

*Faculté des Sciences et Techniques de Fès*



*Département de Génie Industriel*



*LST de Génie Industriel*

**Projet de Fin d'Etudes**

*Optimisation de la chaîne de traitement  
des passagers  
« Aéroport Fès Sais »*



**Lieu : ONDA**

**Référence : 14/17GI**

**Préparé par :**

-SAMI Soumia

**Soutenu le 8 Juin 2017 devant le jury composé de :**

- Pr B.Rzine (Encadrant FST)
- Pr M. Abarkan (Examineur)
- Pr F.Belmajdoub (Examineur)
- Mr M.Khachani (Encadrant Société)

## DEDICACES

*À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre...*

*À cette source de tendresse, de patience et de générosité...*

*À ma mère !*

*A l'être le plus cher au monde*

*À mon père !*

*À mes chers frères...*

*À toute ma famille ...*

*À mes professeurs...*

*À tous mes amis et collègues*

*À tous les étudiants de la promotion 2016/2017*

*LST de Génie Industriel*

*À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer .....*

## REMERCIEMENTS

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur le Doyen de la FST, le corps administratif et professoral, pour les conseils, les directives et les encouragements prodigués le long de notre formation.

Nous exprimons aussi nos profondes gratitude à Monsieur le Directeur d'ONDA, le chef du service Opération Terminal **Mr.KHACHANI**, et tout le personnel de l'aéroport FES-SAIS, pour leur soutien et leur encouragement.

Nous tenons aussi à remercier vivement **Mme. Bouchra RZINE** qui n'a pas cessé de nous prodiguer ses conseils et ses suggestions pertinentes, tout au long de notre stage de fin d'études.

Nous remercions, également les membres de jury : **Mr.BELMAJDOUB** et **Mme.ABARKAN** d'avoir accepté d'évaluer notre travail.

Nous remercions sincèrement tous les enseignants de la **Faculté des Sciences et des Technique de Fès (FST Fès)** qui ont veillé à notre formation et orientation.

# TABLE DES MATIERES

Dédicaces .....	2
Remerciements .....	3
Liste des figures.....	4
Liste des tableaux.....	5
Liste des abréviations.....	6
Introduction générale.....	7
Chapitre 1: Présentation de l'organisme d'accueil et de la problématique .....	11
I. Présentation d'ONDA : .....	12
1. Historique :.....	12
2. Missions de l'ONDA : .....	12
II. Description et organigramme de l'aéroport Fès -Sais : .....	13
III. Problématique .....	14
Chapitre 2 : présentation de la chaîne de traitement des passagers et usagers.....	17
I. Introduction : .....	18
II. Acteurs de la chaîne de traitement des passagers .....	18
1. Gérant de la chaîne des passagers dans l'aéroport.....	19
2. Services publics .....	19
III. Modules de la chaîne traitement des passagers .....	22
1. Modules de la chaîne au départ.....	22
2. Modules de la chaîne à l'arrivée .....	23
3. Modules de Traitement des bagages de soute.....	23
IV. Processus de traitement des passagers : .....	23
1. Notion processus .....	24
2. Cartographie du processus traitement des passagers : .....	25
chapitre3: Analyse du sous processus départ des passagers.....	27
I. Introduction : .....	28
II. Analyse du sous processus départ .....	28

1.	Présentation du sous processus départ .....	28
2.	Diagramme flux du sous processus départ.....	28
3.	Analyse du module d'enregistrement : .....	31
4.	Analyse de l'interface contrôle des bagages à mains.....	34
5.	Analyse du module contrôle Émigration .....	36
6.	Analyse de l'interface Poste Inspection et filtrage .....	40
7.	Analyse du module embarquement.....	42
III.	Conclusion : .....	43
chapitre4: Amélioration et optimisation du sous processus départ en utilisant la theorie des files d'attente.....		44
I.	Introduction .....	45
II.	Théorie des files d'attente.....	45
1.	Définition de la Théorie des files d'attente .....	45
2.	L'objectif de l'analyse des files d'attente .....	45
3.	Modèles de files d'attente avec population infinie .....	48
III.	Optimisation du sous processus départ.....	51
1.	Optimisation du module d'enregistrement.....	523
2.	Optimisation de l'interface contrôle des bagages à mains.....	534
3.	Optimisation du module contrôle émigration .....	545
4.	Optimisation du module « PiF » .....	556
5.	Optimisation du module embarquement.....	567
IV.	Conclusion générale .....	578

# Liste des figures

<i>Figure 1 : Organigramme de l'aéroport FES-SAÏS .....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 2: Acteurs de la chaîne de traitement des passagers .....</i>	<i>18</i>
<i>Figure 3 : Cartographie du sous processus départ .....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 4 : Cartographie du sous processus arrivée.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 5 : Diagramme de flux et acteurs concernés de sous processus départ.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 6:: Banques d'enregistrement .....</i>	<i>32</i>
<i>Figure 7 : Nombre de passagers en attente pour des intervalles de temps de 30mn.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 8:Contrôle émigration .....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 9:Poste inspection filtrage.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 10: Module embarquement.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 11:Les caractéristiques du système de files d'attente.....</i>	<i>47</i>

# Liste des tableaux

Tableau 1: exemple de retard dans le sous processus départ .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 2 : description du sous processus départ .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3:Nbr moyen des passagers qui attendent d'être enregistrés .....	33
Tableau 4: Nombre de passagers des files d'attente et durée d'attente.....	35
Tableau 5: Nombre de passagers des files d'attente et durée d'attente devant le poste contrôle émigration ...	38
Tableau 6 : Nombre de passagers des files d'attente et durée d'attente.....	40
Tableau 7 : les symboles et la terminologie utilisés pour les modèles avec population infinie.....	49
<i>Tableau 8 : résultat d'application de la théorie des files d'attentes pour l'enregistrement à la 1<sup>er</sup> 90mn.....</i>	<i>50</i>
Tableau 9 : résultat d'application de la théorie des files d'attentes pour l'enregistrement à la dernière 30mn...	51
<i>Tableau 10 : résultat d'application de la théorie des files d'attentes pour l'interface contrôle bagage à mains .</i>	<i>52</i>
<i>Tableau 11 : résultat d'application de la théorie des files d'attentes pour le module émigration.....</i>	<i>53</i>
<i>Tableau 12 : résultat d'application de la théorie des files d'attentes pour l'interface poste inspection filtrage..</i>	<i>54</i>

# Liste des abréviations

- EDS : appareils de détection d'explosifs
- IATA : Association Internationale du Transport Aérien
- IFBS : Inspection Filtrage de 100% des Bagages de Soute
- OAC : Office des Aéroports de Casa
- ONDA : Office National Des Aéroports
- PAF : Police de l'Air et des Frontières
- PIF : Poste Inspection et Filtrage
- PMR : Personnes à Mobilité Réduite



## Introduction générale

Aujourd'hui prendre l'avion c'est un acte banal en quelques minutes on peut décider de partir à l'autre bout du monde, en quelques clicks on achète un billet, conséquence le client attend la même fluidité avec un traitement personnalisé au niveau de l'Aéroport, mais les multitudes d'acteurs et métiers avec des intérêts divergents et contraintes et priorités différentes, et par conséquent des processus divergents et autonomes, rendent le service rapide et attractive vécu par le passagers sur Internet (à savoir la réservation et le paiement en ligne, le billet électronique) perçu désagréablement au niveau de l'aéroport car ils se confrontent entre vie rêvée sur Internet et une dure réalité qui les frappent : multiplicité de contrôle, lourdeur des procédures d'enregistrement et files d'attente. Le temps entre l'arrivée du passager à l'aéroport (soit à l'arrivée ou au départ) et l'embarquement ou le débarquement est actuellement trop long et vécu comme une perte de temps.

Aussi dans un monde qui va de plus en plus vite, la rapidité et la fluidité de traitement avec une meilleure qualité de service constituent des demandes fortes de la part des passagers.

Le passager souhaiterait bénéficier d'une offre qui lui apporterait une solution globale à ses besoins, en choisissant la meilleure combinaison possible entre fluidité attendue par les passagers et processus aéroportuaires divergents et complexes.

Alors comment concilier cette fluidité attendue par les passagers et processus aéroportuaires divergents et complexes, en prenant en compte toutes les complexités de la structure aéroportuaire : gestion des hommes, des flux, contraintes sécuritaires et efficacité des opérations et qui aussi devra répondre à la nécessité d'une gestion adaptés à la fois aux processus, aux métiers aux charges et flux tout en synchronisant les informations à chaque étape des processus afin de s'appuyer sur une collaboration optimale entre les différents intervenant à la chaîne de traitement de passagers.

Au cours de mon stage qui a duré deux mois à l'aéroport Fès Sais, j'ai pu enrichir ma formation professionnelle et mettre en pratique mes connaissances acquises lors de ma formation.

Notre objectif étant l'optimisation de la chaîne de traitement des passagers en vue d'améliorer la qualité de service à l'aéroport Fès Sais.

Notre rapport comporte deux parties : la première partie consiste à mesurer et analyser le sous processus départ des passagers de l'aéroport Fès Sais en se basant sur un diagramme de flux

pour déterminer les différents modules et interface qui le constitue. La deuxième partie concerne l'amélioration et l'optimisation de ce sous processus à l'aide de la théorie des files d'attente.

Tout en commençant par un aperçu sur l'ONDA, son historique et ses missions. Ce chapitre contient aussi la problématique traitée dans ce projet. Ensuite dans le chapitre 2 nous allons présenter la chaîne de traitement des passagers (processus, structure et acteurs) et ses trois modules qui sont : départ, arrivée et bagage de soute. Puis dans le chapitre 3 nous allons mener une analyse systématique du sous processus départ de la chaîne de traitement des passagers pour en détecter les contraintes. Enfin dans le chapitre 4 je propose les améliorations possibles du sous processus départ.

**CHAPITRE 1: PRESENTATION DE  
L'ORGANISME D'ACCUEIL ET DE LA  
PROBLEMATIQUE**

## I. Présentation d'ONDA :

L'ONDA est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité et de l'autonomie financière. Il est placé sous la tutelle du Ministère des Équipements et du Transport et le contrôle du Ministère des Finances.

L'ONDA est ainsi devenu le premier établissement public autonome de gestion aéroportuaire à caractère industriel.

### a. Historique :

Jusqu'en 1980, les aéroports et les services de navigation aérienne étaient directement gérés par l'administration (Ministère du Transport).

Avec la construction et la mise en service du terminal de l'aéroport Mohammed V à cette date, le Gouvernement décida d'opter pour l'autonomie de gestion, avec la création en 1980 du premier établissement public de gestion aéroportuaire ; l'OAC (Office des Aéroports de Casablanca), dont les attributions ont été initialement limitées aux aéroports de Casablanca.

L'OAC a constitué la première étape du nouveau régime de gestion aéroportuaire : il a été mis en place conformément à la haute vision Royale de Feu le Roi Hassan II : « Nous nous sommes résolus à développer, à élargir et à moderniser le réseau des communications, à multiplier les aéroports et à les rehausser au niveau des aéroports occidentaux les plus prestigieux » Discours du trône du 03 mars 1981.

Ainsi, les prérogatives de l'OAC ont été graduellement et progressivement étendues pour couvrir finalement à partir de 1990 la totalité des aéroports et des services de la Navigation aérienne.

Ce renforcement par paliers des compétences de l'Etablissement, découle d'un choix délibéré, et d'une vision stratégique, en vue d'assurer le développement optimal du secteur aéronautique.

### 1. Missions de l'ONDA :

L'Office National Des Aéroports est un établissement public à caractère industriel et commercial.

***Les missions de l'ONDA sont regroupées en 4 axes :***

- ✓ La garantie de la sécurité de la navigation aérienne au niveau des aéroports et de l'espace aérien, sous juridiction nationale.
- ✓ L'aménagement, l'exploitation, l'entretien et le développement des aéroports civils de l'Etat. L'embarquement, le débarquement, le transit et l'acheminement à

terre des voyageurs, des marchandises et du courrier transportés par air, ainsi que tout service destiné à la satisfaction des besoins des usagers et du public.

- ✓ La liaison avec les organismes et les aéroports internationaux afin de répondre aux besoins du trafic aérien.
- ✓ La formation d'ingénieurs de l'aéronautique civile, de contrôleurs et d'électroniciens de la sécurité aérienne.

***Des missions qui se déclinent en un certain nombre d'exigences, à savoir :***

- ✓ La garantie d'une qualité de service dans les prestations rendues aux compagnies et aux passagers, conformément aux normes internationales.
- ✓ Le développement continu des ressources nécessaires pour répondre au changement technologique permanent du secteur.
- ✓ Le développement du secteur pour répondre aux besoins de croissance du transport aérien.

## **II. Description et organigramme de l'aéroport Fès -Saïs :**

L'aéroport Fès-Saïs a été inauguré le 28 Avril 1960 par SA MAJESTE LE ROI MOHAMMED V, accompagné de SA MAJESTE LE ROI HUSSEIN de LA JORDANIE.

A l'instar des autres grandes villes du Maroc, Fès bénéficie d'une aérogare inaugurée en 2001, les qualités artistiques et architecturales qui ont fait le renom de la ville à travers les siècles ont été mises à contribution pour parer Fès d'un nouveau joyau à la mesure de son prestige.

Il se situe à la limite de la plaine du Saïs à la porte de plusieurs hauteurs du moyen Atlas. L'aérogare est caractérisée par sa symétrie interne et externe qui s'inspire, en version moderne, de l'élément typique de l'architecture marocaine traditionnelle.

