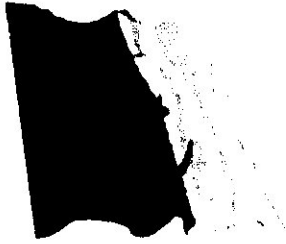


République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Université De Blida  
Département D'Aéronautique



**THEME**

**ETUDE DES PERFORMANCES DU Q400  
ET COMPARAISON AVEC L'ATR 72500**

*Mémoire*

*De Fin D'études*

*En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur D'état en Aéronautique.*

*Option : Opérations Aériennes.*

**Fait par :**

Melle. OULTABET Nadjat.

Mr. DJEBBAR Mohamed.

**Promoteur :**

Mr. LAGHA Mohand.

**CO- Promoteur :**

Mr. LAMRI Adel.

Promotion 2006 - 2007

## **SOMMAIRE**

### **INTRODUCTION**

### **CHAPITRE I PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES**

<b>I. PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES .....</b>	<b>1</b>
<b>I.1. HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE .....</b>	<b>1</b>
<b>I.2. ORGANISATION DE LA COMPAGNIE AERIENNE .....</b>	<b>1</b>
<b>I.3. ORGANIGRAMMES .....</b>	<b>2</b>
<b>DIRECTION GENERALE.....</b>	<b>2</b>
<b>DIRECTION D'EXPLOITATION .....</b>	<b>3</b>
<b>I.4. LA FLOTTE EXPLOITEE PAR LA COMPAGNIE .....</b>	<b>4</b>
<b>I.4.1. BEEHCRAFT 1900.....</b>	<b>4</b>
<b>I.4.2. CESSNA 208 B .....</b>	<b>4</b>
<b>I.4.3. PILATUS.....</b>	<b>4</b>
<b>I.4.4. BELL 206 L 3.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.5. BELL 206 L 4.....</b>	<b>5</b>
<b>I.4.6. DASH 8-Q400.....</b>	<b>5</b>

### **CHAPITRE II PRESENTATION DU DASH 8-Q400**

<b>II.1. PRESENTATION DU CONSTRUCTEUR.....</b>	<b>6</b>
<b>II.2. TYPES D'AERONEFS REGIONAUX CONSTRUITS.....</b>	<b>6</b>
<b>II.3. STATISTIQUES.....</b>	<b>7</b>
<b>II.4. SERVICE ET SUPPORTS.....</b>	<b>8</b>
<b>II.5. PRESENTATION DE L'AERONEF Q400.....</b>	<b>8</b>
<b>II.5.1. CERTIFICATION.....</b>	<b>8</b>
<b>II.5.2. DESCRIPTION GENERALE.....</b>	<b>9</b>

<b>II.5.3 DIMENSIONS.....</b>	<b>9</b>
<b>II. 5.4. CELLULE.....</b>	<b>10</b>
<b>II. 5.5. ENDURANCE.....</b>	<b>12</b>
<b>II.5.6. MOTORISATION.....</b>	<b>13</b>
<b>II.5.7. HELICES.....</b>	<b>13</b>
<b>II.5.8. VITESSES.....</b>	<b>13</b>
<b>II. 5.9. TRAINS D'ATTERISSAGE.....</b>	<b>14</b>
<b>II.5.10. EQUIPEMENTS ET SYSTEMES.....</b>	<b>14</b>
<b>II.5.11. EQUIPEMENTS OPTIONNELS.....</b>	<b>16</b>
<b>II.5.12. CABINE.....</b>	<b>16</b>
<b>A) CABINE DE PILOTAGE AVEC PORTESEPARATION....</b>	<b>16</b>
<b>B) CABINE PASSAGERS.....</b>	<b>16</b>
<b>C) COFFRES ET SOUTES A BAGAGES.....</b>	<b>17</b>

### **CHAPITRE III ETUDE DE PERFORMANCE**

<b>III.1. PARTIE THEORIQUE.....</b>	<b>19</b>
<b>III.1.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>19</b>
<b>III.1.2. LA MONTEE.....</b>	<b>19</b>
<b>III.1.2.1. LES PENTES MINIMALES DE MONTEE.....</b>	<b>19</b>
<b>III.1.2.1. A. TRAJECTOIRE DE DECOLLAGE.....</b>	<b>19</b>
<b>III.1.2.1. B. MONTEE EN DECOLLAGE.....</b>	<b>20</b>
<b>III.1.2.1. C. MONTEE EN VOL.....</b>	<b>21</b>
<b>III.1.2.1. D. MONTEE - MASSE ATERISSAGE LIMITE.....</b>	<b>21</b>
<b>III.1.2.2 MONTEE EN EXPLOITATION.....</b>	<b>22</b>
<b>III.1.2.2.A MONTEE A PENTE MAXIMUM.....</b>	<b>22</b>
<b>III.1.2.2.B MONTEE A VITESSE ASCENSIONNELLE MAXIMUM.....</b>	<b>22</b>

<b>III.1.2.2.C MONTEE A CONSOMMATION- DISTANCE</b>	
<b>MINIMUM.....</b>	<b>22</b>
<b>III.1.2.2.D MONTEE A PRIX DE REVIENT MINIMAL DITE</b>	
<b>« NORMALE ».....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.2.2.E. MONTEE A VITESSE ELEVEE DITE</b>	
<b>« RAPIDE ».....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.2.2.F. MONTEE CABINE.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.3. LA CROISIERE.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.3.1. LES CONSOMMATIONS.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.3.1. CONSOMMATION HORAIRE.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.3.2. CONSOMMATION SPECIFIQUE.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1.3.3. CONSOMMATION – DISTANCE.....</b>	<b>24</b>
<b>III.1.3.2. RAYON D'ACTION SPECIFIQUE.....</b>	<b>24</b>
<b>III.1.3.3. REGIME DE MARCHE.....</b>	<b>25</b>
<b>III.1.3.A. CROISIERE A MAXI RANGE.....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.3.B. CROISIERES A MACH LONG RANGE.....</b>	<b>26</b>
<b>III.1.3.C. CROISIERE A MACH PRM : (FIG.III.3).....</b>	<b>27</b>
<b>III.1.3.D. CROISIERE A MACH CONSTANT.....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.4. L'ATTENTE.....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.4.1 INCIDENCE D'ATTENTE : (FIG.III.4).....</b>	<b>29</b>
<b>III.1.4.2 CHOIX DE L'ALTITUDE D'ATTENTE.....</b>	<b>30</b>
<b>III.1.5. LA DESCENTE.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.5.1. DESCENTE A PENTE MINIMALE.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.5.2. VITESSE VERTICALE DE DESCENTE MINIMALE.....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.5.3. DESCENTE A CONSOMMATION MINIMALE DITE</b>	
<b>« ECONOMIQUE ».....</b>	<b>31</b>
<b>III.1.5.4. DESCENTE A PRIX DE REVIENT MINIMAL DITE</b>	
<b>« NORMAL ».....</b>	<b>31</b>



<b>III.1.5.5. DESCENTE DE SECOURS.....</b>	<b>32</b>
<b>III.1.5.6. DESCENTE CABINE.....</b>	<b>32</b>
<b>III.2 PARTIE PRATIQUE.....</b>	<b>33</b>
<b>III.2.1. LA MONTEE.....</b>	<b>33</b>
<b>III.2.2. LA CROISIERE.....</b>	<b>35</b>
<b>III.2.3. LA DESCENTE.....</b>	<b>39</b>

## **CHAPITRE IV     ETUDE DE LIGNE**

<b>IV.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>42</b>
<b>IV.2. PROFIL DE MISSION.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.3. QUANTITE DE CARBURANT À EMBARQUER.....</b>	<b>44</b>
<b>IV.3.1. DELESTAGE DE L'ETAPE « D ».....</b>	<b>44</b>
<b>IV.3.2. RESERVE DE DEGAGEMENT « RD ».....</b>	<b>44</b>
<b>IV.3.3. RESERVE DE ROUTE « RR ».....</b>	<b>44</b>
<b>IV.3.4. RESERVE FINALE « RF ».....</b>	<b>44</b>
<b>IV.3.5. ROULAGE « R ».....</b>	<b>45</b>
<b>IV.3.6. QUANTITE SUPPLEMENTAIRE.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.4. DETERMINATION DE LA MASSE MAXIMALE AU LACHER</b>	
<b>DES FREINS –LIMITATION UTILE L /U.....</b>	<b>45</b>
<b>IV.5. CALCUL DE LA CHARGE OFFERTE.....</b>	<b>46</b>
<b>IV.6. ETUDE DES LIGNES.....</b>	<b>48</b>
<b>IV.6.1. ROTATION HASSI MESSAOUD-ZERZATINE- HASSI</b>	
<b>MESSAOUD.....</b>	<b>49</b>
<b>IV.6.2. ROTATION CONSTANTINE - HASSI MESSAOUD-</b>	
<b>CONSTANTINE.....</b>	<b>50</b>
<b>IV.6.3. ROTATION ALGER- HASSI MESSAOUD-ALGER.....</b>	<b>51</b>
<b>IV.6.4. ROTATION ZERZATINE- ALGER- ZERZATINE.....</b>	<b>52</b>
<b>IV.6. 5. ROTATION ZERZATINE- ORAN- ZERZATINE.....</b>	<b>53</b>

## CHAPITRE V ETUDE COMPARATIVE

<i>V.1. PRESENTATION DE L'ATR 72-500.....</i>	<i>55</i>
<i>TABLEAU DESCRIPTIF.....</i>	<i>56</i>
<i>V.2. COMPARAISON ENTRE L'ATR 72-500 ET LE DASH 8-Q400.....</i>	<i>57</i>
<i>V.2.1. FLEXIBILITE D'UNE FAMILLE D'AERONEFS.....</i>	<i>57</i>
<i>V.2.2. CABINE.....</i>	<i>57</i>
<i>V.2.3. BRUIT .....</i>	<i>58</i>
<i>V.2.4. MOTEURS.....</i>	<i>58</i>
<i>V.2.5. CONDITIONNEMENT D'AIR/ GENERATION</i>	
<i>ELECTRIQUE.....</i>	<i>60</i>
<i>V.2.6. SURVEILLANCE MOTEUR (ENGINE MONITORING).....</i>	<i>61</i>
<i>V.2.7. HELICES.....</i>	<i>61</i>
<i>V.2.8. TRAINS D'ATTERISSAGE.....</i>	<i>62</i>
<i>V.2.9. MAINTENANCE (CHECKS).....</i>	<i>63</i>
<i>V.2.10. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.....</i>	<i>64</i>
1) <i>DIMENSIONS (M).....</i>	<i>64</i>
2) <i>LIMITATIONS MASSE (KG).....</i>	<i>64</i>
3) <i>CAPACITE RESERVOIR (KG).....</i>	<i>65</i>
<i>V.3. COMPARAISON EN LIGNE.....</i>	<i>66</i>
<i>V.3.1. ETAPE HASSI MESSAOUD-ZERZATINE.....</i>	<i>66</i>
<i>V.3.2. ETAPE CONSTANTINE - HASSI MESSAOUD.....</i>	<i>67</i>
<i>V.3.3. ETAPE ALGER - HASSI MESSAOUD.....</i>	<i>68</i>
<i>V.3.4. ETAPE ZERZATINE- ALGER.....</i>	<i>69</i>
<i>V.3.5. ETAPE ZERZATINE- ORAN.....</i>	<i>70</i>
<i>V.4. ETUDE DES COUTS D'EXPLOITATIONS.....</i>	<i>73</i>
<i>V.4.1. LE COUT D'EXPLOITATION.....</i>	<i>73</i>
1) <i>LES COUTS DIRECTS.....</i>	<i>73</i>

<b>A).COUTS PN .....</b>	<b>73</b>
<b>B).COUTS CARBURANT.....</b>	<b>73</b>
<b>COMPARAISON DES COUTS DIRECTS.....</b>	<b>74</b>
<b>V.4.1.2. LES COUTS INDIRECTS.....</b>	<b>76</b>
<b>A). PRIX DE REFERENCE DES AVIONS.....</b>	<b>76</b>
<b>B). LES COUTS DE MAINTENANCE.....</b>	<b>77</b>
<b>C) LES REDEVANCES D’AERODROME ET SERVICE</b>	
<b>DE LA NAVIGATION AERIENNE.....</b>	<b>78</b>
<b>1- REDEVANCE DE NAVIGATION AERIENNE.....</b>	<b>78</b>
<b>2- REDEVANCE AEROPORTUAIRE.....</b>	<b>79</b>
<b>D). LES ASSURANCES.....</b>	<b>84</b>
<b>E). LES COUTS DIVERS.....</b>	<b>86</b>
<b>V.4.1.3. LE CŒFFICIENT D’EXPLOITATION.....</b>	<b>87</b>

**CONCLUSION**

## INTRODUCTION

*En vue d'enrichir sa flotte, de répondre aux nouveaux challenges et aux évolutions continues des exigences réglementaires du monde du Transport Aérien et pallier au manque d'avion pour le transport du personnel de Sonatrach et d'offrir les meilleurs services à ses clients (VIP, transport des délégations ministérielles...), la compagnie TASSILI AIRLINES a lancé un avis d'appel d'offres international en vue de l'acquisition de quatre (04) avions neufs module 70 sièges*

*Très souvent, Tassili Airlines est appelée à opérer de jour comme de nuit dans des régions désertiques, inhospitalières, des élévations de terrains très importantes qui présentent des conditions climatiques très variables (température très élevée, tempête de sable avec une visibilité très réduite, rafales de vent, précipitations intenses etc.. ) et dont les aérodomes de dégagement sont en général distancés les uns des autres, ce qui réduit les performances des avions et par ailleurs impose un choix d'aéronefs très judicieux.*

*Suite à l'avis d'appel d'offre lancer par la compagnie TAL, cinq (05) types d'aéronef ont été proposés (par différents constructeurs) :*

- ❖ Trois (03) turboréacteurs (A318-100, CRJ900, CRJ700).*
- ❖ Deux (02) turbopropulseurs (ATR72-500, DASH 8-Q400).*

*Ce projet de fin d'étude à été proposé dans le but d'étudier les performances et le comportement du DASH 8-Q400, et les comparés avec l'ATR72-500 sur les deux aspects opérationnel et économique.*

*Pour cela, et durant notre stage au sein de la direction des opérations aériennes, nous avons adopté une recherche documentaire par la description d'analyse comparative entre les deux avions DASH 8-Q400 et l'ATR72-500.*

# Chapitre I :

Présentation de la  
compagnie



## ***I. PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES :***

TASSILI AIRLINES est une compagnie aérienne parapétrolière, sous l'action de l'entreprise SONATRACH, elle assure les services du Travail Aérien ainsi que le transport du personnel SONATRACH et ses partenaires des sociétés étrangères.

### ***I.1. HISTORIQUE DE LA COMPAGNIE :***

TASSILI AIRLINES est une compagnie aérienne née suite à une convention signée entre AIR ALGERIE et SONATRACH, ainsi la DTA (direction du Travail Aérien), et au terme de cette convention devient l'actuelle compagnie TASSILI AIRLINES,

Il est à signaler également que la DTA fut créée par AIR ALGERIE en 1975 suites à la reprise de la SOCIETE du TRAVAIL AERIEN créée en 1968.

En 2006 Tassili Airlines compte 100% du capital détenu par SONATRACH.

