (transit).

Les aires de garage, destinées au stationnement des aéronefs en dehors des périodes d'escale, et les aires d'entretien, destinées aux opérations d'entretien et de réparation, ne sont jamais dans la pratique des facteurs limitatifs de la capacité d'un aéroport. Par contre, l'expérience montre que les aires de trafic passagers ou fret peuvent représenter un élément de saturation sur un aéroport. Les gestionnaires devront vérifier que le nombre de postes de stationnement et leur disposition est compatible avec les volumes et la nature (dimensions des aéronefs) du trafic attendu, notamment pendant les heures de pointe. Les limitations de capacité dues à l'insuffisance du nombre de postes conduisent souvent à l'utilisation de positions déportées inconfortables pour les passagers et pénalisantes pour les compagnies aériennes.

La circulation des aéronefs sur l'aire de manœuvre pour stationnement peut parfois être un facteur limitatif de la capacité des voies de circulation. Ce genre de problème se pose surtout sur des aéroports exigus et à fort trafic. Les évolutions des avions stationnés en « nose-in » peuvent entraver des mouvements d'autres aéronefs gagnant leur poste ou le quittant. De tels conflits en heures de pointe ont des répercussions immédiates. La simulation au cas par cas et pas à pas des mouvements de tous les appareils susceptibles d'utiliser cette zone de stationnement en heure de pointe peut permettre de valider simultanément la configuration de stationnement et les procédures opérationnelles de stationnement.



Figure I.4 : Air de stationnement de l'aéroport d'Alger

La configuration des zones de stationnement est étroitement liée au concept utilisé pour les aérogares de passagers et de fret. On distingue différents systèmes de stationnement. On peut par exemple considérer des configurations telles que :

- Le système simple qui s'applique aux aéroports à faible volume de trafic, les avions y sont stationnés en oblique de manière à pouvoir entrer et sortir par leurs propres moyens, le problème du souffle moteur doit être néanmoins considéré.
- Le système linéaire qui peut être considéré comme une phase évoluée de la configuration simple.

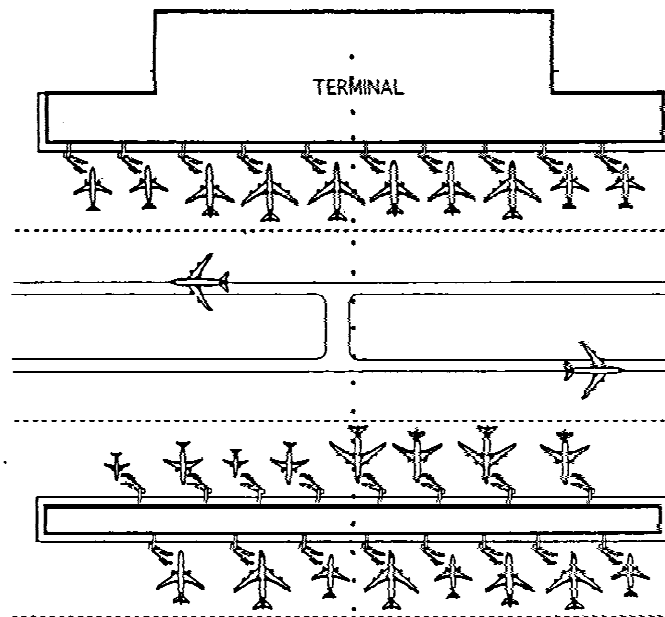


Figure I.5 : Systèmes linéaires

– Le système à jetées, dont il existe plusieurs variantes. Les avions peuvent stationner au niveau des postes. Dans le cas de plusieurs jetées il faut aménager un espace suffisant pour éviter les conflits et pouvoir répondre aux exigences des avions de plus grandes dimensions.

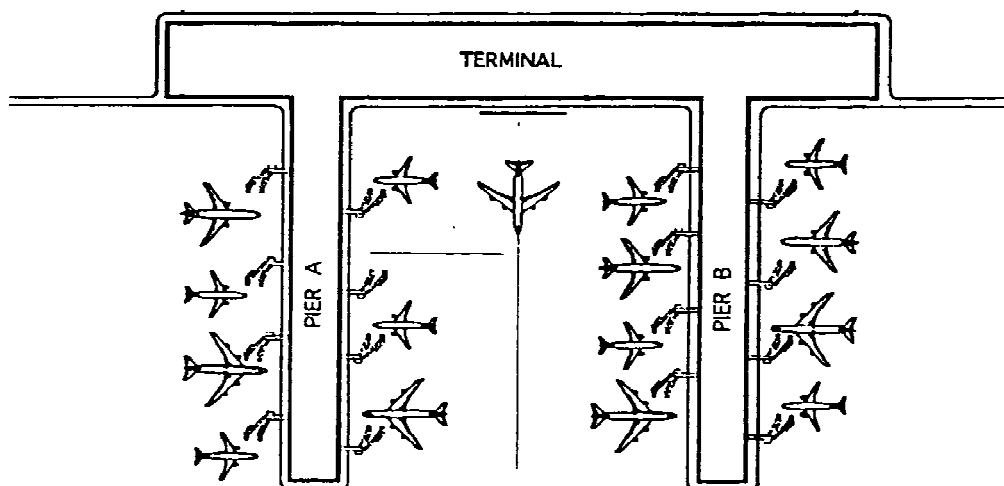


Figure I.6 : Système à jetées

– Le système à satellites qui comprend des unités satellites séparées de l'aérogare et entourées de postes de stationnement d'avions, l'accès passagers se fait par un passage souterrain ou surélevé. Ce type de conception se prête mal à des développements ultérieurs.

– Le système à transbordement, ou système déporté, est le plus convenable pour les opérations des avions, mais il faut transporter les équipages, les passagers, les bagages et le fret sur des distances qui peuvent être relativement longues ou sur des itinéraires encombrés et ceci peut donc conduire à des retards supplémentaires.

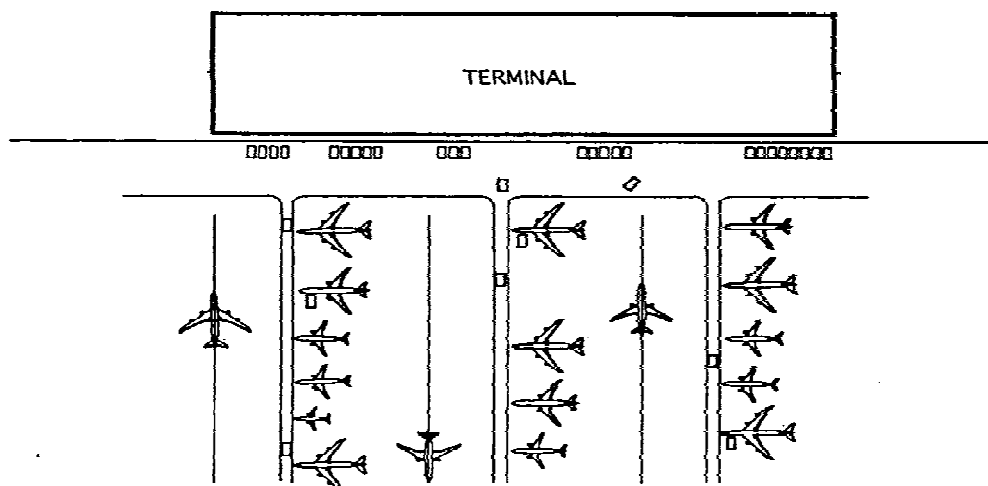


Figure I.7 Système à transbordement

– Le système hybride qui représente une combinaison de deux ou plusieurs systèmes décrits ci-dessus, est la pratique la plus courante sur les grands aéroports.

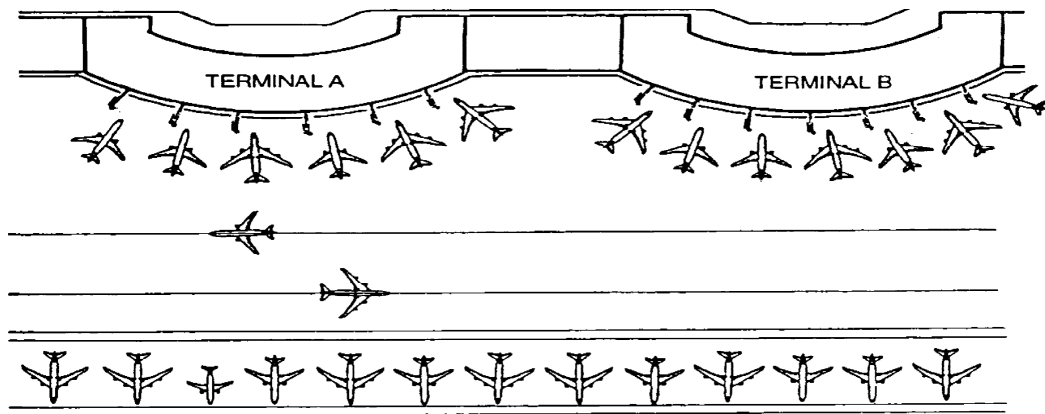


Figure I.8 : Système hybride

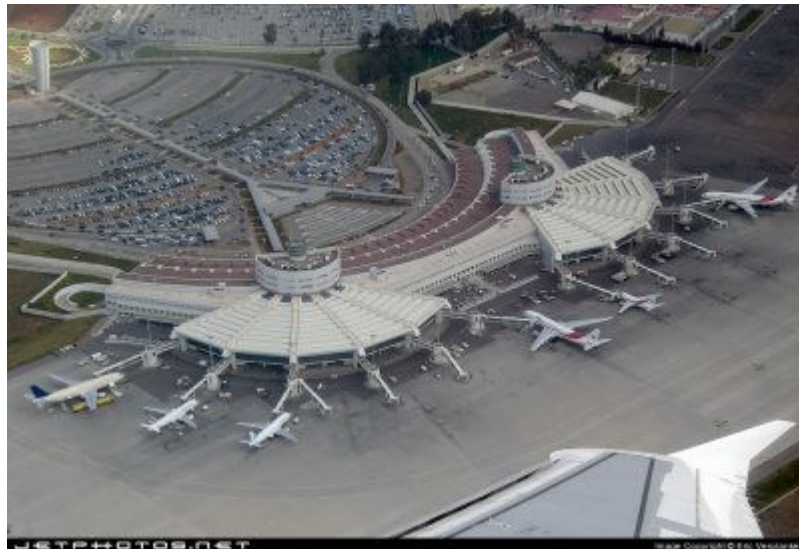


Figure I.9 : Terminale d'Alger

I.4.2 Les aprons :

Les aprons sont des zones de raccordement entre les postes de stationnement et les voies de circulation, parfois comprises dans celles ci. Sur certains aéroports, selon leur infrastructure, cette zone peut être absente. L'exemple typique d'utilisation d'aprons concerne les postes de stationnement avec un système à jetées. Cette zone ne permet pas la circulation de deux avions en sens opposé et des restrictions de circulation doivent être introduites. Ainsi en général, pour éviter les

conflits, l'avion qui n'a pas la priorité doit attendre sur la voie de circulation et laisser passer l'avion prioritaire par la zone de trafic. La zone d'apron est un tampon entre les voies de circulation et les postes de stationnement. Au moment du repoussage des avions, l'existence d'un apron évite le blocage de la circulation sur les voies de circulation voisines.

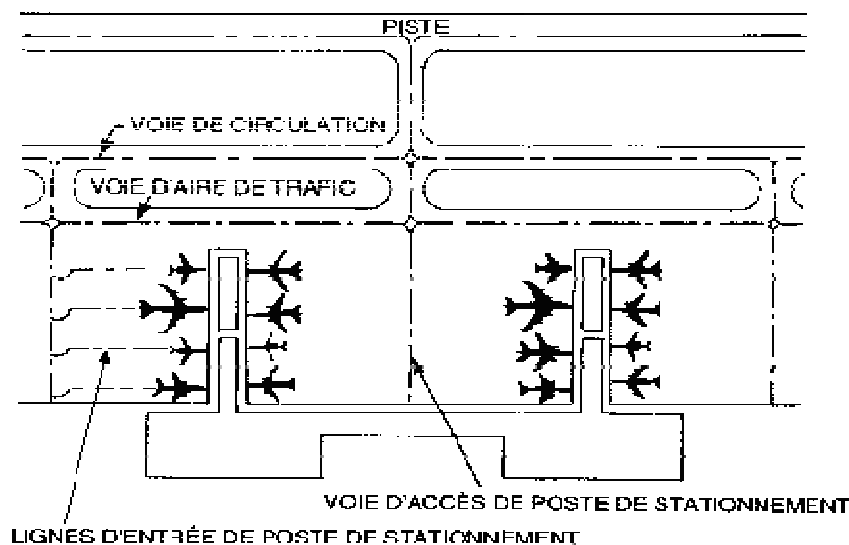


Figure I.10 : Les zones d'aprons ou aires de trafic

I.4.3- Les voies de circulation :

Les pistes sont reliées entre elles et aux aires de stationnement par des taxiways destinés aux avions et parfois des voies de service plus étroites réservées aux véhicules de service et de secours (pompiers). Lorsque l'aéroport est d'une dimension telle que le parcours entre les pistes et le parking nécessite l'emprunt d'un trajet précis, un véhicule spécial (dit follow-me) peut venir précéder l'avion pour le guider.

Les voies de circulation sont des voies délimitées qui permettent aux appareils de se déplacer entre les parkings et les pistes.

D'une façon générale, l'expérience montre que les voies de circulation peuvent devenir un élément critique pour la capacité d'un système aéroportuaire. Face à une forte demande de trafic, la carence de voies de circulation ou la complexité du réseau de voies de circulation peuvent conduire à cette situation :

- C'est le cas des aéroports à une seule piste et qui ne possèdent pas de voie de circulation parallèle. On ne trouve alors souvent qu'une seule entrée-sortie. La voie de circulation qui relie la piste aux installations terminales est alors unique, des blocages peuvent apparaître lorsqu'un décollage suit un atterrissage. Le retard induit est alors équivalent au temps de parcours de cette voie unique afin de la dégager.
- C'est le cas des aéroports à plusieurs pistes avec un réseau complexe de voies de circulation, entraînant des traversées de pistes et des croisements multiples de voies de circulation. Les traversées de piste sont effectuées soit par les appareils qui rejoignent leur piste de décollage soit par les appareils qui viennent d'atterrir. Au niveau des croisements de voies, des conflits apparaissent entre les avions à l'arrivée et au départ.