Au nord, côté ville, se développe le Hall public départ et arrivée, prolonge à chaque extrémité par des bureaux, englobent du côté Ouest, les comptoirs d'enregistrements et du côté Est la salle livraisons bagages, on y trouve de part et d'autre des locaux des compagnies et concessionnaires.

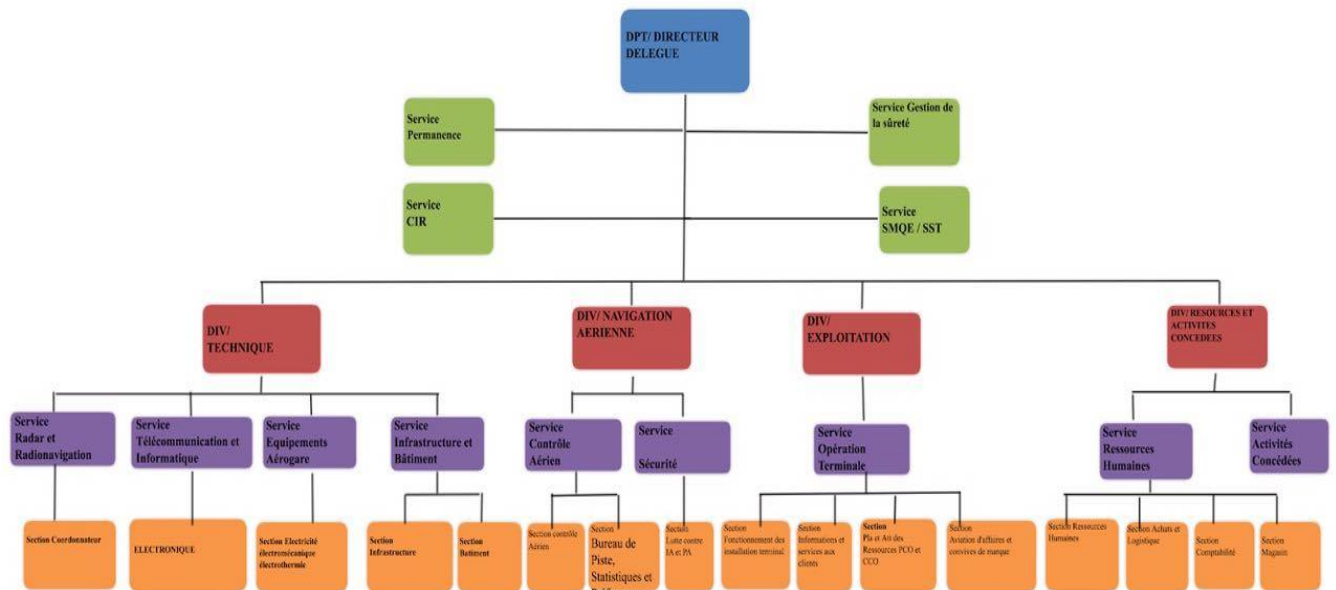
Au sud, côté piste, se trouvant la salle d'embarquement au centre, la salle arrivée passagers du côté Est.

La partie réservée au public se présente en un seul bloc de 8.60m de hauteur dont la zone réservée aux inspections et visa des passeports de 3 m de hauteur surmontée d'une cafeteria accessible depuis le Hall public par 2 escaliers symétriques.

Le salon d'honneur luxueux bâti sur cette plate-forme, permet d'accueillir les hôtes du royaume et les personnalités avec tous les égards dus à leur rang, suivant la pure tradition marocaine.

**Organigramme générale de l'aéroport Fès Sais :**

On a effectué notre projet de fin d'étude au sein de service opération terminale. la figure 1 montre son emplacement dans l'organigramme de l'entreprise.



**Figure 1 : Organigramme de l'aéroport FES-SAÏS**

**III. Problématique**

La qualité de service à l'aéroport et plus précisément au niveau d'une aérogare passagers objet de notre étude se traduit par la capacité de l'adéquation entre « l'offre » et la « demande », c'est-à-dire la façon dont l'aérogare répond aux attentes des usagers en termes d'informations, d'accueil, de fluidité, de confort, et d'efficacité.

En terme d'Information les usagers attendent de disposer d'une information fiable et à jour à tout moment et en temps opportun, et dans la transparence, de tous les aléas et imprévus qui peuvent surgir au cours de son voyage : retards, annulations, modifications d'avion, de portes d'embarquement, de comptoir d'enregistrement, de tapis d'arrivée des bagages, etc.

En terme d'accueil ils attendent une assistance courtoise et professionnelle, de la part de tous les acteurs et à tout moment. En terme de fluidité ils attendent une circulation organisée et une attente traitée de manière adaptée et prévenante durant toute les phases de processus de traitement.

En résumé, le passager attend un parcours vraiment fluide et sûr, tant à l'arrivée qu'au départ, sans obstacles, ni désagréments, dans une ambiance chaleureuse et un climat de confiance. Ils attendent un service de qualité.

De nombreux facteurs peuvent affecter cette qualité de service, comme la densité d'occupation, les temps d'attente et de traitement, la lisibilité et la compréhensibilité des circulations, les distances à parcourir et les équipements d'aide à la circulation, l'offre en places assises dans les zones d'attente, la disponibilité des chariots à bagages, les sanitaires, les services commerciaux, l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite, etc. Ces facteurs étant modulés par le « ressenti » des passagers, fonction de schémas psychologiques et comportementaux variés.

Les principaux facteurs, quantifiables et objectifs, qui se dégagent et qui affectent grandement la qualité de service au niveau d'une aérogare passagers sont :

- ✚ Les critères temporels qui sont relatifs au temps d'attente et de traitement des passagers ou des bagages aux différents points de la chaîne,

- ✚ Les critères structurels qui sont relatifs à l'espace disponible par passager dans les zones d'attentes et de circulation (surface d'attente), distances parcourus et nombre d'équipement.

D'après l'analyse générale du sous processus départ, le temps d'attente des passagers aux différentes étapes avant chaque opération est de plusieurs minutes, alors que les déplacements et les opérations ne dépassent pas 3 minutes. Donc l'enjeu est de pouvoir gérer une demande variable en adoptant une approche méthodique basée sur la planification de la capacité (ressources) appropriée à la situation, aux charges (demandes passagères) au niveau des différents modules et interfaces du sous processus départ.

Exemple des exemples de retard dans le sous processus départ donné par le tableau suivant :






Opération 

Déplacement 

Inspection 

Attentes 

Stockage 

Étape n°	Durée moyenne (seconde)	Distance à parcourir (mètre)						Description de l'étape
1	20s	quelques mètres		X				le passager arrive à l'aérogare et se manifeste à la salle d'enregistrement (file d'attente)
2	plusieurs minutes					X		Le passager attend son tour à la file d'attente
3	56s		X					le passager se présente au comptoir d'enregistrement pour s'enregistrer
4	20s			X				le passager s'oriente à l'interface contrôle des bagages à main
5	plusieurs minutes					X		Le passager attend son tour à la file d'attente
6	12s		X					Contrôle des bagages à main



**CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA  
CHAINE DE TRAITEMENT DES  
PASSAGERS ET USAGERS**

## I. Introduction :

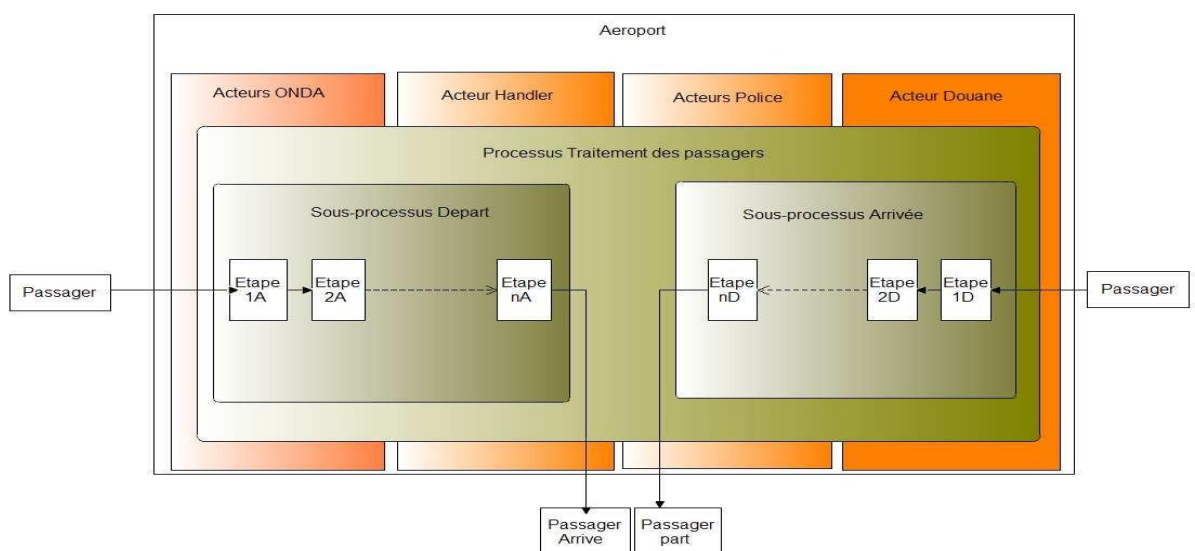
Les acteurs sont nombreux. La diversité de leurs intérêts et de leurs responsabilités complexifie l'organisation de la chaîne de traitement des passagers; toutefois chacune de leurs interventions individuelles contribue au succès ou à l'échec du processus de traitement des passagers le long de cette chaîne. La maîtrise du maillon faible, l'organisation des interfaces et la participation de chaque individu sont essentielles au succès de la prestation globale. Aussi la structure de la chaîne et la conception du processus du traitement influencent grandement la prestation en sa globalité et par conséquent la satisfaction des passagers.

## II. Acteurs de la chaîne de traitement des passagers

L'aéroport est un système organisationnel composés de plusieurs acteurs avec différentes fonctions et différents domaines de responsabilité, qui doivent coordonner entre eux pour permettre à l'aéroport d'atteindre ses objectifs et d'accomplir ses fonctions de la façon la plus rentable et la plus efficace possible, avec une volonté de servir au mieux, leur client commun, tout au long de son parcours, et en maintenant un niveau élevé de qualité du service.

Les acteurs sont le cœur du processus de traitement des passagers même si leurs visions à ce processus restent différentes car chaque acteur ne se préoccupe que de la phase qui lui concerne.

La figure suivante représente les différents acteurs de la chaîne de traitement des passagers



**Figure 2: Acteurs de la chaîne de traitement des passagers**

## 1. Gérant de la chaîne des passagers dans l'aéroport

Il s'agit de l'Office National Des Aéroports, assume la responsabilité et l'animation du site. Il est le chef d'orchestre des plateformes, de leurs équipements et de leurs services, mais dans la réalité, sa responsabilité est, dans de nombreux cas, partagée avec des services publics ou des sociétés privées sur lesquelles il a rarement autorité. De nombreux services sont sous traités ou concédés et dépendent de partenaires publics ou privés extérieurs: gardiennage, contrôle de sûreté, traitement des bagages, commerces, restauration, poste...

L'ONDA, en tant qu'entreprise de service public dont les trois grands principes sont la continuité, l'égalité et la mutabilité doit assurer des services de qualité aux passagers dans l'ensemble des aéroports du royaume et ce, quelles que soient leurs rentabilités respectives.

L'ONDA assure la facilitation aux passagers, il s'agit de l'ensemble des dispositions et mesures prises conjointement avec les compagnies aériennes et les services publics (douanes, polices des frontières) pour faciliter les procédures d'enregistrement, les opérations de contrôle au départ et à l'arrivée ainsi que la livraison des bagages. Tous les efforts entrepris dans ce sens tendent vers la réduction du temps d'attente du passager tout en tenant compte des impératifs de sûreté. Assure aussi la commodité pour que les voyages soient un moment d'agrément et non de stress pour ses passagers, il essaye autant que faire se peut de mettre tout en œuvre pour que les installations aéroportuaires puissent offrir des espaces esthétiques et accueillants. Des espaces qui disposent également de toute la gamme des prestations dont peut avoir besoin le passager : Service d'accueil et d'assistance, comptoirs de compagnie aériennes, téléphone, poste, banque, restauration, presse, boutiques en hors taxes...

## 2. Services publics

### b. Police aux frontières (immigration et émigration) :

C'est un service gouvernemental qui contrôle l'entrée et la sortie des passagers nationaux et étrangers. Il est le responsable de la sécurité et de l'ordre public à l'intérieur du site de l'aéroport.

#### **La police des frontières doit assurer plusieurs missions :**

- Veiller au respect des textes relatifs à la circulation transfrontalière ;
- Veille au respect des règles de sûreté sur les zones aéroportuaires ;
- Assurent le contrôle des passagers sur les vols internationaux au départ et à l'arrivée des pays tiers ;

- Lutter contre l'immigration irrégulière sous toutes ses formes ;
- Concourir à la sûreté du transport aérien ;
- Assurer les missions de police aéronautique (sécurité générale des aéroports).

#### c. Douanes

C'est un service gouvernemental qui a des missions à forts enjeux économiques et sécuritaires elle est chargée de la perception des droits et taxes douanières, du recouvrement des impositions fiscales et parafiscales, de la lutte contre les trafics illicites et du contrôle des marchandises et des personnes aux frontières, veille au respect des réglementations, applicables à l'importation, en matière de contrôle des normes techniques, des mesures sanitaires, vétérinaires et phytosanitaires et de protection de la propriété intellectuelle.