### ***I.2. ORGANISATION DE LA COMPAGNIE AERIENNE :***

La compagnie aérienne TASSILI AIRLINES englobe quatre (04) départements généraux qui sont :

- ✚ Communication et Relations Extérieures ;
- ✚ Sécurité Aéronautique ;
- ✚ Inspection Générale ;
- ✚ Audit et Système Informatique ;
- ✚ Flight Safety Bureau

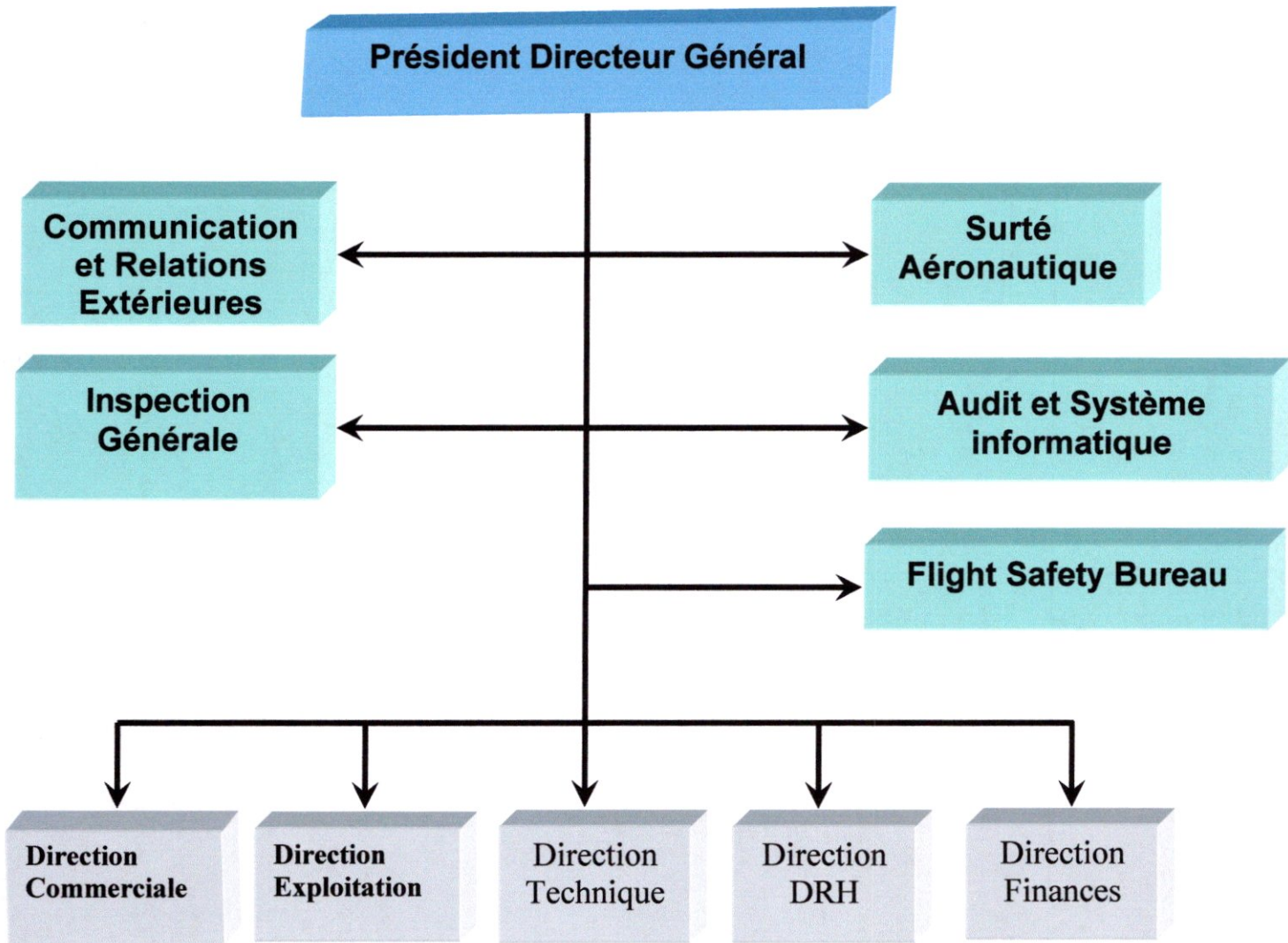
Ainsi que cinq (05) directions qui sont :

- ✚ Direction Commerciale ;
- ✚ Direction d'Exploitation ;
- ✚ Direction Technique ;
- ✚ Direction Ressources Humaines et Moyens ;
- ✚ Direction Finances.

Le tout étant sous la direction du Président Directeur Général (voir l'organigramme de l'organisation de la compagnie).

**I.3. ORGANIGRAMMES : (TAL)**

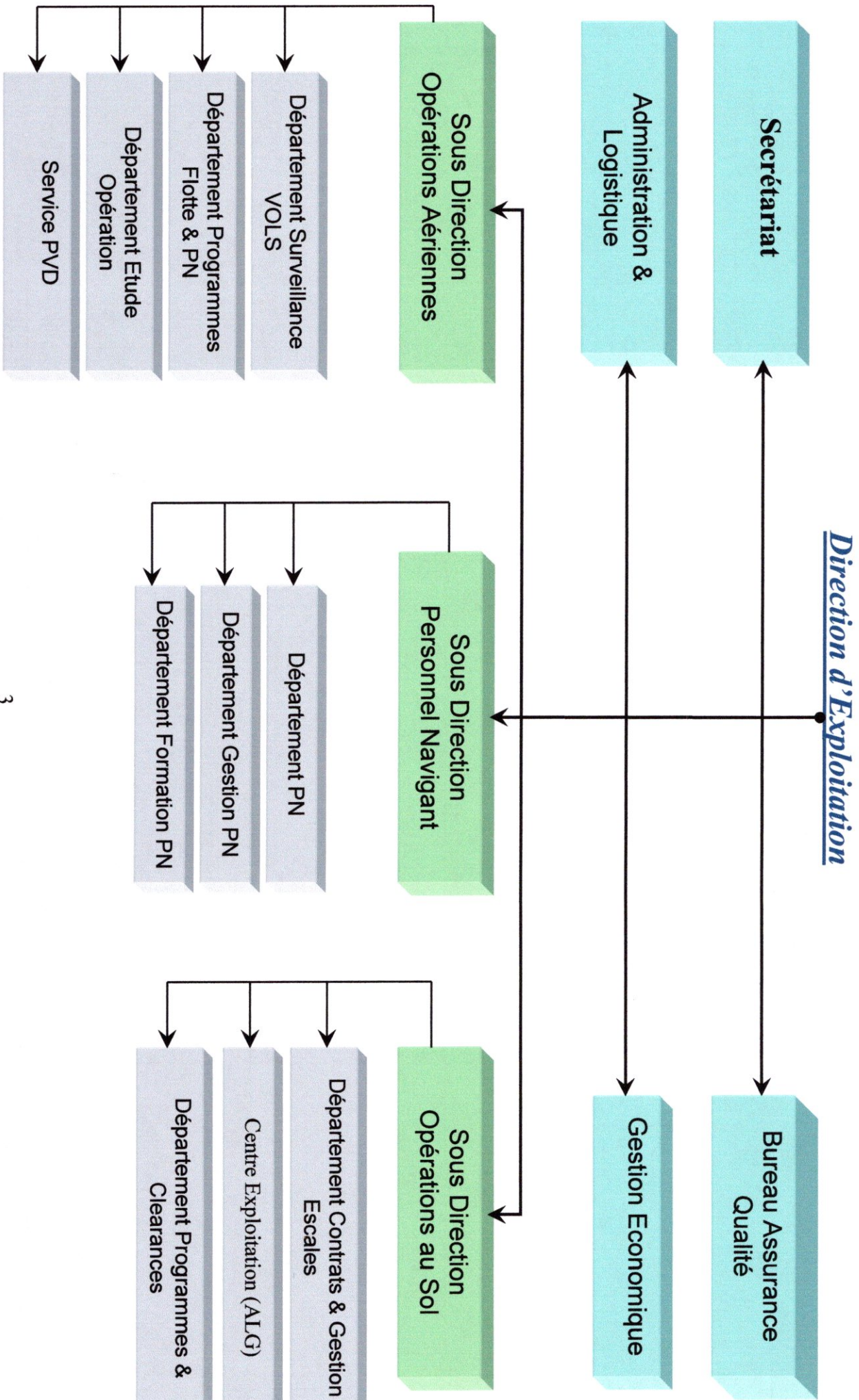
**✚ Direction générale : (fig.I.1)**



*fig(I.1)*



✚ *Direction d'exploitation : (fig.I.2)*





**1.4. LA FLOTTE EXPLOITEE PAR LA COMPAGNIE :**

**1.4.1. BEECHCRAFT 1900 :**

<b>Immatriculation</b>	<b>Nombre de Passagers à Embarquer</b>
7T-VIO 7T-VIP 7T-VIQ	<b>18</b>

**1.4.2. CESSNA 208 B :**

<b>Immatriculation</b>	<b>Nombre de Passagers à Embarquer</b>
7T-VIG 7T-VII 7T-VIL 7T-VIM	<b>09</b>

**1.4.3. PILATUS :**

<b>Immatriculation</b>	<b>Nombre de Passagers à Embarquer</b>
7T-VCG 7T-VCH 7T-VCI 7T-VCJ 7T-VCK	<b>07</b>

**1.4.4. BELL 206 L 3 :**

<b>Immatriculation</b>	<b>Nombre de Passagers à Embarquer</b>
7T-WUE 7T-WUF 7T-WUH 7T-WUJ 7T-WUK	<b>05</b>

**1.4.5. BELL 206 L 4**

<b>Immatriculation</b>	<b>Nombre de Passagers à Embarquer</b>
7T-WUL 7T-WUM	<b>05</b>

**1.4.6. DASH 8-Q400 :**

<b>Immatriculation</b> <b>(mise en opération)</b>	<b>Nombre de Passagers à Embarquer</b>
7T-VCL (Juillet 2007) 7T-VCM (Août 2007) 7T-VCN (Septembre 2007) 7T-VCO (Octobre 2007)	<b>74</b>

**Chapitre II :**

**PRESENTATION DU  
DASH 8-Q400**

## **II .1. PRESENTATION DU CONSTRUCTEUR :**

Bombardier Aéronautique est un constructeur d'avions et fournisseur de prestations de services destinées au marché de l'aviation civile :

- ▶ des avions de transport régional (jets et turbopropulseurs),
- ▶ des avions d'affaires,
- ▶ des avions amphibies.

En outre, il assure des services techniques ainsi que des services de formation en maintenance et pilotage.

Son siège social est situé à Montréal au Canada.

Ses effectifs au 31 janvier 2005 s'élèvent à 25 000 personnes, répartis à travers le monde.

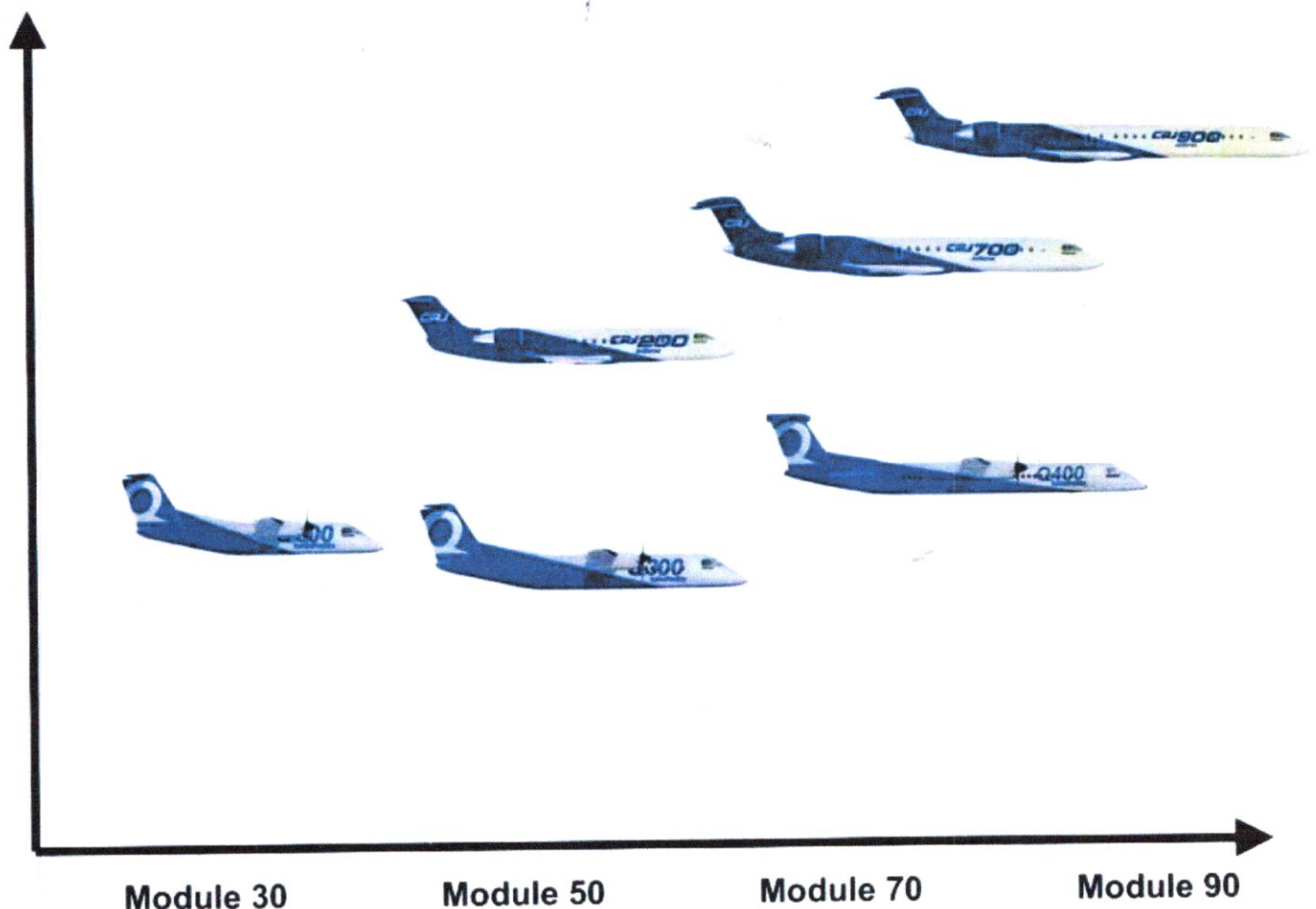
Ses revenus pour l'exercice clos le 31 janvier 2005 s'élèvent à 15,8 milliards de USD dont 95% ont été générés hors du Canada.

Il est coté à la bourse de Toronto.

## **II.2. TYPES D'AERONEFS REGIONAUX CONSTRUITS :**

Bombardier construit des avions régionaux de type turbopropulseur et turboréacteur dont la gamme va du module 30 au module 90 :

- ▶ Le module 30 avec le Q100 (qui n'est plus produit) et le Q200 qui sont des turbopropulseurs
- ▶ Le module 50 avec le Q300 qui est un turbopropulseur
- ▶ Le module 70, avec le Q400 en turbopropulseur et le CRJ700 en turboréacteur :
- ▶ Le module 90 avec le CRJ900 en turboréacteur.



**GAMME AVIONS REGIONAUX BOMBARDIER (fig.II.1)**

**II.3. STATISTIQUES :**

Le nombre d'avions régionaux livrés par ce constructeur a atteint 2 042 unités au 31 décembre 2005, dont 391 de type module 70 (Q400 et CRJ700).

La répartition géographique des avions Bombardier exploités dans le monde est comme suit :

- ▶ Amériques : 1 430
- ▶ Asie : 207
- ▶ Europe : 415
- ▶ Afrique/Moyen Orient : 55.

L'avion Q400 est exploité en environnement désertique dans 15 pays.

#### **II.4. SERVICE ET SUPPORTS :**

Les magasins dépôts de pièces de rechange de Bombardier sont situés à :

- ▶ Chicago (USA),
- ▶ Francfort (RFA),
- ▶ Pékin (Chine) et,
- ▶ Sydney (Australie).

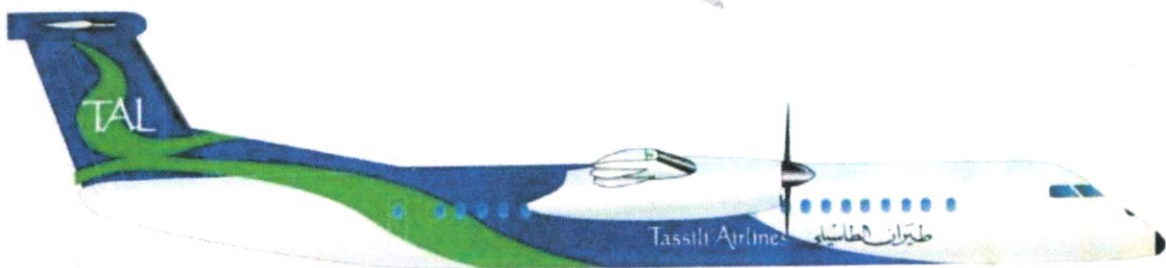
Les centres d'entretien, série Q de Bombardier, sont au nombre :

- ▶ 17 en Europe
- ▶ 4 en Afrique.

Pour le Q400, il y a en 10 en Europe et 1 au Moyen Orient.

Pour les CRJ, il y a en 16 en Europe.

#### **II.5. PRESENTATION DE L'AERONEF Q400 : (fig.II.2)**



*fig (II.2)*

##### **5.1. Certification :**

Homologué par l'autorité canadienne Transport Canada (TC) en catégorie de transport et est également conforme aux exigences de l'Agence Européenne pour la Sécurité Aérienne (EASA) pour ce qui est des exigences décrites dans les spécifications respectives de l'appareil.