On peut énoncer quelques principes généraux de conception du réseau de voies de circulation :

- le système des voies de circulation reliant les divers éléments de la plate-forme doit être aussi court que possible, réduisant ainsi la durée de la circulation au sol et les coûts associés au roulage sur celles-ci
- Il doit être aussi simple que possible pour éviter aux contrôleurs du trafic au sol d'avoir à donner des instructions compliquées et pour simplifier la tâche des pilotes.
- Il convient d'adopter autant que possible des tracés rectilignes afin de limiter les manœuvres délicates et à basse vitesse des avions.

– Les intersections de pistes et de voies de circulation doivent être évitées dans la mesure du possible dans l'intérêt de la sécurité et pour réduire la possibilité des retards sur les voies de circulation (conflits, formation des files d'attente).

– Les itinéraires des voies de circulation devraient comporter le plus grand nombre possible de segments à sens unique afin de réduire les conflits avec d'autres avions et les retards qui en découlent. Il convient d'analyser les écoulements sur les divers segments pour chaque configuration dans laquelle la ou les pistes seront utilisées.

Pour limiter les niveaux d'investissement mis en œuvre, les réseaux de voies de circulation d'un aéroport présentent souvent un niveau de développement adapté à la capacité requise à court terme. Une bonne conception de l'ensemble doit alors permettre d'introduire progressivement des éléments additionnels à mesure que la demande augmente. Un exemple d'un système des voies de circulation au sol est présenté en figure II.7.

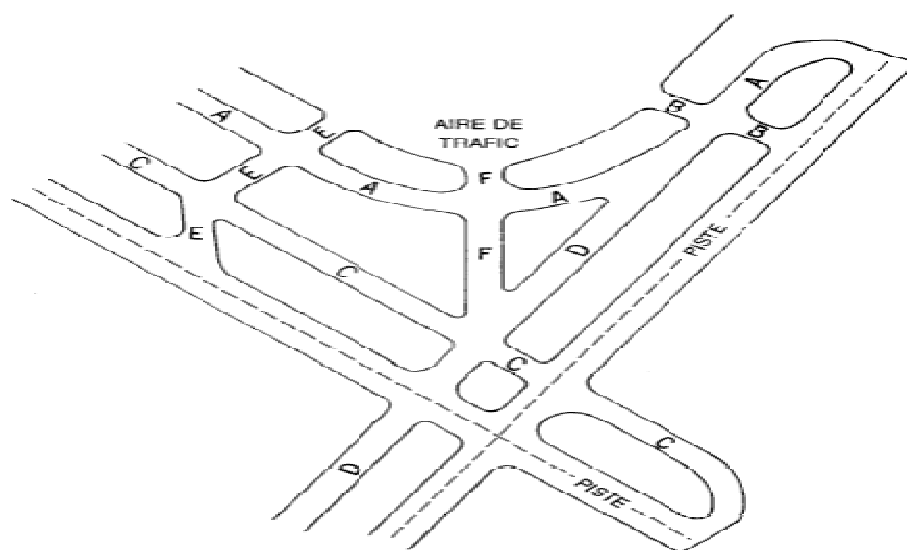


Figure I.11 : Réseau de voies de circulation

Les voies de circulation sont strictement signalisées, la réglementation internationale oblige les autorités aéroportuaires à signaler et marquer les voies de circulation. Les moyens de signalisation sont très divers : panneaux lumineux, panneaux réfléchissants, balises lumineuses, barres d'arrêts, éclairages et autres systèmes mobiles. Le marquage est fait avec de la peinture réfléchissante, il peut être axial ou transversal.

I.4.4- Les pistes :

Le système de pistes est la composante majeure d'un aéroport. Les pistes sont une ressource importante et leur planification doit tenir compte de la direction des vents, de l'estimation de la demande de trafic, de l'implantation actuelle et future, des riverains, des conditions géologiques etc.

Le système de pistes et de voies de circulation doit être intégré de façon à :

- Faciliter la mise en œuvre de la capacité maximum du système des pistes.
- Offrir un cadre pour une gestion fluide et sans congestion du trafic au sol.
- Présenter des chemins directs conduisant aux autres sous systèmes de l'aéroport.
- Faciliter le dégagement de la piste à l'atterrissage.
- Eviter d'avoir des voies de circulation qui croisent les pistes actives.

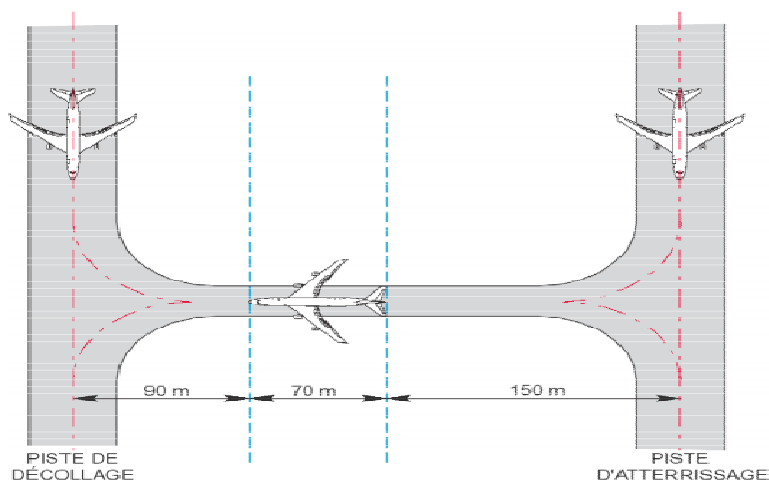


Figure I.12 : Exemple de distances de sécurité aux abords de la piste

I.4.5- Les sorties de pistes:

Les sorties de piste sont des aménagements afin de permettre aux avions de dégager la piste en toute sécurité et le plus rapidement possible. Les sorties de piste peuvent être classées selon la vitesse à laquelle les avions les empruntent : sorties normales et sorties rapides.

Une voie de sortie rapide est une voie de circulation raccordée à une piste suivant un angle aigu et conçue de façon à permettre à un avion qui atterrit de dégager la piste à une vitesse plus élevée que celle permise par les autres voies de sortie, ce qui réduit la durée d'occupation de la piste. Les vitesses pratiquées sur une sortie rapide varient entre 35 nœuds (65 km/h) et 50 nœuds (93 km/h). Pour des raisons économiques sur les aéroports ayant une demande de trafic de moins de 25 mouvements par heure, les sorties droites sont souvent utilisées alors que les sorties rapides peuvent être absentes.

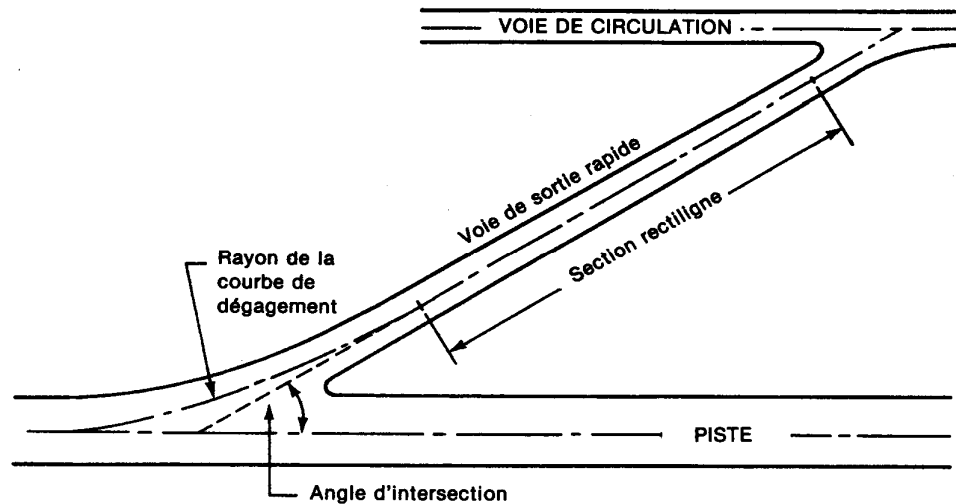


Figure I.13 : voies de sortie rapide

I.5- Conclusion :

La gestion du trafic des avions au sol apparaît donc comme un problème extrêmement complexe où la difficile équation sécurité efficacité doit être résolue aussi bien sur le long, le moyen et le court terme. Cette problématique implique beaucoup d'acteurs venant contraindre de façon complexe l'espace décisionnel des gestionnaires du trafic au sol, ce qui semble se traduire par des structures complexes de gestion et de contrôle.

Si sur le plan macroscopique, la plate-forme aéroportuaire peut être appréhendée comme un serveur traitant des flux d'avions à l'arrivée pour les réinjecter dans le trafic aérien la reliant aux autres plate-forme aéroportuaires, et si l'on augmente le degré de l'analyse, on s'aperçoit très vite de la diversité des situations et des configurations existantes, associées à des degrés de complexité très variables dans la structure du trafic au sol. Devant tant de diversité, on mesure la difficulté à développer des concepts généraux de gestion de trafic sol, applicables dans toutes ces situations.

II.1- Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude du cadre opérationnel du trafic des avions au sol. Les véhicules doivent être précisément localisés et guidés sur un réseau de voies de circulation, par des systèmes de signalisation, de localisation et de communication. Les conditions opérationnelles vont alors dépendre de certains facteurs tels que les caractéristiques des aéronefs face à la géométrie des voies de circulation, mais aussi et pour beaucoup des conditions météorologiques et par conséquent de la visibilité.

L'étendue de cette étude concernera, les systèmes, les problèmes opérationnels, le contrôle et l'organisation du trafic au sol.

II.2- Le Cadre Opérationnel :

L'accroissement considérable du trafic aérien dans tous les grands aéroports du monde a entraîné une augmentation sensible, sur les pistes, les voies de circulation et les aires de stationnement, des mouvements d'avions mais aussi de véhicules divers. à cet effet il est nécessaire de mettre à la disposition des contrôleurs des systèmes donnant une image régulièrement mise à jour de l'ensemble de la situation qui règne sur les aéroports (radars de surveillance, détecteurs et senseurs, systèmes de positionnement par satellite embarqués etc.).

Jusqu'à un passé récent, la sécurité des mouvements au sol a été assurée par le principe simple « voir et être vu » dans le respect de la réglementation OACI . Les procédures opérationnelles dépendent de la vision directe du contrôleur et du pilote. Le contrôleur dans sa tour doit voir la situation globale et détecter les anomalies. Le pilote ou le conducteur de véhicule voient la

situation devant eux et assurent leur sécurité immédiate. Lorsque les conditions de visibilité se dégradent, ce principe devient de plus en plus aléatoire et des mesures doivent être prises pour maintenir la sécurité. Le pilote localise sa position sur le terrain et la transmet par VHF au contrôleur. En l'absence de radar de surface, la circulation des véhicules est strictement réglementée voire interdite, le mouvement des avions est limité à un seul par zone et une seule bretelle de sortie est activée. Lorsqu'un radar de surface est installé, l'information présentée au contrôleur lui permet de suivre les évolutions des avions, de vérifier que les pistes sont bien dégagées avant tout mouvement d'atterrissage ou de décollage, et de fournir aux pilotes des informations liées à la sécurité de l'avion.

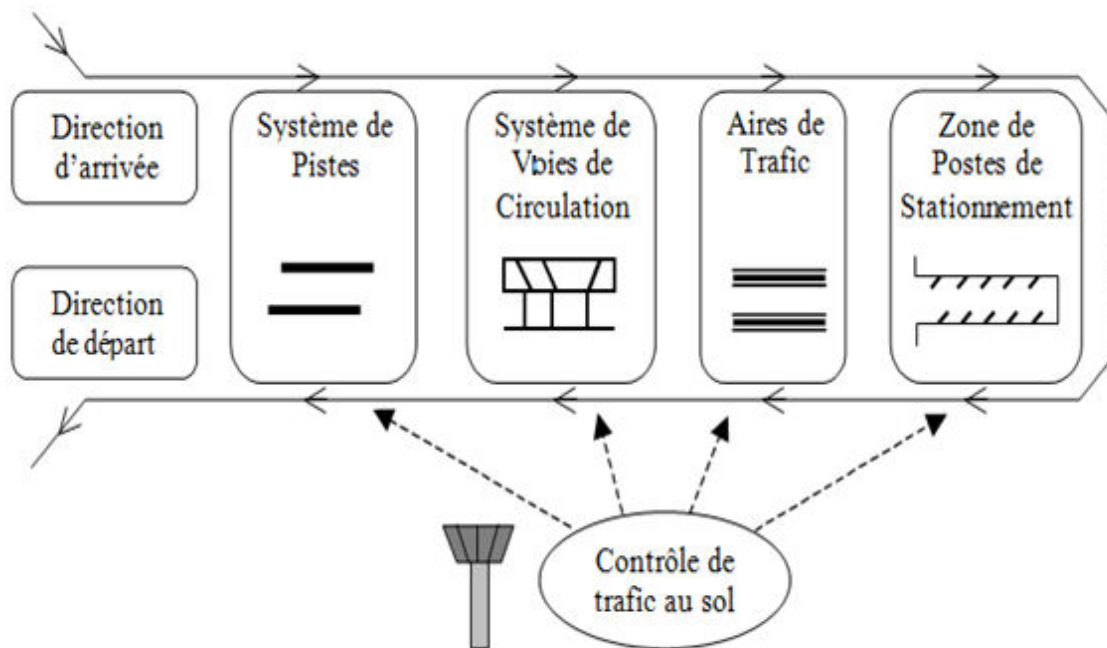


Figure II.1 Les flux de trafic et la structure de contrôle d'un aéroport

La circulation des aéronefs au sol s'intègre à celle des très nombreux véhicules de service, à celle des véhicules de secours ainsi qu'à celle des aéronefs, remorqués ou non, en provenance ou à destination des aires

d'entretien. La circulation au sol des aéronefs conditionne pour une grande part la capacité des aéroports ainsi que l'encombrement des espaces aériens environnants. Elle a un impact important sur la sécurité, la qualité de service et l'économie des opérations de transport aérien.

II.2.1 Les systèmes de signalisation :

Sur la plate-forme aéroportuaire, le pilote dispose d'aides à l'orientation visuelles :

– Les marques de piste et de voie de circulation appelées marques axiales et marques latérales. Les marques axiales sont indispensables pour maintenir le cap, elles permettent au pilote de suivre une ligne qui le guide dans la direction du mouvement.

– Les signaux de destination : les signaux de guidage (signaux d'emplacement et de destination) consistent, dans la grande majorité de cas, en panneaux indicateurs verticaux placés à la proximité des pistes et des voies de circulation. La nuit, ces panneaux sont illuminés ou seulement réfléchissants.