Son intervention dans ce domaine consiste également à lutter contre les courants de fraude et à juguler les trafics illicites de marchandises susceptibles de menacer la santé et la sécurité publiques (stupéfiants, articles contrefaits, armes et explosifs, produits dangereux ou non conformes aux normes sanitaires et techniques requises, etc.).

#### d. Compagnie Aérienne

Les compagnies aériennes sont contractuellement responsables de leurs passagers, depuis leur enregistrement au départ, jusqu'à la livraison de leurs bagages à l'arrivée. Ils peuvent sous-traiter l'activité de traitement des passagers aux aéroports à des sociétés spécialisées (Handler) dans le domaine.

#### e. Handler

Ce sont des sociétés d'assistance en escale pour les compagnies aériennes dont le rôle est :

- l'assistance administrative au sol et la supervision comprennent :
  - ✚ Le contrôle du chargement, des messages et des télécommunications;
  - ✚ Le traitement, le stockage, la manutention et l'administration des unités de chargement;
  - ✚ Tout autre service de supervision avant, pendant ou après le vol et tout autre service administratif demandé par le transporteur aérien.
  - ✚ Service de vente de billets aux passagers
  
- l'assistance « passagers » comprend : toute forme d'assistance aux passagers au départ, à l'arrivée, en transit ou en correspondance, notamment le contrôle des billets, des

documents de voyage, l'enregistrement des bagages et leur transport jusqu'aux systèmes de tri.

- l'assistance « bagages » comprend : le traitement des bagages en salle de tri, leur tri, leur préparation en vue du départ, leur chargement sur et leur déchargement des systèmes destinés à les amener de l'avion à la salle de tri et inversement, ainsi que le transport de bagages de la salle de tri jusqu'à la salle de distribution.
  
- l'assistance « fret et poste » comprend :
  - ✚ Pour le fret, tant à l'exportation qu'à l'importation, ou en transit, la manipulation physique du fret entre l'avion et l'aérogare, le traitement des documents qui s'y rapportent, les formalités douanières et toute mesure conservatoire convenue entre le prestataire et le transporteur aérien ou requise par les circonstances ;
  - ✚ Pour la poste, tant à l'arrivée qu'au départ, le traitement physique du courrier, le traitement des documents qui s'y rapportent et toute mesure conservatoire convenue entre le prestataire et le transporteur aérien ou requise par les circonstances.
  
- l'assistance « opération en piste » comprend :
  - ✚ Le guidage de l'avion à l'arrivée et au départ;
  - ✚ L'assistance au stationnement de l'avion et la fourniture de moyens appropriés;
  
- Les communications entre l'avion et le prestataire des services côté piste;
  - ✚ Le chargement et le déchargement de l'avion, y compris la fourniture et la mise en œuvre des moyens nécessaires, le transport de l'équipage et des passagers entre l'avion et l'aérogare, ainsi que le transport des bagages entre l'avion et l'aérogare;
  - ✚ L'assistance au démarrage de l'avion et la fourniture des moyens appropriés;
  - ✚ Le déplacement de l'avion tant au départ qu'à l'arrivée, la fourniture et la mise en œuvre des moyens nécessaires;
  - ✚ Le transport, le chargement dans l'avion et le déchargement de l'avion de la nourriture et des boissons.
  
- l'assistance « nettoyage et service de l'avion » comprend :

- ✚ Le nettoyage extérieur et intérieur de l'avion, le service des toilettes, le service de l'eau.
- ✚ La climatisation et le chauffage de la cabine ;
- L'aménagement de la cabine au moyen d'équipements de cabine, le stockage de ces équipements.

### III. Modules de la chaîne traitement des passagers

Ils correspondent aux différents modules de traitement des passagers qui comprennent l'ensemble des locaux et équipements liés directement au traitement des flux de passagers et de bagages à l'arrivée et au départ. Outre ces modules qui forment le cœur fonctionnel du bâtiment, l'aérogare comprend d'autres fonctionnalités (commerciale, opérationnelle, administrative et technique) qui ont peu d'impact sur le déroulement du traitement des passagers.

#### 1. Modules de la chaîne au départ

Au départ les passagers subissent un certain nombre de formalités et passent successivement par plusieurs « modules » :

- **Hall public départs** : il correspond à une zone d'accueil, de circulation et d'attente, de desserte des différents modules, d'information, de commerces, de services, retrait du billet pour les passagers au départ avec leurs accompagnants. Les halls publics peuvent être mixtes (arrivées/départs).
- **Enregistrement** : il correspond à une zone comprenant les banques d'enregistrement des passagers et de leurs bagages, et les espaces réservés aux files d'attente à l'enregistrement. Un pré filtrage avant la zone enregistrement est parfois mis en place pour en restreindre l'accès aux seuls passagers.
- **Contrôle émigration** : il correspond aux filtres de contrôle transfrontalier pour les passagers (internationaux et nationaux) et un espace réservé aux files d'attente et à la circulation.
- **Postes inspection Filtrage** : il correspond au contrôle de sûreté des passagers de leurs bagages à main : filtre de contrôle, local de fouille, espaces réservés aux files d'attente et à la circulation. Le contrôle de sûreté des passagers et bagages de cabine.

- **Zone d'embarquement** : il correspond à des zones d'attente et de circulation, services et commerces, salles d'embarquement, portes d'embarquement, contrôle des cartes d'embarquement.

## 2. Modules de la chaîne à l'arrivée

A l'arrivée aussi les passagers subissent un certain nombre de formalités et passe, successivement par plusieurs « modules » :

- **Contrôles immigration** : il comprend les filtres de contrôle transfrontalier de la Police de l'Air et espaces réservés aux files d'attente et à la circulation pour les passagers.
- **Zone de livraison bagages** : elle correspond à la Salle de livraison des bagages de soute (zone de circulation et d'attente), tapis de livraison des bagages, zone de stockage des chariots à bagages, zone de contrôle douane.
- **Halls publics arrivées** : il comprend une zone d'accueil, de circulation et d'attente pour les passagers à l'arrivée et leurs accompagnants, information, commerces, services. Ils peuvent être mixtes (arrivées/départs).

## 3. Modules de Traitement des bagages de soute

Le traitement des bagages à soute subit un cheminement spécial:

- **Enregistrement des bagages de soute** : après les banques d'enregistrement, tapis et convoyage des bagages, ils subissent une inspection filtrage et un tri au départ.
- **Inspection filtrage des bagages de soute** : La réglementation impose l'inspection filtrage de 100 % des bagages de soute. L'IFBS se fait au moyen d'appareils de détection d'explosifs (EDS).
- **Tri bagage départ** : regroupement des bagages, tri par destination, chargement des chariots et conteneurs, zone de circulation et de stockage. Le tri et le convoyage peuvent être automatisés ou manuels (manutentionnaires).
- **Traitement bagages à l'arrivée** : Zone de déchargement des chariots et conteneurs, circulation et stockage, dépose des bagages sur les tapis de livraison.

## IV. Processus de traitement des passagers :

Le passager dès son arrivée à l'aéroport, déclenche un processus de traitement, composé de formalités et de services de transport ou de livraison des bagages. Ce processus est

décomposé en deux sous processus arrivé et départ vu la particularité de chaque phase de traitement ainsi que la multiplicité des acteurs.

## 1. Notion processus

Un processus est un ensemble de ressources et d'activités liées qui transforment des éléments entrant en éléments sortant. Autrement dit, c'est une boîte noire qui a une finalité (les données de sortie) et qui pour atteindre cette finalité utilise des éléments extérieurs (données d'entrée) et les transforme (en leur donnant une valeur ajoutée) par du travail et des outils (activités et ressources).

Un événement déclenche le processus en initiant la création d'une instance. Contrairement à une tâche, un événement ne consomme ni temps, ni ressources. Un processus est sensible à différents types d'événements :

- ✚ L'événement de déclenchement de l'exécution du processus créant à chaque fois une nouvelle instance de ce processus.
- ✚ L'événement de finalisation est provoqué à la fin de l'exécution du processus et déclenchant éventuellement à son tour un autre processus en cascade. En l'absence d'un appel d'un autre processus, son instance se détruit.
- ✚ L'événement déclenché suite à un changement d'état durant l'exécution du processus.

Chaque fois qu'on transforme quelque chose pour un client interne ou externe, on passe par un processus. Dessiner une cartographie de processus est une des façons les plus efficaces de reconnaître et éliminer les sources de gaspillage. Cette cartographie représente :

- L'ensemble des étapes, avec ou sans valeur ajoutée.
- L'ensemble des flux qui permettent de gérer ces étapes.

La cartographie donne une vue d'ensemble du processus de la conception au lancement d'un produit ou service. Cet outil fait également ressortir les activités goulots et celles qui ajoutent aux coûts sans ajouter de la valeur.

Une fois la carte établie, on analyse les étapes en recueillant des données comme les temps de cycle par exemple. Cette analyse aide à réduire au minimum les activités sans valeur ajoutée et à repenser les façons de faire. La cartographie du processus permet ainsi de mettre au point un processus optimal.



## 2. Cartographie du processus traitement des passagers :

Le processus traitement des passagers peut être décomposé en deux sous processus arrivée et départ car ils comprennent des phases de traitement indépendantes.

### a. Cartographie du sous processus départ.

Le schéma ci-dessous présente la cartographie du sous processus départ, modélisé à l'aide de la notation BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation), afin de montrer d'une façon claire le déroulement des phases de traitement des passagers au départ et les différents acteurs y engagés.

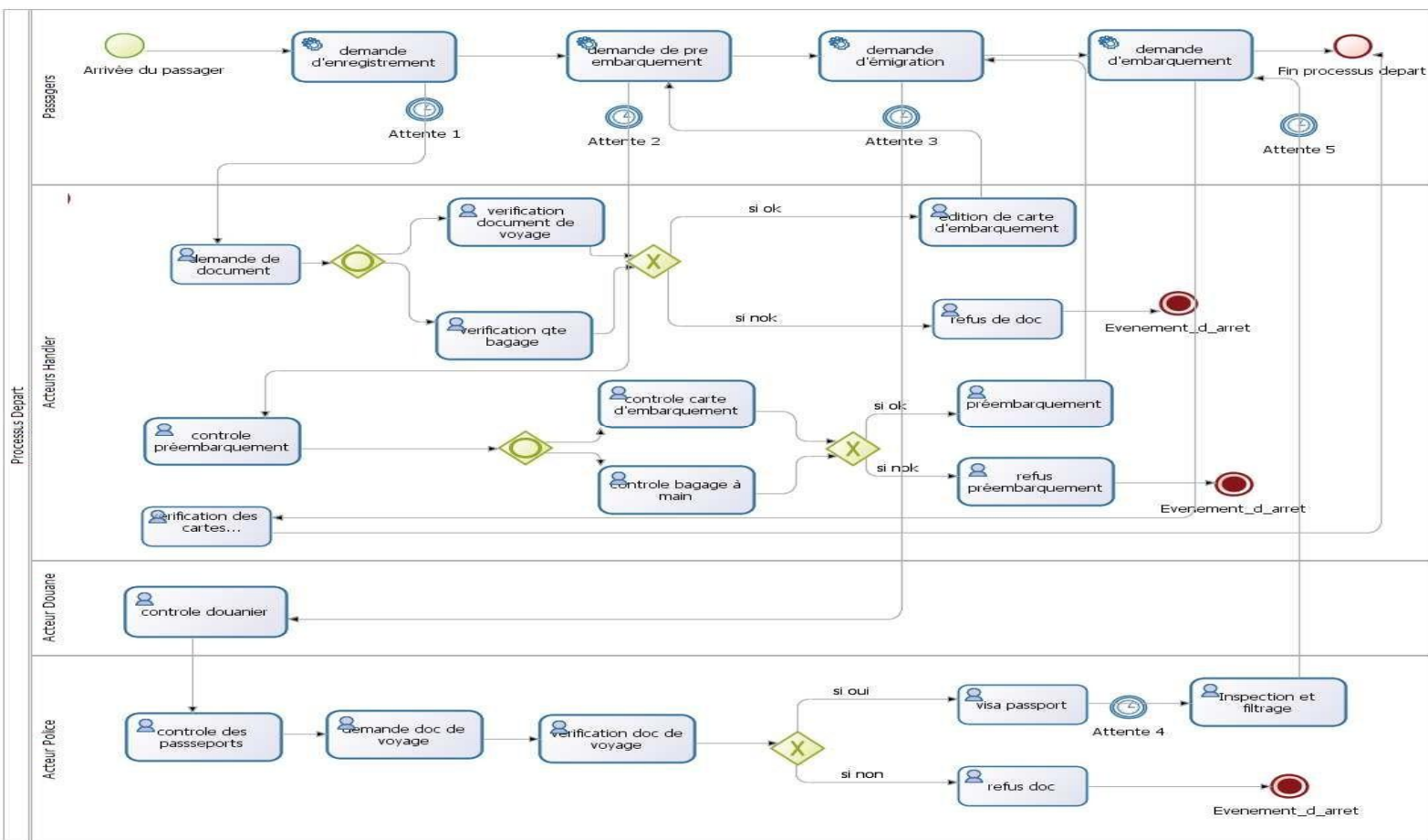
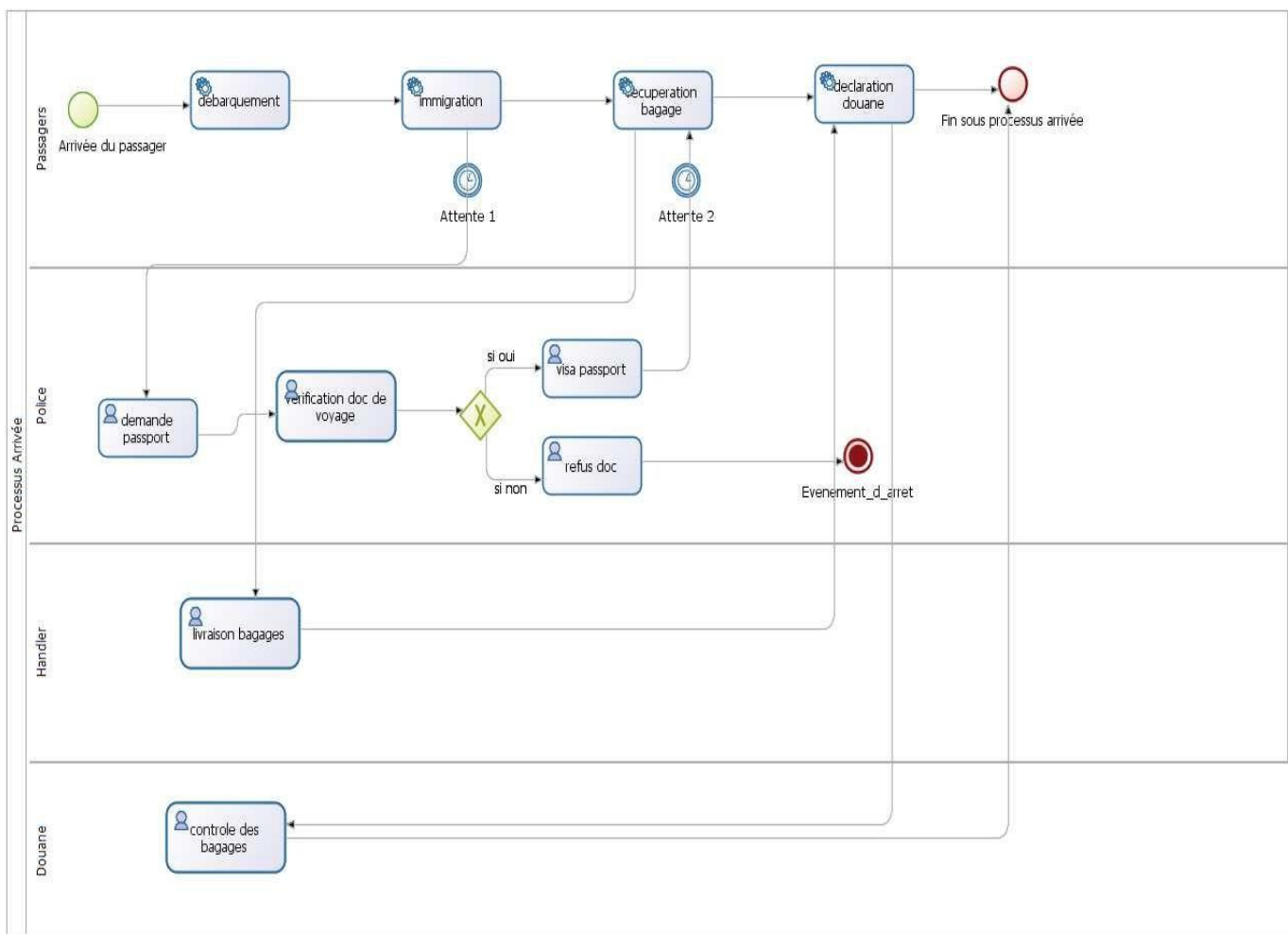