Il est entré en service pour la première fois en 2001.



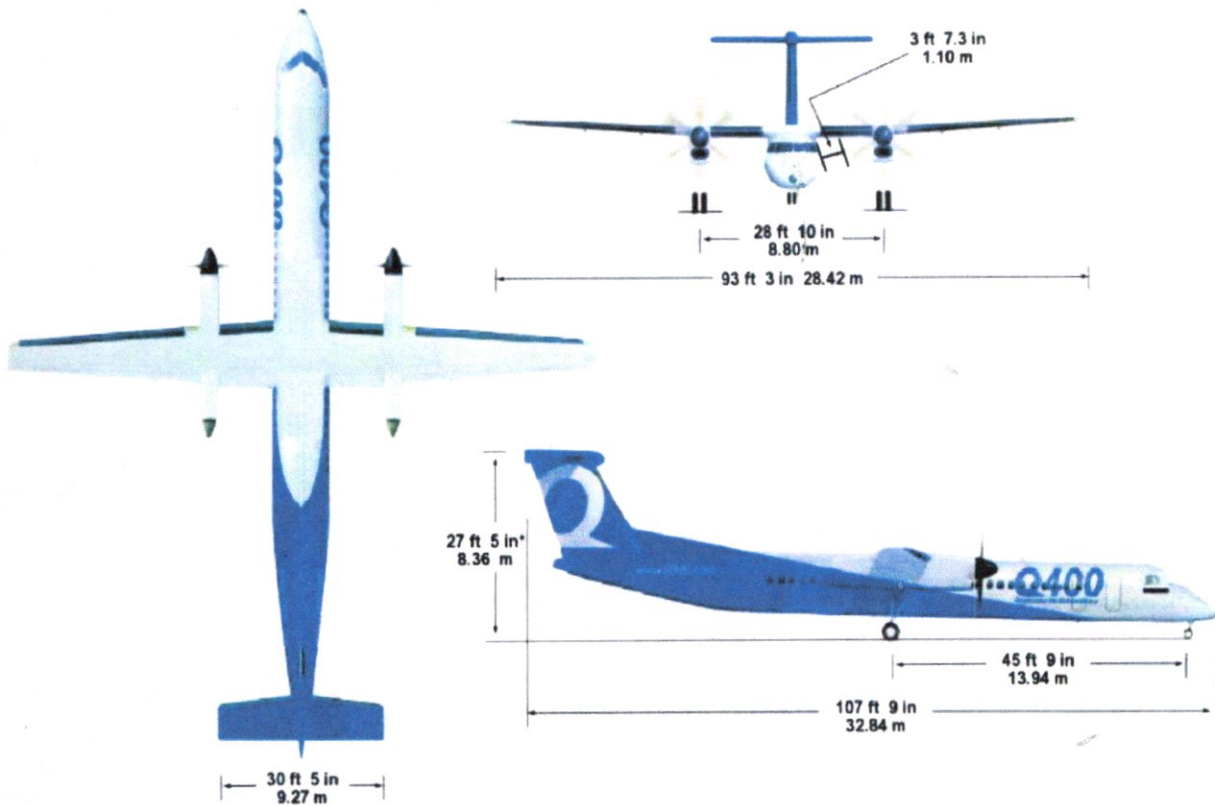
### **5.2. Description générale :**

Appareil muni de deux turbopropulseurs montés sur ailes hautes.

- ▶ Masse maximale au décollage : 29 257 kg
- ▶ Masse maximale à l'atterrissage : 28 009 kg
- ▶ Masse maximale sans carburant : 25 855 kg
- ▶ Poids à vide opérationnel : 17185 kg
- ▶ Charge utile : 8670 kg

### **5.3. Dimensions : (fig.II.3)**

- ▶ Envergure : 28,42 m ;
- ▶ Longueur : 32,84 m ;
- ▶ Hauteur : 8,36 m ;
- ▶ Empattement : 8,80 m ;
- ▶ Distance entre la roulette de nez et le train d'atterrissage principal :  
13,94 m ;
- ▶ Espacement fuselage/bout des pales : 1,10 m ;
- ▶ Envergure stabilo : 9,27 m



Envergure :	28,4 m	(93')
Longueur :	32,8 m	(107'9")
Hauteur :	8,4 m	(27' 5")

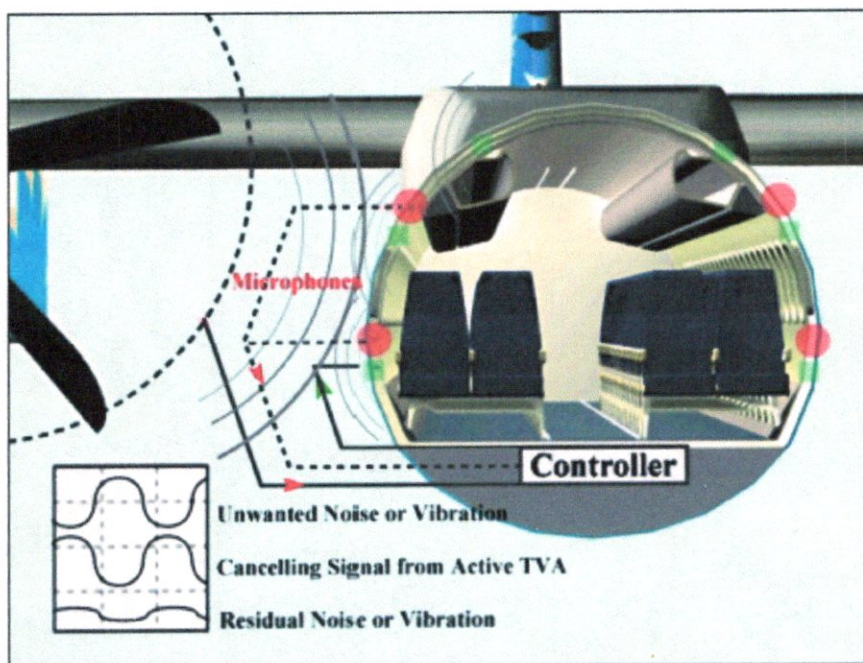
*Dimensions externes du Q400 (fig.II.3)*

**5.4. Cellule :**

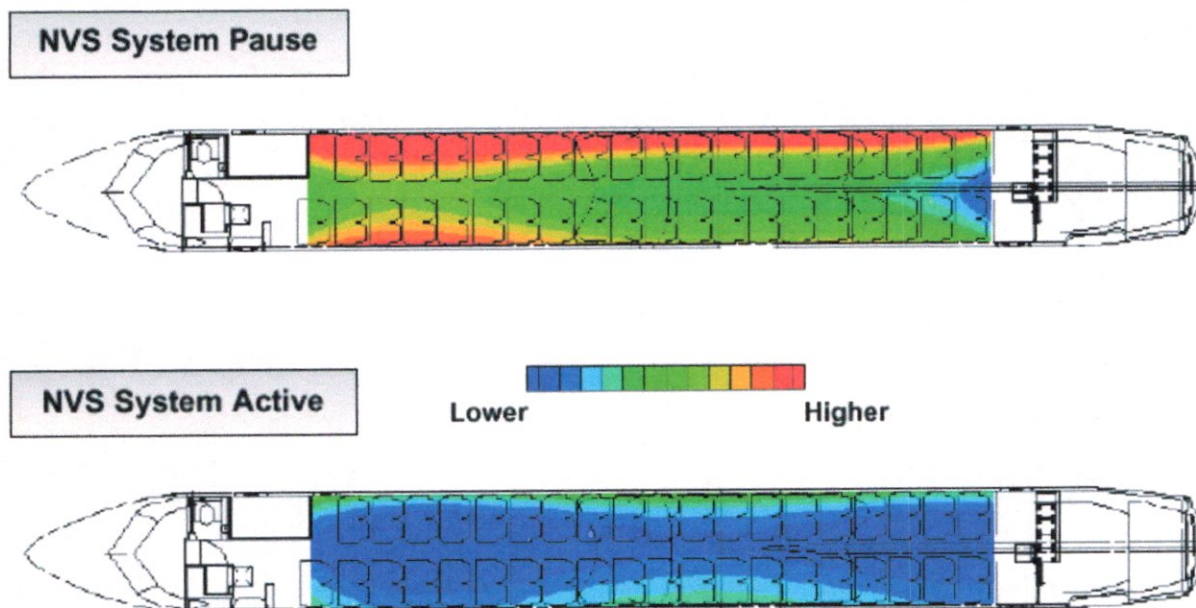
a) Le fuselage est composé de trois parties :

- ▶ La partie avant comprenant le nez et le cockpit,
- ▶ La partie centrale comprenant la cabine passagers, le compartiment bagages avant et intègre des composants du système ANVS (Active Noise & Vibration Suppression), (fig.II.4), (fig.II.5).
- ▶ La partie arrière comprenant le compartiment bagages arrière, les équipements, les systèmes de conditionnement d'air et autres, et supporte aussi l'empennage.





*Le système NVS pour la réduction du bruit et des vibrations (fig.II.4)*



*Les niveaux de bruit avec NVS Activer ou Non (fig.II.5)*

b) La voilure est en métal conçue en une seule pièce montée à travers le haut du fuselage et constituant les deux demi ailes. Elle intègre les réservoirs et les

nacelles des deux moteurs. L'orifice des réservoirs est facilement accessible et se trouve à l'arrière de la nacelle droite, au dessus du logement du train d'atterrissage.

Une porte de visite située sur le haut de la surface de l'aile permet l'inspection et la maintenance de l'intérieur des demi ailes.

Les réservoirs occupent une portion des deux demi ailes pour une capacité totale de carburant égale à 6 617 litres (1 748 U.S. gallon)

Le bord d'attaque des ailes est muni d'un système pneumatique de dégivrage et d'antigivre.

### **5.5. Endurance :**

▶ Cycles de vie sans fissure :

Heures de vol : 40 000 HDV ;

Nombre de cycles : 80 000 cycles ;

Équivalent en années : 18 ans.

▶ Cycles de vie en exploitation :

Heures de vol : 80 000 HDV ;

Nombre de cycles : 160 000 cycles ;

Équivalent en années : 36 ans.

L'équivalence en années est calculée sur la base d'une utilisation annuelle de 2 200 heures de vol.

### **5.6. Motorisation :**

Le Q400 est équipé de deux moteurs Pratt & Whitney Canada, modèle PW150A ; ce sont des turbopropulseurs de type turbine libre et de construction modulaire et sont équipés du système FADEC (Full Authority Digital Electronic Control) qui permet le contrôle électronique des paramètres moteur.

- ▶ Puissance au décollage : 4 580 ESHP
- ▶ Puissance maximale : 5 071 ESHP
- ▶ Puissance maximale en croisière : 3 947 ESHP
- ▶ MTBF (Mean Time Between Fail) : révision générale à TBO = 10 000 heures de vol.

### **5.7. Hélices :**

Les moteurs sont équipés d'une hélice Dowty, modèle R408 à six pales. Les hélices sont construites de matériaux composites et sont renforcées au niveau des extrémités par une gaine en nickel contre l'érosion du sable. Les pales sont remplaçables séparément sur l'hélice. La lecture des données d'équilibrage est effectuée par le système NVS.

### **5.8. Vitesses :**

- ▶ Vitesse de croisière : 667 Km/h
- ▶ Vmo : 286 kt
- ▶ Vitesse d'atterrissage : 215 kt
- ▶ Mach de croisière moyenne : 0,54



### **5.9. Trains d'atterrissage :**

Le Q400 est équipé d'un train d'atterrissage Menasco, rétractable dans une nacelle sous le moteur.

Le train principal est actionné hydrauliquement, mis en marche électriquement et verrouillé manuellement.

La direction de la roue avant est actionnée par un système hydraulique avec contrôle directionnel pendant le roulage, les phases d'envol et d'atterrissage.

Chaque roue principale à son propre frein antidérapant activé hydrauliquement.

Le train d'atterrissage est équipé d'un système de frein d'urgence et/ou de stationnement.

### **5.10. Equipements et systèmes :**

#### **Avionique : (fig.II.6)**

L'avion est équipé de systèmes EFIS (Electronic Flight Instrument System), ESID (Engine System Integrated Displays), CDS (Central Diagnostic System) et de cinq afficheurs LCD incorporés dans le

Tableau de bord :

- ▶ 02x PFD pour indication HSI, ADI,
- ▶ 02xMFD pour indication des systèmes électriques et commandes de vol,
- ▶ 01x ED pour indication paramètres moteur.

Additivement à la version de base, l'appareil Q400 est homologué catégorie II comme il est demandé par la compagnie :

- ▶ FMS (Flight Management System) simple de type UNS-1 E SCN 802.2 avec GPS et TCASII.

- ▶ Enhanced GPWS de marque HONEYWELL.
  - ▶ Balise de secours (ELT) à trois fréquences.
  - ▶ Système de communication HF type PRIMUS HF-1050 HONEYWELL.
  - ▶ Radar météo de type PRIMUS P-660 HONEYWELL.
- Double système VHF COMM. avec espacement de 8.33 KHZ THOMSON.
- ▶ DATALINK – UNILINK (UASC UL-701 with SRN 12.2) C/W integral VHF COMM. Radio and T/W half-size printer de marque HONEYWELL.
  - ▶ Quick Access Recorder de marque DASSAULT.



*Aménagement général du Cockpit (fig.II.6)*



### **5.11. Equipements Optionnels :**

Les équipements optionnels, au nombre de trois exigé par la compagnie sont inclus dans la configuration standard du Q400, à savoir :

- ▶ APU ;
- ▶ Centralized Fault Display System ;
- ▶ Kit de chargement des données DFDR.

Le Q400 est équipé d'un APU (générateur électrique), de type APS-1000 de Hamilton Sundstrand.

Cet APU permet de fournir de l'énergie électrique pour assurer toutes les servitudes au sol et en vol, à savoir le démarrage des moteurs, l'électricité pour la climatisation au sol, l'éclairage dans l'avion.

### **5.12. Cabine :**

Compartimentée en trois parties :

#### **a) Cabine de pilotage avec porte de séparation :**

La cabine de pilotage est équipée de trois postes :

- ▶ un pour le pilote,
- ▶ un pour le co-pilote et,
- ▶ un pour un observateur.

Les sièges des pilotes sont réglables et ajustables et sont munis d'accoudoirs et de repose-tête ; celui de l'observateur est rabattable et situé entre les sièges de pilotes

#### **b) Cabine passagers :**

Aménagements possibles soit en classe homogène soit en bi classes avec 4 ou 3 sièges de front et un couloir central ; un siège PNC situé à l'avant et un autre à l'arrière. Les sièges sont capitonnés, avec accoudoirs et dossier inclinables.

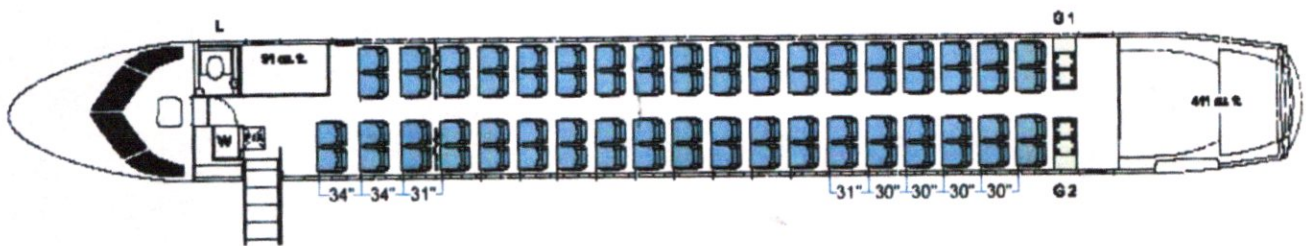
Le plancher est recouvert d'une moquette certifiée.

Les racks à bagages sont munis de couvercles.

**c) Coffres et Soutes à bagages : (fig.I.7)**

Situés à l'avant et à l'arrière de la cabine (avec cloison de séparation) avec portes cargo.