–Les indicateurs d'alignement et d'arrêt sur les aires de stationnement : L'indication de l'emplacement du poste de stationnement affecté à l'avion, la précision des évolutions d'approche et de l'arrêt au point de stationnement sont assurés par des systèmes optiques lumineux ou des marques peintes sur le sol.



Figure II.2 : Le balisage lumineux des voies de circulation et des pistes

II.2.2- Les systèmes de localisation :

Tous les moyens pouvant donner des indications sur la position ou l'identification d'un mobile peuvent être catalogués comme systèmes de localisation : Les systèmes coopératifs, non coopératif, de couverture partielle ou totale, dépendants ou non dépendants.

Pour la surveillance au sol, il s'agit de centraliser l'information pour pouvoir mieux l'exploiter. Les capteurs non-coopératifs sont ceux qui permettent de détecter un mobile sans aucune intervention de celui-ci. Ce type de capteur sera toujours utile pour détecter les intrus ou les mobiles en panne. Les capteurs coopératifs sont ceux qui possèdent un élément actif du type transpondeur, qui permet d'obtenir une information personnalisée et plus riche. Pour les capteurs dépendants, c'est le mobile lui-même qui génère l'information et la transmet.

Les barres d'arrêt sont des feux rouges encastrées qui interdisent l'accès à la piste. Pour autoriser l'accès, le contrôleur doit éteindre ces feux qui se rallument automatiquement après le passage de l'avion grâce à un capteur ponctuel.

Dans le cadre des capteurs dépendants c'est le mobile qui effectue la plus grosse part du travail en évaluant sa position et en la transmettant vers le sol avec son identification. C'est ce qu'on appelle l'ADS (Automatic Dependent Surveillance). Pour l'application sol, ce principe est surtout intéressant dans sa version ADS-B (comme Broadcast, ce qui veut dire : diffusion permanente de l'information).

Le principe de l'ADS-B est de transmettre automatiquement (sans commande du pilote) différents paramètres, telles que l'identification de l'avion, sa position, sa route, sa vitesse (Dépendance vis à vis des autres senseurs de l'avion), pour des applications de Surveillance. Ces messages seront diffusés (Broadcast) par le biais d'une liaison de données vers des destinataires non désignés qui peuvent être d'autres aéronefs, des stations sol, des véhicules sol, la tour de contrôle....etc. Ces utilisateurs potentiels, dont l'avion émettant le message n'a pas connaissance, ont le choix de traiter ou de rejeter les messages reçus (en fonction principalement de leurs situations respectives). L'ADS-B n'est pas un système de surveillance, ce n'est qu'un moyen de la réaliser.

Actuellement, on enregistre de plus en plus de cas d'intrusions intempestives de piste lorsqu'un aéronef est en train d'atterrir ou de décoller, ce qui pourrait avoir des conséquences catastrophiques. L'ADS-B est l'un des systèmes susceptibles d'améliorer la sécurité aéroportuaire, en réduisant la fréquence de ce type d'événement. La première étape nécessaire est d'améliorer la navigation sur l'aéroport en

transmettant au pilote une carte électronique de l'aérodrome, associée à une indication de sa position. Cette fonction (indépendante de l'ADS-B) pourrait déjà améliorer la sécurité en évitant que, du fait des conditions météorologiques ou d'une méconnaissance de l'aérodrome, des véhicules ou des aéronefs se perdent sur la plateforme.

L'étape suivante pourrait consister à doter les véhicules et les aéronefs d'un équipement ADS-B afin que, sur le même écran embarqué, un équipage puisse visualiser la position de tous les mobiles environnants. Par la suite des alarmes pourraient être implémentées afin d'éviter que des mobiles (aéronefs ou véhicules d'aéroports) ne pénètrent dans des zones dangereuses. Côté ATC, l'information ADS-B serait utilisée comme une donnée supplémentaire aux moyens de surveillance déjà existants (radar de surface).

D'autres fonctionnalités pourraient être implémentées comme la transmission au pilote, par liaison de données, de son cheminement à l'arrivée ou au départ. Cette fonctionnalité est indépendante de l'ADS-B. Malheureusement ce système n'est pas encore généralisé et il faudra attendre entre cinq et dix ans avant de pouvoir l'exploiter.

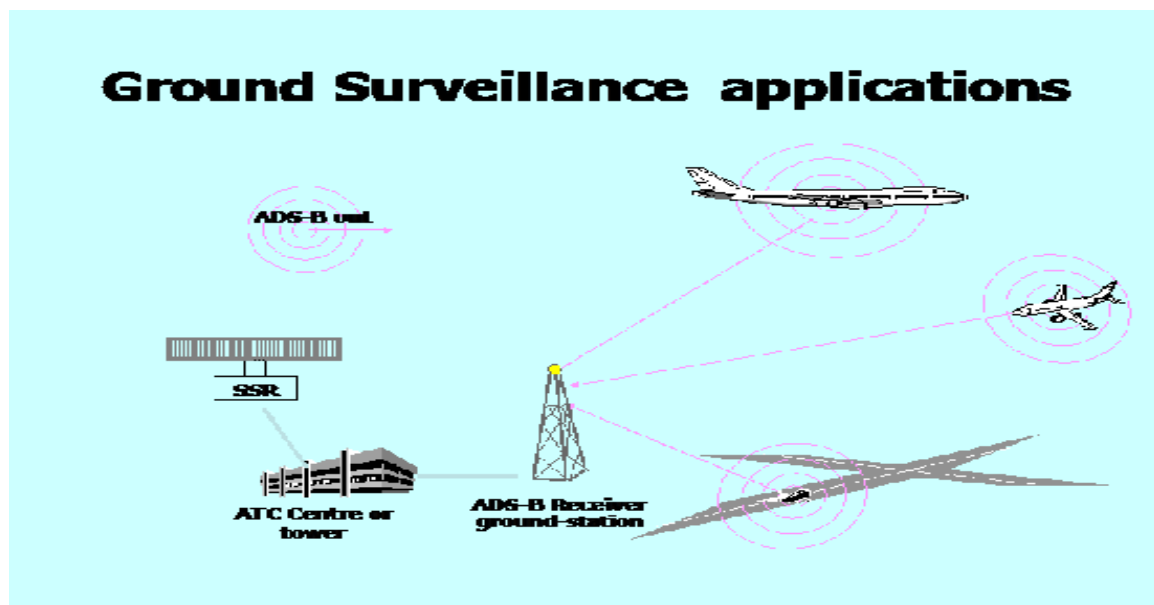


Figure II.3 : Utilisation de l'ADS-B dans la surveillance sol

II.2.3 Les systèmes de communication :

Le réseau de communication de l'aéroport assure la transmission de données de façon à rendre possible :

- La prestation des services de contrôle de la circulation aérienne.
- L'échange d'informations entre les acteurs du trafic aéroportuaire.
- D'autres applications comme les communications administratives aéronautiques.

Le lien direct entre les usagers de la plate-forme aéroportuaire est assuré par des liaisons radio, notamment des liaisons vocales. L'information requise par les pilotes ou les conducteurs de véhicules est transmise par les contrôleurs de trafic au sol ou par les conducteurs directement. Dans les deux cas, la transmission s'effectue par voie radio en mode vocal.

Le système de communication comporte d'autres composantes : les systèmes de communication de données, les systèmes de surveillance dépendante automatique et les systèmes de surveillance non renseignés. Tous font partie des systèmes de surveillance et de localisation.

Le plus important système de communication reste celui associé au système de contrôle du trafic. Ce système est aujourd'hui encore entièrement vocal et comporte un langage spécialisé avec une phraséologie standard. Même si la différence entre le message écrit et celui transmis est très grande, l'ensemble des acteurs du trafic sol doivent communiquer ainsi. Pour des raisons purement humaines ou pour des problèmes d'ordre technique, la communication peut devenir très lente voire impossible. Dans des conditions de demande de trafic élevée, les canaux de communication deviennent saturés et la cohérence des transmissions peut ne plus être assurée.

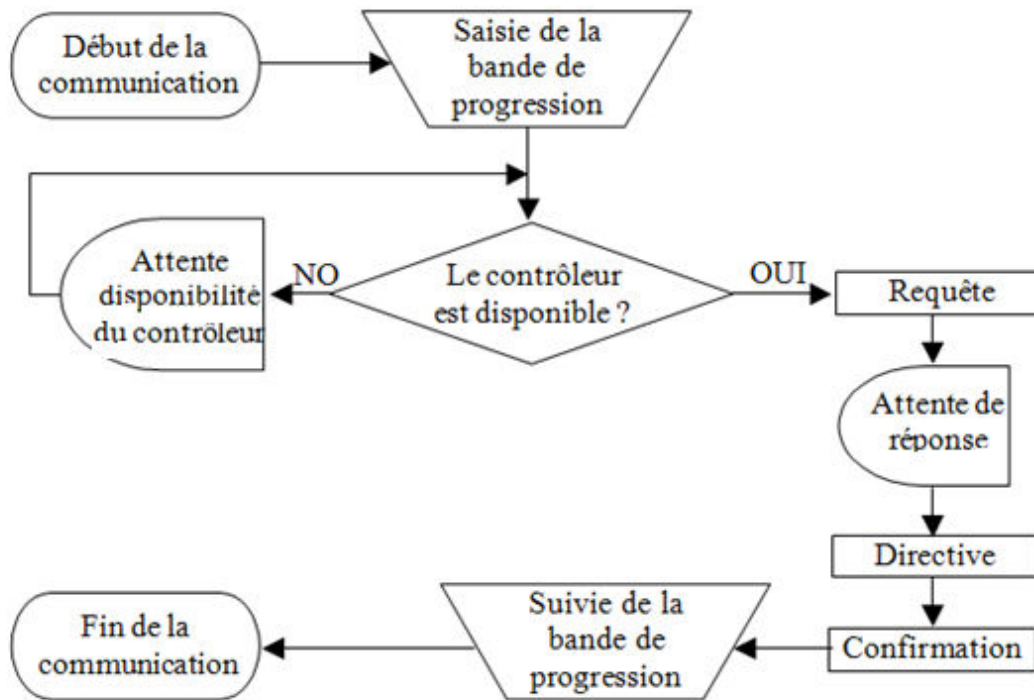


Figure II.4 : Le diagramme du protocole de communication entre le contrôleur et le pilote

II.3- L'enjeu du contrôle de trafic avion au sol :

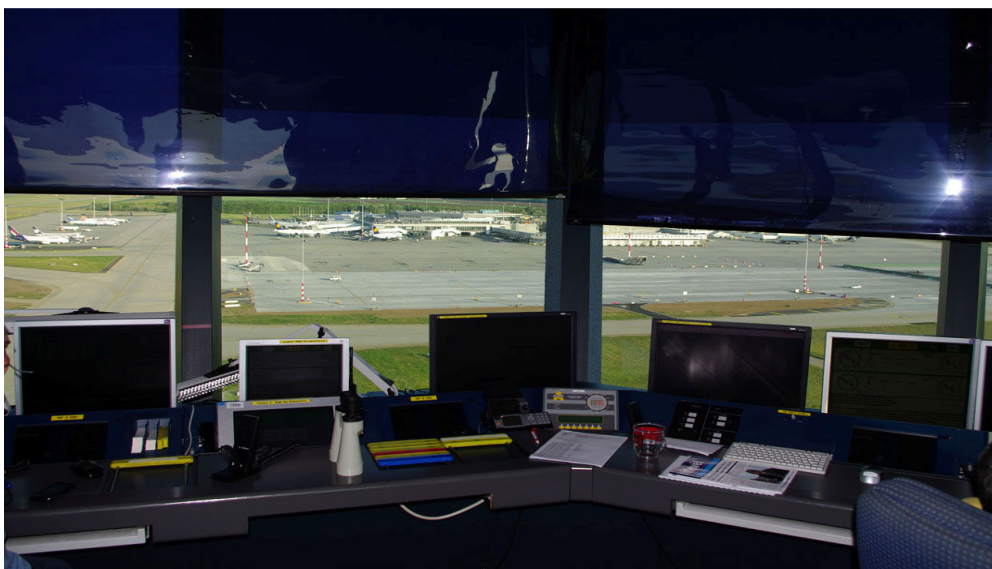


Figure II.5 : Poste de contrôle

L'accroissement considérable du trafic aérien dans tous les grands aéroports du monde a entraîné une augmentation sensible sur les pistes, les voies de circulation et les aires de stationnement, du mouvement des avions mais aussi celui de véhicules divers. Aussi s'est-il avéré de plus en plus nécessaire de mettre à la disposition des contrôleurs des systèmes donnant une image constamment mise à jour de l'ensemble de la situation qui règne sur les aéroports (radars de surveillance, détecteurs et senseurs, systèmes de positionnement par satellite embarqués ...etc.).

Les contrôleurs, sur les aéroports importants, ont des difficultés à maîtriser la situation qui s'avère critique face à l'augmentation du trafic et au nombre croissant de mouvements simultanés d'avions au sol. Cette situation va en s'empirant du fait de l'étendue toujours plus grande des installations aéroportuaires et de la complexité du réseau des voies de circulation, qui devient très difficile à surveiller.

Le contrôleur collecte les informations nécessaires à partir des observations et des compte-rendus météorologiques, des comptes-rendus des pilotes et des observations visuelles ou radar des avions, des pistes, des voies de circulation et du trafic au sol. Il traite et combine ces informations et prend des décisions. Il met ces décisions en pratique en communiquant les informations appropriées et les instructions nécessaires aux pilotes par radio.