Figure 3 : Cartographie du sous processus départ

### b. Cartographie du sous processus arrivée

Comme pour le sous processus départ, le schéma ci-dessous présente la cartographie du sous processus arrivée, modélisé à l'aide de la notation BPMN 2.0 (*Business Process Model and Notation*), afin de montrer d'une façon claire le déroulement des phases de traitement des passagers à l'arrivée et les différents acteurs y engagés.



**Figure 4 : Cartographie du sous processus arrivée**

Dans la suite de notre rapport, et pour insuffisance du temps on va analyser et améliorer juste le module départ.

**CHAPITRE3: ANALYSE DU SOUS  
PROCESSUS DEPART DES PASSAGERS**

## I. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons mesurer la capacité du sous processus départ , les durées de moyenne de traitement des passagers et d'attente de ses modules pour en déduire où et quand les goulots d'étranglement risquent-elles d'apparaître et proposer un outil de gestion dynamique des ressources pour anticiper un temps d'attente inacceptable et assurer un traitement fluide.

## II. Analyse du sous processus départ

### 1. Présentation du sous processus départ

Le sous processus départ est une succession de modules de traitement, à savoir l'enregistrement, l'émigration et l'embarquement dont les passagers effectuent les formalités nécessaires pour accéder à l'avion. Ce sous processus est linéaire ou chaque passager obtient le même service de base en se déplaçant tout au long d'une série d'étapes standardisées et d'une opération à la suivante en fonction d'une séquence prédéterminée.

### 2. Diagramme flux du sous processus départ

Pour l'analyse de sous processus départ nous aurons recours au diagramme de flux selon lequel les passagers transitent pour mener un diagnostic temporelle des étapes et des opérations, en les regroupons à base du diagramme ci-dessous en cinq catégories principales :

- Opérations
- Déplacement
- Inspection
- Attente
- Stockage

L'objectif de cette analyse est de connaître les données chiffrées, de comprendre le déroulement des activités et de détecter tous les détails intéressants pour en déduire la phase ou l'étape qu'il faut améliorer.

Commençant par un diagramme flux qui va nous aider à détecter les modules constituant le sous processus départ et les différents points critiques.

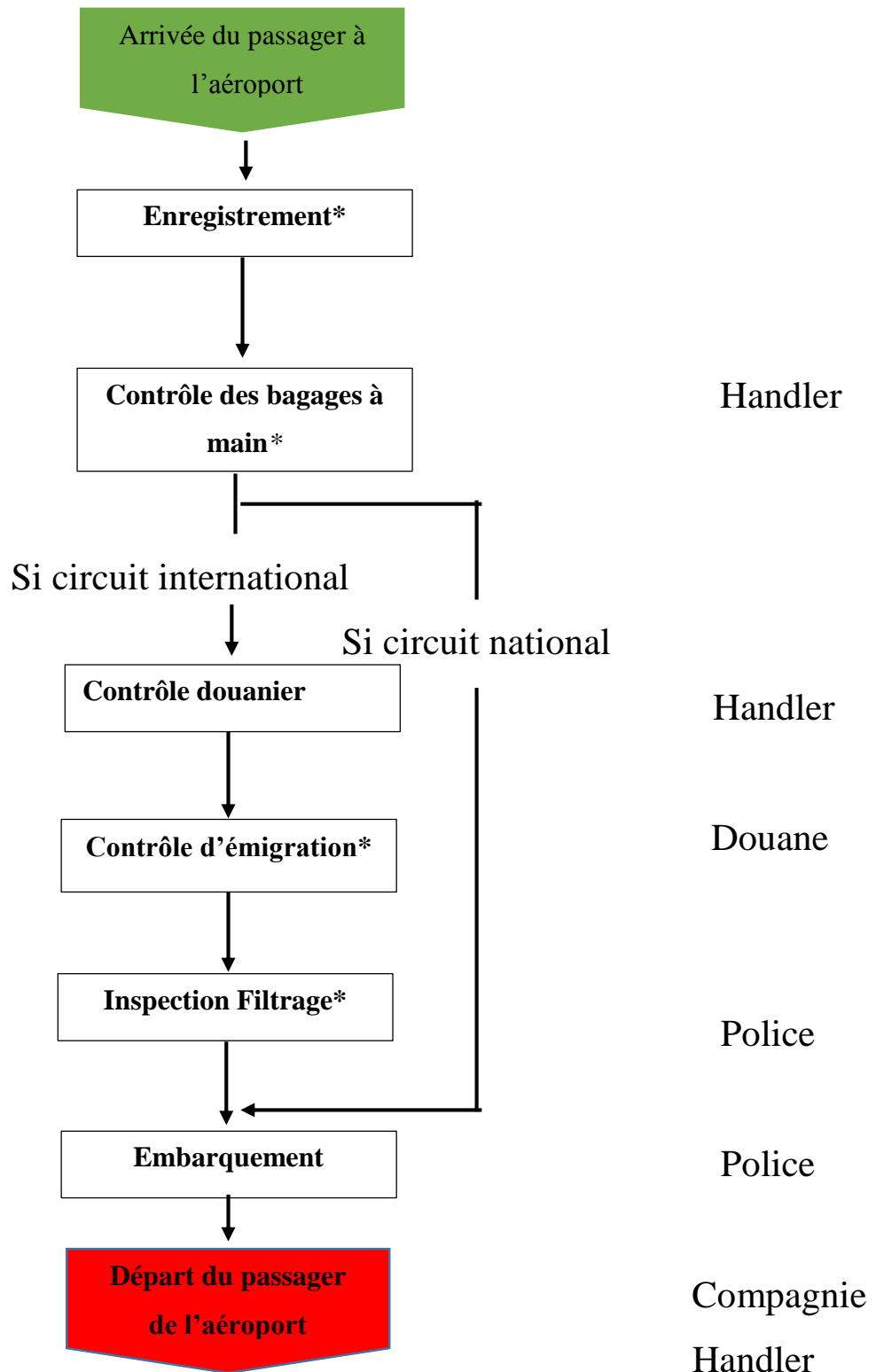


Figure 5 : Diagramme de flux et acteurs concernés de sous processus départ

ONDA

\* Points critiques pour la réussite de la prestation de service (personnel de contact, ressources allouées, capacité de service, temps d'attente, capacité de la zone d'attente)

<b>Sous Processus</b> :	<b>Traitement des passagers au départ</b>
<b>Objet</b> :	<b>Assurer la fluidité et les facilités nécessaires pour les passagers à destination d'un autre pays ou autre ville</b>
<b>Début</b> :	<b>Arrivée du passager à l'aéroport</b>
<b>Fin</b> :	<b>Embarquement</b>






**Tableau2 : représentation du sous processus départ**

Après la description générale du sous processus départ, le tableau suivant représente une description détaillé de ses étapes et opérations.il va nous servir à déterminer la durée de chaque activité dans le sous processus départ.

Étape n°	Durée moyenne (seconde)	Distance à parcourir (mètre)	●	➔	■	◐	▼	Description de l'étape
1	20s	quelques mètres		X				le passager arrive à l'aérogare et se manifeste à la salle d'enregistrement (file d'attente)
2	plusieurs minutes					X		Le passager attend son tour à la file d'attente
3	56s		X					le passager se présente au comptoir d'enregistrement pour s'enregistrer
4	20s			X				le passager s'oriente à l'interface contrôle des bagages à main
5	plusieurs minutes					X		Le passager attend son tour à la file d'attente
6	12s		X					Contrôle des bagages à main
7	5s	quelques mètres		X				le passager se manifeste à la salle d'émigration
8	plusieurs minutes					X		Le passager attend son tour à la file d'attente
9	40s		X					le passager effectue les formalités d'émigration
10	5s	quelques mètres		X		X		le passager s'oriente vers le Poste Inspection Filtrage
11	12s		X					une Inspection Filtrage est effectuée par la police
12	5s	quelques mètres		X				le passager s'oriente à la salle d'embarquement
13	plusieurs minutes					X		le passager attend d'être embarqué
14	10s		X					Contrôle des cartes d'embarquement

**Tableau 2:description des étapes et des opérations du sous processus départ**

A partir du tableau 2, on a déduit le temps d'attente des passagers aux différentes étapes.

Activité		Nombre d'étapes	Durée (minutes)	Distances (mètres)
Opération		5	2.17	
Déplacement		5	0.91	Quelques mètres
Inspection		0		
Attentes		5	Plusieurs minutes	
Stockage		0		

**Tableau 3 : diagnostic temporelle des étapes et des opérations**

On constate d'après cette analyse que le temps d'attente des passagers aux différentes étapes avant chaque opération est de plusieurs minutes, alors que les déplacements et les opérations ne dépassent pas 3 minutes. Donc l'enjeu est de pouvoir gérer une demande variable en adoptant une approche méthodique basée sur la planification de la capacité (ressources) appropriée à la situation, aux charges (demandes passagères) au niveau des différents modules et interfaces du sous processus départ. Pour cela nous devons connaître la capacité actuelle utile du sous processus c'est-à-dire la production de service maximale que peut supporter dans les conditions normales au niveau de chaque module.

### 3. Analyse du module d'enregistrement :

le module Enregistrement est constitué de deux maillons : un espace d'attente (réservoir) et les banques d'enregistrement (processeur). Les banques d'enregistrement traitent le flux des passagers transportant leurs bagages de soute avec ou sans chariot, et le transforment en flux de passagers au départ sans bagages de soute, prêts à se présenter au contrôle d'émigration après un contrôle des bagages à main par la compagnie aérienne ou le Handler.

#### a. Détermination de la capacité module enregistrement

C'est la capacité de module d'enregistrement qui permet définir la capacité des autres modules du sous processus départ par le débit qui génère :

- ✚ le débit des passagers qui quittent la zone d'enregistrement déterminera le flux des passagers au contrôle des bagages à main ;
- ✚ le débit des passagers au contrôle des bagages à main déterminera le flux des passagers aux postes contrôle d'émigration;
- ✚ le débit des passagers au poste de contrôle d'émigration déterminera le flux des passagers à l'I/F.

Au niveau de l'aérogare passagers de l'aéroport Fès Sais, le module enregistrement est constitué de 7 comptoirs d'enregistrement en parallèle avec une zone d'attente globale d'environ 180 m<sup>2</sup> de superficie.