Volume total : 14,23 m<sup>3</sup>

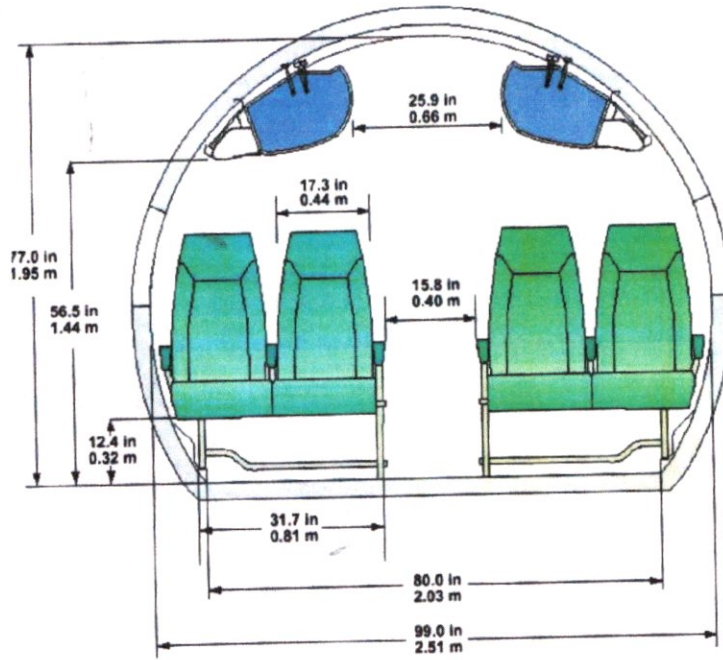


**74 passagers @ espacement de 34" et 31"/30"**

**Volume cargo et rangement en cabine**

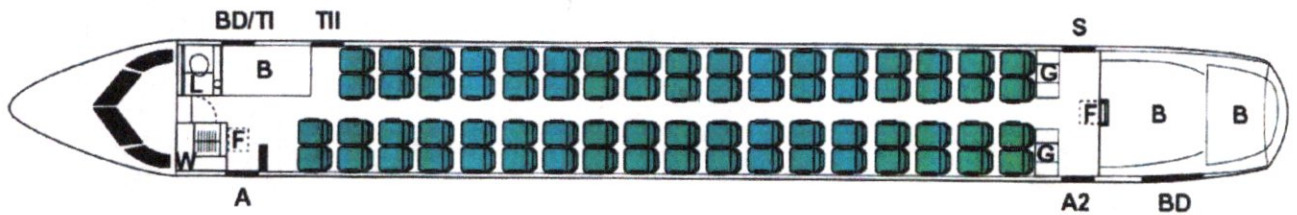
Compartiment	Volume Total		Volume par passager	
	cu.ft.	m <sup>3</sup>	cu.ft.	m <sup>3</sup>
Soutes Cargo	502.0	14.23	6.8	0.19
Rangement en cabine	258.1	7.31	3.5	0.10
<b>Total</b>	<b>760.1</b>	<b>21.54</b>	<b>10.3</b>	<b>0.29</b>

*Fig(I.7)*

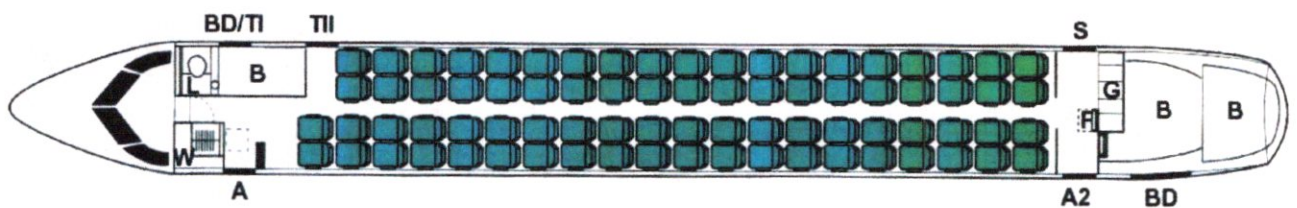


*Configuration et coupe de la cabine (fig.I.8)*

70 places espacement de 33"  
 502 ft<sup>3</sup> soutes cargo  
 47 ft<sup>3</sup> soutes cargo



78 places espacement 30"  
 456 ft<sup>3</sup> soutes cargo  
 42 ft<sup>3</sup> soutes cargo



*Configuration : autres arrangements possibles (fig.I.9)*



# **Chapitre III :**

**ETUDE DE  
PERFORMANCE**

### **III.1. PARTIE THEORIQUE**

#### **III.1.1. INTRODUCTION :**

Le document de performances « flight crew operating manuel » à notre disposition contient les performances des différentes phases du vol.

En tenant compte des conditions les plus pénalisantes, nous allons donc aborder les performances du DASH 8-Q400 et cela pour les différentes phases de vol suivantes :

- ▶ Montée ;
- ▶ Croisière ;
- ▶ Attente ;
- ▶ Descente.

#### **III.1.2. LA MONTEE :**

La montée est la première phase de vol, elle peut aussi intervenir durant le vol en croisière ascendant ou bien en approche interrompue, les réglementations Américaines (FAR PART25), Européenne (JAR OPS) exigent des pentes minimales à respecter pendant la montée.

#### **2.1. Les pentes minimales de montée :**

##### **1. a trajectoire de décollage :**

<b>Configuration</b>	<b>Pente minimale exigée (deux moteurs en fonctionnement)</b>
Moteur critique en panne 400ft à 1500ft au dessus de la piste	1,2%
Pente de réduction pour la trajectoire nette	0,8%

**1.b Montée en décollage :**

<b>Le segment</b>	<b>configuration</b>	<b>Pente minimale exigée</b>
1 <sup>er</sup> segment	<ul style="list-style-type: none"> <li>-train sortis</li> <li>-moteur critique en panne</li> <li>-poussée décollage</li> <li>-volets décollage</li> <li>-vitesse Vlof</li> </ul>	0,0%
2 <sup>ème</sup> segment	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trains rentrés</li> <li>-Moteur critique en panne</li> <li>-Poussée décollage</li> <li>-Vitesse V2</li> <li>-Altitude pour la quelle les Trains d'atterrissage totalement rentrés</li> </ul>	2.4 %
Segment final	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Moteur critique en panne</li> <li>-Poussée max continue</li> <li>-V ≥ 1,23 VS</li> </ul>	1.2 %

**1.c Montée en vol :**

<b>configuration</b>	<b>Pente minimale exigée</b>
-Moteur critique en panne -Poussée maximum continue	1,1%

**1. d Montée - masse atterrissage limité:**

	<b>configuration</b>	<b>Pente minimale exigée</b>
Montée en approche	-Moteur critique en panne -Poussée décollage -Volets approche -Trains rentrés	2,1%
Montée en atterrissage	-Tous les moteurs en fonctionnement -Poussée équivalente à 8sec après la remise des gaz pour décoller après le vol ralenti -Trains sortis et $V \leq 123 \text{ VS}$	3,2%

## **2.2 Montée en exploitation :**

Généralement les montées s'effectuent en régime moteur maxi -moteur défini par le constructeur.

Ce régime de montée nous donne les meilleures performances ascensionnelles, en ayant une vitesse donnée, les différents types de montée sujets à notre étude sont les suivantes :

- ⊕ montée à pente maximale ;
- ⊕ montée à vitesse ascensionnelle maximum ;
- ⊕ montée à consommation distance minimum ;
- ⊕ montée à pris de revient minimal PRM dite « normal » ;
- ⊕ montée à vitesse élevée dite « rapide » ;
- ⊕ montée cabine.

### **2.a Montée à pente maximum :**

Régime moteur : maxi montée.

Cas d'utilisation : cette montée est surtout utilisée pour atteindre un niveau maximum en un point donnée (cas d'un obstacle par exemple).

### **2.b Montée à vitesse ascensionnelle maximum :**

Régime moteur : maxi montée

Cas d'utilisation : à la demande du contrôle pour rejoindre un niveau de vol dans un minimum de temps.

### **2.c Montée à consommation- distance minimum :**

Régime moteur : maxi montée

Cas d'utilisation : minimiser la consommation carburant.

**2.d Montée à prix de revient minimal dite « normale » :**

Régime moteur : maxi montée

Cas d'utilisation : montée réalisant le meilleur compromis temps/consommation distance.

**2.e Montée à vitesse élevée dite « rapide » :**

Régime moteur : maxi montée

Cas d'utilisation : utilisée pour le court - Courier, elle privilégie le temps de vol sur la consommation carburant.

**2.f Montée cabine :**

L'altitude pression de la cabine peut être diminué mais elle doit être inférieure à la valeur maximale fixée à 10 000 ft. Pour des raisons de confort passagers la montée cabine s'effectue à 500ft/mn.

**III.1.3. LA CROISIERE :**

Avant d'entamer la croisière il est utile de connaître les notions suivantes :

**3.1 Les consommations :**

**1.1 Consommation horaire :  $Ch$**

C'est la consommation de carburant par unité de temps exprimée généralement en Kg/heure

**1.2 Consommation spécifique :  $Csp$**

C'est le rapport entre la consommation horaire et la puissance.

- consommation horaire par unité de puissance :

$$C_{sp} = Ch / W_n \quad (\text{Exprimée en : Kg / Cv.h})$$

**Ch** : consommation horaire (Kg/h)

**Wn**: puissance mécanique (CV)

### 1.3 Consommation – distance

Les avions de transport des passagers couvrent des distances exprimées par milles nautique, d'où la nécessité de connaître la quantité de carburant consommer par mille nautique, d'où la notion de consommation - distance

$$C_d = Ch / V_s$$

**Vs** : étant la vitesse sol

► Pour un vent nul :

$$C_d = Ch / V_p$$

**Vp** : étant vitesse propre de l'avion.

### 3.2 Rayon d'action spécifique : Rs

C'est la distance parcourue par unité de consommation exprimée généralement en NM/Kg.

$$R_s = 1 / C_d = V_s / Ch$$

- Pour un vol nul

$$R_s = V_p / Ch$$



**REMARQUE :**

Le rayon spécifique est le paramètre le plus utilisé dans l'étude des performances en croisière.

**3.3 Régime de marche :**

Au cour du vol et pendant la croisière le pilote choisi une méthode de conduite de son appareil que l'on appel régime de marche. Et cela suivant les besoins et la rentabilité désirer pour chaque compagnie. Il existe 4 régimes de marche :

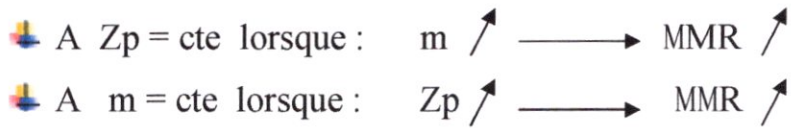
- ▶ Croisière à maxi – range ;
- ▶ Croisière long – rang ;
- ▶ Croisière à mach (PRM) (prix de revient minimal) ;
- ▶ Croisière à mach constant.

**3. a Croisière à maxi range :**

C'est le régime de marché ou le nombre de Much (MMR) correspondant à une consommation distance (d) minimale ou à un rayon d'action (Rs) max



En général, le Much maxi range varie en fonction de la masse (m) et de (Zp) :



**Avantage du Much maxi range :**

Son avantage est de minimiser la consommation sur une étape.

**Inconvénients :**

Ce régime nécessite un affichage exact de ce Much. Donc un petit décalage sur l'affichage peut engendré une augmentation de consommation distance.

Alors si en programme un vol avec régime maxi range le pilote doit afficher exactement et avec précision les paramètres de vol.

**Utilisation :**

Ce régime est utiliser seulement comme secours au cours du vol on programme rarement un vol a ce régime là.

**3. b. Croisières à Mach long range :**

C'est un vol a nombre de Much supérieur au premier régime (MMR) dans lequel le rayon d'action n'est réduit que de 1 par rapport à celui de maxi range.

Ou bien  $R_s \text{ Long Rang} = 99\% R_s \text{ maxi range}$

En général, MLR varie dans le même sens que celui du maxi – range.

**Remarque :**

Le Much long range varie dans les mêmes conditions que celui de maxi – range.

**Avantage de long range :**

Pour une perte faible sur la consommation compenser par un gain sur le temps de vol.

La tenue des paramètres peut être moins précise, en effet tous Much de vol afficher inférieur au MLR se traduit par une diminution de la consommation de carburant.

**Utilisation :**

Ce régime est utiliser surtout où l'économie de carburant est très importante.

**3.c. Croisière à Mach PRM :**

C'est le nombre de Much à afficher pour minimiser les coûts directs à l'heure de vol, ces coûts sont la somme de deux éléments :

- ▶ Coût lié au temps de vol (PNT, PNC, maintenance)
- ▶ coût de carburant.

D'où :

$$CD = Pc. d + Pt t + Pf$$

Avec :

**Pc** : prix du Kg de carburant

**d** : consommation de carburant en Kg

**Pt** : prix liée aux temps de vol par heure de vol.

**t** : temps de vol.

**Pf** : coût fixe indépendant du temps de vol.

Pour minimiser le coût direct, il suffit de minimiser la somme :

$C = Pc. d + Pt. t$  pour chaque NM parcourue :

$C (1NM) = Pc. 1/Rs + Pt 1 / Vp$

**LES PARAMETRES AYANT UNE INFLUENCE SUR MPRM :**

**La masse**

Lorsque m augmente  $\longrightarrow$  MMR augmente  $\longrightarrow$  MPRM augmente (à  $Z_p=cte$ )

**L'altitude pression**

Lorsque  $Z_p$  augmente  $\longrightarrow$  MMR augmente  $\longrightarrow$  MPRM augmente (à  $m=cte$ ).

**Le coût carburant**

Lorsque  $P_c$  augmente MPRM tend vers le MMR.

MPRM est le plus souvent situé entre le MMR et le MLR donc le vol au MPRM étant avantageux au coût total et au carburant.

**Avantages :**

Ce Mach permet le meilleur compromis consommation-temps de vol.

**3.d. Croisière à Mach constant :**

Il est possible d'effectuer une croisière à un nombre de Mach constant

**Avantages :**

Facilité du suivi des paramètres de vol

**Inconvénients :**

On s'écarte des conditions optimales, surtout lorsque le vol se fait à une altitude pression constante.

**III.1.4. L'ATTENTE**

**4.1 Incidence d'attente : (fig.III.4)**

- ▶ Le régime d'attente est le régime de  $Ch_{min}$
- ▶  $Ch = C_{sp} \times \text{poids} / \text{finesse}$
- ▶ Incidence de finesse max  $\longrightarrow$   $Ch_{min}$



**4.2 Choix de l'altitude d'attente :**

**Condition :**

$M = 56000\text{lb}$

$KIAS = 148 \text{ kt}$

$T = \text{ISA}$

Les altitudes recommandées avec la consommation horaire pour le DASH 8-Q400 figure sur le tableau suivant :

Altitude (ft)	Ch (kg /h)
1500	1900
4000	1830
8000	1740
10000	1695
12000	1650

*Tableau (III.1)*

**Commentaire :**

D'après le Tableau (III.1) on remarque que :

Altitude pression augmente  $\longrightarrow$  Consommation horaire diminuée

**III.1.5. LA DESCENTE :**

Les objectifs de l'exploitation sont différents, c'est pour cela qu'il existe plusieurs types de descente

- ✚ Descente à pente minimale
- ✚ Descente à vitesse de descente minimale
- ✚ Descente à consommation minimale
- ✚ Descente à prix de revient minimal

**5.1. Descente à pente minimale :**

$$\theta = \theta_{\min} \Rightarrow [(Tu / mg) - (1/f)]_{\min} \Rightarrow f_{\max}$$

La descente à pente minimale s'effectue à l'incidence de finesse maximale

**5.2. Vitesse verticale de descente minimale :**

$$V_z = V_{z\min} \Rightarrow [W_u - W_n]_{\min} \Rightarrow V_{\text{opti}}$$

La vitesse de descente minimale correspond à la vitesse optimale

**5.3. Descente à consommation minimale dite « économique » :**

Il s'agit de réaliser une meilleure consommation – distance, donc voler sur une plus grande distance à régime réduit, pour cela il faut réduire la pente de descente ; donc on se rapproche de la vitesse de finesse max

**5.4. Descente à prix de revient minimal dite « normal » :**

Il s'agit pour ce type de descente de réaliser le meilleur compromis entre le temps et la consommation Pour gagner du temps, il faudra rester en croisière un

peut plus longtemps et descendre avec Une vitesse plus importante

Vu l'importance du coût du carburant dans les couts d'exploitation, les vitesses de descente « normal » ont tendance à diminuer pour se rapprocher de la vitesse à  $f_{max}$

**REMARQUE :**

L'économie ne peut être réalisé que si le point de descente est déterminé avec précision, ce point varie suivant la direction du vent debout ou arrière

- ✚ une descente prématurée obligera à faire un palier à basse altitude
- ✚ une descente tardive obligera à employer les aérofreins ou spoilers

**5.5. Descente de secours :**

En cas de panne de pressurisation, on peut effectuer une descente de secours Pour obtenir une très forte vitesse verticale de descente, il faut :

- ✚ Afficher la vitesse verticale
- ✚ avoir les moteurs réduits, pour augmenter ses performances
- ✚ on pourra utiliser les aérofreins. d'où :  $V = V_{mo}$

**5.6. Descente cabine :**

Comme pour la montée, pendant la descente il faudrait prendre en considérations le confort passager de telle sorte que la vitesse de descente ne doit pas dépasser 300ft /min, en veillant à ne pas dépasser la pression différentielle maximale  $\Delta P_{max}$

**III.2. PARTIE PRATIQUE**

**III.2.1. La Montée:**

**Conditions:**

TOW = 46000 lb.

