

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 01

**Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales**

Département de Navigation Aérienne

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Pour l'obtention du diplôme de **MASTER** en Aéronautique

Spécialité : *Opérations Aériennes*

***Optimisation des Performances avion B737-800NG***  
***au Décollage et à l'Atterrissage***

**Présenté par :**

- Mlle. MIHOUB Fatima Zohra
- Mr. SEDIRA Abdraouf

**Encadré par :**

- Mr. DRIOUECHE Mouloud
- Mr. BOUAMRANI Farid

Promotion : 2017

## Remercîments

La réalisation de ce travail n'a été rendue possible que grâce à l'aide d'ALLAH et celle de nos promoteurs qui ont été un repère indéniable, nous tenons à les remercier infiniment.

Il nous est particulièrement agréable de remercier tous ceux qui de loin ou de près nous ont aidés à mener à bien cette étude.

Nos respectueux remerciements vont en particulier à notre promoteur, Mr DRIOUECHE M, pour nous avoir proposé le présent sujet, nous avoir accordé le temps nécessaire et le savoir , pour ses conseils, ses corrections et ses bonnes orientations .

Nos vifs remerciements vont également à notre encadreur, Mr BOUAMRANI F, pour les moyens qu'il a mis à notre disposition, son suivi durant notre projet de fin d'étude et sa compréhension.

Nous remercions vivement mon oncle, Dr ARBAOUI M, pour son aide dans l'élaboration du mémoire, ses corrections et son soutien moral.

Nous remercions Dr ALLOUCHE. Nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour son aide et son soutien qui nous a été précieux a fin d'accomplir notre travail.

Nous exprimons notre gratitude à tous les personnes rencontrées et interviewées lors de notre stage au sein de la compagnie aérienne TASSILI AIRLINES et qui ont accepté de répondre a nos interrogations avec gentillesse.

Enfin, nous nous adressons nos plus sincères remercîments à tous nos proches et nos amis qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

## Résumé

Dans le cadre d'une meilleure exploitation de l'avion de type Boeing 737-800 NG, notre étude traite de l'aspect opérationnel et plus précisément le côté performances. Elle a été réalisée à l'aide de logiciel BPS (Boeing performance software) développé par le constructeur BOEING, qui a le rôle de calculer tous les paramètres nécessaires à l'étude tel que : la charge offerte, les vitesses associées, ainsi qu'à afficher les différents types de limitations de tous les résultats, afin d'apporter une masse maximale opérationnelle avec une configuration optimale au décollage et d'atterrissage la plus adéquate pour la compagnie aérienne, tout en assurant la sûreté et la sécurité des biens et des personnes durant toutes les phases du vol.

Le but de notre étude est de faire une optimisation de performance avec plusieurs paramètres (poussée, volets, centrage, la vitesse  $V_1$ )

---

في أطار الاستغلال الأفضل لطائرة بوينغ 800-737 "الجيل الجديد"، تعالج هذه الدراسة جانب العمليات الجوية أكثر تحديداً .  
BPS (الأداء بوينغ) طورها بوينغ، حيث يقوم بحساب جميع المعايير  
حدود جميع النتائج، بغية الوصول :  
بواسطة التركيبة الأمثل للإقلاع والهبوط الأكثر ملائمة لشركة النقل الجوي ، مع ضمان سلامة ، أمن السلع والناس خلال جميع  
مراحل الطيران

الهدف من هذه الدراسة تحسين الأداء مع العديد من العوامل المتغيرة ( نظام الدفع , , ,  $V_1$  )

## Abstract

Through better use of the Boeing 737-800 NG aircraft, our study examines the operational and more precisely side of performance. It was done using BPS (Boeing performance system) software developed by the manufacturer BOEING, which has the role to calculate all the parameters necessary to our study such as: the support offered, speeds related and display different limitations types of all the results, in order to achieve the biggest mass as possible with the optimum configuration of take-off and landing to appropriate the airline transport, while ensuring the safety and security of goods and people during all phases of the flight.