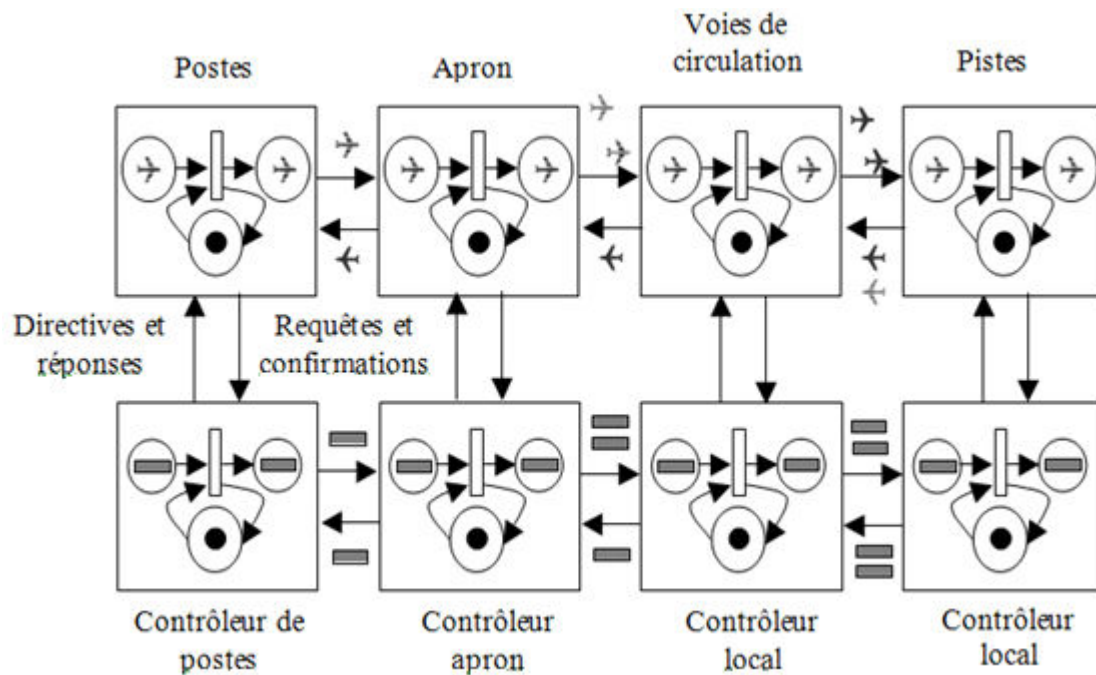


Figure II.6 Le flux des avions et l'information échangée avec la tour de contrôle

Le pilote et le contrôleur forment une boucle fermée de contrôle tout au long de la phase d'atterrissage et durant la phase de roulage jusqu'au point de stationnement de l'avion. Dans ce système, toutes les données et les informations sont perçues par des opérateurs humains (par des moyens visuels et audio), traitées par des opérateurs humains et traduites en action par des opérateurs humains. Ce type de contrôle ne suffira pas dans l'avenir, pour deux raisons principales :

- Le développement et l'utilisation des systèmes opérationnels d'atterrissage tous temps vont permettre d'effectuer des décollages et des atterrissages dans les conditions OACI des catégories IIIA et IIIB. La visibilité n'est plus alors suffisante pour que le contrôleur assure un écoulement sûr et rapide du trafic et la coordination optimale des mouvements simultanés des avions. Les pilotes ne disposent non plus d'une visibilité suffisante dans les conditions des catégories IIIA et IIIB pour rouler en sécurité et rapidement.

- L'augmentation du nombre de mouvements au sol oblige le contrôleur à intervenir en même temps dans plusieurs boucles (pilote-contrôleur) indépendantes tout en optimisant l'ensemble du trafic au sol de manière à éviter les encombrements et les arrêts de la circulation, et en assurant un niveau élevé de la sécurité.

Des améliorations substantielles ne pouvaient être attendues par des simples modifications apportées au concept de contrôle actuel. Des systèmes ont donc été étudiés qui permettraient dans un premier stade au contrôleur de se décharger de certaines tâches secondaires pour se consacrer davantage au contrôle proprement dit, à la sécurité et à la surveillance du trafic. Des systèmes entièrement automatiques, intégrés au dispositif global de contrôle sont également prévus. La sécurité demeure l'un des soucis majeurs et constants des services responsables du guidage et du contrôle de la circulation au sol.

II.3.1 Les différentes fonctions associées au contrôle du trafic sol :

Le contrôle local est responsable des arrivées et des départs des avions sur les pistes, ainsi que des avions opérant dans l'espace aérien de l'aéroport. Plusieurs contrôleurs locaux peuvent être actifs simultanément. Le contrôle sol est responsable du guidage des avions au sol ne nécessitant pas la traversée des pistes actives (cette opération étant sous la responsabilité du contrôle local). Le contrôle sol peut émettre la clearance pour effectuer le repoussage, le roulage, il peut attribuer des chemins vers chaque piste et finalement il remet le contrôle de l'avion et la communication au contrôle local. Le contrôleur de poste est

=> responsable de la gestion des avions au départ. Le contrôleur reçoit un appel de la part du pilote, lui indiquant que l'appareil est prêt pour le repoussage (s'il s'agit d'un jet) ou pour le roulage (pour les autres avions), et il marque le moment de l'appel sur la bande de progression du vol. Le contrôleur de poste fait alors une estimation du temps de repoussage/roulage dans le cas où une attente est nécessaire, et cette estimation est également inscrite sur la bande de progression du vol. Au final, le contrôle poste remet l'avion au contrôle sol selon de principe « premier arrivé, premier servi », sauf conditions spéciales ou une restriction concernant l'instant de décollage, qui nécessitent l'application des procédures différentes.

L'émission de clairances concerne les clairances de départ. Le contrôleur de clairances vérifie que les plans de vol sont complets et corrects, et communique verbalement l'altitude initiale. L'émission de clairances peut être confirmée par le contrôle de poste.

Le responsable des données de vol distribue l'information. Il vérifie l'intégrité des plans de vol avant de remettre la bande de progression du vol au contrôleur de clairances.

Le coordinateur du trafic transmet toutes les restrictions du trafic au sol, ainsi que les alertes météorologiques, au superviseur de la tour. Il fait le compte rendu de toutes les restrictions de trafic influant sur l'activité de la piste et des événements spéciaux. En coordination avec le superviseur de la tour et le contrôleur de secteur aérien voisin de l'aéroport, il décide du taux d'arrivées et de départs de l'aéroport.

La supervision de tour concerne la planification stratégique, les décisions tactiques et la gestion du nombre de contrôleurs assignés à différentes fonctions de contrôle du trafic des avions au sol.

Le surveillance à vue est la pratique courante, dans des conditions de bonne visibilité, employée par les contrôleurs de trafic afin d'évaluer l'état de trafic.

La représentation du trafic peut être réalisée sur des écrans radar. Ainsi les positions des avions (et d'autres véhicules) au sol et leurs identificateurs peuvent être affichés. Ce type de représentation est utilisé principalement dans des conditions de mauvaise visibilité où le monitoring à vue est inefficace.

La représentation radar du trafic aérien environnant est utilisée principalement par le contrôle local.

La communication radio entre les pilotes et les contrôleurs est encore le moyen d'échange de l'information nécessaire au bon déroulement de mouvement des avions au sol : état de l'avion, les clairances, les demandes de repoussage les points d'arrêts, les chemins à suivreetc.

II.3.2 les bandes de progression :

Les bandes de progression (« strips ») sont utilisées par les contrôleurs de trafic au sol pour enregistrer l'évolution des avions. A chaque départ est associée une bande de progression (voir figure III.10), imprimée automatiquement par le système de données de vol une demi-heure avant le temps de départ programmé.

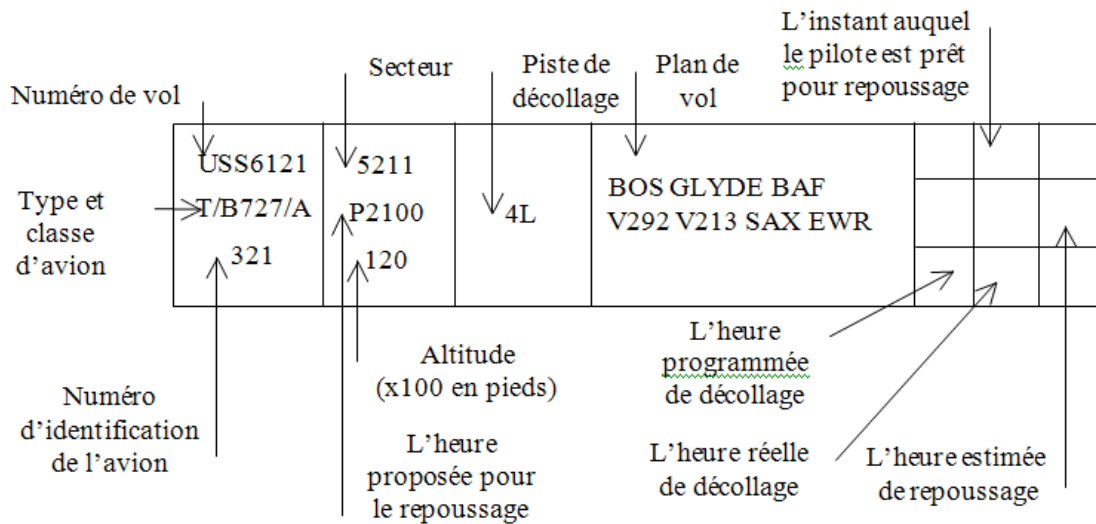


Figure II.7 : Exemple de bande de progression

Les bandes de progression sont utilisées comme source d'information concernant le départ : l'avion, son type, son identification, le temps désiré de départ proposé par la compagnie aérienne, le plan de vol (jusqu'à l'entrée dans l'espace aérien contrôlé) et les restrictions imposées tout au long du roulage au sol. Les bandes de progression sont utilisées aussi comme un outil de communication entre les contrôleurs de trafic au sol. Les bandes de progression passent d'un contrôleur à l'autre suivent la progression de l'avion au sol et le transit des différentes zones de l'aéroport contrôlées par les contrôleurs respectifs.

Les contrôleurs notent (en écrivant à la main) sur les bandes de progression l'information additionnelle comme la piste assignée pour le décollage, les modifications de l'acheminement de l'avion et certains instants de temps critiques (l'instant où le pilote est prêt pour quitter le poste de stationnement, l'instant de décollage).

II.4- Problèmes opérationnels de la circulation au sol des avions :

II.4.1- Problèmes liées à la météorologie :

Les conditions météorologiques jouent un rôle important pour le bon déroulement des opérations sur la plate-forme aéroportuaire. Trois facteurs majeurs posent des problèmes pour le trafic sol : les vents traversiers, les précipitations et la visibilité.

Les vents traversiers influent sur les atterrissages et les décollages. Le service météo de l'aéroport se doit d'informer les usagers de la direction et de l'intensité des vents traversiers.

Les précipitations modifient l'adhérence des pneus, avec un impact direct sur la sécurité et la manœuvrabilité de l'avion. Les opérations sur la plate-forme aéroportuaire se déroulent jusqu'à un niveau limite des précipitations. Au delà de cette limite tout mouvement sera interdit. Les précipitations peuvent être sous forme de pluie, de neige, de glaceetc. La formation de la glace pose des problèmes particuliers au moment du décollage. Pour combattre la formation et le dépôt de glace sur les ailes des avions, des zones de dégivrage sont prévues sur les aires de trafic de certains aéroports.

Les conditions de visibilité influent sur l'écoulement du trafic. La règle « voir et être vu » continue à être appliquée pour le contrôle de la circulation sur la plate-forme aéroportuaire. Les conditions de visibilité sont classées en quatre niveaux.

En ce qui concerne les manœuvres d'atterrissage et plus particulièrement d'atterrissage automatique, les conditions de visibilité peuvent être classées comme ci après:

- CAT I : visibilité supérieure à 800m.
- CAT II : visibilité inférieure à 800m et supérieure à 400m, à partir de ce niveau des procédures spéciales sont appliquées pour la gestion de mouvement des avions au sol.
- CAT IIIA : visibilité inférieure à 400m et supérieure à 200m.
- CAT IIIB : visibilité inférieure à 200m et supérieure à 50m.
- CAT IIIC : visibilité inférieure à 50m.

II.4.2- Les problèmes liés aux performances des avions :

Les performances des avions au sol sont caractérisées principalement par :

- Les vitesses de décollage et d’atterrissage et les durées d’occupation des pistes (en fait fonction de la masse de l’avion et des conditions météorologiques).
- La vitesse de déplacement de l’avion sur les voies de circulation (20 nœuds en général) .
- Les temps et distances standards de freinage et d’accélération.
- Les rayons de virage minimaux.
- Les vitesses maximales en virage.
- l’encombrement de l’avion (envergure et longueur) au roulage et au poste de stationnement .
- Les capacités de manœuvre autonome au poste de stationnement.

- La compatibilité avec les moyens d'embarquement/débarquement des passagers et du fret.

La séparation longitudinale au roulage des aéronefs est de 75m et de 90m par mauvaise visibilité. La séparation minimale entre deux d'avions (queue, extrémité de l'aile) au poste de stationnement est de 7,5 mètres.

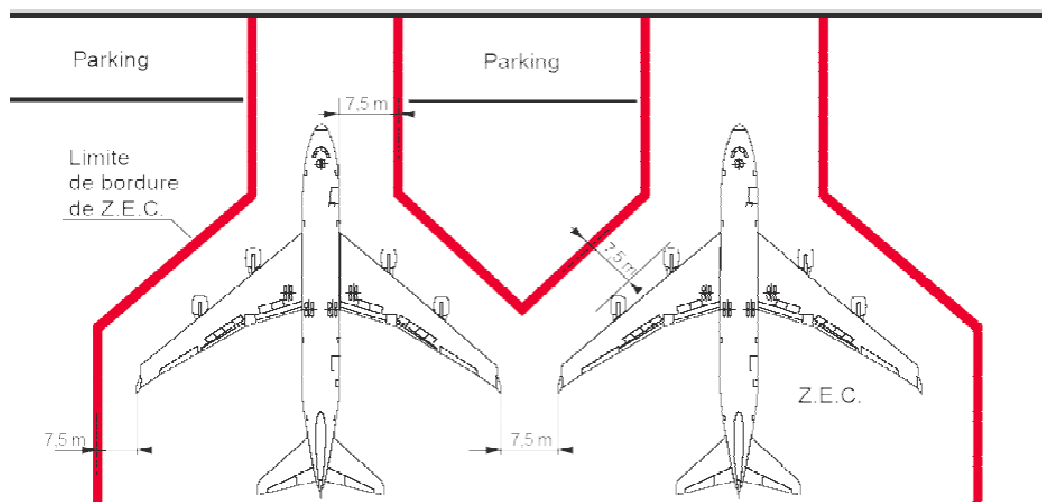


Figure II.8 : Zone de protection des postes de stationnement

En ce qui concerne la capacité opérationnelle des pistes on est amené à distinguer cinq classes d'aéronefs qui déterminent les séparations minimales à l'atterrissage et au décollage entre deux avions. Ce critère de séparation considère en fait le danger constitué par les turbulences de sillage qui ont déjà été la cause de plusieurs accidents :

- classe 1 : appareils de masse maximale au décollage (MTWO) supérieure à 136 tonnes (par exemple B747, A300, DC10).

- classe 2 : appareils de masse maximale au décollage comprise entre 40 et 136 tonnes (B727, B737, A320, DC9).
- classe 3 : appareils de masse maximale au décollage comprise entre 5,7 et 40 tonnes (F27, F28, DH7, ATR42).
- classe 4 : appareils bimoteurs de moins de 5,7 tonnes (Beech99, BN2A, Twin-Otter).
- classe 5 : appareils monomoteurs de moins de 5,7 tonnes (les avions d'aéro-club, de travail aérien).