TOW = 54000 lb.

TOW = 64500 lb.

Vent null.

Type de montée : 160kt/185kt.

**1.1. Consommation en montée en (Ib) :**

T=ISA

TOW(Ib)	46000	54000	64500
<b>FL</b>			
60	181 lb	207 lb	<b>244 lb</b>
140	356 lb	415 lb	<b>508 lb</b>
200	484 lb	576 lb	<b>723 lb</b>
<b>250</b>	<b>588 lb</b>	<b>721 lb</b>	<b>922 lb</b>

**Tableau (A-1)**

**Correction :**

Si le système de dégivrage est activé on effectue la correction suivante :

Consommation Carburant = + 1%.

**Remarque :**

Le DASH 8 -Q 400 peut monter jusqu'au niveau 250, avec une masse égale à 64500Ib et une consommation de 922Ib.



**1.2. Temps en montée en (min) :**

T=ISA
-------

<b>FL \ TOW(Ib)</b>	<b>46000</b>	<b>54000</b>	<b>64500</b>
60	3 min	4 min	4 min
140	6 min	7 min	8 min
200	9 min	10 min	13 min
250	11 min	13 min	17 min

**Tableau (A-2)**

**Remarque :**

Le temps de montée augmente avec l'augmentation de la masse.

Le DASH 8-Q 400 fait 17min pour atteindre le niveau 250, avec une masse de décollage maximale. (MTOW = 64500 lb).

**1.3. Consommation en montée en (lb) :**

T=ISA+20°
-----------

<b>FL \ TOW(Ib)</b>	<b>46000</b>	<b>54000</b>	<b>64500</b>
60	190 lb	218 lb	261 lb
140	386 lb	457 lb	572 lb
200	542 lb	660 lb	863 lb
250	670 lb	836 lb	1158 lb

**Tableau (A-3)**

**Correction :**

Si le système de dégivrage est activé, on effectue la correction suivante :

Consommation Carburant = + 1%.

**Remarque :**

Le tableau (A-3) montre que la consommation augmente chaque fois que la température augmente.

**1.4. Temps en montée en (min) :**

$T=ISA+20^{\circ}$
--------------------

TOW(Ib)	46000	54000	64500
FL			
60	3 min	4 min	5 min
140	7 min	8 min	10 min
200	11 min	13 min	17 min
250	14 min	18 min	25 min

**Tableau (A-4)**

**Correction :**

Si le système de dégivrage est activé, on fait la correction suivante :

Temps = +2 %.

**Conclusion :**

D'après les tableau (A-1),(A-2),(A-3),(A-4) les performances de montée sont conditionnées par la masse au lachet des freins et la température.

**III.2.2. La Croisière :**

**Condition :**

Tow = 64500 Ib.

Type de croisière : croisière à vitesse élevée (HSC).

Vent = 0.

**Correction de la masse :**

**Carburant :** pour chaque 2000Ib au dessous des 64500Ib, la quantité de carburant sera réduite de 0,25%.

**Temps :** pour chaque 4000Ib au dessus des 64500 Ib, le temps sera réduit de 0,34%.

**Correction du vent :**

**Carburant :** pour chaque 25kt, de vent de face, le carburant augmente de 9%.

Pour chaque 25kt, de vent arrière, le carburant se réduit de 6%.

**Temps :** pour chaque 25kt de vent de face le temps augmente de 8%.

Pour chaque 25 kt de vent arrière, le temps se réduit de 6%.

**2.1. Temps (h : min) et Consommation (Ib) en croisière (HSC):**

T=ISA

Dist. (NM)	FL	Temps (h :min)	Consommation (Ib)
150	140	0 :45	1720
400	180	1 :29	3700
700	250	2 :25	5440
1000	250	3 :17	7405
1500	250	4 :43	10719

**Tableau (B-1)**

**2.2. Temps (h : min) et Consommation (Ib) en croisière (HSC):**

T=ISA+20°

Distance (NM)	FL	Temps(h :min)	Consommation/b
150	140	0 :46	1686
400	180	1 :35	3478
700	220	2 :35	5114
1000	220	3 :31	6680
1500	250	5 :03	10076

**Tableau (b-2)**

**Remarque :**

D’après les tableaux (b-1) et (b-2) on remarque que la consommation diminue avec l’augmentation de la température.

**Condition :**

TOW : 64500lb

Type de croisière : croisière a longue distance (LRC)

Vent nul.

**2.3. Temps (h : min) et Consommation (Ib) en croisière (LRC):**

T=ISA

Distance	FL	Temps (h : min)	Consommation (Ib)
150	120	0 :51	1680
400	200	1 :43	3200
700	240	2 :46	4872
1000	250	3 :45	6618
1500	250	5 :29	9489

**Tableau (B-3)**



**Remarque :**

L'avion DASH 8-Q400 consomme 9489lb pour une distance parcourue De 1500 avec un temps de vol 5 h29 min.

**2.4. Temps (h : min) et Consommation (lb) en croisière (LRC):**

$T=ISA+20^{\circ}$
--------------------

Distance	FL	Temps(h :min)	Consommation(lb)
150	120	0 :51	1695
400	180	1 :41	3230
700	220	2 :43	4918
1000	250	3 :41	6680
1500	250	5 :25	9578

**Tableau (B-4)**

**Remarque :**

D'après les tableaux (B-3) et (B-4) on remarque que la consommation augmente avec l'augmentation de la température.

**Conclusion :**

La croisière effectuée avec le régime LRC, le Q400 consomme moins de carburant par rapport à celui effectué avec le régime HSC. D'où on a l'intérêt de voler avec le régime LRC, malgré la petite perte sur le temps.

**III.2.3. La Descente :**

**Condition :**

TOW= 64500 lb

Vent = 0

T = ISA

**3.1. Temps (min) et Consommation (lb) en descente type I :**

**IAS = 230 kt**

FL	Distance (NM)	Temps (min)	Consommation (lb)
40	07	06	152
100	23	09	229
160	40	12	213
220	105	23	792
250	132	28	957

**Tableau (c-1)**

**Corrections liées a la température :**

Si T= ISA+20 :

- Ajouter 5% a la distance
- Ajouter 6% a la quantité de carburant

Si T= ISA-20 :

- Retrancher 5% a la distance
- Retrancher 6% a la quantité de carburant

**3.2. Temps (min) et Consommation (lb) en descente type II :**

**IAS = 200 kt**

FL	Distance (NM)	Temps (min)	Consommation (lb)
40	10	07	154
100	25	11	229
160	40	15	304
220	80	23	516
250	104	28	617

**Tableau (c-2)**

**Corrections liées a la température :**

Si  $T = ISA + 20$  :

- Ajouter 5% a la distance
- Ajouter 4% a la quantité de carburant

Si  $T = ISA - 20$  :

- Retrancher 4% a la distance
- Retrancher 4% a la quantité de carburant

**3.3. Temps (min) et Consommation (lb) en descente type II :**

**IAS = 160 kt**

FL	Distance (NM)	Temps (min)	Consommation (lb)
40	10	08	176
100	29	14	295
160	48	20	390
220	69	26	494
250	82	29	545

**Tableau (c-3)**

***Corrections liées a la température :***

Si  $T = \text{ISA} + 20$  :

- Ajouter 4% a la distance
- Ajouter 2,5% a la quantité de carburant

Si  $T = \text{ISA} - 20$  :

- Retrancher 4% a la distance
- Retrancher 2,5% a la quantité de carburant

***Conclusion :***

D'après les comparaison des tableaux (c-1), (c-2) et (c-3) ; la vitesse de descente est proportionnelle a la consommation, a la distance et au temps.

**La descente type II est la descente standard recommandé par le constructeur.**

# Chapitre IV :

ETUDE DE LIGNE



### **IV.1. INTRODUCTION :**

La mise en ligne d'un nouvel avion nécessite une maîtrise de toutes ces performances pour le réseau de ligne desservi par la compagnie, l'étude en ligne est l'étude des paramètres suivants :

- ⊗ Consommation carburant
- ⊗ Temps de vol
- ⊗ Charge offerte

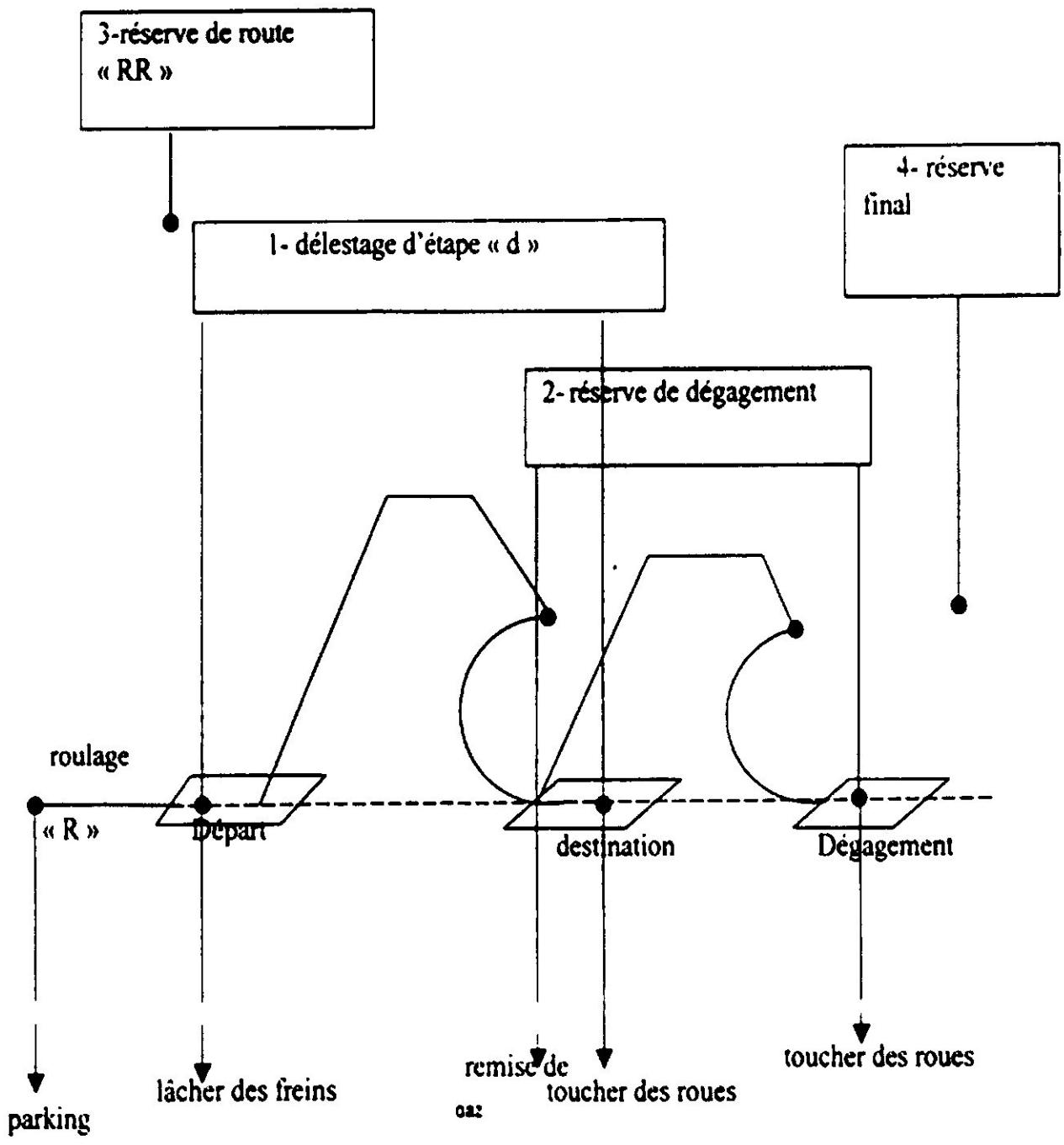
Dans ce chapitre on va s'intéresser surtout a la quantité de carburant et le temps de vol nécessaire pour une étape donnée et cela en optimisant au maximum la masse au décollage d'où une charge offerte maximal.

Pour que l'analyse soit bénéfique on a choisit cinq routes (parmi les quarante) exploitées régulièrement par TAL, qui sont :

- ⊗ Hassi messaoud - In Amenas - Hassi messaoud
- ⊗ Constantine - Hassi messaoud - Constantine
- ⊗ Alger - Hassi messaoud - Alger
- ⊗ In Amenas - Alger - In Amenas
- ⊗ In Amenas - Oran - In Amenas

Pour ce faire on a utilisé le FCOM du DACH 8-Q400 ; un manuel qui dispose des tableaux de performances.

1.2. PROFIL DE MISSION : (fig.IV.1)



Quantité réglementaire de carburant à embarquer (fig.IV.1)

### **1.3. QUANTITE DE CARBURANT À EMBARQUER :**

Le « Qlf » est la quantité de carburant au lâcher des freins qui doit être égale a la somme des quantités suivantes :

#### **1) Délestage de l'étape « d » :**

C'est la quantité de carburant nécessaire depuis le lâcher des freins à l'aérodrome de départ jusqu'au toucher des roues à l'aérodrome de destination.

Cette quantité doit être en fonction du vol prévu (météorologique, circulation aérien, procédure antibruit, performance avion,.....etc.).

#### **2) Réserve de dégagement « RD » :**

C'est la quantité destinée à couvrir la consommation depuis le début (remise des gaz) à destination, même cette quantité est en fonction de vol prévu.

#### **3) Réserve de route « RR » :**

Elle est destiné à couvrir les écarts entre les conditions réelles du vol et les conditions prévues.

Elle est calculée en pourcentage de délestage d'étape prévue.

Pourcentage qui doit tenir compte de la route utilisée, des conditions opérationnelles, de l'expérience de l'exploitant et être exploité par les services officiels.

#### **4) Réserve finale « RF » :**

Elle est destinée à couvrir les besoins imprévus dans la phase du vol. Elle correspond à un vol de 30 minutes à la vitesse d'attente en température standard à 450 mètres au dessus de l'aérodrome de dégagement.

- La quantité du carburant au lâcher des freins est :

---

$$\mathbf{Qlf = d + Rd + Rr + Rf}$$

- Ainsi : la quantité a embarquée est :

$$Q_T = Q_{lf} + \text{roulage}$$

**5) Roulage « r » :**

C'est la quantité de carburant nécessaire pour assurer la mise en route et le roulage jusqu'au point du lâcher des freins.

**6) Quantité supplémentaire :**

Cette quantité dépend du coût de carburant de l'aérodrome de départ et de destination.

**1.4. Détermination de la masse maximale au lâcher des freins –limitation utile**

**L /u :**

Pour tenir compte des limitations, nous devons vérifier le respect simultané des relations suivantes :

- ⊗ Masse réelle au lâcher des freins  $\leq$  MMSLF
- ⊗ Masse réelle au lâcher des freins  $\leq$  MMSC+QLF

Alors :

- ⊗ Masse réelle au lâcher des freins  $\leq$  MMSLF
- $\leq$  MMSA+d
- $\leq$  MMSC+QLF

$$\text{Limitation utile} = \text{inf. (MMLF, MMSA+d, MMSC+QLF)}$$

Pour rechercher la limitation utile, il suffit de poser les trois opérations suivantes :

<b>MMSLF</b>	<b>MMSA+d</b>	<b>MMSC+QLF</b>
--------------	---------------	-----------------

**Et tenir le plus petit résultat**

**1.5. Calcul de la charge offerte :**

- ⊙ La masse maximale au lâcher des freins= limitation utile.
- ⊙ Sachant que la masse de l'avion est constitué par :
  - ▶ Masse de base (mb) = masse de l'avion pour l'étape considérée.
  - ▶ Quantité de carburant au lâcher des freins (QLF).
  - ▶ Charge.