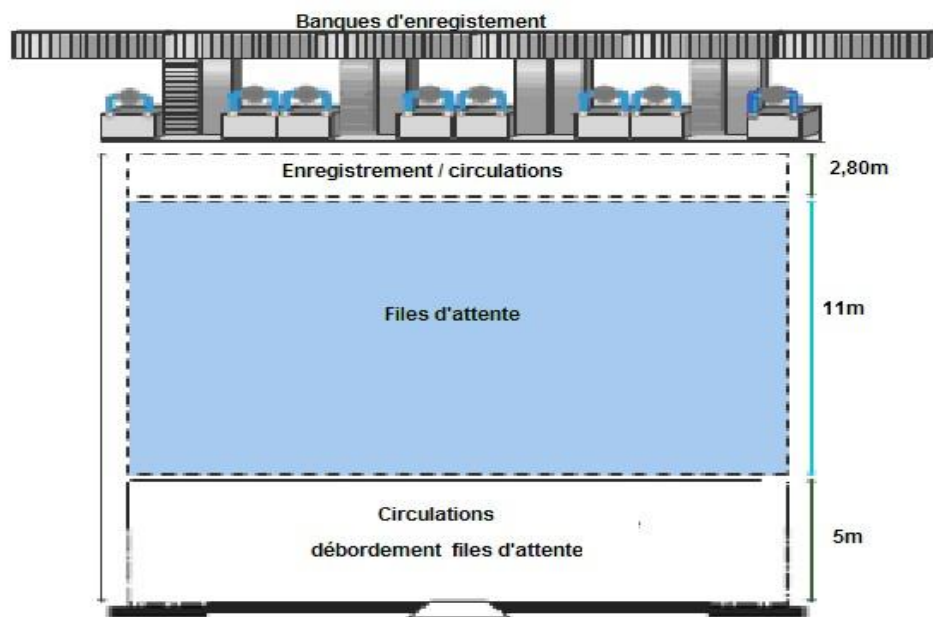


Figure 6:: banques d'enregistrement

La capacité horaire des banques d'enregistrement est donnée par la formule :

$$C_{bq} = N_{bq} \times 3600 / T_{bq}$$

$N_{bq}$  = nombre de banques d'enregistrement

$T_{bq}$  = temps moyen de traitement par passager en secondes aux banques d'enregistrement.

Pour la détermination du temps moyen de traitement nous avons proposé d'adopter une méthode empirique par un chronométrage de ce temps effectué par plusieurs agents et à des moments différents pour un échantillons de 21 passagers enregistré Annexe 1, ce qui nous a permis de déduire que le temps moyen de traitement des passagers aux banques d'enregistrement est égale à 57 secondes.



Alors la capacité des banques d'enregistrement ou bien le débit issu du module enregistrement de l'aérogare passagers de l'aéroport Fès Sais est de : 450 passagers à l'heure (soit 64 passagers par banque à l'heure).

Ce débit est un des facteurs déterminants des ressources à mettre en place au niveau des autres modules afin d'éviter les goulots d'étranglement, surtout si le taux de traitement des passagers à l'interface contrôle des bagages à main ou au module contrôle d'émigration ne correspond pas à celui de l'enregistrement, il se formera une file d'attente entre l'emplacement de ces deux opérations.

**b. Détermination de la capacité horaire de la zone d'attente**

La capacité horaire de la zone d'attente est donnée par la formule :

$$C_{\text{att enregistrement}} = 60s/r * T_{\text{att enr}}$$

**S** = surface d'attente

**r** = ratio d'allocation d'espace par passager recommandé par l'IATA.

**T<sub>att enr</sub>** = temps d'attente maximum à l'enregistrement (en minutes) recommandé par l'IATA.

Alors la capacité horaire de la zone d'attente est égale à : 276 passagers / heure (avec r =1,3 et T = 30 mn).

La capacité d'attente peut être altérée si le taux des arrivées des passagers à un instant donné est très grand en raison de l'irrégularité des arrivées de passagers à l'aéroport. Pour cela, et afin de déduire ce taux, nous avons procédé à un dénombrement des passagers qui attendent d'être enregistrés pendant 120 minutes c'est la durée réservée à l'enregistrement à des intervalles de 30 minutes pour un échantillons de 29 vols trouvée dans l'annexe 2 .

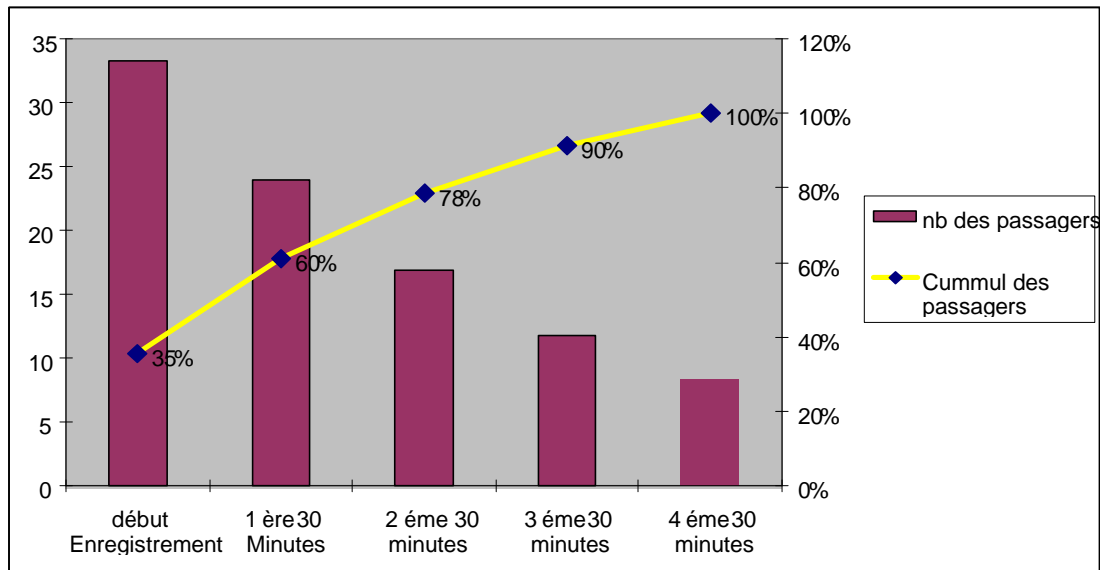
	<b>Début enregistrement</b>	<b>1<sup>er</sup> 30 minutes</b>	<b>2<sup>eme</sup> 30 minutes</b>	<b>3<sup>eme</sup> 30 minutes</b>	<b>4<sup>eme</sup> 30 minutes</b>
Moyen	33	24	17	12	9
%	35%	25%	18%	12%	10%
Cumul %	35%	60%	78%	90%	100%

**Tableau 1:Nbr moyen des passagers qui attendent d'être enregistrés**

. L'analyse des résultats de ces observations, nous a permis de déduire un renseignement essentiel qui concerne le niveau de la demande de passagers, c'est-à-dire le pourcentage des passagers qui arrive à la zone d'enregistrement pendant la période de la première 90mn.

La figure suivante est une représentation graphique des résultats obtenus.

## Nombre de passagers en attente pour des intervalles de temps de 30mn



**Figure 7 : Nombre de passagers en attente pour des intervalles de temps de 30mn**

L'analyse de cet histogramme montre qu'un pourcentage 90% des passagers se présente à l'enregistrement la première 90mn, est que 10% des passagers se présentent dans les trente minutes qui suivent. Alors les ressources doivent être allouées en fonction de ces pourcentages. Chose traité dans le chapitre 4.

### 4. Analyse de l'interface contrôle des bagages à mains

Selon une séquence d'opérations standards et prédéterminés, les passagers après enregistrement s'orientent vers l'interface contrôle des bagages à mains entre les deux modules enregistrement et contrôle d'émigration. Ce contrôle est effectué par la compagnie aérienne ou par la société d'assistance en escale (Handler). Chaque passager est autorisé à transporter un bagage à main. Un seul bagage est autorisé par passager et ne doit pas dépasser un poids et une dimension déterminés par la compagnie (par exemple pour RYNAIR le poids maximal est de 10 kg et les dimensions maximales de 55 cm x 40 cm x 20 cm).

Cette interface est composée de deux couloirs d'une longueur d'environ 12 mètres chacun, ce qui ne permet pas un stockage d'un grand nombre de passagers en attente pour une grande durée. Les Handler utilisent un seul couloir pour le traitement des passagers à ce niveau. Le temps de traitement à cette interface est très variable [05s ; 34s] Annexe 1 représente les valeurs obtenus lors de du chronométrage.

La plus part des passagers ne respectent pas le poids et la taille des bagages autorisés, alors pour nos calculs ultérieurs nous avons adopté un temps de traitement moyen indicatif de 15 secondes qui est la somme des valeurs trouvée divisé par le nombre des valeurs effectué.

A partir du débit d'enregistrement, et avec l'hypothèse qu'un grand pourcentage des passagers qui s'enregistrent, s'orientent au contrôle des bagages à main (car nous avons eu une grande difficulté d'identifier le comportement des passagers à ce niveau). Il est possible de calculer la durée (en minutes) et le nombre des passagers en files d'attente devant le poste contrôle des bagages à main et bien sûr devant les postes contrôle émigration. La formule ci-après permet calculer le nombre de passagers et la durée de leur attente :

$$\text{Durée de l'attente} = \frac{\text{Débit de passagers} \times \text{durée moyenne de contrôle bagages à main}}{(\text{Nombre de contrôle} \times 60)}$$

(Pendant 10 minutes)

$$\text{Nombre de passagers des files d'attente} = \text{durée maximale} \times \text{débit de passagers} / 10$$

(Pendant 10 minutes)

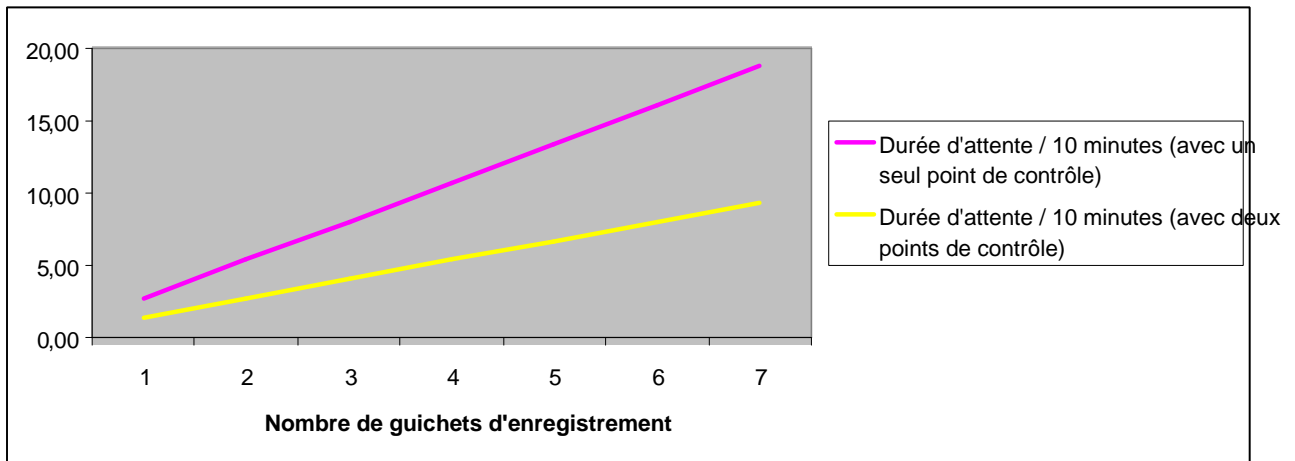
En appliquant ces formules pour un débit de passagers de 7 comptoirs d'enregistrement et un seul point de contrôle bagages à mains nous déduisons une durée d'attente d'environ 19 minutes et un nombre de passagers en files d'attente de 140 passagers / 10minutes. Pour deux points de contrôle la durée d'attente est d'environ 9 minutes et un nombre de passagers en file d'attente de 70 passagers /10 minutes (tableau 4).