Ce critère est basé sur les masses maximales au décollage, étroitement liées à la taille des avions et donc aux turbulences. Les appareils de classe 5 volent presque toujours en VFR (Visual Flight Rules), contrairement aux appareils de classe 4, ce qui modifie considérablement les règles de séparation. Par exemple, un Airbus A320 est un avion de classe 2 (77 tonnes), avec 150 places dans la version passagère, de longueur totale de 37,57m et d'envergure de 34,10m.

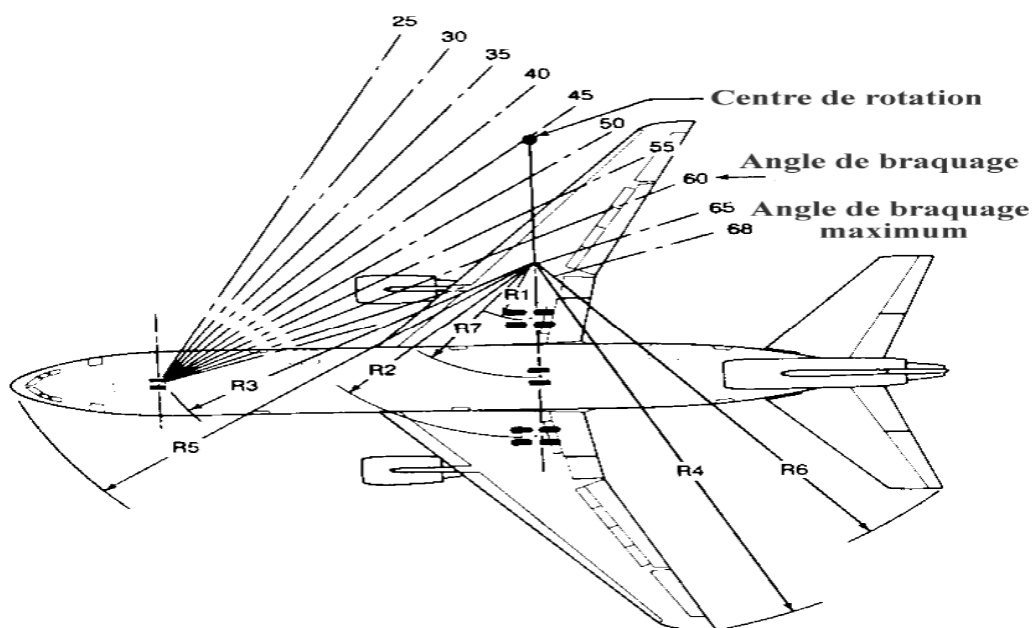


Figure II.9 : Manœuvrabilité de l'avion à très basse vitesse

II.5- Conclusion :

La sécurité et la régularité de l'écoulement du trafic ne sont pas les seuls soucis des services responsables de la circulation au sol des avions : la rapidité est plus que jamais à l'ordre du jour. Le temps que perdent les avions à circuler au sol parmi les méandres des voies de circulation et des files d'attente est considérable. Il en résulte un gaspillage d'énergie, une perte de temps, une sur consommation de carburant (des coûts d'exploitation considérables), du bruit et de la pollution environnementale. Une meilleure utilisation du réseau des voies de circulation et certaines solutions visant à réduire le temps de roulage pourraient y remédier et entraîner des économies de carburant et des coûts d'exploitation.

A cet effet et afin d'améliorer, voire optimiser l'écoulement de trafic sur la plate forme aéroportuaire et dans son espace aérien immédiat, il est nécessaire de réfléchir à l'introduction d'un système de gestion complémentaire

III.1- Introduction :

En raison des difficultés rencontrées par l'opérateur humain dans la gestion de la circulation au sol dues essentiellement aux périodes de mauvaises conditions météorologiques et la croissance constante des mouvements au sol, et afin d'améliorer la sécurité et les conditions de gestion, des solutions adéquates devraient être trouvées.

Des études approfondies et intenses ont été engagées pour pouvoir mettre en place un système de gestion informatisée capable de gérer et de surveiller toutes les situations possibles.

C'est ainsi que la communauté aéronautique a accueilli avec satisfaction et soulagement la naissance du système A-SMGCS, A signifié « Advanced » et le SMGCS signifié surface Movement Guidance and contrôle system.

III.2- Historique :

Les conditions liées au contrôle du trafic de surface d'aérodrome ont été analysées depuis une date assez lointaine dans l'histoire de l'aviation civile. Cependant, la première approche systématique a été faite par ICAO en 1974, quand un ensemble de conditions opérationnelles ont été établis. En 1979 ICAO a édité son premier manuel connexe de conseils dans ses 148 circulaires (les conseils et les systèmes de contrôle extérieurs de mouvement), dont le but était fournir des conseils sur les types de systèmes exigés aux divers aéroports cependant, la collision en 1977 de deux B747s au sol à Ténériffe a donné au sujet une importance supplémentaire. En particulier, le besoin d'un meilleur manuel de conseil sur des parties du système a été identifié, ayant pour résultat la publication 1986 de doc. 9476 d'ICAO (les

conseils et les systèmes de contrôle extérieurs de mouvement). Ce document a fourni plus de détail que la circulaire originale 148 et donc à mieux faciliter les caractéristiques appropriées des annexes et des CASSEROLES d'ICAO.

Avec la croissance de l'aviation pendant les années 1980, il est devenu évident que les capacités des systèmes décrits dans doc. 9476 devenaient insuffisantes, en particulier au cours des périodes de basse visibilité. En même temps les développements rapides de nouvelles technologies donnaient l'occasion de développer les systèmes qui pourraient permettre une capacité d'augmentation dans des conditions tous temps, à tous les types d'aéroport.

Par conséquent, au début des années 90 le travail a débuté sur le développement d'A-SMGCS, et de tirer profit de nouvelles technologies et en particulier d'automatisation. Cependant, le soin a été également pris pour éviter une approche conduite par technologie. Après un processus de développement étendu impliquant l'entrée opérationnelle et technique ICAO a édité son manuel global d'A-SMGCS en 2004. Ces exigences de haut niveau contenues dans le manuel opérationnel et de marche pour A-SMGCS sont prévues pour être employées comme conseils par des aéroports. On le prévoit également pour être employé par l'industrie et les organismes de certification. Il est également employé pour fournir la direction et les conseils à la recherche connexe par A-SMGCS.

III.3-Les objectifs :

Les objectifs de ces systèmes sont :

- D'offrir à tous les acteurs (pilotes, contrôleurs, conducteurs de véhicule) un même niveau de service.
- De préciser très clairement les responsabilités de chacun.
- D'élaborer des moyens améliorés à l'intention de ces acteurs pour qu'ils puissent avoir une meilleure prise en compte de la situation.
- D'améliorer les indications au sol et les procédures.
- De réduire la charge de travail du contrôleur et du pilote par l'automatisation de certaines fonctions et l'amélioration de l'ergonomie.
- D'offrir des solutions modulaires adaptées à chaque type d'aérodrome.
- D'assurer la détection, l'analyse et la résolution des conflits.
- De garantir un environnement plus sûr et efficace par l'automatisation, en incluant des éléments de contrôle, de guidage et d'assignation de routes.

III.4- Les principales fonctions de l'A-SMGCS :



Figure III.1 : Exemple d'un A-SMGCS

Les quatre fonctions de base de l'A-SMGCS sont la surveillance, le routage, le guidage et le contrôle.

III.4.1- La surveillance :

La fonction de surveillance est celle qui remplace la vision du contrôleur dans sa tour par beau temps et qui doit donner au système la connaissance de la position et de l'identification de tous les mobiles dans toutes les conditions météorologiques et toutes les configurations de l'aérodrome. Cette connaissance de la situation par le système pourra être mise à la disposition des acteurs concernés (contrôleurs, pilotes, conducteurs de véhicules) mais sera aussi utilisée par les autres fonctions du A-SMGCS comme le guidage et le contrôle.

Selon l'OACI, la fonction de surveillance doit être capable de connaître la situation en temps réel avec la position et l'identification

de tous les mobiles, ainsi que d'autres informations utiles pour la compréhension de la situation au sol (la vitesse ou la destination, par exemple). Le système doit être capable de renseigner les utilisateurs de cette situation, d'alimenter les autres fonctions de l'A-SMGCS et de détecter les incursions de pistes.

On remarque ensuite, que pour atteindre un niveau de performance suffisant, il sera nécessaire d'utiliser plusieurs moyens. En effet, le radar de surface le plus perfectionné ne peut fournir à lui tout seules toutes les informations nécessaires avec suffisamment de précision. Il y aura certainement plusieurs radars de surface complétés par d'autres moyens pour enrichir la connaissance et/ou l'intégrité de la fonction. On conçoit dès lors, que le système devra disposer d'un module de fusion de données fournissant des informations aux autres fonctions de l'A-SMGCS.

III.4.2- Le routage :

La fonction de routage est celle qui va assigner une route à chaque mobile. En mode manuel cette route est proposée au contrôleur qui la transmet au mobile concerné. En mode automatique cette route est transmise directement au mobile, le contrôleur étant seulement informé mais ayant la possibilité d'intervenir. Pour bien fonctionner, la fonction de routage doit prendre en compte l'ensemble des données et des contraintes du problème et doit être capable de réagir en temps réel à tout changement pouvant survenir. La fonction de routage ne doit pas être une contrainte supplémentaire mais un moyen d'assistance permettant de réduire les temps de roulage et d'améliorer la fluidité du trafic au sol.

La fonction de routage doit prendre en compte le choix du pilote en ce qui concerne la sortie de piste, elle doit prévenir et limiter les conflits aux intersections, réagir aux modifications opérationnelles, et fournir un moyen de validation des routes proposées.

III.4.3- Le guidage :

La fonction de guidage est celle qui va donner aux pilotes et conducteurs de véhicules des indications claires et précises leur permettant de suivre leur route. Lorsque les conditions de visibilité permettent un acheminement sûr, ordonné et rapide des mouvements autorisés, la fonction guidage sera essentiellement fondée sur les aides visuelles normalisées. Si les délais d'acheminement sont augmentés en raison d'une mauvaise visibilité, d'autres équipements au sol ou embarqués seront nécessaires pour compléter les aides visuelles afin de maintenir la cadence d'écoulement du trafic et d'appuyer la fonction guidage.

III.4.4- Le contrôle :

La fonction de contrôle est celle qui vient assister le contrôleur ou s'y substituer dans son rôle d'organisateur et de garant de la sécurité. Elle doit être capable d'organiser l'ensemble du trafic, de maintenir les séparations nécessaires entre les mobiles et entre ceux-ci et les obstacles, de détecter toute forme de conflits et de les résoudre. Elle peut déclencher des alertes à moyen terme pouvant être résolues par une modification de planification ou à court terme en demandant une réaction immédiate des acteurs concernés. Ces alertes peuvent être

d'abord soumises au contrôleur dans le cas du mode semi-automatique, ce qui rajoute un délai de réaction, ou bien transmises directement au mobile concerné dans le cas du mode automatique.

III.5-Les éléments du système :

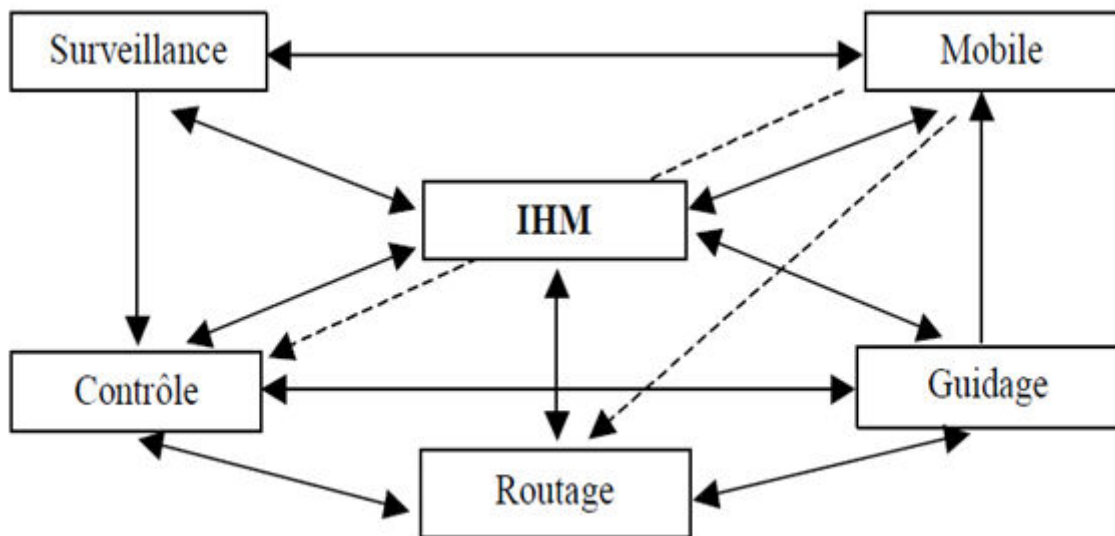


Figure III.2 : Eléments fonctionnels généraux d'un système de type A-SMGCS

III.5.1- Les Interfaces Homme Machine (IHM) :

Dans l'A-SMGCS les IHM assurent le lien entre le système et les utilisateurs (les contrôleurs, les pilotes et les conducteurs de véhicules).

L'IHM doit permettre au contrôleur d'obtenir tous les renseignements nécessaires à son travail et doit évoluer en fonction du niveau d'automatisation du système. Aujourd'hui on sait ce que peut être une IHM représentative de la fonction de surveillance et de

la fonction d'anticollision, mais on ne peut pas définir les évolutions nécessaires pour assurer les fonctions de guidage et de routage. Cette IHM doit permettre d'améliorer les conditions de travail du contrôleur, doit lui permettre de gagner du temps et aussi d'appréhender des situations qu'il n'aurait pas pu prendre en compte sans cette aide. Elle doit être interactive afin de permettre au contrôleur de chercher les renseignements qui lui sont nécessaires en temps réel.



Figure III.3 : Exemple d'un IHM du contrôleur

L'IHM du pilote doit être intégrée dans les équipements de bord et ne sera sans doute pas très spécifique pour le segment sol. On peut cependant envisager que le pilote puisse avoir une représentation renseignée de la situation au sol sur son écran de navigation avec les obstacles, les autres mobiles, les alertes et les consignes. Cette vision futuriste n'est pas encore une réalité opérationnelle, mais fait l'objet de nombreuses études. Il en est de même pour la vision du pilote qui pourrait être améliorée par des systèmes spécifiques comme des caméras, ayant une bien meilleure perception que l'œil, ou une représentation tête haute des paramètres de guidage, lui permettant de gagner du temps et d'être plus efficace.