the purpose of our study is to optimize performance with several parameter ( thrust, flaps, weight and balance,  $V_1$  speed)

<b>Résumé</b> .....	i
<b>Remercîments</b> .....	ii
<b>Dédicace</b> .....	iii
<b>Introduction</b> .....	
<b>Chapitre I. Présentation de la compagnie aérienne et d'appareil</b> .....	
I.1. Présentation de la compagnie aérienne Tassili Airlines.....	
I.1.1. Historique.....	
I.1.2. Structure de l'organisation .....	
I.1.2.1. Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL.....	
I.1.2.2. Organisation générale de la Direction Exploitation .....	
I.1.3. Politique de TASSILI AIRLINES .....	
I.1.4. Ressources humaines .....	
I.1.5. Stratégie.....	
I.1.6. Les services de TASSILI AIRLINES.....	
I.1.7. La flotte exploitée pas la compagnie aérienne.....	
I.1.8. Activités.....	
I.1.9. Partenariats.....	
I.1.10. Réseau de route de Tassili Airlines.....	
I.1.10.1. Réseau international.....	
I.1.10.2. Réseau national.....	
I.1.10.2.1 Vols réguliers.....	
I.1.10.2.2 Vol charters.....	
I.2. Présentation d'appareil (Boeing 737-800 NG) .....	
I.2.1. Famille 737.....	
I.2.1.1. Variantes.....	
I.2.2. Fiche technique.....	

I.2.2.1. Dimensions .....	
I.2.2.2. Performances .....	
<b>Chapitre II. Notions et définitions des Performances d'avion.....</b>	
II.1. La réglementation.....	
II.2. Définitions des limitations opérationnelles.....	
II.3. Limitations avion.....	
II.3.1- Les vitesses limitatives.....	
II.3.2. Les masses structurales.....	
II.3.2.1. Masses avion.....	
II.3.2.2. Masses maximales de structure.....	
II.3.3. enveloppe opérationnelle.....	
II.3.4. Limitations moteurs.....	
II.4. Performance de décollage.....	
II.4.1. Les vitesses opérationnelles.....	
II.4.2. Distances associée au décollage.....	
II.4.3. Influence de V1 sur les distances.....	
II.4.4. Trajectoire réglementaire de décollage.....	
II.4.5. Trouée d'envole.....	
II.5. Limitation centrage.....	
II.6. Performances d'atterrissage.....	
<b>Chapitre III. Optimisation des performances au décollage.....</b>	
III.1. Présentation du logiciel de calcule des performances.....	
III.2. Méthodes d'optimisation.....	
III.2.1- Réduction de poussée.....	
III.2.2. Braquages des volets.....	
III.2.3. La limite avant alternative du centre de gravité (Alternate forward CG limit).....	

III.2.4. Les options de V1.....	
<b>Chapitre VI. Optimisation des performances d'atterrissage.....</b>	
VI.1. Méthode d'optimisation.....	
VI.1.1. Configuration des volets.....	
VI.1.2. La limite avant alternée du CG.....	
VI.2- Calcul des performances.....	
VI.3- Analyse des résultats.....	
<b>Conclusion .....</b>	
<b>Références bibliographiques.....</b>	