Le débit de cette interface avec un seul point contrôle en appliquant la même formule que pour l'enregistrement est de 40 passagers / 10 minutes (soit 240 passagers/heure), et pour deux points de contrôle est de 80 passagers / 10 minutes (soit 480 passagers/heure

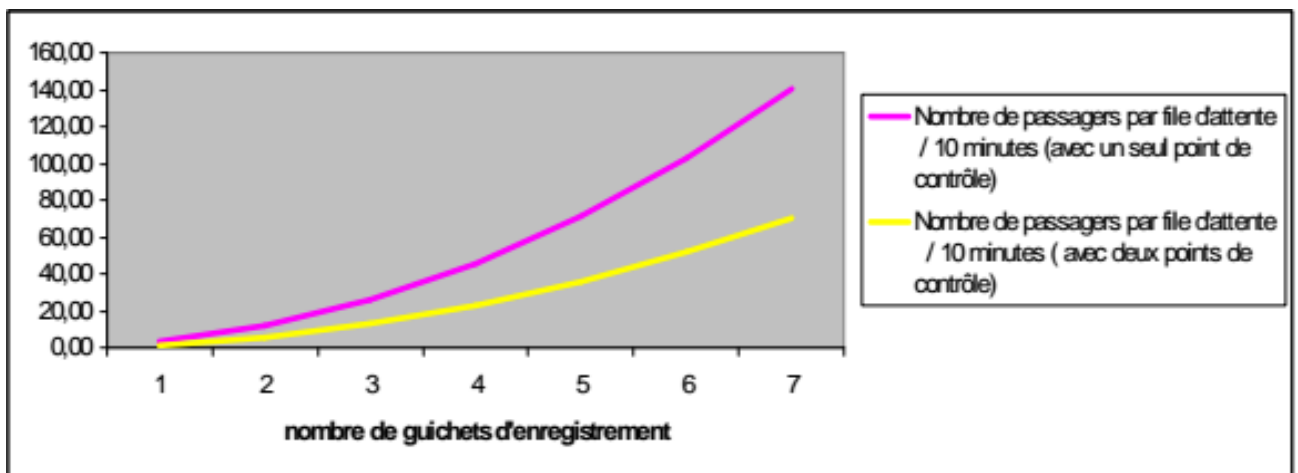
Nombre de guichets d'enregistrement	1	2	3	4	5	6	7
Durée d'attente / 10 minutes (avec un seul point de contrôle)	2,68	5,35	8,03	10,70	13,38	16,05	18,73
Durée d'attente / 10 minutes (avec deux points de contrôle)	1,34	2,68	4,01	5,35	6,69	8,03	9,36
Nombre de passagers des files d'attente / 10 minutes (avec un seul point de contrôle)	3	11	26	46	72	103	140
Nombre de passagers des files d'attente / 10 minutes (avec deux points de contrôle)	1	6	13	23	36	52	70

**Tableau 2: Nombre de passagers des files d'attente et durée d'attente**

Les données du tableau 4 sont représentées graphiquement dans les graphes suivants :



Graph 1 : Durée d'attente en files



Graph 2 : Nombre de passagers en file d'attente

Les graphes montrent qu'en fonction des guichets utilisés, le nombre des passagers en files d'attentes et la durée d'attente, diminuent de 50% avec deux points de contrôle des bagages à main, qu'avec un seul point de contrôle. Alors la question qui se pose est le nombre optimum de guichets à mettre en place de telle sorte à optimiser au même temps le nombre des passagers en attente et la durée d'attente.

## 5. Analyse du module contrôle Émigration

Le module « contrôle émigration » est constitué d'un espace d'attente et des aubettes (postes de contrôle) de la police de l'air et des frontières (PAF). Ce module accueille le flux des passagers au départ vers la salle d'embarquement.

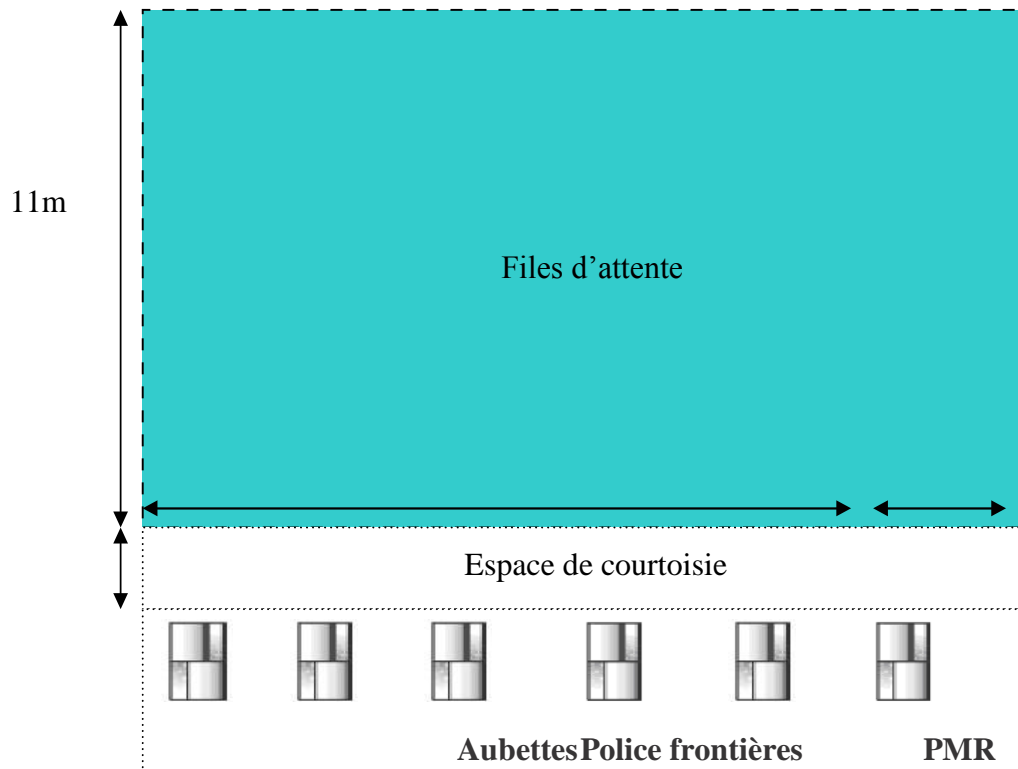


Figure 8:contrôle émigration

Le module contrôle émigration est constitué de 3 aubettes avec 2 guichets de contrôle des passeports chacun, et une aubette pour PMR (Personnes à Mobilité Réduite), avec une zone d'attente globale d'environ 120 m<sup>2</sup> de superficie.

a. Détermination de la capacité du contrôle émigration

La capacité horaire des guichets du contrôle émigration est donnée par la formule :

$$C_{gcp} = \frac{N_{gcp} \times 3600}{T_{gcp}}$$

**N<sub>gcp</sub>**= nombre de guichets de contrôle émigration.

**T<sub>gcp</sub>** = temps moyen de traitement par passager en secondes aux guichets de contrôle des passeports.

Comme pour le module enregistrement, pour la détermination du temps moyen de traitement nous avons adopté la méthode empirique par un chronométrage de ce temps effectué par plusieurs agents et à des moments différents (Annexe1.),ce qui nous a permis de déduire

que le temps moyen de traitement des passagers aux guichets de contrôle des passeports est égale à 48 secondes.

Alors la capacité des guichets de contrôle des passeports au niveau du module émigration est de : 450 passagers à l'heure (soit 75 passagers par guichets à l'heure) et ce sans tenir compte du comptoir réservé aux PMR car le pourcentage de cette catégorie de passagers est très négligeable.

#### b. Détermination de la capacité horaire de la zone d'attente

La capacité horaire de la zone d'attente du module émigration est donnée par la formule :

$$C_{\text{att émigration}} = \frac{S}{r} \times \frac{60}{T_{\text{att emi}}}$$

**S** = surface d'attente sans la surface allouée à la zone d'attente PMR

**r** = ratio d'allocation d'espace par passager recommandé par l'IATA

**T<sub>att emi</sub>** = temps d'attente maximum à l'émigration (en minutes) recommandé par l'IATA.

Alors la capacité horaire de la zone d'attente égale à : 660 passagers / heure (avec S=110 m<sup>2</sup>, r=1 et T = 10 mn).

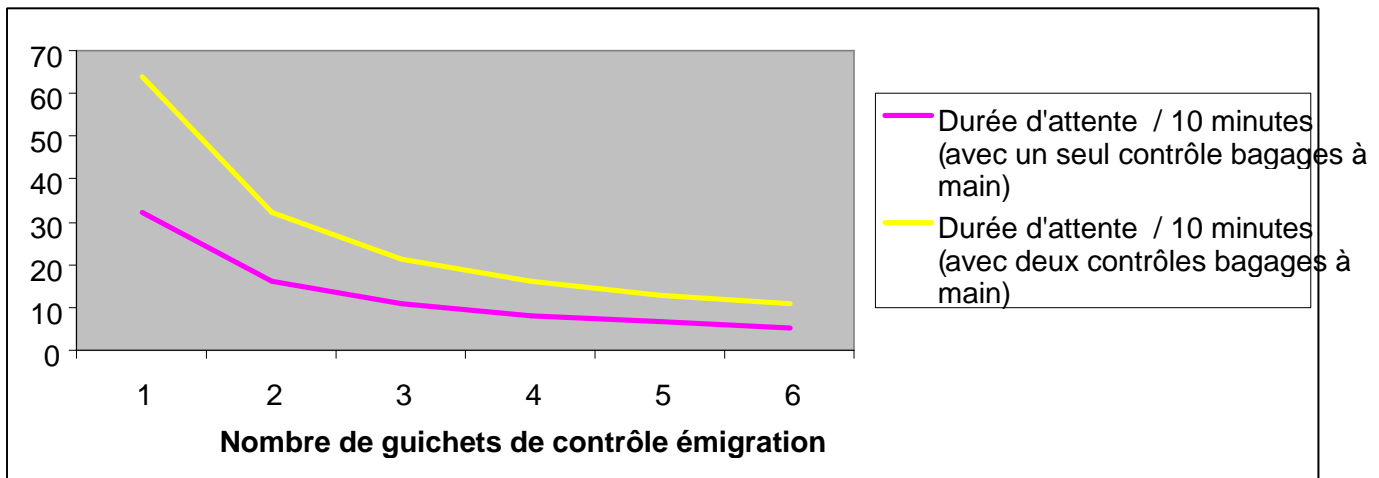
A partir du débit du contrôle bagages à main, le nombre des passagers des files d'attente et la durée de leur attente devant le poste contrôle émigration est donnés sur le tableau suivant :

Nombre de guichets de contrôle émigration	1	2	3	4	5	6
durée d'attente / 10 minutes (avec un seul contrôle bagages à main)	32	16	10,7	8,0	6,4	5,3
Nombre de passagers en file d'attente/ 10 minutes (avec un seul contrôle bagages à main)	128	64	42,7	32,0	25,6	21,3
durée d'attente / 10 minutes (avec deux contrôles bagages à main)	64,00	32,00	21,33	16,00	12,80	10,67
Nombre de passagers en file d'attente/ 10 minutes (avec deux contrôles bagages à main)	512,00	256,00	170,67	128,00	102,40	85,33

**Tableau 3: Nombre de passagers des files d'attente et durée d'attente devant le poste contrôle émigration**

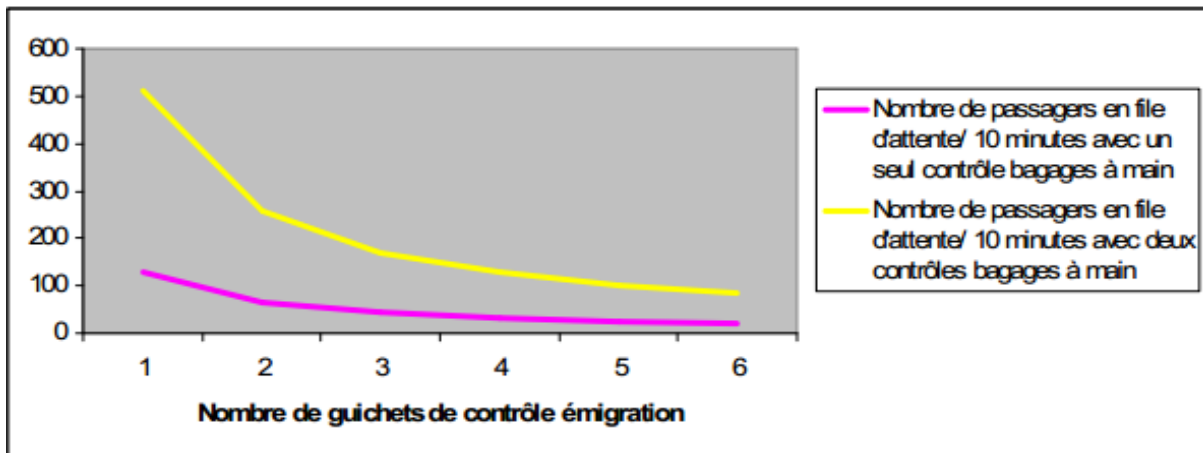
Les données du tableau 5 sont représentées graphiquement dans les graphes suivants :

### Durée d'attente



Graphe 3 : Durée d'attente

Plus le nombre de guichets de contrôle d'émigration utilisés est grand plus le nombre de passagers en files d'attente diminue.

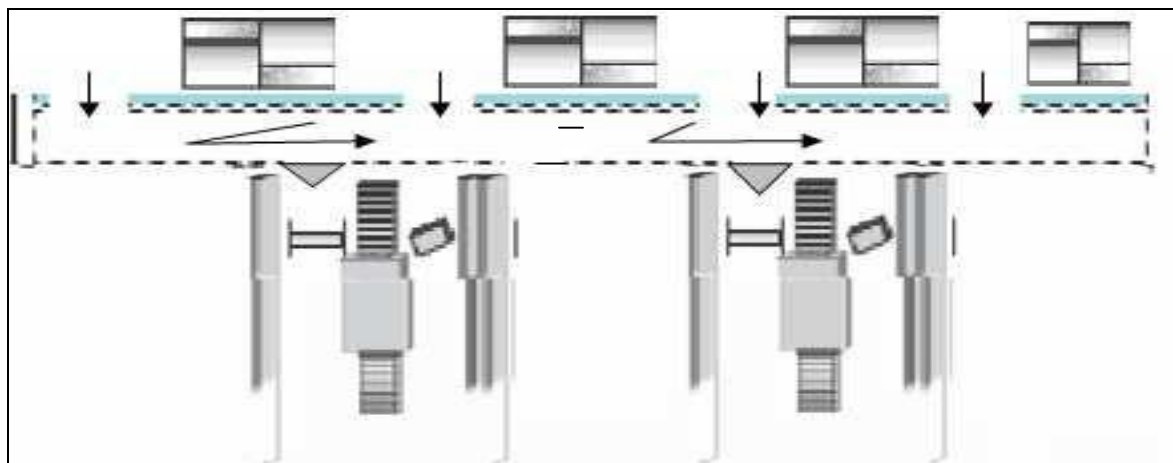


Graphe 4 : Nombre de passagers en files

L'analyse des données montre que plus le nombre de guichets de contrôle d'émigration utilisés est grand plus le nombre de passagers en files d'attente et la durée d'attente diminuent. Alors la question se pose sur le nombre optimum de guichets à mettre en place de telle sorte à optimiser au même temps le nombre des passagers en attente et la durée d'attente.