L'IHM du conducteur de véhicule n'est pas limitée par la normalisation des équipements de bord mais plutôt par le réel besoin opérationnel. Cette IHM peut être simplement une alarme à bord des véhicules lorsqu'ils pénètrent dans une zone particulière mais aussi un écran représentatif de la situation. D'une manière futuriste on peut imaginer des moyens de guidage automatique permettant de suivre un itinéraire particulier.

III.5.2- Les modules anticollisions :

Le spectre de la collision au sol est un des soucis principaux des responsables des aéroports et le développement de systèmes permettant d'éviter ou de prévenir ces collisions représente la priorité pour de nombreux pays dans le domaine de l'A-SMGCS. Seulement, il ne peut y avoir de bon système anticollision sans qu'il n'y ait au préalable un bon système de surveillance, le module anticollision utilisant des données de surveillance pour détecter les situations potentiellement dangereuses.

Les défauts du système de surveillance se traduiront alors par des fausses alarmes ou par des configurations dangereuses non détectées.

Ces modules peuvent générer deux types de messages : des informations à moyen terme qui avertissent d'une situation potentiellement dangereuse mais ne demandent pas d'action immédiate et des alarmes à court terme demandant des actions immédiates.

Ces modules peuvent concerner les zones de pistes pour éviter les incursions, les zones de circulation ou les zones de stationnement.

Actuellement des modules anti-incursion de piste commencent à bien fonctionner sur plusieurs aéroports. Les zones de pistes sont à la fois celles où la qualité de surveillance est la meilleure et celles où le risque est le plus important en raison de la vitesse des avions.

III.5.3- Les modules de routage et de guidage :

Ces modules envisagés sont ceux qui permettront au système d'évoluer vers un système complet. Cela concernera les fonctions routage et guidage qui n'existent pas à l'heure actuelle, mais aussi toute forme de fonction automatique ou de transmission de données vers les mobiles. Pour le guidage, des modules d'automatisation du balisage axial ont été testés sans grand succès pour l'instant. D'autres idées visent à transmettre aux avions les moyens de se guider de façon autonome sur la plate-forme. Pour le routage, on peut imaginer un système capable de proposer le meilleur cheminement à chaque mobile soit par l'intermédiaire du contrôleur, soit directement.

Tout ceci fait l'objet des nombreuses recherches mais reste encore au stade des études.

III.6- Les niveaux d'exécution de l'A-SMGCS :

Les niveaux d'exécution sont :

- Identifie les besoins opérationnels
- Reflète l'évolution des technologies et des procédures
- Permet à des aéroports de s'équiper selon les conditions locales.

III.6.1- Les critères de définition:

L'OACI qui a considéré que les A-SMGCS doivent être modulaires et doivent pouvoir s'adapter à tous les aéroports, a proposé une classification des besoins en fonction des aéroports et des conditions d'exploitation. Les critères retenus sont :

III.6.1.1- Dépendances entre les services d'A-SMGCS :

Les dépendances entre les services d'A-SMGCS devront être prises en considération. Par exemple, le service de surveillance est un préalable à mettre en application au service de contrôle.

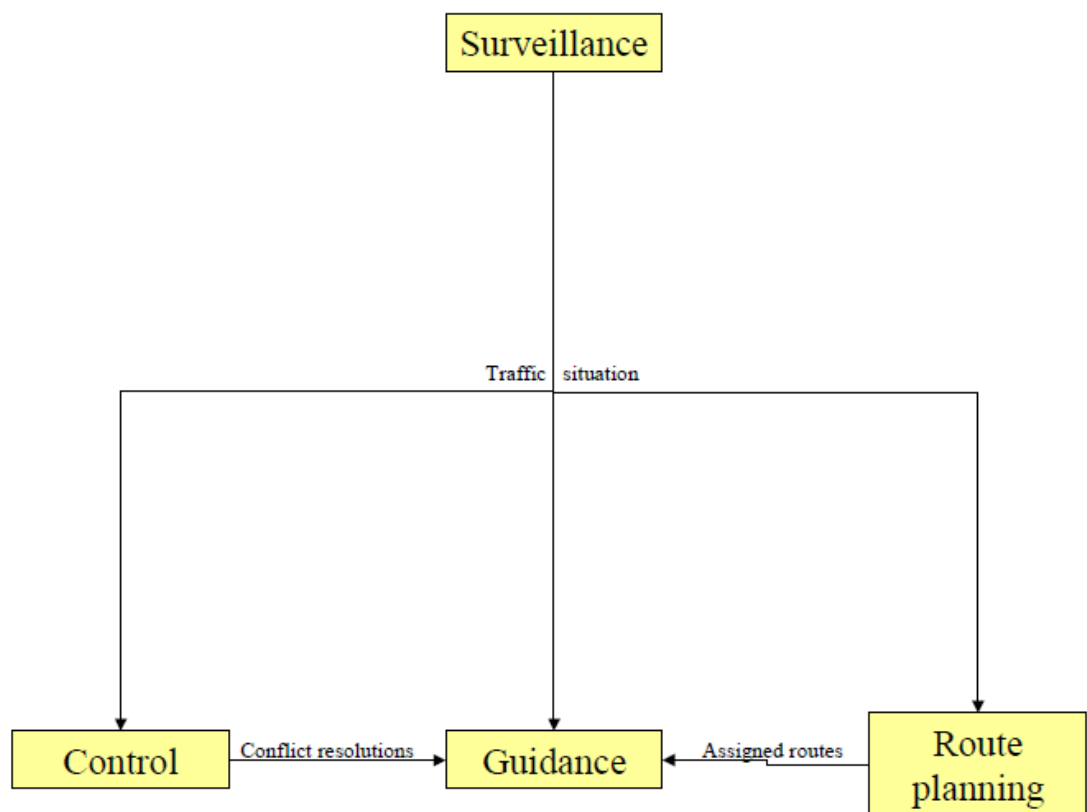


Figure III.4 : Dépendances entre les services d'A-SMGCS

III.6.1.2- Équipement d'aéroport et d'utilisateurs :

Les niveaux d'exécution doivent prendre en considération que l'aéroport ou l'utilisateur peut être équipé ou pas de système correspondant. Le choix du moyen d'identification dépend du type de mobile à identifier.

D'une part, les moyens traitants des avions doivent être les mêmes pour chaque aéroport afin de fournir l'inter-compatibilité. En outre, leur prix doit être abordable car les compagnies aériennes ne veulent pas engager des coûts supplémentaires de l'avionique sans contrepartie. À court terme, ces conditions se rapportent au transpondeur du mode S pendant que cet équipement présente l'avantage déjà de faire partie de l'avionique de norme d'avions commerciaux. Cependant, il peut y avoir également d'autres solutions techniques à prendre en considération.

D'autre part, le choix des équipements pour la surveillance des véhicules au sol pourrait être laissé à l'initiative des autorités aéroportuaires puisqu'il aura un impact sur un nombre limité de véhicules d'aéroport.

III.6.1.3- Le coût :

Les coûts des systèmes détermineront le choix du type d'A-SMGCS. Ce choix sera local selon chaque exécution d'aéroport :

Services d'A-SMGCS choisis, nombre de mobiles à équiper... Puis, selon la catégorie de coût d'A-SMGCS (basse/moyenne/haute) visée dans chaque exécution locale, le choix des technologies appropriées d'A-SMGCS sera exécuté.

III.6.1.4- Type d'aéroport :

Pour fournir un niveau d'A-SMGCS approprié à un aéroport spécifique il est nécessaire de considérer :

- les états de visibilité.
- la densité de trafic.
- l'Organisation aéroportuaire.

III.6.1.4.1- La visibilité :

Si les opérations d'aéroport ont lieu en tous les états de visibilité, un A-SMGCS améliorera la sécurité et maintiendra la sortie de piste en état de basse visibilité. En conséquence, le nombre de jours de basse visibilité par an est un facteur clé pour déterminer le niveau d'A-SMGCS à mettre en application dans un aéroport. Un aéroport sans des états de basse visibilité n'a pas besoin du même type de niveau d'A-SMGCS comme un aéroport avec un nombre considérable de jours de brouillard par exemple.

On distingue les conditions de visibilités suivantes :

Visibilité 1 : suffisante pour la vision du pilote et du contrôleur.

Visibilité 2 : suffisante pour le pilote, mais insuffisante pour le contrôleur.

Visibilité 3 : suffisante pour le pilote, mais insuffisante pour éviter les collisions à vue (visibilité horizontale inférieure à 400m et supérieure à 75m).

Visibilité 4 : insuffisante pour le guidage visuel (visibilité horizontale inférieure à 75).

III.6.1.4.2- La densité du trafic :

La densité du trafic correspond à la moyenne des heures de pointe journalière, elle est considérée :

- **Faible** : s'il y a moins de 16 décollages ou atterrissages par piste ou moins de 20 mouvements sur l'aérodrome.
- **Moyenne** : s'il y a de 16 à 25 décollages ou atterrissages par piste ou un total de 20 à 35 mouvements sur l'aérodrome.
- **Forte** : s'il y a plus de 26 décollages ou atterrissages par piste ou supérieure à un total de 35 mouvements sur l'aérodrome

Le paramètre de densité de trafic a pu être complété par la notion du nombre annuel de mouvements. Ce chiffre est utile pour établir le rang parmi d'un aéroport. Au-dessus d'un certain seuil on peut considérer que la gestion de trafic exige des outils spécifiques pour une utilisation efficace de la capacité nominale d'aéroport. Selon la densité de trafic de l'OACI et l'expérience d'ATC, nous pourrions définir deux seuils pour distinguer l'aéroport léger, moyen ou lourd, comme suit :

- Premier seuil légers - moyens : entre 40 000 et 60 000 mouvements par an.
- Seconde seuil moyens - lourds : entre 140 000 et 160 000 mouvements par an.

Par exemple, un aéroport avec 100 000 mouvements par an est entre les deux catégories. Il devrait noter que cette notion est compatible avec les catégories de densité de trafic de l'OACI.

Un autre aspect est le mélange des mouvements d'arrivée et de départ sur l'aéroport, qui signifie les écoulements transversaux des avions allant à et venant de différents aprons ou d'aires de

stationnement. Cette situation augmente les risques du conflit sur l'aéroport. Il pourrait également noter qu'il y a une forte corrélation avec les conditions météorologiques qui augmentent la taille du problème en opération VFR.

En conditions météorologiques défavorables telles que la basse visibilité, le trafic de surface sur l'aéroport Houari Boumediene d'Alger est encore réduit par l'absence des vols VFR. Par conséquent les contrôleurs de tour peuvent axer leur concentration sur les conseils des mobiles.

III.6.1.4.3- L'organisation aéroportuaire :

Elle considère la disposition générale de l'aérodrome et sa complexité qui peut être :

- **Basse :** pour un aérodrome ayant une seule piste et une voie de circulation
- **Simple :** pour un aérodrome ayant une seule piste et plusieurs voies de circulation
- **Complexe :** pour un aérodrome ayant plusieurs pistes

Une disposition complexe d'un 'aéroport exige une grande attention des contrôleurs de la navigation aérienne, des pilotes et des conducteurs de véhicule. En particulier en conditions météorologiques défavorables la complexité d'un aéroport peut provoquer des situations élevées d'effort pour les contrôleurs de tour et peut mener aux erreurs d'interprétation et aux fausses évaluations par des pilotes et des conducteurs.

D'autres paramètres peuvent engendrer une disposition complexe telles que :

- un aéroport a un système de voies de circulations avec un grand nombre d'intersections d'aprons. Particulièrement en mauvaises conditions, une évaluation fautive par les pilotes ou les conducteurs est possible de se produire;
- une voie de circulation doit être partagée en avion de débarquement et de départ ou en avions et véhicules en même temps. Ces situations se produisent quand l'aéroport a un emplacement défavorable concernant la piste.

La combinaison de ces trois critères permet d'avoir une idée des besoins d'équipement en A-SMGCS mais il est difficile d'en tirer d'autres conclusions. A titre d'exemple, un aérodrome comme Toulouse-Blagnac se trouve pratiquement classé dans la même catégorie que Roissy (visibilité 3/densité forte/complexe), or il est clair que ces deux aéroports n'ont sûrement pas les mêmes besoins.

III.6.2- Les classifications des niveaux:

L'OACI a exigé les niveaux I et II pour le court terme, les niveaux III et IV seront mis à dispositions au plus long terme et en fonction des besoins opérationnels de chaque aéroport.

III.6.2.1- Le niveau I:

Le niveau I d'exécution correspond à l'étape la plus courte en termes d'urgence, technologie et coût.



Figure III.5 : Principe de fonctionnement du niveau I

III.6.2.1.1- Surveillance :

Au premier niveau, l'ATC sera aidé par un service de surveillance qui accomplit son observation visuelle par le déploiement sur un écran :

- Le contexte du trafic d'aéroport (disposition d'aéroport,...).
- Position de tous les véhicules dans l'aire de manœuvre.
- Position de tous les avions dans l'aire de mouvement.
- Identité de tous les avions dans l'aire de mouvement.
- Identité de tous les véhicules coopératifs.

Puisque l'ATC est responsable de l'aire de manœuvre, le service de surveillance devrait couvrir tous les mobiles sur cette aire. De la même manière, le service de surveillance devrait également couvrir des avions dans l'aire de trafic pendant que les contrôleurs livrent et

refoulement des clairances quand les avions se trouvent dans cette aire. Au niveau I, on s'attend à ce que les avions et les véhicules soient coopératifs, ainsi le service de surveillance fournira automatiquement leur identité.

Cependant, il devrait également être possible que l'ATC fasse face à un nombre très limité de mobiles non coopératifs (véhicule ou avions avec le transpondeur hors service). Ces mobiles non coopératifs ne seront pas marqués

III.6.2.1.2- Contrôle :

Comme l'indiquent les rapports de plusieurs aérodromes, la détection du conflit d'incursion de piste est un facteur particulièrement difficile à aborder. En particulier, elle exige une définition précise des cas de conflit et des procédures opérationnelles ou des méthodes de travail associées. Des fausses alertes devraient être réduites pour fournir au contrôleur la confiance nécessaire par un appui automatisé. D'ailleurs, le service de contrôle exige les représentations techniques qui ne peuvent être fournies que par la technologie mise en application dans la surveillance du niveau I.