Nous devons vérifier que :

$$\text{Limitation utile} \leq \text{mb} + \text{QLF} + \text{charge}$$

- ⊙ Si on appelle charge offerte C/O la charge telle que l'égalité soit vérifiée, on aura :

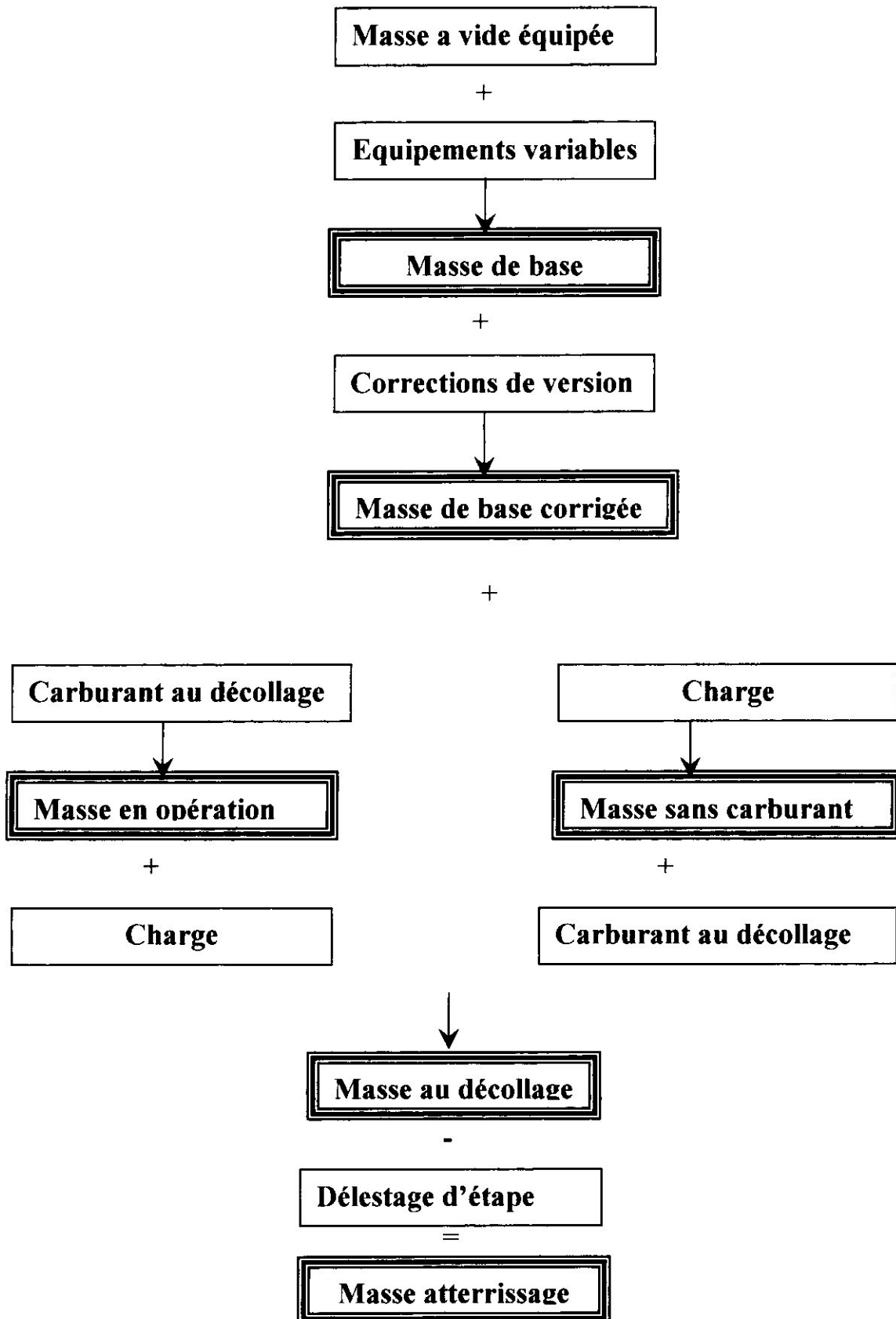
$$\text{C/O} = \text{L/u} - (\text{mb} + \text{QLF})$$

- ⊙ La quantité (mb + QLF) est appelée masse en opérations (m<sub>ops</sub>) :

$$\text{m}_{\text{ops}} = \text{mb} + \text{QLF}$$



*Les différentes masses sont représentées dans la page suivante : (fig.IV.2)*



## ***IV.2 ETUDE DES LIGNES :***

### ***Conditions :***

- Température : ISA+35°
- Vent : nul
- Distance de déroutement : des dégagements réelles ont été pris pour chaque étapes
- Pax : 95Kg (masse d'un passager avec bagages).

**2.1. Rotation Hassi messaoud- In Amenas - Hassi messaoud :**

	<b>Hassi messaoud- In Amenas (HME-IAM)</b>	<b>In Amenas - Hassi messaoud (IAM-HME)</b>
DISTANCE (NM)	283	283
FL	230	220
<b><u>Temps :</u></b>		
Temps de vol (h :min)	0 :58	1 :03
Temps bloc (h :min)	1 :08	1 :13
<b><u>Consommation :</u></b>		
Carburant bloc (Kg)	1156	1255
Reste (Kg)	1587	1520
Carburant total (Kg)	2743	2775
Dégagement	HME	IAM
Carburant.dég. (Kg)	895	895
Masse décollage (Kg)	28556	28588
Masse atterrissage (Kg)	27470	27403
<b><u>Charge utile:</u></b>		
Pax	74	74
Résiduelle (Kg)	908	908
Total (Kg)	7938	7938
Limite	MZFW	MZFW

**Remarque :**

D'après le tableau ci-dessus :

- ⊗ On constate que le vol a une limitation zéro fuel weight (MZFW). La charge offerte à embarquer est maximale (74 pax et 908 kg de charge restante).
- ⊗ On remarque que le temps de vol retour est inférieur que l'étape d'aller, une différence de 5 min sur le temps, et de 99 kg sur la consommation carburant.

**2.2. Rotation Constantine - Hassi messaoud – Constantine :**

	<b>Constantine - Hassi messaoud (CZL-HME)</b>	<b>Hassi messaoud – Constantine (HME-CZL)</b>
DISTANCE (NM)	278	278
FL	220	230
<b><u>Temps :</u></b>		
Temps de vol (h :min)	0 :59	1 :00
Temps bloc (h :min)	1 :09	1 :10
<b><u>Consommation :</u></b>		
Carburant bloc (Kg)	1183	1201
Reste (Kg)	1099	906
Carburant total (Kg)	2282	2107
Dégagement Carburant.dég (Kg)	ELU 116	AAE 68
Masse décollage (Kg)	28095	27920
Masse atterrissage (Kg)	26982	26789
<b><u>Charge utile:</u></b>		
Pax	74	74
Residuelle (Kg)	908	908
Total (Kg)	7938	7938
Limite	MZFW	MZFW

**Remarque :**

- ⊗ Entre l'aller et le retour, on a une différence de temps négligeable (01 min), ainsi une différence de consommation de 18 kg.
- ⊗ Le DASH 8-Q400 décolle plein passagers et aussi avec une charge offerte supplémentaire (restante) maximale. En cette étape on est limité par la masse sans carburant (MZFW).

**2.3. Rotation Alger- Hassi messaoud-Alger :**

	<b>Alger- Hassi messaoud (ALG-HME)</b>	<b>Hassi messaoud-Alger (HME-ALG)</b>
DISTANCE (NM)	334	334
FL	230	240
<b><u>Temps :</u></b>		
Temps de vol (h : min)	1 :08	1 :14
Temps bloc (h : min)	1 :18	1 :24
<b><u>Consommation :</u></b>		
Carburant bloc (Kg)	1424	1335
Reste (Kg)	1328	1347
Carburant total (Kg)	2752	2682
Dégagement	ELG	ORN
Carburant.dég (Kg)	609	635
Masse décollage (Kg)	28565	28495
Masse atterrissage (Kg)	27211	27230
<b><u>Charge utile:</u></b>		
Pax	74	74
Residuelle (Kg)	908	908
Total (Kg)	7938	7938
Limite	MZFW	MZFW

**Remarque :**

- ⊗ Le temps de vol d'aller et de retour n'est pas le même, et la même chose pour la consommation.
- ⊗ Le vol a toujours une limitation zéro fuel weight, et la charge transporté est maximale.



**2.4. Rotation In Amenas- Alger- In Amenas :**

	<b>In Amenas - Alger (IAM-ALG)</b>	<b>Alger- In Amenas (ALG-IAM)</b>
DISTANCE (NM)	612	612
FL	240	250
<b><u>Temps :</u></b>		
Temps de vol (h :min)	2 :11	2 :00
Temps bloc (h :min)	2 :21	2 :10
<b><u>Consommation :</u></b>		
Carburant bloc (Kg)	2358	2133
Reste (Kg)	1401	1636
Carburant total (Kg)	3759	3769
Dégagement	ORN	HME
Carburant.dég(Kg)	635	895
Masse décollage (Kg)	29257	29257
Masse atterrissage (Kg)	26969	27193
<b><u>Charge utile:</u></b>		
Pax	74	74
Residuelle (Kg)	593	908
Total (Kg)	7623	7938
Limite	MTOW	MZFW

**Remarque :**

- ⊗ Le temps d'aller est supérieur du retour de 11 min, la différence sur la consommation est de 225 kg.
- ⊗ Sur les deux étapes on décolle plein passagers. Mais sur l'aller la charge restante est de 593 kg, alors que celle de retour est 908 kg (maximale).
- ⊗ L'étape IAM-ALG est limitée par la masse de décollage (MTOW), tandis que L'étape de retour est caractérisée par la masse sans carburant (MZFW).

**2.5. Rotation Zerzatine- Oran- Zerzatine :**

	<b>In Amenas - Oran (IAM-ORN)</b>	<b>Oran- In Amenas (ORN-IAM)</b>
DISTANCE (NM)	693	693
FL	240	250
<b><u>Temps :</u></b>		
Temps de vol (h :min)	2 :29	2 :13
Temps bloc (h :min)	2 :39	2 :23
<b><u>Consommation :</u></b>		
Carburant bloc (Kg)	2661	2342
Reste (Kg)	1410	1647
Carburant total (Kg)	4071	3989
Dégagement	ALG	HME
Carburant.d (Kg)	635	895
Masse décollage (Kg)	29257	29257
Masse atterrissage (Kg)	26666	26985
<b><u>Charge utile:</u></b>		
Pax	74	74
Residuelle (Kg)	281	363
Total (Kg)	3711	3793
Limite	MTOW	MTOW

**Remarque :**

Sur cette plus longue étape (693 Nm) on constate que :

- ⊗ Le temps d'aller est supérieur à celui de retour de 16 min, et de 319 kg sur la consommation.
- ⊗ En cette rotation, on décolle plein passagers, mais la charge restante est réduite (aller :281 kg, retour : 363 kg), le vol est limité par la masse au décollage (MTOW).

**Conclusion :**

D'après ce qui précède on conclut que :

Le DASH 8-Q400 décolle plein passagers pour la totalité des étape de vol étudiés.

Pour minimiser la consommation de carburant donc maximiser la charge offerte ; il faut voler à des niveaux plus hauts.

Le DASH 8-Q400 a une vitesse de croisière très importante, ce qui permet d'atteindre sans escale les destinations, comme IAM-ORN : 1283 Km.

Pour que la tassili exploite le DASH 8-Q400; il faut étudier plusieurs paramètres (fuel, time,...) ; afin de choisir un niveau de vol et une vitesse optimale pour les quelles on peut transporté une charge maximale avec une consommation de carburant et un temps de vol minimal.

# Chapitre V :

ETUDE

COMPARATIVE

***V.1. PRESENTATION DE L'ATR 72-500 : (fig.IV.1)***

ATR est un constructeur d'avions de transport régional de type turbopropulseur.

ATR construit deux avions de type turbopropulseur un module 50 sièges et un module 70 sièges :

- ▶ L'ATR 42-500 (première mise en service 1995).
- ▶ L'ATR 72-500 (premières mises en service 1997).



***L'ATR 72 - 500(fig.V.1)***



**Tableau Descriptif :**

<b>Dimensions : (m)</b>	
Envergure	27,050
Longueur	27,166
Hauteur	7,65
Empattement	4,10
<b>Capacité passagère (pax)</b>	66 à 74
<b>Limitations masse : (Kg)</b>	
Masse maximale au décollage	22 500
Masse maximale à l'atterrissage	22 350
Masse maximale sans carburant	20 300
Masse à vide	12 950
Charge utile	7 350
<b>Vitesse de croisière moyenne (kt)</b>	250
<b>Motorisation :</b>	PW127F
Puissance maximale	2750 ESHP
<b>Hélice :</b>	Hamilton STD HS568
Nombre de tours / min	1200
<b>Capacité réservoir (Kg)</b>	5000

**V.2. COMPARAISON ENTRE L'ATR 72-500 ET LE DASH 8-Q400 :**

L'étude comparative des aspects techniques et opérationnels des deux aéronefs, est présentée dans cette partie afin d'apprécier les différents avantages et contraintes.

**2.1. FLEXIBILITE D'UNE FAMILLE D'AERONEFS :**

ATR	BOMBARDIER
<p>La famille ATR permet de choisir un constructeur qui propose deux modules :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ATR42 : 50 sièges.</li> <li>• ATR72 : 70 sièges.</li> </ul>	<p>La famille Bombardier permet de choisir un constructeur qui propose trois modules :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Q200 : 30 sièges.</li> <li>• Q300 : 50 sièges.</li> <li>• Q400 : 70 sièges.</li> </ul>

**ATR** ne répond pas aux besoins de Tassili Airlines en capacité module 30 sièges.

**BOMBARDIER** offre une flotte homogène en modules 30, 50 et 70 sièges, répondant aux besoins de Tassili Airlines à court terme tels que définis dans son plan de développement permettant de bénéficier des avantages suivants :

- ▶ Formation équipage commune ;
- ▶ Procédures et formation à l'entretien communes ;
- ▶ Equipements au sol communs ;
- ▶ Interchangeabilité des pièces de rechange ;
- ▶ Réduction des coûts d'exploitation et de maintenance.

**2.2. CABINE :**

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
• Configuration	70 sièges	70 sièges
• Espacement (Economique)	30 in.	31 in.
• Espacement (Affaires)	30 in.	34 in.
Séparation entre classes	Rideau de séparation	Cloison de séparation
• Volume compartiment bagages	10,6 m <sup>3</sup>	14,23 m <sup>3</sup>
• Accès Passagers	1 porte arrière	1 porte avant 1 porte arrière en option

**ATR 72-500 offre :**

- ▶ Un confort acceptable ;
- ▶ Une classe affaires identique à la classe économique ;
- ▶ Une lenteur pour l'embarquement/ débarquement des passagers (une seule porte).

**Q400 offre :**

- ▶ Un meilleur confort passager ;
- ▶ Une classe affaires indépendante et plus confortable ;
- ▶ Facilité d'embarquement/ débarquement des passagers ;
- ▶ Une charge offerte en bagages plus importante.

**2.3. BRUIT :**

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
Seuil de bruit cabine au Take-off	86.5 dBA	78.3 dBA
Moyens de réduction du bruit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hélice de type composite</li> <li>• Synchroniseur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hélice de type composite</li> <li>• Synchroniseur</li> <li>• NVS (Noise and Vibration System)</li> </ul>

**ATR72-500 :** l'aéronef répond aux exigences réglementaires FAR36 en limitation bruit.

**Q400 :** en plus du respect de l'aspect réglementaire, l'aéronef offre un confort cabine remarquable, équivalent à celui des jets les plus silencieux, grâce au système de réduction des bruits et des vibrations NVS.

**2.4. MOTEURS :**

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
Model	PW127F Pratt & Whitney Canada	PW150A Pratt & Whitney Canada
Puissance (ESHP)	2 237	4 283
Consommation horaire (lb/h)	1.096	1.987
<b>Maintenance</b>		
Intervalle de visite (HDV) (Overhaul TBO)	6 000	10 000
Coûts directs de maintenance (USD/h)	64,45	77,15

**ATR72-500 propose :**

- ▶ Une puissance moteur réduite et une faible consommation en carburant ;
- ▶ Un coût de maintenance moteur à moyen terme réduit.