## 6. Analyse de l'interface Poste Inspection et filtrage

Le module « PIF » est lui aussi constitué de deux maillons : les espaces d'attente et l'inspection filtrage des passagers et bagages à main. Ce module accueillir le flux de tous les passagers au départ sans bagages de soute.



**Figure 9: Poste inspection filtrage**

Au niveau de l'aéroport Fès Sais, cette zone est un couloir de jonction avec la salle d'embarquement, ce couloir ne permet le stockage d'un grand nombre de passagers en attente. C'est le débit des passagers issus du contrôle d'émigration et le temps de service au PIF qui déterminent le nombre des passagers en attente et la durée d'attente.

Le temps de traitement à cette interface est très variable selon les mesures de sûreté à appliquer. Pour nos calculs ultérieurs nous avons adopté un temps de traitement moyen indicatif de 15 secondes.

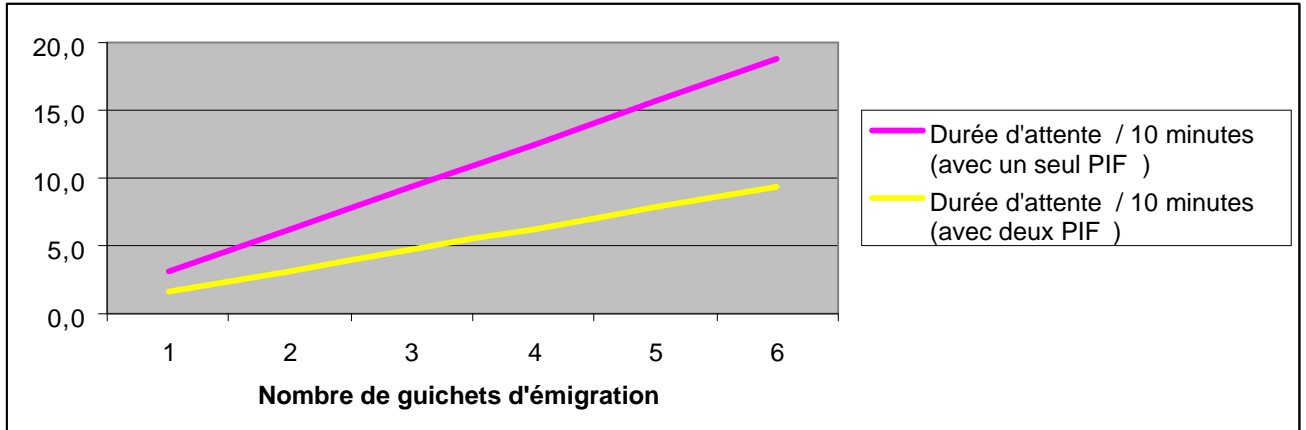
Le tableau 5 montre la durée d'attente et le nombre de passagers en files pendant 10 minutes.

Nombre de guichets d'émigration	1	2	3	4	5	6
Durée d'attente / 10 minutes (avec un seul PIF)	3,1	6,3	9,4	12,5	15,6	18,8
Nombre de passagers en file d'attente/ 10 minutes (avec un seul PIF)	4	16	35	63	98	141
Durée d'attente / 10 minutes (avec deux PIF)	1,6	3,1	4,7	6,3	7,8	9,4
Nombre de passagers en file d'attente/ 10 minutes (avec un seul PIF)	2	8	18	31	49	70

**Tableau 4 : Nombre de passagers des files d'attente et durée d'attente**

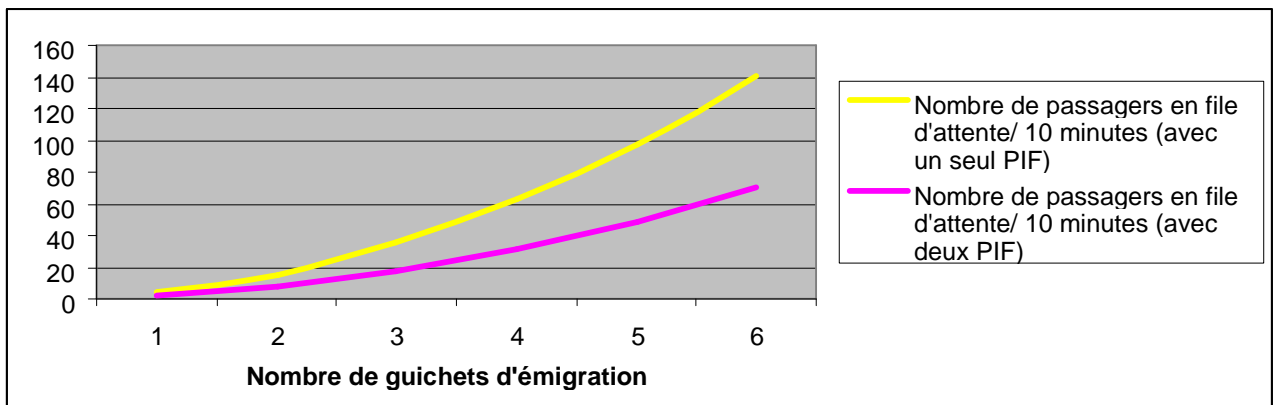


Les données du tableau 5 sont représentés dans les deux graphes suivantes : le 1<sup>er</sup> représente la durée d'attentes et le 2eme le nombre des passagers en files d'attentes



**Graph 5 : Durée d'attente**

Plus le nombre de guichets d'émigration utilisés est grand plus la durée d'attente diminue



**Graph 6 : Nombre de passagers en files d'attente**

L'analyse des données montre que plus le nombre de guichets d'émigration utilisés est grand plus le nombre de passagers en files d'attente et la durée d'attente diminuent. Alors la question se pose sur le nombre optimum de guichets à mettre en place de telle sorte à optimiser au même temps le nombre des passagers en attente et la durée d'attente.

## 7. Analyse du module embarquement

Le module « zone d'embarquement » est constitué d'une salle d'attente à l'embarquement, commerces, services et espaces de circulation. La salle d'attente à l'embarquement est mutualisée (une salle pour plusieurs vols). Ce module accueille les flux des passagers au départ.

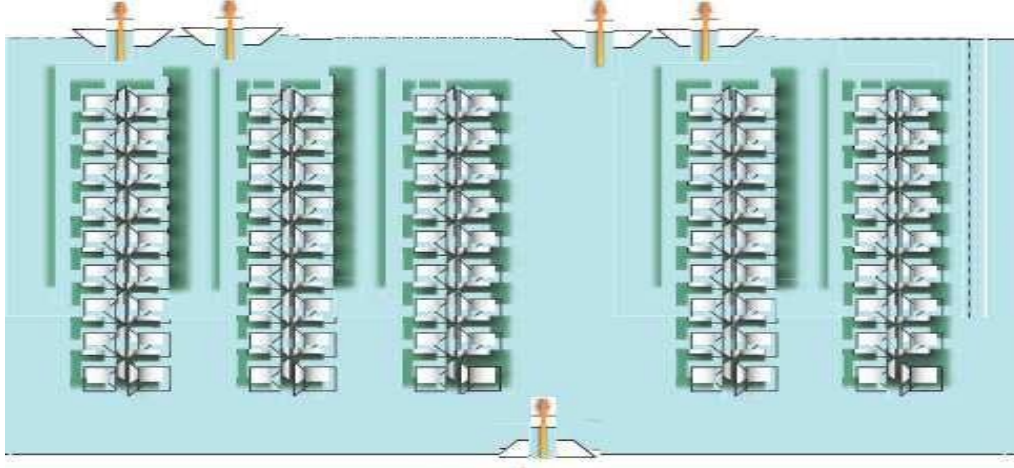


Figure 10: module embarquement

La salle d'embarquement est un espace dans lequel le passager peut être amené à passer un temps très important. Le niveau de service pour l'IATA correspond à un taux d'occupation de 65% de la capacité de la salle.

La capacité d'une salle d'embarquement en nombre de passagers est donnée par la formule :

$$C_{S.emb} = \frac{S \times 60}{r \times T_{emb}} \times \% occ$$

**S** = surface totale de la salle d'embarquement.

**% occ** = Taux d'occupation maximum

**r** = ratio moyen d'allocation d'espace

**S<sub>emb</sub>** = temps d'occupation

moyen de la salle

d'embarquement (en minutes)

$T_{emb} = 45$  minutes et un taux d'occupation de 65%.

Alors la capacité de la salle d'embarquement de l'aéroport Fès Sais est de 406 passagers/ heure (avec  $S=750m^2$ ,  $r=1,6m^2$ ,  $T_{emb} = 45$  minutes et un taux d'occupation de 65%).

### III. Conclusion :

Après avoir appréhendé le sous processus de traitement des passagers au départ, il apparaît que la variable temps d'attente qui est l'élément le plus important de l'assurance qualité aux passagers (voir figure 5) est lié directement aux ressources allouées au niveau de tous les modules, alors un bon ajustement de la capacité ressources est alors la seule solution pour assurer une meilleure satisfaction des passagers.

**CHAPITRE4: AMELIORATION ET  
OPTIMISATION DU SOUS PROCESSUS  
DEPART EN UTILISANT LA THEORIE  
DES FILES D'ATTENTE**

## I. Introduction

Le processus de traitement des passagers couvre plusieurs opérations, et leur capacité utile est souvent différente car les ressources allouées par chaque acteur, ne sont pas coordonnées avec les autres acteurs de la chaîne, mais jugées selon ses intérêts, ses contraintes et ses priorités. Chose qui crée soit des goulets d'étranglement et par conséquent un temps d'attente inacceptable pour les passagers et une qualité de service dégradée, soit une ressource inoccupée et alors une valeur perdue pour l'entité et aussi pour l'aéroport et qui a pu être déployée à un autre module pour améliorer la qualité de service.

Notre réflexion d'optimisation consiste en une méthode de gestion dynamique basée sur la théorie de la file d'attente par laquelle à partir des prévisions de nombre de passagers par vol nous déduisons les ressources à mettre en place à chaque module de telle sorte à réduire les temps d'attente et d'éliminer les goulets d'étranglement.

## II. Théorie des files d'attente

### 1. Définition de la Théorie des files d'attente

La planification et l'analyse de la capacité de service sont des thèmes traités par la théorie des files d'attente. Cette théorie est une approche mathématique permettant d'analyser les files d'attente. Elle est basée sur l'étude des équipements téléphoniques automatiques réalisée au début du XXe siècle par l'ingénieur danois en télécommunication, A. K. Erlang.

L'application de cette théorie n'a été généralisée à divers types de problèmes qu'après la Seconde Guerre mondiale.

Les files d'attentes se forment lorsque les clients arrivent de façon aléatoire pour se faire servir. Toutefois, lorsqu'on parle d'attente, on pense souvent à des personnes. Or, les « clients » en attente sont aussi des commandes en attente de traitement, et des avions qui attendent l'autorisation de décoller, etc.

Généralement, les clients voient dans l'attente une activité sans valeur ajoutée et, s'ils attendent trop longtemps, ils associent cette perte de temps à une mauvaise qualité de service. De la même façon, au sein de l'entreprise, des employés inoccupés ou des équipements inutilisés représentent des activités sans valeur ajoutée.

### 2. L'objectif de l'analyse des files d'attente

L'objectif de l'analyse des files d'attente est de minimiser le coût total, qui équivaut à la somme de deux coûts : le coût associé à la capacité de service mise en place (coût de service) et le coût associé à l'attente des clients (coût d'attente). Le coût de service est le coût résultant du maintien d'un certain niveau de service, par exemple le coût associé au nombre de guichets d'enregistrement. En cas de ressources inoccupées, la capacité est une valeur perdue, car elle est non stockable. Les coûts d'attente sont constitués des salaires payés aux employés qui attendent pour effectuer leur travail, du coût de l'espace disponible pour l'attente et, bien sûr, du coût associé à la perte de clients impatientes qui vont chez les concurrents.

En pratique, lorsque le client est externe à l'entreprise, le coût d'attente est difficile à évaluer, car il s'agit d'un impact plutôt que d'un coût pouvant être comptabilisé. Cependant, on peut considérer les temps d'attente comme un critère de mesure du niveau de service. Le gestionnaire décide du temps d'attente acceptable, « tolérable », et il met en place la capacité susceptible de fournir ce niveau de service.

Lorsque le client est interne à l'entreprise, on peut établir directement certains coûts se rapportant au temps d'attente des clients. Par ailleurs, il ne faut pas conclure trop rapidement que pour l'entreprise, le coût du temps d'attente d'un employé qui attend est égal à son salaire durant le temps d'attente ; cela impliquerait que la baisse nette des gains de l'entreprise, du fait de l'inactivité d'un employé, est égale au salaire de ce dernier, ce qui, a priori, n'est pas évident. L'employé, qu'il travaille ou qu'il attende, reçoit le même salaire. Par contre, sa contribution aux gains de l'entreprise est réellement perdue, car la productivité baisse. Quand un opérateur est inactif parce qu'il attend, sa force productive (qui peut comprendre, outre son salaire, une proportion des coûts fixes de l'entreprise) est perdue. En d'autres termes, il faut tenir compte non pas de la ressource physique en attente, mais plutôt de la valeur (coût) de toutes les ressources économiques inactives, et évaluer ensuite la perte de profit à partir de la perte de productivité.