Figure	Titre	Page
<b>Chapitre I :</b>		
<b>Figure I.1</b>	Organisation de la compagnie aérienne TAL.	
<b>Figure I.2</b>	Organisation générale de la Direction Exploitation.	
<b>Figure I.3</b>	Vols internationaux de TASSILI AIRLINES par le B737-800 NG.	
<b>Figure I.4</b>	Vols nationaux réguliers de TASSILI AIRLINES.	
<b>Figure I.5</b>	Vols nationaux charters TASSILI AIRLINES.	
<b>Figure I.6</b>	Fiche technique de Boeing 737-800 NG.	
<b>Chapitre II :</b>		
<b>Figure .1</b>	CL en fonction d'angle d'attaque.	
<b>Figure .2</b>	Vitesse minimale de contrôle au sol.	
<b>Figure .3</b>	Vitesse minimale de contrôle en air.	
<b>Figure .4</b>	$V_{MU}$ .	
<b>Figure .5</b>	Masses d'avion.	
<b>Figure .6</b>	Les efforts appliqués sur la cellule d'avion.	
<b>Figure .7</b>	Enveloppe opérationnelle.	
<b>Figure .8</b>	Limitations moteur pour l'A320.	
<b>Figure .9</b>	Les vitesses de décollage.	
<b>Figure II.10</b>	Vitesse de décision.	
<b>Figure .11</b>	La variation de $V_2$ par rapport à la masse.	
<b>Figure .12</b>	Distance de roulement au décollage.	
<b>Figure .13</b>	La distance de roulement au décollage retenue.	
<b>Figure .14</b>	TORA	
<b>Figure .15</b>	La distance de décollage retenue.	
<b>Figure .16</b>	TODA.	
<b>Figure .17</b>	Distances d'accélération - d'arrêt retenue.	
<b>Figure .18</b>	ASDA.	
<b>Figure .19</b>	$D=f(V_1)$ .	
<b>Figure .20</b>	Trajectoire réglementaire de décollage.	
<b>Figure .21</b>	La trouée d'envole.	
<b>Figure .22</b>	Demi largeur maximale de la trouée d'envole.	
<b>Figure .23</b>	Limites centrages.	
<b>Chapitre III :</b>		
<b>Figure III.1</b>	Effet de la poussée sur la vitesse et la distance	
<b>Figure III.2</b>	Schéma explicatif pour un décollage avec flaps et sans flaps.	
<b>Figure III.3</b>	Impact de la sélection des volets de décollage sur le brûlage du carburant.	
<b>Figure III.4</b>	Braquage optimal	
<b>Figure III.5</b>	Organigramme méthode d'optimisation poussée –volets.	
<b>Figure III.6</b>	Limite avant présumée du CG au décollage et atterrissage.	
<b>Figure III.7</b>	Limites avant alternative de CG.	

<b>Figure III.8</b>	Forces appliquées sur la cellule avec un CG en avant.	
<b>Figure III.9</b>	Forces appliquées sur la cellule avec un CG en arrière	
<b>Figure III.10</b>	Exemple sur le gain de masse acquis par la méthode de la limite alternée de CG au décollage	
<b>Figure III.11</b>	Vitesses associées au décollage	
<b>Figure III.12</b>	V1 équilibrée	
<b>Chapitre IV :</b>		
<b>Figure IV.1</b>	Effet des volets sur le point d'atterrissage	
<b>Figure IV.2</b>	Exemple sur le gain de masse acquis par la méthode de la limite alternée de CG à l'atterrissage	



<b>N° Tab</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I</b>		
<b>Tableau I.1</b>	Caractéristiques du Boeing	08
<b>Tableau I.2</b>	Caractéristiques du Bombardier DASH 8-Q400.	08
<b>Tableau I.3</b>	Caractéristiques du Bombardier DASH 8-Q200.	08
<b>Tableau I.5</b>	Dimensions de Boeing 737-800.	12
<b>Tableau I.4</b>	Fiche technique du Boeing 737-800 NG.	13
<b>Tableau I.6</b>	Performances de Boeing 737-800 NG.	13
<b>Chapitre II</b>		
<b>Tableau . 1</b>	Performances exigées (segments de décollage).	31
<b>Tableau . 2</b>	Paramètres opérationnelles à l'atterrissage.	34
<b>Chapitre III</b>		
<b>Tableau III.1</b>	Analyse statistique de chargements des vols.	41
<b>Tableau III.2</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DABB)	42
<b>Tableau III.3</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DABC)	43
<b>Tableau III.4</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAOO)	44
<b>Tableau III.5</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAUH, DAUB)	45
<b>Tableau III.6</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAUA, DAUT)	46
<b>Tableau III.7</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAOF)	47
<b>Tableau III.8</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAUZ)	48
<b>Tableau III.9</b>	Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAFH, LFRS)	49
<b>Tableau III.10</b>	Analyse statistique de chargements des vols.	54
<b>Tableau III.11</b>	Résultats d'optimisation par la limite avant alternative de CG (DABB, DAUB, DAUZ, DAFH).	55
<b>Tableau III.12</b>	Résultats d'optimisation par la limite avant alternative de CG (LFML, LFST).	56
<b>Tableau récapitulatif III.13</b>	Optimisation de poussée, volets et centrage (DABB).	57
<b>Tableau récapitulatif III.14</b>	Optimisation de poussée, volets et centrage (DAUB).	58