**Q400 propose :**

- ▶ Une puissance moteur élevée permettant une vitesse croisière supérieure (710 Km/hr) et par conséquent une consommation en carburant plus importante ;
- ▶ Une fiabilité importante (TBO plus élevé) et échéances de révision majeure espacées ce qui compense les dépenses à moyen terme

**2.5. Conditionnement d'air/ Génération électrique :**

ATR72-500	Q400
Mode Hôtel	APU

**Mode Hôtel :** le principe de base est d'utiliser le moteur droit en marche avec le freinage de l'hélice.

**APU :** Générateur électrique auxiliaire monté sur avion.

**ATR72-500 :** le mode hôtel offre :

- ▶ Un gain en poids
- ▶ Une maintenance légère

**Q400 :** une APU standards offre :

- ▶ Une autonomie totale indépendante de l'alimentation du groupe de parc ;
- ▶ Un fonctionnement sans surveillance ;
- ▶ Un bruit en cabine réduit ;
- ▶ Une source électrique de secours en vol ;
- ▶ Une consommation carburant réduite.



**2.6. SURVEILLANCE MOTEUR (ENGINE MONITORING) :**

L’engine Monitoring est un ensemble de systèmes permettant :

- ▶ L’acquisition et la surveillance des paramètres moteurs.
- ▶ La détection et la correction des pannes.

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
Système de surveillance	ACMS Aircraft Condition Monitoring System	EHMS Engine Health Monitoring System
	EEC Electronic Engine Control	<b>FADEC</b> Full Authority Digital Electronic Computer

**ATR72-500:** ses systèmes permettent la détection et la signalisation des pannes moteur qui sont intégrés dans le même système de contrôle des principaux circuits avion, ce qui simplifie la gestion.

**Q400 :** En plus de la détection et signalisation des pannes, le système **FADEC** permet un contrôle avec prise de décision corrective ou de protection.

**2.7. HELICES:**

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
Modèle	Hamilton Std HS568	Dowty R408
Type	Composite	Composite
RPM	1200	1020
Intervalle entre visites (h)	6000	10500

**ATR72-500**: équipé de deux hélices offrant :

- ▶ Une élimination des risques de corrosion pour les pales en composite.

**Q400** : équipé de deux hélices offrant :

- ▶ Une élimination des risques de corrosion pour les pales en composite.
- ▶ Une réduction du bruit par un RPM plus faible.
- ▶ Une fiabilité prouvée (TBO plus élevé) et échéances de révision majeure espacées.

## **2.8. TRAINS D'ATTERISSAGE :**

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
Position	Fuselage	Nacelles
<b>MAINTENANCE</b>		
Intervalle entre visites	12 000 cycles	25 000 cycles

**ATR72-500** : équipé de trains d'atterrissage présentant :

- ▶ Une exposition du fuselage aux jets de gravillons (positionnement sous le fuselage) ;
- ▶ Une manœuvrabilité réduite au roulage et au braquage. sur le parking particulièrement par fort vent de travers.

**Q400** : équipé de trains d'atterrissage présentant :

- ▶ Un fuselage protégé et moins exposé aux jets de gravillons à l'atterrissage (positionnement sous les nacelles) ;
- ▶ Une fiabilité prouvée (TBO plus élevé) et échéances de révision majeure espacées.

**2.9. MAINTENANCE (CHECKS):**

	<b>ATR72-500</b>	<b>Q400</b>
Inspection journalière (Daily check)	Oui	non
Inspection en ligne(Line check)	Chaque 2 & 7 jours	50 HDV
Inspection de type A ("A" Check)	400 HDV	400 HDV
Inspection de type C ("C" Check)	3 200 HDV	4 000 HDV
Inspection structurelle	18 000 HDV 24 000 HDV 36 000 HDV	40 000 HDV
Inspection de la corrosion	Chaque 8 ans	jamais

**ATR72-500** : son programme de maintenance offre:

- ▶ Une sécurité renforcée par des inspections rapprochées ;
- ▶ Une flexibilité assurée par des échéances horaire et calendaire.

**Q400** : son programme de maintenance offre:

- ▶ Une durée d'immobilisation inférieure qui engendre une utilisation maximale de l'aéronef ;
- ▶ Un nombre d'inspections structurales moins important traduisant une fiabilité et une longue durée de vie de la structure de l'aéronef ;
- ▶ Une réduction des coûts de maintenance par des inspections moins importantes.

**2.10. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :****1) DIMENSIONS (m) :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>Q400</b>
ENVERGURE	27.05	28.42
LONGUEUR	27.16	32.84
HAUTEUR	7.65	8.36
EMPATEMENT	4.10	8.80

**2) LIMITATIONS MASSE (kg) :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>Q400</b>
Masse Maximale au Roulage (MRW)	22 670	29 348
Masse Maximale au Décollage (MTOW)	22 500	29 257
Masse Maximale à l'atterrissage (MLW)	22 350	28 009
Masse Maximale Sans Carburant (MZFW)	20 300	25 855
Masse à Vide (OWE)	12 950	17 917
Charge Utile	7 350	7 938

**Remarque :**

La charge utile du DASH 8-Q400 est supérieure à celle de l'ATR 72-500 environ 588 Kg ; d'où la possibilité d'embarquer plus de charges.

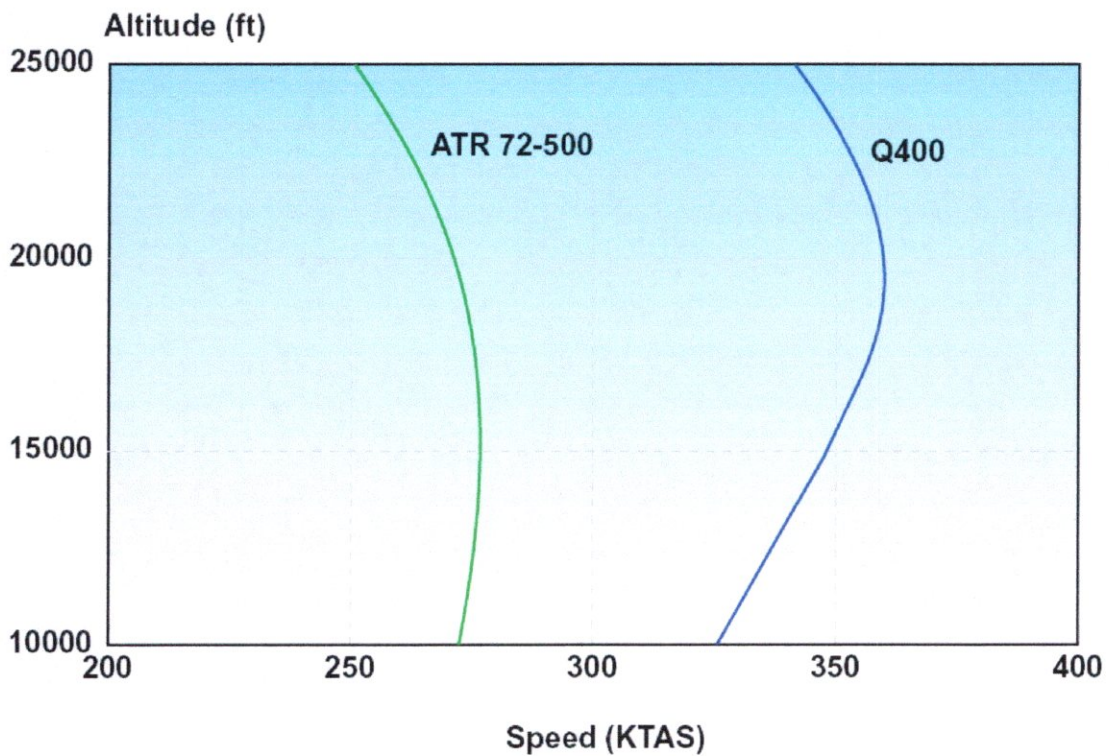


**3) CAPACITE RESERVOIR (kg) :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>Q400</b>
Capacité réservoir	5 000	5 318

**VITESSE DE CROISIERE MOYENNE (kt)**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>Q400</b>
Vitesse en noeuds	250	360



**REPRESENTATION GRAPHIQUE DES VITESSES DE CROISIERE MAXIMALES DU DASH 8-Q400 ET L'ATR 72-500.**



**V.3. COMPARAISON EN LIGNE :****Condition :**

- Vent : nul
- Température : ISA +35
- Pax : 95 Kg (masse d'un passager avec bagages)

Source : FCOM.

**3.1. Etape Hassi messaoud- In Amenas :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>DASH 8-Q400</b>
Distance (NM)	283	283
Temps (h :min)	1 :39	1 :08
<b>Temps /10ans</b>	<b>3138 :00</b>	<b>2176 :00</b>
Carburant consommé (Kg)	1189	1156
<b>Carburant consommé /10 ans (Kg)</b>	<b>2280960</b>	<b>2273520</b>
Nombre de pax	60	74
<b>Nombre de pax /10ans</b>	<b>115200</b>	<b>142080</b>
Charge supplémentaire	83	908

**3.2. Etape Constantine - Hassi messaoud :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>DASH 8-Q400</b>
Distance (NM)	278	278
Temps (h :min)	1 :39	1 :09
<b>Temps /10ans</b>	<b>7 920 :00</b>	<b>5 520 :00</b>
Carburant consommé (Kg)	1926	1183
<b>Carburant consommé /10 ans (Kg)</b>	<b>555 3600</b>	<b>5 678 400</b>
Nombre de pax	50	74
<b>Nombre de pax /10ans</b>	<b>240 000</b>	<b>355 200</b>
Charge supplémentaire	24	908

**3.3. Etape Alger - Hassi messaoud :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>DASH 8-Q400</b>
Distance (NM)	334	334
Temps (h :min)	2 :52	1 :18
<b>Temps /10ans</b>	<b>19480 :00</b>	<b>8736 :00</b>
Carburant consommé (Kg)	1352	1424
<b>Carburant consommé /10 ans (Kg)</b>	<b>9 085 440</b>	<b>9 569 280</b>
Nombre de pax	74	74
<b>Nombre de pax /10ans</b>	<b>497280</b>	<b>497280</b>
Charge supplémentaire	936	936

**3.4. Etape In Amenas - Alger :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>DASH 8-Q400</b>
Distance (NM)	612	612
Temps (h :min)	2 :47	2 :21
<b>Temps /10ans</b>	<b>8012 :00</b>	<b>6768 :00</b>
Carburant consommé (Kg)	1721	2358
<b>Carburant consommé /10 ans (Kg)</b>	<b>5 636 160</b>	<b>6 791 040</b>
Nombre de pax	42	74
<b>Nombre de pax /10ans</b>	<b>120 960</b>	<b>213120</b>
Charge supplémentaire	32	593

**3.5. Etape In Amenas - Oran :**

	<b>ATR 72-500</b>	<b>DASH 8-Q400</b>
Distance (NM)	693	693
Temps (h : min)	4 :08	2 :39
<b>Temps /10ans</b>	<b>15 968 :00</b>	<b>8 904 :00</b>
Carburant consommé (Kg)	2 546	2 661
<b>Carburant consommé /10 ans (Kg)</b>	<b>8 720 160</b>	<b>8 940 960</b>
Nombre de pax	36	74
<b>Nombre de pax /10ans</b>	<b>120 960</b>	<b>248 640</b>
Charge supplémentaire	81	281



**Commentaire :**

En comparant les trois éléments les plus importants dans cette partie, qui sont le temps de vol, la consommation carburant et le nombre de passagers transportés sur une période de 10 ans, on trouve que :

***Le temps de vol :***

Pour le DASH 8-Q400 le temps de vol est très réduit par rapport à l'ATR 72-500.

***Consommation carburant :***

Un temps de vol réduit correspond à une vitesse élevée donc une consommation carburant importante : pour les résultats obtenus on constate que la consommation carburant pour le DASH 8-Q400 est plus grande que celle de l'ATR 72-500.

***Nombre de passager transporté :***

Le Q400 décolle pleins passagers pour la totalité des étapes étudiées, tandis que l'ATR72-500 transporte un nombre de passager très réduit (dans les conditions météo défavorables).

***Conclusion :***

Arrivant à ce stade, on conclut que :

***L'ATR72 :***

- ▶ L'empattement du train d'atterrissage de l'ATR lui implique moins de stabilité aux manœuvres au sol et plus de contraintes sur les trains.
- ▶ Une vitesse de croisière limitée.
- ▶ Sur les exemples, la durée de vol est plus contraignante avec une limitation en nombre de passagers et en charge supplémentaire.

***Le Q400 :***

- ▶ L'empattement du train d'atterrissage du Q400 lui confère une meilleure stabilité aux manœuvres au sol et moins de contraintes sur les trains.
- ▶ Une vitesse de croisière importante similaire à un jet permettant de réaliser un nombre d'étapes important.
- ▶ Des scénarios de comparaison, la durée de vol est plus courte, la charge offerte est plus importante avec un remplissage maximum passagers.
- ▶ Une consommation carburant nettement inférieure à celle des jets, offrant des performances presque similaires.

## **V.4. ETUDE DES COÛTS D'EXPLOITATIONS :**

### **4.1. Le coût d'exploitation :**

Le plus important en exploitation, est de réaliser des vols économiques pour assurer un bénéfice, mais le problème réside dans la détermination précise des coûts d'exploitations.

Le coût d'exploitation est la somme des coûts directe et les coûts indirects.

$$\text{Coût d'exploitation} = \text{Coûts directs} + \text{Coûts indirects}$$

#### **4.1.1. Les coûts directs :**

$$\text{Coûts directs} = \text{Coûts PN} + \text{Coûts Carburant}$$

##### **a) Coûts PN :**

Le coût PN est le salaire des PNT et PNC mensuel, calculé à partir du nombre d'heure de vol par mois puis sur la période de 10 ans.

Quelle que soit le type d'aéronefs le salaire des PNC est le même et fixé par l'administration donc le coût PN correspond au coût PNT.

##### **b) Coûts Carburant :**

Le coût carburant dépend de deux variables :

- ▶ Le prix de carburant
- ▶ La quantité de carburant consommée

Le coût de carburant est calculé sur la période de dix (10) ans.

c) *Comparaison des coûts directs :*

**Etape Hassi messaoud- In Amenas - Hassi messaoud**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Coût PNT (\$)	541 440	658 770
Coût carburant (\$)	73 197 166	71 818 973
Coût direct (\$)	73 738 606	72 471 743

**Etape Constantine - Hassi messaoud – Constantine**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Coût PNT (\$)	2 177 280	1 738 800
Coût carburant (\$)	178 857 216	99 234 246
Coût direct (\$)	180 191 616	179 095 536

**Etape Alger- Hassi messaoud-Alger**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Coût PNT (\$)	1 334 400	4 091 640
Coût carburant (\$)	289 787 702	283 170 585
Coût direct (\$)	291 964 982	287 272 225

**Etape In Amenas - Alger- In Amenas**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Coût PNT (\$)	1 560 960	1 718 220
Coût carburant (\$)	202 159 670	181 723 133
Coût direct (\$)	203 720 630	183 441 353

**Etape In Amenas - Oran- In Amenas**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Coût PNT (\$)	2 029 440	2 605 260
Coût carburant (\$)	262 741 551	257 137 258
Coût direct (\$)	264 770 991	259 742 518

**Tableau général (toutes les rotations précédentes)**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
<b>Coût PNT (\$)</b>	<b>7 643 520</b>	<b>10 812 690</b>
<b>Coût carburant (\$)</b>	<b>1 006 473 305</b>	<b>893 084 195</b>
<b>Coût direct (\$)</b>	<b>1 014 116 825</b>	<b>903 896 885</b>

**Commentaire :**

En analysant les coûts directs, on a trouvé que durant toutes les étapes, le coût PN du DASH 8-Q400 est inférieure à celui de l'ATR72-500. Par ailleurs le coût de carburant de l'ATR72-500 lors de l'exploitation est inférieur à celui du DASH 8-Q400.

Les coûts directs du DASH 8-Q400 sont plus élevés que ceux de son concurrent.



#### 4.1.2. Les Coûts indirects :

Le coût indirect est la somme des coûts suivants :

- ▶ prix de revient de l'avion.
- ▶ coût de maintenance.
- ▶ les redevances (redevance de survol, d'usage des installations et services de navigation aérienne de route et à l'approche, d'atterrissage des aéronefs, d'usage des dispositifs d'éclairage, d'usages des installations pour la réception des passagers et marchandises, de stationnement, d'abri des aéronefs, d'occupation des terrain et immeubles.
- ▶ les assurances.
- ▶ frais divers (Catering, groupe de parc, assistance de l'avion...).