L'objectif de l'analyse des files d'attente est de trouver un compromis entre le coût associé à la capacité de service et le coût d'attente des clients. La figure ..... illustre bien ce concept. Lorsque la capacité de service augmente, le coût de service augmente, le nombre de clients en attente et le temps d'attente tendent à diminuer, donc les coûts d'attente diminuent. Le coût total (la somme des coûts de service et d'attente) est représenté sur le graphique par une courbe en forme de U. Graphiquement, il suffit de déterminer le niveau de service se traduisant par le coût total minimum.

Lorsque le client est externe à l'entreprise, les files d'attente donnent une image négative de la qualité du service offert. Dans cette situation, les entreprises auront tendance à mettre en place la capacité susceptible de fournir un niveau de service acceptable en augmentant la rapidité du service plutôt que d'augmenter le nombre d'employés.

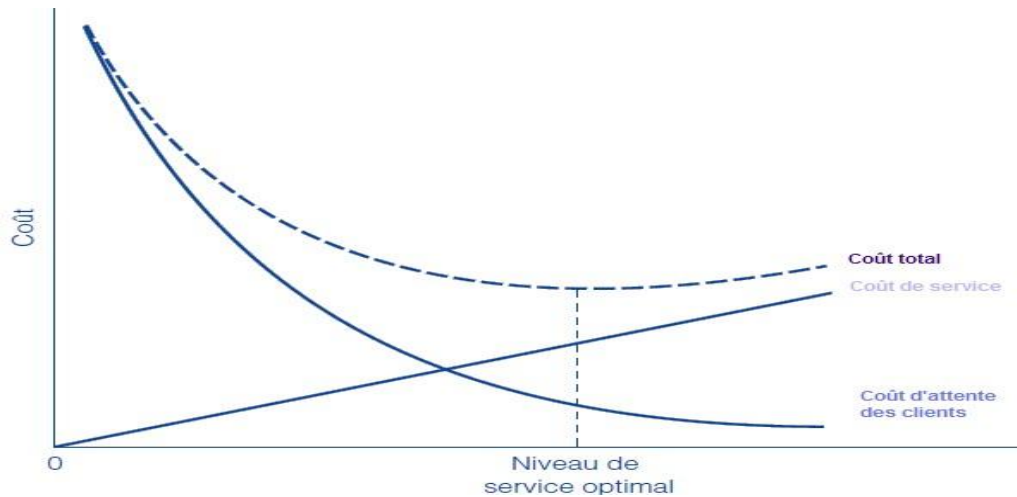


Figure 11: Les caractéristiques du système de files d'attente

Dans le cadre de la théorie des files d'attente, plusieurs modèles d'analyse ont été conçus.

Le succès de l'analyse des files d'attente repose surtout sur le choix du modèle approprié.

Plusieurs caractéristiques sont à prendre en considération :

- ✚ *La population.*
- ✚ *Le nombre de serveurs.*
- ✚ *Les tendances quant à l'arrivée et au service.*
- ✚ *L'ordre de traitement des clients.*

#### ◇ La population

Dans la théorie des files d'attente, on appelle « population » la source de clients potentiels. Il y a deux situations possibles. Dans le premier cas, la population est infinie, c'est-à-dire que le nombre potentiel de clients est infiniment grand en tout temps. Dans la deuxième situation, la population est finie, ce qui signifie que le nombre de clients potentiels est limité.

#### ◇ Le nombre de serveurs

La capacité de service dépend de la capacité de chaque serveur et du nombre de serveurs disponibles. Le terme « serveur » représente ici la ressource et, en général, on suppose qu'un serveur ne traite qu'un client à la fois.

Les systèmes de files d'attente fonctionnent avec serveur unique ou serveurs multiples

#### ◇ Les tendances quant à l'arrivée et au service

Les files d'attente résultent de la variabilité des tendances d'arrivée et de service. Elles se forment parce que le degré élevé de variation dans les intervalles entre les arrivées et dans les temps de service cause des congestions temporaires. Dans plusieurs cas, on peut représenter ces variations par des distributions théoriques de probabilités. Dans les principaux modèles utilisés, on suppose que le nombre d'arrivées dans un intervalle donné suit la loi de Poisson, alors que le temps de service suit une loi exponentielle.

En général, la distribution de Poisson donne un assez bon aperçu du nombre de clients qui arrivent par unité de temps (par exemple le nombre de clients à l'heure). La distribution exponentielle, quant à elle, donne une assez bonne approximation des temps de service.

Les files d'attente se forment plus souvent lorsque les arrivées se font en groupe ou que les temps de service sont particulièrement longs ; elles se créent presque à coup sûr si ces deux facteurs se manifestent.

#### ◇ La discipline de la file d'attente

La discipline de la file d'attente concerne l'ordre de traitement des clients. Dans tous les modèles décrits dans les pages suivantes, on suppose que la règle de priorité est : premier entré, premier servi (FIFO). C'est la règle la plus communément utilisée dans les entreprises de services.

### 3. Modèles de files d'attente avec population infinie

Plusieurs modèles de files d'attente sont à la disposition des gestionnaires pour leur permettre de concevoir des systèmes de production de biens ou de services ou de représenter un système réel afin d'en analyser la performance.

Parmi ces modules : le module Serveurs multiples, temps de service exponentiel. Le tableau ci-dessous présente les symboles et la terminologie utilisés pour les modèles avec population infinie.



<u>Symbole</u>	<u>Signification</u>
$\lambda$ :	Taux d'arrivée des clients
$\mu$ :	Taux de service
<b>A</b> :	Taux d'utilisation du système
<b>Na</b> :	Nombre moyen de clients qui attendent d'être servis
<b>Ta</b> :	Temps moyen d'attente en file
<b>1/μ</b> :	Temps de service
<b>P0</b> :	Probabilité qu'il y ait zéro unité (client) dans le système
<b>Pa</b> :	Probabilité qu'il y ait n unités (clients) dans le système
<b>S</b> :	Nombre de serveurs
<b>T</b> :	Temps moyen d'attente dans le système (temps d'attente en file, plus le temps de service)
<b>N</b> :	Nombre moyen de clients dans le système (clients qui attendent et clients qui sont en train d'être servis)

**Tableau 5 : les symboles et la terminologie utilisés pour les modèles avec population infinie.**

a. [Les relations de base](#)

Dans les modèles de files d'attente avec population infinie, il existe certaines relations de base (entre certains paramètres et les mesures de performance) qui permettent de déterminer les mesures de performance désirées grâce à quelques valeurs clés. Les principales relations sont présentées au tableau ci-dessous :

	File pour 01 serveurs	File pour S serveurs
<b>Le taux d'utilisation du système</b>	$A = \lambda/\mu$	$A = \lambda/S\mu$
<b>Probabilité système vide (P0)</b>	$1 - A$	$\frac{1}{\sum_{k=0}^{S-1} \frac{A^k}{k!} + \frac{A^S}{S!} \frac{1}{1-A/S}}$
<b>Probabilité d'attente (Pa)</b>	$A$	$P0 \cdot \frac{A^S}{(S-1)!(S-A)}$
<b>Nombre moyen de clients dans le système (&lt;N&gt;)</b>	$\frac{A}{1-A}$	$A(1 + \frac{Pa}{S-A})$
<b>Nombre moyen de clients en attente (&lt;Na&gt;)</b>	$\frac{A^2}{1-A}$	$A \cdot \frac{Pa}{S-A}$
<b>Nombre moyen de clients en service (au guichet) (&lt;Ns&gt;)</b>	$A$	$A$
<b>Temps moyen de séjour dans le système (<math>\bar{\tau}</math>)</b>	$\frac{1}{\mu} \cdot \frac{1}{1-A}$	$\frac{1}{\mu} \cdot (1 + \frac{Pa}{S-A})$
<b>Temps moyen d'attente (<math>\bar{t}_a</math>)</b>	$\frac{A}{\mu(1-A)}$	$\frac{Pa}{\mu(S-A)}$

**Condition d'atteinte de l'équilibre (« pas d'engorgement »)**

$$\frac{\lambda}{\mu} < 1$$

$$\frac{\lambda}{S\mu} < 1$$

Le taux d'utilisation du système : il représente le rapport entre la demande (mesurée grâce au taux d'arrivée  $\lambda$ ) et la capacité de service (produit du nombre de serveurs  $S$  par le taux de service,  $\mu$ ).

Ces modèles ne s'appliquent qu'à des systèmes non congestionnés. Il n'y a aucune utilité à analyser les systèmes dans lesquels  $\lambda > S\mu$  car il est évident que dans de tels cas, ils sont congestionnés.

Le nombre moyen de clients qui attendent en file ( $N_a$ ) est l'élément clé qui sert à déterminer les autres mesures de performance du système, tels le nombre moyen de clients dans le système, le temps moyen passé en file et le temps moyen passé dans le système. Par conséquent, lorsqu'on veut résoudre des problèmes de files d'attente, la première mesure de performance à considérer est  $N_a$ .

### b. Capacité maximale de la file d'attente

Un autre point important est à considérer : la capacité maximale de la file d'attente proprement dite, c'est-à-dire la longueur maximale en termes d'espace disponible.

Théoriquement, dans le cas d'une population infinie, la file d'attente peut devenir indéfiniment longue, et l'espace disponible peut être insuffisant pour accueillir tous les clients.

D'un point de vue pratique, on peut toujours déterminer la longueur de la file d'attente qui ne sera pas dépassée pour un certain pourcentage de temps spécifié. Par exemple, un analyste pourrait déterminer la longueur de la file qui ne sera pas dépassée 98 % ou 99 % du temps.

Pour fixer la longueur de la file d'attente, on utilise les équations suivantes:

$$n = \log K / \log A \text{ ou } \ln K / \ln A \text{ où } K = 1 - \text{pourcentage spécifié} / Na (1-A)$$

La valeur de  $n$  n'est généralement pas un nombre entier ; il faudra donc arrondir le nombre. Cependant, en pratique, si la valeur de  $n$  est inférieure à 0,10 au-dessus du nombre entier le plus petit, on arrondit vers le bas. Par exemple, si  $n = 15,2$ , alors  $n = 16$  ; si  $n = 15,06$ , alors  $n = 15$ ,  $n$  étant le nombre d'unités à servir.

## III. **Optimisation du sous processus départ**

L'analyse du diagramme de sous processus départ (évoqués au chapitre III) nous a montré que le seul facteur qui peut impacter négativement la qualité de service aux passagers aux différents modules et interfaces de la chaîne, est les temps d'attente vu le caractère tangible qu'il reflète.

Notre approche d'optimisation alors visera de définir un mode opératoire qui apportera les améliorations nécessaires et suffisantes aux processus en agissant sur son aspect temporel. Le facteur temps est lié directement aux nombres de serveurs mis en place et leurs capacités de traitement. Pour ce faire nous recourons aux principes de la théorie des files d'attente afin de développer un outil dynamique qui nous permettra la prévision, la planification et l'affectation optimale des ressources à mettre en place au niveau de chaque module.

Nous allons utiliser le logiciel de calcul Excel et ses fonctions des macros complémentaires, utilitaire d'analyse.

Notre donnée principale d'entrée est le nombre des passagers prévu pour un vol ou des vols donnés. Les données de sortie seront les ressources à mettre en place.

Pour un vol au départ les ressources seront :

- Le nombre de guichets d'enregistrement à ouvrir la première 90mn et le nombre de guichets à ouvrir les 30 minutes qui suivent ;
- Le nombre de points de contrôle des bagages à main ;
- Le nombre de guichets d'émigration ;
- Le nombre de PIF.
- Le nombre moyenne des passagers en attente en files et au système.
- Le temps moyenne d'attentes en files et au système.

## 1. Optimisation du module d'enregistrement

### Traitement à La 1<sup>ere</sup> 90mn

Insérer le nombre des passagers prévus	177	NOMBRE DE POINT DE CONTRÔLE À METTRE EN PLACE	3
Taux des arrivées des passagers / heure	159,30	TAUX D'OCCUPATION	83%
Taux de service en nombre des passagers / heure	64,29		
A	2,48		

## 2. Optimisation de l'interface contrôle des bagages à mains

### 3. Optimisation du module contrôle émigration

#### 4. Optimisation du module « PiF »

## 5. Optimisation du module embarquement



#### IV. Conclusion générale

Durant la période de notre stage à l'aéroport Fès-Saïs, nous nous sommes intéressés à l'étude de la chaîne de traitement des passagers plus précisément le sous processus départ.

Nous avons alors commencé par comprendre la chaîne de traitement, par la suite nous avons réalisé une étude de cette dernière, tout en étudiant les différents blocs et modules qui la constitue. Afin de diminuer le temps d'attentes des passagers.

Dans le dernier chapitre, nous avons proposé la théorie des files d'attentes comme outil qui donne des données pour aider à la décision, relative au ressources à mettre en place à chaque module constituant le sous processus départ. Qui est la seule solution à adopter pour arriver à notre objectif c.-à-d. diminué le temps d'attentes des passagers.

Cette partie a été clôturée par des problèmes que nous avons essayé de résoudre.

Le diagnostic et la résolution des problèmes trouvés nous ont permis de développer notre sens d'analyse et de synthèse.

En plus, nous avons également eu l'occasion d'accompagner les agents aéroportaires dans leurs missions, chose qui nous a permis de découvrir le monde de l'aéronautique civile qui jusque-là était très inconnu pour nous, et aussi nous avons pu connaître les différents équipements utilisés dans ce domaine.

Nous avons aussi pu acquérir et des compétences que nous avons développées, cette expérience nous a permis de comprendre la réalité du monde du travail, et de prendre un contact direct avec le milieu professionnel.

Enfin nous tenons à exprimer notre satisfaction d'avoir pu travailler dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.