<b>Tableau récapitulatif III.15</b>	Optimisation de poussée, volets et centrage (DAUZ).	59
<b>Tableau récapitulatif III.16</b>	Optimisation de poussée, volets et centrage (DAFH, LFST).	60
<b>Tableau récapitulatif III.17</b>	Optimisation de poussée, volets et centrage (LFML).	61
<b>Tableau III.18</b>	Résultats d'optimisation par V1 options (DABC, DAUH)	66
<b>Tableau III.19</b>	Résultats d'optimisation par V1 options (DAUT, DAUA).	67
<b>Chapitre IV</b>		
<b>Tableau IV.1</b>	Performances d'atterrissage aéroport DAAG	71
<b>Tableau IV.2</b>	Performances d'atterrissage aéroport DABB.	72
<b>Tableau IV.3</b>	Performances d'atterrissage aéroport DABC.	73
<b>Tableau IV.4</b>	Performances d'atterrissage aéroports DAUH, DAUB.	74
<b>Tableau IV.5</b>	Performances d'atterrissage aéroports DAUA, DAUT.	75
<b>Tableau IV.6</b>	Performances d'atterrissage aéroport DAOF.	76
<b>Tableau IV.7</b>	Performances d'atterrissage aéroports DAUZ.	77
<b>Tableau IV.8</b>	Performances d'atterrissage aéroports LFST, LFRS.	78
<b>Tableau IV.9</b>	Performances d'atterrissage aéroports LFPG.	79

## Liste des acronymes

<b>AFM</b>	-Airplane Flight Manuel
<b>BPS</b>	-Boeing Performance Software
<b>CL</b>	- Lift Coefficient
<b>CAS</b>	-Calibrated Air Speed
<b>CG</b>	-Centre de Gravity
<b>FAA</b>	-Federal Aviation Administration
<b>FMC</b>	-Flight Management Computer
<b>GTR</b>	-Groupe TurboRéacteur
<b>IOSA</b>	-IATA Operational Safety Audit
<b>IATA</b>	-International Air Transport Association
<b>LD</b>	-landing distance
<b>LW</b>	-landing weight
<b>MLW</b>	-Maximum Landing Weight.
<b>MTOW</b>	-Maximum Takeoff Weight
<b>OTOW</b>	-Operational TakeOff Weight
<b>SKO</b>	-Siege Kilometre Offert
<b>TAL</b>	-Tassili Airlines

- **Codes des aéroports :**

<b>OACI</b>	<b>IATA</b>	<b>Nom de l'aéroport</b>
DAAE	BJA	Bejaia Soummam Abane Ramdane
DAAG	ALG	Alger Houari Boumédiène
DABB	AAE	Annaba Rabah Bitat
DABC	CLZ	Constantine Mohamed Boudiaf
DAFH	HRM	Hassi R'mel – Tilrhemt
DAOO	ORN	Oran Ahmed Benbella
DAOF	TIN	Tindouf
DAUA	AZR	Adrar Touat-Cheikh Sidi Mohamed Belkebir
DAUB	BSK	Biskra-Mohamed Khider
DAUH	HME	HassiI Messaoud-Oued Irara-Krim Belkacem
DAUT	TMX	Timimoun
DAUZ	IMA	Zarzaitine - In Aménas
LFML	MRS	Marseille-Provence
LFPG	CDG	Paris Charles-De-Gaulle
LFRS	NTE	Nantes-Atlantique