Pour toutes les raisons ci-dessus, la fonction de contrôle sera mise en application au niveau II seulement.

III.6.2.1.3- Guidage :

Le niveau I d'A-SMGCS se concentrera sur la fonction de surveillance. Aucune fonction de guidage n'est prévue à ce niveau. Les guidages continueront à être exécutés comme dans le SMGCS actuel.

III.6.2.1.4- Routage :

La fonction de routage exige d'abord l'exécution d'une fonction de planification qui n'est pas encore opérationnelle, est plus bénéfique pour l'efficacité de mouvement que pour la sécurité, et concerne seulement des aéroports par une disposition complexe. En conséquence, il n'est pas prévu de mettre en application cette fonction dans les niveaux I et II d'A-SMGCS.

III.6.2.2- Le niveau II :

L'exécution du niveau II consiste en une amélioration des fonctions existantes du niveau I et une introduction des fonctions de contrôle et de guidage.



Figure III.6 : Principe de fonctionnement du niveau II

III.6.2.2.1- Surveillance :

Au niveau II, on n'envisage pas de prolonger la mise en application de la fonction de surveillance aux pilotes et aux conducteurs parce que les technologies exigées telles qu'ADS-B / TIS-B ne seront pas encore complètement disponibles. Par conséquent, la fonction de surveillance sera identique aux niveaux I et II.

III.6.2.2.2- Contrôle :

Une fonction de contrôle initiale consacrée à l'alerte d'incursion de piste, l'avantage de l'harmonisation des méthodes de travail locales (alignements multiples, clairances conditionnels, etc.) dans la plupart des aéroports, sera présentée. La fonction ne détectera pas tous les conflits de piste, mais seulement le plus dangereux (incursion de piste) et alertera des contrôleurs en temps voulu.

III.6.2.2.3- Guidage :

Un service de guidage, déjà disponible pour, peut être intégré facilement dans les véhicules. Cette technologie consiste à l'élaboration d'une carte d'aéroport montrant des voies de circulations, des pistes, des obstacles et la position mobile donnée par GNSS. Avec ce système, le conducteur pourrait visualiser sa position et sa destination sur un écran. Ceci peut réduire les erreurs de navigation qui se produisent en état de basse visibilité. À ce niveau, ce service de guidage sera fourni aux conducteurs de véhicule comme option.

III.6.2.2.4- Routage :

La fonction de routage exige d'abord l'exécution d'une fonction de planification qui n'existera pas à ce niveau. En conséquence, cette fonction ne sera pas mise en application à ce niveau.

III.6.2.3- Le niveau III :

Le niveau III est constitué par les fonctions du niveau II complétées par le partage de connaissance de la situation du trafic pour les pilotes et les conducteurs, ainsi que l'introduction de la fonction de routage automatisée.

III.6.2.3.1- Surveillance :

À ce niveau, la fonction de surveillance fournie au contrôleur au niveau II sera fournie et partagée avec d'autres utilisateurs (pilotes et conducteurs). Cette fonction exige l'exécution des technologies telles qu'ADS-B / TIS-B pour communiquer les informations routières avec les pilotes et les conducteurs. Tous les mobiles participants seront obligés d'être coopératifs afin de fournir automatiquement l'identité mobile sur les écrans d'affichage d'utilisateurs. À ce niveau, un moyen non coopératif sera toujours nécessaire afin de détecter des intrus.

III.6.2.3.2- Contrôle :

Sur la base de la fonction de surveillance du niveau III, la fonction de Contrôle pourra détecter n'importe quel conflit au sujet des mobiles sur l'aire de mouvement. Les alarmes seront fournies au contrôleur comme dans le niveau II mais également aux pilotes et aux conducteurs. L'information de détection de conflit devrait être adaptée aux besoins du

client selon les utilisateurs (contrôleurs, conducteurs de véhicule, équipage aérien).

III.6.2.3.3- Guidage :

La fonction de guidage mise en application au niveau II, peut être améliorée par :

- l'affichage de la carte d'aéroport montrant des voies de circulations, des pistes, des obstacles et la position mobile à l'équipage aérien et aux conducteurs
- En fournissant à la carte dynamique des mises à jour de la situation de la piste, par l'utilisation de la technologie TIS-B ;
- En déclenchant automatiquement les signaux dynamiques au sol (barres de Stop, lumières de ligne centrale,...) selon le routage publié par le contrôleur.

III.6.2.3.4- Routage :

Sur la base d'une fonction de planification qui devrait être mise en application d'abord, la fonction de routage déterminera le meilleur itinéraire aux utilisateurs. Le meilleur itinéraire est calculé en réduisant au minimum le retard selon la planification, les règles de base et le conflit potentiel avec d'autres mobiles. Cette fonction s'adressera aux aéroports avec une disposition complexe, et sera fournie aux contrôleurs seulement, qui publieront les clairances d'ATC pour les pilotes et les conducteurs.

III.6.2.4- Le niveau IV :

Le niveau IV d'exécution correspond à l'amélioration des fonctions mises en application au niveau III.

III.6.2.4.1- Surveillance :

À ce niveau, la fonction de surveillance sera la même que dans le niveau III.

III.6.2.4.2- Contrôle :

La fonction de contrôle sera fournie aux contrôleurs, aux pilotes et aux conducteurs dans l'aire de mouvement. D'ailleurs, la fonction sera complétée par une fonction de résolution de conflits.

III.6.2.4.3- Guidage :

La fonction de guidage sera identique qu'au niveau III.

III.6.2.4.4- Routage :

La fonction de routage sera prolongée aux mobiles équipés. Ceci implique que l'itinéraire proposé par la fonction de routage et validé par les contrôleurs sera communiqué aux pilotes et aux conducteurs.

III.6.3- Le choix du niveaux d'exécution d'A-SMGCS :

La définition d'une stratégie pour une exécution d'A-SMGCS mène aux définitions des catégories d'A-SMGCS (le coût bas, moyen, élevés) et des typologies d'aéroport (aéroport de taille moyenne, hauts aéroports de taille).

Cette section propose le niveau de l'exécution d'A-SMGCS visé pour chaque type d'aéroport en termes de coût et fonctions. Afin de mettre en œuvre un niveau visé, chaque aéroport peut commencer par mettre en œuvre le niveau I d'A-SMGCS et progressivement améliorer le système au niveau visé.

Type d'aéroport	A-SMGCS	Surveillance	Contrôle	Route	Guidage
Léger	Non A-SMGCS	en partie	en partie	-	-
Moyen	Coût bas	I et II	II	-	II
Moyen avec la disposition complexe ou plus de 15 jours de basse visibilité	Coût moyen	I et II	III	II I	II I
Lourd	Coût élevé	III et IV	IV	I	I

Tableau III.1 : Niveaux d'A-SMGCS par type d'aéroport

III.7- Conclusion :

Les résultats enregistrés, après la mise en service de ce nouveau système, sont jugés très bons, notamment dans le domaine de la sécurité au sol. Cependant très peu d'aéroport ont eu le privilège d'accéder à ce type de gestion en raison de sa haute technologique et de son cout jugé excessif par bon nombre d'exploitation.

IV.1- Introduction :

La gestion du trafic au sol sur les aéroports a subi une évolution importante depuis le début des années 90. Sous la pression de leurs besoins opérationnels, les aéroports ont fait appel à des systèmes de plus en plus évolués. Au stade d'équipement actuel, il s'agit encore de fournir au contrôleur une image représentative de la situation au sol.

Dans ce chapitre, on étudiera la possibilité d'intégration d'un A-SMGCS en Algérie.

IV.2- Procédé utilisé : SMGCS :

IV.2.1- Définition :

Même si quelques aéroports importants sont déjà équipés d'A-SMGCS, l'aéroport Houari Boumediene se fonde toujours sur l'ancien concept : Système de contrôle et de Guidage des Mouvements de Surface (SMGCS).

Le SMGCS comprend la fourniture de guidage, et du contrôle ou de la régulation pour tous les avions, véhicules et personnel sur l'aire de mouvement d'un aérodrome.

Un SMGCS comporte une combinaison appropriée des aides visuelles, des aides non visuelles et des procédures de contrôle et de gestion de régulation. SMGCS concerne les chemins d'avions à partir de la piste d'atterrissage jusqu'à sa position sur l'aire de stationnement et le retour à la piste de décollage, aussi bien que d'autres mouvements sur la surface d'aérodrome.

Des procédures de SMGCS sont basées principalement sur «voit et soit visible». Un principe pour maintenir la séparation entre les avions et/ou les véhicules sur l'aire de mouvement d'aérodrome.

IV.2.2- Contrôle :

Le « contrôle ou régulation » signifie les mesures nécessaires pour empêcher des collisions et pour s'assurer que le flux du trafic soit optimale.

Actuellement, la surveillance de l'aérodrome est effectuée visuellement par le contrôleur. Les procédures opérationnelles sur la surface d'un aérodrome dépendent des pilotes, des contrôleurs, et des conducteurs de véhicule employant l'observation visuelle de l'emplacement des avions et des véhicules afin d'estimer leurs positions et les risques de collisions. La gestion des opérations au sol dans les grands aéroports est actuellement réalisée par une variété de techniques et de procédures.



Figure IV.1 : Caméras d'aide de surveillance pour les contrôleurs.

IV.2.3- Guidage :

Le « guidage » se relie aux informations et aux conseils nécessaires pour permettre aux pilotes et aux conducteurs des véhicules de trouver leurs chemins sur l'aérodrome et de garder les avions ou les véhicules sur les surfaces ou dans les aires destinées à leurs utilisations.

Dans la majorité des systèmes élémentaires, le guidage des mouvements sur la surface d'aérodrome sont manuellement exécutés par des contrôleurs en donnant des instructions ou en actionnant manuellement les barres d'arrêt et les lumières de voies de circulation.

Les contrôleurs au sol peuvent renseigner l'équipage des aéronefs par des messages R/T pour prendre leur propre itinéraire, suivre en ordre les voies de circulation ou un itinéraire prédéfini au point d'attente de la piste de décollage ou à la sortie de piste après l'atterrissage. Les pilotes et les conducteurs de véhicule comptent sur les aides visuelles (éclairage, signalisation et les marks) pour les guider le long de leur itinéraire assignés et identifier des intersections et des points d'attentes délivrées par le contrôleur.

IV.2.4- Procédures de basse visibilité (LVP) :

Pour les opérations de basse visibilité, SMGCS définit les procédures opérationnelles qui doivent être suivies pour les mouvements de surface. Les procédures varient d'un aérodrome à l'autre selon des facteurs tels que les régulations d'ATS, les politiques, les responsabilités organisationnelles, la configuration et

les équipements d'aérodrome.

Les procédures de basse visibilité SMGCS sont suivies quand les valeurs décroissantes de RVR approchent à un seuil prédéterminé (habituellement 550 m RVR). Des avis sont fournis aux opérateurs d'avions habituellement par le moyen d'information d'ATIS. Les fournisseurs d'ATM et les opérateurs d'avions emploient des listes de contrôle pour mettre en œuvre leurs procédures respectives de basse visibilité. La diminution de la capacité est donnée par des fournisseurs d'ATM au CFMU.



Figure IV.2 : Exemple de Basse Visibilité.

En états de basse visibilité, les procédures suivantes (LVP) sont mises en service :

- Les contrôleurs doivent employer les rapports radio téléphonie du pilote pour surveiller l'appareil par ses instructions et identifier des conflits potentiels.

- Les véhicules « Follow-me », l'éclairage de voies de circulation et/ou les signalisations sont habituellement utilisés pour guider l'équipage des aéronefs à suivre l'itinéraire sur les voies de circulation.

- Des systèmes d'éclairage, tels que des barres d'arrêt et des lumières de garde de piste, sont employés pour aider les contrôleurs dans le contrôle d'accès aux pistes actives. En cas d'échecs des systèmes d'éclairage, l'aire de manœuvre est limitée à un unique mouvement d'avion par temps précis.
- Les avions atterrissant sortent de la piste vers les voies de circulation spécifiques et suivent les instructions de roulage du contrôleur au sol pour indiquer l'itinéraire jusqu'à l'aire de stationnement.
- Quand il n'y a aucun SMR, il y a juste un itinéraire de roulage autorisé par le contrôleur sol.
- l'accès des véhicules est strictement contrôlé, et seulement des véhicules essentiels sont autorisés sur l'aérodrome.

IV.3- Nécessite d'intégration d'un A-SMGCS :

La croissance progressive du trafic, la complexité des dispositions d'aérodrome et le nombre croissant d'opérations en états de basse visibilité sont parmi les facteurs de croissance du nombre d'incidents au sol. Des carences sont constatées dans les systèmes actuels. Pour y faire face les futurs systèmes devraient prendre en compte les soucis et les besoins suivants.

IV.3.1-Opérationnel dans tous les états météorologiques :

En conditions météorologiques défavorables, des procédures de basses visibilité sont mises en œuvre dans les aéroports. Ces procédures raccourcissent la capacité globale de la gestion du trafic sol et empêchent des activités dans l'aire de trafic, particulièrement quand des aéroports ne sont pas équipés de mobiles de dégagement. L'application des technologies nouvelles et d'émergence aidera les aéroports à maintenir leur fluidité du trafic quand la visibilité est réduite et les contrôleurs ne peuvent pas observer visuellement le trafic sur les aires de manœuvre et de trafic.



Figure IV.3 : Exemple d'état météorologique défavorable

IV.3.2- Optimisation de capacité :

En raison de l'optimisation future et la situation actuelle de la capacité de l'aéroport Houari Boumediene d'Alger, il est nécessaire de mettre en service l'équipement nécessaire à des écoulements efficaces d'avions de et vers la piste pour permettre

d'avoir des courants d'arrivées et de départs optimales. L'intégration des fonctions de routage et de guidage d'A-SMGCS sont prévus conjointement dans l'aéroport d'Alger en programmant avec la gestion d'écoulement et de capacité.

IV.3.3- Procédures d'ATC :

Afin de faire face à la croissance du trafic mondiale et permettre une meilleure utilisation possible de la capacité installée par l'infrastructure d'aérodrome. Les méthodes de travail actuelles des contrôleurs ont évolué, mais des pratiques locales telles que l'alignement multiple ou les clairances conditionnelles n'ont pas été encore modifiées. En conséquence, elles ne sont pas toujours prises en considération par le SMGCS actuel installé à l'aéroport Houari Boumediene d'Alger.

Les nouvelles procédures devraient permettre à des contrôleurs de publier des clairances et des instructions sur la base de données de surveillance. L'exécution d'A-SMGCS mettra en évidence les nouvelles procédures qui produisent des alarmes dans des situations appropriées seulement, et évitent les fausses alertes.