#### a) Prix de référence des avions :

Le prix de référence de chaque aéronef est la somme des prix suivant :

- A** : prix de l'avion selon la configuration proposée par le constructeur.
- B** : prix des équipement supplémentaire installés.
- C** : prix des biens et services proposés.



**PRIX DE REFERENCE = A+B+C**

- ⊗ Le prix de référence du Q 400 : 20.000.000 \$.
- ⊗ Le prix de référence de l'ATR 72-500 : 17.500.000 \$.

***b) coût de maintenance***

➤ ***Coût d'entretien requis pour une exploitation du réseau Tassili airlines pour les 4 appareils sur 10 ans: « P1 »***

C'est le coût d'entretien engendré par une exploitation sur une période calendaire de dix (10) ans ou sur la base de production horaire du programme d'exploitation donné dans le tableau.

Ce coût engendre le coût des visites ainsi que les charges de main d'œuvre requis

➤ ***Prix des équipements a limite de vie pour une exploitation pour les quatre appareils sur 10 ans: « P2 »***

Cette liste inclut le prix des équipements a limite de vie qui doivent être remplacés sur une période calendaire de dix (10) ans ou sur la base de la production horaire du programme d'exploitation de la compagnie

➤ ***Prix des équipements concernées par une révision générale sur 10 ans : « P3 »***

Cette liste inclut les prix des révisions générales des équipements des 4 avions sur une période calendaire de dix (10) ans ou sur la base de la production horaire du programme d'exploitation de la compagnie.

**Comparaison des coûts de maintenance :**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
P1 (\$)	11070000	32 852 040.04
P2 (\$)	7200000	4800000
P3 (\$)	17513528	6498975
TOTAL (\$)	35 783 528	44 151 015.04

**c) Les Redevances d'aérodrome et service de la navigation aérienne:**

La redevance est due par la personne qui exploite l'aéronef au moment ou le vol a eu lieu au ou l'exploitant n'est pas connu le propriétaire de l'aéronef ,est réputé être l'exploitant jusqu'à ce qu'il ait établi quelle autre personne avait cette qualité, a défaut pour l'exploitant de faire la déclaration et /ou les amendements de sa flotte , le coefficient poids prie pour paramètre dans la facturation pour chaque aéronef d'un même type utilisé par cet exploitant établi sur la base de la masse maxi de décollage (MTOW) de la version la plus lourde de ce type .

A défaut de paiement dans les délais prescrits par le règlement financier le gouvernement est poursuivi par le service chargé du règlement de l'établissement dans les conditions et les règles commerciales en vigueur et/ou au vue d'un ordre exécutoire du tribunal compétent.

Les redevances sont dues pour :

**1- redevance de navigation aérienne :**

- ▶ usage des installations et services de navigation aérienne de route et à l'approche (survols).
- ▶ atterrissage des aéronefs
- ▶ usage des dispositifs d'éclairage



## 2- Redevance aéroportuaire:

- ▶ usages des installations pour la réception des passagers et marchandises
- ▶ stationnement
- ▶ abri des aéronefs
- ▶ occupation des terrain et immeubles

### ➤ Redevance de Survols :

La Redevance d'usage des installations et services de navigation aérienne de route est due pour tout vol effectué à l'intérieure de la région d'information de vol relevant de la compétence de l'Algérie, la redevance est due, en principe, par l'exploitation de l'aéronef. A défaut d'exploitation, le propriétaire de l'aéronef en est redevable, jusqu'à se qu'il est établie qu'une autre personne a cette qualité, la redevance est due pour chaque vol quelle que soient les règles de vol (IFR, VFR) le lieu de départ et le lieu de destination.

**La redevance d'usage des installations et services de navigation aérienne de Route = [Distance (Km) /100] \* [Poids (Tonne) /50]<sup>1/2</sup> x 115.33 / 70 (\$)**

### ➤ redevance d'Atterrissage :

La redevance d'atterrissage est due dans les conditions et sous les réserves fixées ci-après par tout aéronef qui effectue un atterrissage sur un aéroport ouvert à la circulation aérienne publique.

La redevance d'atterrissage est calculée d'après le poids maximum au décollage portés sur le certificat de navigabilité de l'aéronef arrondi à la tonne supérieur. Un trafic est fixé pour les aéronefs de tourisme d'un poids inférieur ou égal à 12 T.

Jusqu'à 12 tonnes :	0.92 \$
De 13 à 25 tonnes :	0.92 \$ + 0.15 \$/tonnes supplémentaire
De 26 à 50 tonnes :	2.90 \$ + 0.33 \$/tonnes supplémentaire
De 51 à 75 tonnes :	11.04 \$ + 0.34 \$/tonnes supplémentaire
Au dessus de 75 tonnes :	19.35 \$ + 0.54 \$/tonnes supplémentaire

➤ **Redevance d'usage des dispositions d'éclairage :**

La redevance d'usage des disposition d'éclairage, est due par tout aéronef qui effectue un envol ou un atterrissage sur un aéroport ouvert a la circulation aérienne publique, dont le balisage a été allumé de nuit (30 min après le coucher, 30 min après le lever du soleil), ou par mauvaise visibilité ; soit a la demande du commandant de l'aéronef soit pour raisons de sécurité sur l'ordre de l'autorité responsable de la circulation aérienne.

Dans le cas de notre étude, cette redevance est considérée fixe.

➤ **Redevance Passagers :**

La redevance usages des installations aménagées pour la réception des passagers /marchandises, est due pour l'utilisation des ouvrages et locaux d'usage commun servant l'embarquement, au débarquement et à l'accueil des passagers et chargement, déchargement des marchandises. La redevance est due, pour tout passager voyageant sur un aéronef exploité à des fins commerciales

**La Redevance passager =**

- ▶ Nombre de Passagers \* 400 / 70 (Pour Les Aéroports : Alger - Constantine – Oran - Hassi Messaoud) (\$).
- ▶ Nombre de Passagers\* 250 / 70 (Pour Les Autres Aéroports) (\$).

➤ **Redevance de stationnement :**



Dotées d'équipements divers, d'importance plus au moins développée. Elles peuvent être classées en redevances pour stationnement, sont due dans les conditions fixées ci-après par tout aéronef qui stationne sur des non couvert destinées a cet usage et situées dans l'emprise d'un aérodrome ouvert a la circulation aérienne publique. Les surfaces destinées au stationnement sont constituées, soit par des terre-pleins revêtus soit par des terrains aménagés. Elles peuvent être :

- ▶ Aires de trafic
- ▶ Aires de garage
- ▶ Aires d'entretien

Dans le cas de notre étude cette redevance est considérée fixe pour le manque de données (temps et la période de stationnement) et qui n'influx pas sur les calculs de comparaison.

➤ ***Redevance d'abri :***

La redevance d'abri est due par tous les aéronefs placés sous un abri couvert se trouvant dans l'emprise de l'aérodrome

Dans le cas de notre étude cette redevance est considérée fixe pour le manque de données (temps et la période de stationnement) et qui n'influx pas sur les calculs de comparaison.

➤ ***Redevance pour occupation des terrains et d'immeuble:***

Sur tous les aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique, l'occupation de terrains et d'immeuble par une entreprise de distribution de carburant pour aéronefs donne lieu au paiement d'une redevance.

On n'est pas concerné par cette redevance.

***Total redevance :***

**Tableaux des redevances pour les 2 aéronefs pour chaque étape :**

**Etape Hassi messaoud-In Amenas- Hassi messaoud**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Redevance survol	1 762 534	1 399 223
Redevance d'atterrissage	15 608	7020
Redevance passagers	1 319 316	994286
total	3 097 457	2 400 529

**Etape Constantine - Hassi messaoud – Constantine**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Redevance survol	4 279 139	3 460 639
Redevance d'atterrissage	37 102	18 049
Redevance passagers	4 059 428	3 181 715
total	8 375 669	6 660 403

**Etape Alger- Hassi messaoud-Alger**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Redevance survol	7 367 007	6 069 259
Redevance d'atterrissage	54 427	27 600
Redevance passagers	5 683 200	5 184 000
total	13 104 634	11 280 859

**Étape In Amenas - Alger- In Amenas**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Redevance survol	6 042 442	4 736 119
Redevance d'atterrissage	24 808	10 511
Redevance passagers	1 978 972	1 534 629
total	8 046 222	6 281 259

**Étape In Amenas - Oran- In Amenas**

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Redevance survol	8 016 672	6 218 758
Redevance d'atterrissage	28 944	11 858
Redevance passagers	2 308 800	1 660 800
total	10 354 416	7 891 416

***Résumé étapes***

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Redevance survol (\$)	<b>27 467 794</b>	<b>21 883 998</b>
Redevance d'atterrissage (\$)	<b>148 482</b>	<b>75 038</b>
Redevance passagers (\$)	<b>15 349 715</b>	<b>12 555 430</b>
total (\$)	<b>42 965 991</b>	<b>57 349 533</b>

**d) Les assurances :**

Les transporteurs aériens doivent avoir souscrit des polices d'assurance couvrant leur responsabilité civile en cas d'accidents, notamment à l'égard des passagers, des bagages, du fret, du courrier et des tiers.

L'assurance incluse tous les risques de pertes ou dommages en vol, qu'en circulation ou stationnement au sol.

L'assurance responsabilité civile combinée à l'égard :

- ▶ des tiers non passagers ;
- ▶ des passagers transportés ;
- ▶ du fret, marchandise et postes transportés ;
- ▶ responsabilité civile générale.

▶ **Assurance risque ordinaire (A1) :**

La valeur de l'assurance risque ordinaire est calculée avec la formule suivante :

$$\mathbf{A1 = 0.006 \text{ de } 90\% \text{ du prix d'achat de l'aéronef} + 0.005 \text{ des } 10\% \text{ du prix de l'aéronef restant} + 30 \$ \text{ (police assurance + timbre).}$$

▶ **Assurance risque de guerre et assimilés (A2) :**

Cette assurance est calculée comme il suit :

$$\mathbf{A2 = 0.0015 \text{ de } 90\% \text{ du prix d'achat de l'aéronef} + 0.004/ 10\% \text{ du prix de l'aéronef restant} + 30\$(\text{police assurance} + \text{timbre}).}$$

**Assurance des aéronefs**

L'assurance de chaque avion par ans est égale à la somme des deux assurances présentée (A1), (A2).

**L'ASSURANCE = Assurance risque ordinaire (A1) + Assurance  
risque de guerre et assimilés (A2)**

**Assurance du Q 400 :**

Le prix de référence de l'avion Q 400: 20.000.000 \$.

$$A1 = 10\ 8000 + 1\ 000 + 30 = 109\ 030\ \$$$

$$A2 = 27\ 000 + 8\ 000 + 30 = 35\ 030\ \$$$

$$L'Assurance = A1 + A2 = 144\ 060\ \$$$

**ASSURANCE Q400 = 144 060 \$**

**Assurance de L'ATR 72-500:**

Le prix de référence de l'avion ATR 72-500: 17.500.000 \$.

$$A1 = 94\ 500 + 8\ 750 + 30 = 103\ 280\ \$$$

$$A2 = 23\ 625 + 7000 + 30 = 30\ 655\ \$$$

$$L'Assurance = A1 + A2 = 133\ 935\ \$$$

**ASSURANCE Q400 = 133 935 \$**



*Assurance des quatre aéronefs sur dix ans:*

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Assurance/ Ans (\$)	144.060	133.935
Assurance /10 ans (\$)	1 440 600	1 339 350
Assurance /10 ans Pour 4 appareils (\$)	5 762 400	5 357 400

**e) Les coûts divers :**

Ces coûts représentent les coûts administratifs, frais au sol, catering et frais de marketing.

Dans notre étude, les coûts divers ne sont pas pris en considération lors des calculs parce qu'ils sont indépendants du type d'aéronef.

*Résumé coûts indirects*

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
<b>Prix De Référence</b>	<b>20 000 000</b>	<b>17 500 000</b>
<b>Coût Maintenance</b>	<b>35 783 528</b>	<b>44 151 015</b>
<b>Redevance</b>	<b>42 965 991</b>	<b>57 349 533</b>
<b>Assurance</b>	<b>5 762 400</b>	<b>5 357 400</b>
<b>Coût Indirect</b>	<b>104 511 919</b>	<b>124 357 948</b>

***Le coût d'exploitation :***

Le coût d'exploitation est somme du coût direct et le coût indirect

Le coût total d'exploitation = Coût Direct + Coût Indirect.







Ce coût est calculé pour la période de 10 ans :

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
<b><i>Coût Direct</i></b>	<b>1 014 116 825</b>	<b>903 896 885</b>
<b><i>Coût Indirect</i></b>	<b>104 511 919</b>	<b>124 357 948</b>
<b><i>Coût D'Exploitation</i></b>	<b>1 118 628 744</b>	<b>1 028 254 833</b>

***4.1.4. Le coefficient d'exploitation :***

Le coût d'exploitation calculé ci-dessus correspond au nombre de passagers transporté sur la même période, on calculant le coefficient d'exploitation qui est égale au coût d'exploitation sur le nombre de passagers transporté, la plus petite valeur trouvée correspond au meilleure avions, donc ce coefficient nous permet de choisir l'aéronef le plus rentable :

***Coefficient d'exploitation = Coût d'Exploitation /Nombre de passagers transporté.***

Si le coût d'exploitation 	Et le nombre de passagers transportés 	Coefficient d'exploitation 
Si le coût d'exploitation 	Et le nombre de passagers transportés 	Coefficient d'exploitation 

Le meilleur scénario est le 2<sup>ème</sup> : un coût d'exploitation petit correspondant à un nombre important de passagers transporté.

Le tableau suivant illustre le coefficient d'exploitation de chaque avion en regroupant les deux éléments les plus importants dans cette étude : le coût d'exploitation et les passagers transportés (la perte d'argent et la source de gains ou plutôt bénéfice) pour un meilleure choix d'avion.

	<b>DASH 8-Q400</b>	<b>ATR72- 500</b>
Coût D'Exploitation	1 118 628 744	1 028 254 833
Nombre Passagers	1 456 320	1 094 400
<b>Coefficient</b>	<b>768,12</b>	<b>939,56</b>

**Commentaire :**

On comparant ces résultats on trouve que :

- ▶ Pour le Q400 : le coût d'exploitation est un peu important que celui de l'ATR 72-500 et un nombre de passagers transporté très important par rapport à l'ATR 72-500 donc il offre le meilleur coefficient d'exploitation.

**Conclusion :**

Dans notre étude, le but principale été de montré lequel des deux avions présentés correspond (rentable) au réseau de la compagnie TASSILI AIRLINES, on comparant les résultats trouvés après tous les tables et les calculs effectués et on se basant sur les deux point les plus essentiels dans cette comparaison qui sont :

- ▶ le coût d'exploitation
- ▶ le nombre de passagers transportés

La conclusion été que le DASH 8-Q400 présente un coût d'exploitation légèrement plus grand que celui de l'ATR 72-500 correspondant à un nombre de passager transporté très important et qui dépasse de loin l'ATR 72-500, Donc le Q400 à le plus petit coefficient d'exploitation, Le Q400 est le meilleur avion et le plus rentable pour ce type d'exploitation.

## CONCLUSION

A l'aide de ce modeste travail et de notre stage, nous pouvons dire que nous avons atteint le but recherché ; considéré à leur juste valeur les performances du DASH 8-Q400, tout en comparant avec son concurrent l'ATR72-500.

L'étude de ces performances basée sur la mesure de la consommation carburant, et le temps nécessaire pour effectuer un vol avec l'optimisation de la masse au décollage, afin d'assurer une charge maximale.

L'intérêt principal de cette étude des performances et de lignes est d'affirmer que l'aéronef DASH 8-Q400 proposé par le constructeur BOMBARDIER est le plus sécuritaire, fiable, avantageux, économique, et rentable pour ce type d'exploitation.

Le travail que nous avons effectué nous a permis de réaliser l'importance de la tâche attribuée à l'ingénieur en opérations aériennes au sein d'une compagnie aérienne.

Nous espérons avoir apporté toutes les réponses pertinentes entourant ce sujet, et que ce travail soit une base pour les prochaines promotions en vue d'une nouvelle amélioration.



## BIBLIOGRAPHIE

- ⚡ OPERATION AERIENNE (tome II) ;
- ⚡ FCOM du DASH 8-Q400 (Aug 2005) ;
- ⚡ FCOM DE L'ATR 72-500 (Jul 1999) ;
- ⚡ DOCUMENTATION INTERNE DE LA TASSILI AIRLINES  
(PERFORMANCE Q400 « FEVRIER 2006 ») ;