IV.3.4- Coordination d'activités d'aérodrome :

L'amélioration de la coordination entre toutes les activités d'aérodrome exige le partage des données d'opérations entre l'ATC et tous opérateurs d'aéroport. Le service de contrôle et de préparation de vol devra connaître la disponibilité des aires de stationnement afin de minimiser les retards de roulage. Une

meilleure coordination entre les contrôleurs, les responsables de l'aire de manœuvre et les opérateurs de l'aire de stationnement contribuera à optimiser les ressources d'aéroport et les écoulements entre les deux aires.

IV.3.5- Insuffisances de technologie dans le SMGCS :

L'aéroport Houari Boumediene d'Alger est conforme au chapitre 8,9 de [Annex14 –OACI] qui mentionne que SMGCS sera installé dans les aéroports selon la densité de trafic, les conditions de visibilité d'opération, la complexité de disposition et le trafic de véhicule dans la plateforme aéroportuaire.

Les SMGCS les plus développés en fonction sont actuellement basés sur un radar de mouvement de surface pour visualiser les mouvements du trafic sol. Cette technologie a présenté quelques insuffisances (perte de la cible due au masquage, confusion de plots causée par la pluie.....etc.).

Ces éléments rendent la fonction de surveillance de SMGCS pas très efficace par la combinaison des fausses alertes de n'importe quelle détection de conflit associée et le système d'alerte, qui fait exprimer un manque de confiance entre le contrôleur et le système.

IV.4- Les moyens de mise en œuvre d'A-SMGCS :

Un certain nombre de données combinées peuvent être employées pour fournir la position ou l'identification d'un véhicule ou d'un avion mobile. Celles-ci peuvent être classifiées dans plusieurs catégories :

Moyens	Non coopératif	Coopératif
Non dépendant Couverture totale	Ressources humaines Radar Primaire de Surface	VHF ou UHF Multilatération mode S Multilatération
Non dépendant Couverture périodique	Détecteurs Hyperfréquences Détecteurs Optiques Détecteurs Infrarouges acoustiques Boucles magnétiques sondes	Radar secondaire de porte du mode S dans la trajectoire d'approche
Dépendant		ADS ADS-B

Tableau IV.1- Les moyens de mise en œuvre d'un A-SMGCS.

Les moyens non coopératifs sont ceux qui peuvent détecter un véhicule ou un avion sans n'importe quelle action de ces derniers (par exemple SMR). Ce type de moyen sera toujours utile pour détecter les intrus, les véhicules ou les avions qui ont les moyens coopératifs hors service.

Les moyens coopératifs ont un élément actif avec le transpondeur et peuvent fournir la position et des informations discrètes concernant le mobile.

Pour les moyens dépendants, c'est un équipement dans le véhicule ou l'avion mobile qui produit et transmet l'information.

IV.4.1- Moyens Non-Coopératifs :

IV.4.1.1- Radar de Mouvement de Surface Primaire (SMR) :

Le Radar de Mouvement de Surface Primaire (SMR) reste le moyen le plus efficace pour obtenir le positionnement des véhicules et des avions mobiles dans toutes les aires de l'aéroport. C'est un élément de base pour surveiller les mouvements au sol. Plusieurs fréquences et diverses techniques ont été employées, avec des avantages et des inconvénients dans tous les cas.

Le SMR est une technologie établie, qui en dépit des améliorations techniques demeure déficiente. Il y a toujours des aires où la détection n'est pas appropriée en raison des difficultés de masquage ou de propagation. En outre, le radar primaire est sensible aux variations de l'environnement : détection faible en cas de précipitation. Le progrès au cours des dernières années a été accompli par l'utilisation de l'informatique adaptée.

IV.4.1.2-Autres moyens :

Autres moyens peuvent être utilisés pour protéger des zones spécifiques, améliorer la couverture dans des aires difficiles, ou contrôler les mobiles tels que des barres d'arrêt. Elles peuvent employer diverses technologies : moyens à micro-ondes, optiques, acoustiques, infrarouges, ou magnétiques. D'autres moyens sont utilisés tels que le logiciel d'intelligence artificielle pour identifier des types de véhicule mobile (par exemple c'est possible avec l'information des détecteurs magnétiques). Les moyens utilisés, par exemple, des images d'appareil-photo ont également le potentiel.

Avec une acuité visuelle 10 fois plus grande que celle de l'œil humain. L'appareil-photo peut filmer les situations qui peuvent être analysées automatiquement pour identifier la forme des véhicules mobiles.

IV.4.2- Moyens Coopératifs :

Les moyens coopératifs exigent un transpondeur (ou une balise) installée dans les véhicule et les avions mobiles. Bien que ce soit relativement facile pour des véhicules se déplaçant autour d'un aéroport, il est beaucoup plus difficile pour les avions, qui sont sujets à la législation et la standardisation internationales.

IV.4.2.1- Équipements de véhicules :

Une balise spécifique qui transmet ou répond à une fréquence spécifique dans la gamme UHF ou VHF peut être placée sur des véhicules. Ceci permet également aux conducteurs de véhicules d'être avertis en entrant dans des aires de piste-protégés ou restreintes.



Figure IV.4 : Exemple d'un équipement de véhicule.

IV.4.2.2- Transpondeurs d'A/C :

Pour des avions, les moyens coopératifs utiliseront normalement l'équipement existant tel que le Transpondeur du Radar Secondaire de Surveillance (SSR), mode A ou S.

Le transpondeur du mode A permet à des avions d'être identifiés sur la trajectoire d'approche par corrélation avec les données du plan de vol. Cette information d'identification est employée pour identifier des avions en phase d'atterrissage.

Cependant la représentation de résolution du transpondeur du mode A n'est pas assuré quand l'avion est au sol (par conséquent ils sont normalement coupés tandis que l'avion est au sol).



Figure IV.5 : Exemple d'un Transpondeur.

IV.4.2.3- Multilatération Mode S :

La fonction du mode S du transpondeur a l'avantage de pouvoir travailler en mode sélectif, qui limite considérablement le phénomène et les moyens de saturation qui peut être trouvé au sol.

Parmi les signaux du mode S, des « squitters » (les transmissions asynchrones spontanées) et les réponses aux interrogations sélectives sont mieux adaptés pour la surveillance au sol. Les réponses à tous les modes d'appels sont des signaux évitant la déformation.

La réception et le traitement des squitters donnent l'accès à l'adresse du mode S de l'avion. La connaissance de cette adresse du mode S permet à un dialogue sélectif de commencer.

Plutôt que de déployer le radar du mode S complet, des systèmes de multilatération (MLT) sont parfois préférés puisqu'ils sont mieux adaptés à des secteurs de petite couverture, sans l'extension verticale et parfois avec des formes complexes. Ils fournissent des positions bien plus précises des véhicules et des avions mobiles.

Dans les systèmes de triangulation ou de multilatération, le message (squitter) est transmis chaque seconde par le transpondeur et il est reçu à plusieurs points. Ceci permet la détermination de la position et l'identification précise (avec le nombre du mode S dans le squitter). Après, le système interroge en mode sélectif pour obtenir l'identité de mouvement, qui, selon la catégorie de transpondeur, peut être le mode A ou l'identification d'avions (trois lettres d'indication de l'OACI de l'opérateur, suivi de numéro d'identification de vol, par exemple DAH945). Ce principe peut également être prolongé aux véhicules, qui peuvent être équipés des transpondeurs simplifiés.

IV.4.2.4- Ports du mode S :

Les ports du mode S peuvent être une alternative pour les aéroports moyens qui ne peuvent pas supporter le coût d'un système de multilatération. Avec cette application, des avions de départ sont identifiés périodiquement dans l'aire de trafic par un récepteur du mode S installé au bord de la piste. Ce récepteur prend les squitters et, par un processus d'interrogation sélective et de discrimination à distance, identifie les avions de dépassement du récepteur.

IV.5- Les contraintes de la mise en œuvre d'A-SMGCS en Algérie :

IV.5.1- Certification :

Pour des opérations d'avions et les systèmes avionique installés à bord, un processus de certification est défini et universellement appliqué.

Un A-SMGCS, du à sa complexité technique et ses changements radicaux de procédures, souligne la nécessité d'adopter un processus de certification qui aborde les conditions de sécurité non seulement de l'équipement à bord des avions, mais également du système ou du service dans son ensemble.

IV.5.2- Les procédures :

La mise en œuvre d'A-SMGCS exige l'élaboration de nouvelles procédures pour les utilisateurs du système tels que des contrôleurs, pilotes et conducteurs. Ces procédures peuvent mener à une réaffectation des responsabilités parmi les acteurs d'A-SMGCS. Il y a un risque significatif lié à l'acceptation des utilisateurs de ces procédures et du fait que ces nouvelles procédures pourraient avoir un impact négatif sur la sécurité.

IV.5.3- Le cout et la maitrise technologique :

- Le cout excessif de la technologie particulièrement pour le routage des cibles non coopératives, est un élément important dans la prise de décision d'acquisition du système.

- Les difficultés de la technologie qui rendent la poursuite des cibles erratique. Si le repérage radar d'aéroport ne peut pas être efficace, des moyens plus sophistiqués de surveillance (ADS- B, multilatération) seront exigés, cela peut engendrer des retards d'exécution des coûts supplémentaire.

- La fusion des données de surveillance venant de différentes sources est également un point technique qui a besoin de plus de recherche et de développement.

- Si la surveillance n'est pas rendue plus efficace, cette fonction sera compromise. Si trop de fausses alertes sont produites, les contrôleurs n'accepteront pas le système. La conclusion des outils de détection de conflit existants est qu'il est extrêmement difficile d'identifier tous les cas de conflit et de prendre en

considération toutes les procédures locales afin d'éviter de fausses alertes.

- Le seul SMR que dispose l'ENNA à l'aéroport Houari Boumediene d'Alger n'est utilisé qu'à titre d'essai depuis sa mise en service en 2006.

IV.5.4- L'hésitation des opérateurs d'avions :

La coordination et l'harmonisation de la mise en œuvre d'A-SMGCS en Algérie contribueront à sa rentabilité. Cependant, la réussite de la mise en œuvre dépend de la bonne volonté des opérateurs d'avions, et d'adapter leur avionique d'avions pour se conformer aux conditions d'A-SMGCS. Si les opérateurs d'avions ne reconnaissent pas la rentabilité d'A-SMGCS, ils seront peu disposés à investir sur l'avionique et perdront donc les avantages globaux d'A-SMGCS destinés à leurs propres avions. Ce risque est plus réel que les opérateurs d'avions risquent d'avoir une perte financière importante (à cause des conditions météorologiques défavorables, Air Algérie perd environ 3 million de dollars par jour en annulant ses vols vers l'Europe), alors le système A-SMGCS a une rentabilité conséquente pour les opérateurs d'avion.

IV.5.5- L'engagement de l'ENNA :

Conscient des avantages et de la nécessité de l'acquisition et de l'exploitation du système A-SMGCS, les autorités Algériennes ne ménagent aucun effort pour concrétiser cet objectif.

Fort du soutien financier des pouvoirs publics, l'ENNA, principal acteur de régulation de l'activité aéroportuaire, est désormais engagée à entreprendre tous les moyens nécessaires pour acquérir la maîtrise technique et technologique en vue de l'utilisation efficace et rationnelle du système A-SMGCS.

Tous les paramètres seront pris en compte, dans l'élaboration de la feuille de route nécessaire à la maîtrise technologique par tous les acteurs ainsi que la dotation de tous les équipements et appareils au sol.

IV.6- Conclusion :

Les résultats obtenus par les utilisateurs du système A-SMGCS sont jugés satisfaisants en tout point de vue, l'Algérie ne peut pas rester en marge de cet avancé technologique et s'est dore et déjà préparée, à l'intégration de ce système dans sa gestion aéroportuaire.

Conclusion Générale :

Aujourd'hui que l'efficacité et la nécessité de se doter du système A-SMGCS est reconnue et souhaitée par la communauté de l'aviation civile, des études d'intégration sont entreprises par beaucoup de pays, dont l'Algérie.

En effet, soucieuse de préserver ses aéroports des risques d'incidents et afin de pouvoir augmenter la capacité du trafic aérien et au sol, l'Algérie a déjà tracé un plan d'intégration du système A-SMGCS à moyen terme.

La mise en service de ce système nécessite une maîtrise parfaite par tous les utilisateurs. L'Algérie, qui s'est toujours appuyée sur ses propres ressources dans le développement des systèmes de navigation au sol et en vol au niveau de son espace aérien, a engagé tout un processus pour la mise à niveau de ce système au niveau de ses aéroports.

A cet effet, un transfert de technologie est envisagé dans ce cadre par la mise en place d'un partenariat avec le groupement Aéroport de Paris par la constitution d'une société mixte la Société de Gestion des Infrastructures et des Services Aéroportuaires (SGSIA) d'Alger, qui représente un passage intermédiaire avant l'achat de l'équipement nécessaire.

Il faut s'attendre, avec l'avènement des technologies aéronautiques « New Génération » qui utilisent les systèmes satellitaires, à ce que la surveillance des mouvements sur les plateformes aéroportuaires et la détection des objets non identifiés à la surface des aires de mouvements des aéroports seront indépendantes des équipements au sol et seront traités d'une manière automatisée provoquant le blocage de tout mouvement d'aéronef sur une aire présentant un danger potentiel suivi d'un report direct aux organes de contrôle des informations correspondantes.

Bibliographie

- (1) Manuel d'exploitation d'Air Algérie.
- (2) Manuel d'exploitation d'Air France.
- (3) Stoica Dragoçe Contantin, Analyse, Représentation et Optimisation de la circulation des Avions dans une plateforme aéroportuaire, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique (INP) de Toulouse 2004
- (4) Catherine Ronflé-Nadaud , Optimisation des trajectoires d'avion au sol, thèse de Master, Ecole National de l'Aviation Civile (ENAC) 2000.
- (5) Le site Web de l'ENNA www.ENNA.dz
- (6) http://www.eurocontrol.int/airports/gallery/content/public/a_smgcs/index.html
- (7) www.skybrary.aero/index.php/A-SMGCS
- (8) www.les.cn/Francaise/ATC-ASMGCS.htm
- (9) <http://www.atns.co.za/capital-investments/a-smgcs>

CHAPITRE I

Gestion et organisation de la plateforme
aéroportuaire

CHAPITRE II

La circulation au sol et ses problèmes

CHAPITRE III

Le système A-SMGCS

CHAPITRE IV

Possibilité d'intégration d'un A-SMGCS
en Algérie