---

## Introduction générale

L'activité du transport aérien est un processus complexe qui fait intervenir des investissements lourds (les avions et les infrastructures de maintenance), du personnel hautement qualifié (le personnel navigant, en particulier) et un système d'informatique au temps réel très coûteux (les systèmes de réservation et de gestion). [1]

C'est aussi une activité d'un secteur où la concurrence est exacerbée, qu'elle soit mono ou multimodale, et où les prix affichés ne reflètent pas toujours les coûts de production instantanés. La décision d'investir dans une compagnie aérienne se justifie donc souvent difficilement sur le plan économique ou financier.

L'activité mondiale du transport aérien admet un taux de croissance relativement constant de l'ordre de 5% par an. Mais cette croissance du nombre de «sièges-kilomètres offerts» va aussi de pair avec une baisse sensible et continue de la «recette unitaire», ce qui rend l'équilibre financier des compagnies de plus en plus difficile. [1]

L'optimisation est actuellement la clé pour réussir et rendre la compagnie aérienne plus performante dans l'utilisation de ses ressources. Le calcul des données des performances de l'avion et l'optimisation reflète dans l'ensemble de l'opération aérienne. En outre, la qualité de ces données reflète dans les bilans des compagnies aériennes à la fin de l'année en raison des économies possibles dans différents domaines d'activité. En effet, l'optimisation au décollage implique la maximisation de masse admissible (RTOW) avec une réduction de consommation du carburant afin d'atténuer les coûts de maintenance (chaque décollage en poussée réduite, ça gagne 3% des couts de maintenance) en fonction de la configuration aéronef et l'infrastructure présente. De manière similaire l'optimisation à l'atterrissage est faite par maximiser la masse d'atterrissage (RLW).

Notre approche s'illustre dans l'aspect économique de la compagnie aérienne où la rentabilité de ses vols sera claire. En outre, la génération des données afin d'une optimisation des performances (charge admissible et consommation carburant) au décollage et à l'atterrissage.

Le présent travail a pour objectif de suivre dans une première étape, la présentation de la compagnie aérienne Tassili Airlines où s'est effectué notre stage, dans une seconde étape, nous suivrons par une analyse et des calculs de performances des vols de l'avion Boeing 737-

---

800NG avec le logiciel Boeing (BPS) afin de compléter la discussion académique nous présenterons toutes les notions et les définitions liées à notre travail, et enfin, une partie pratique (résultats et discussion).

Cette expérimentation s'achève par un choix de l'optimum des performances des vols visés de tout le réseau de la compagnie Tassili Airlines.

---

## **I.1. Présentation de la compagnie**

TASSILI AIRLINES est une compagnie aérienne, sous l'action de l'entreprise SONATRACH, elle assure le transport aérien public ainsi du personnel SONATRACH et ses partenaires des sociétés étrangères.

### **I.1.1. Historique**

Tassili Airlines a été créée le 30 mars 1998, à l'origine il s'agissait d'une joint - venture entre le groupe pétrolier Algérien SONATRACH (51% du capital social) et la compagnie aérienne Air Algérie (49% du capital social). Sa mission était de réaliser des services aériens dédiés aux sociétés pétrolières et parapétrolières en Algérie.

En avril 2005, le groupe SONATRACH a racheté les parts que détenait Air Algérie pour en faire une filiale à part entière, pour arriver à la création d'une Société de transport aérien pour la prise en charge de la relève pétrolière et parapétrolière dans les meilleures conditions de sécurité, ponctualité, qualité, flexibilité et confort.

### **I.1.2. Structure de l'organisation**

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

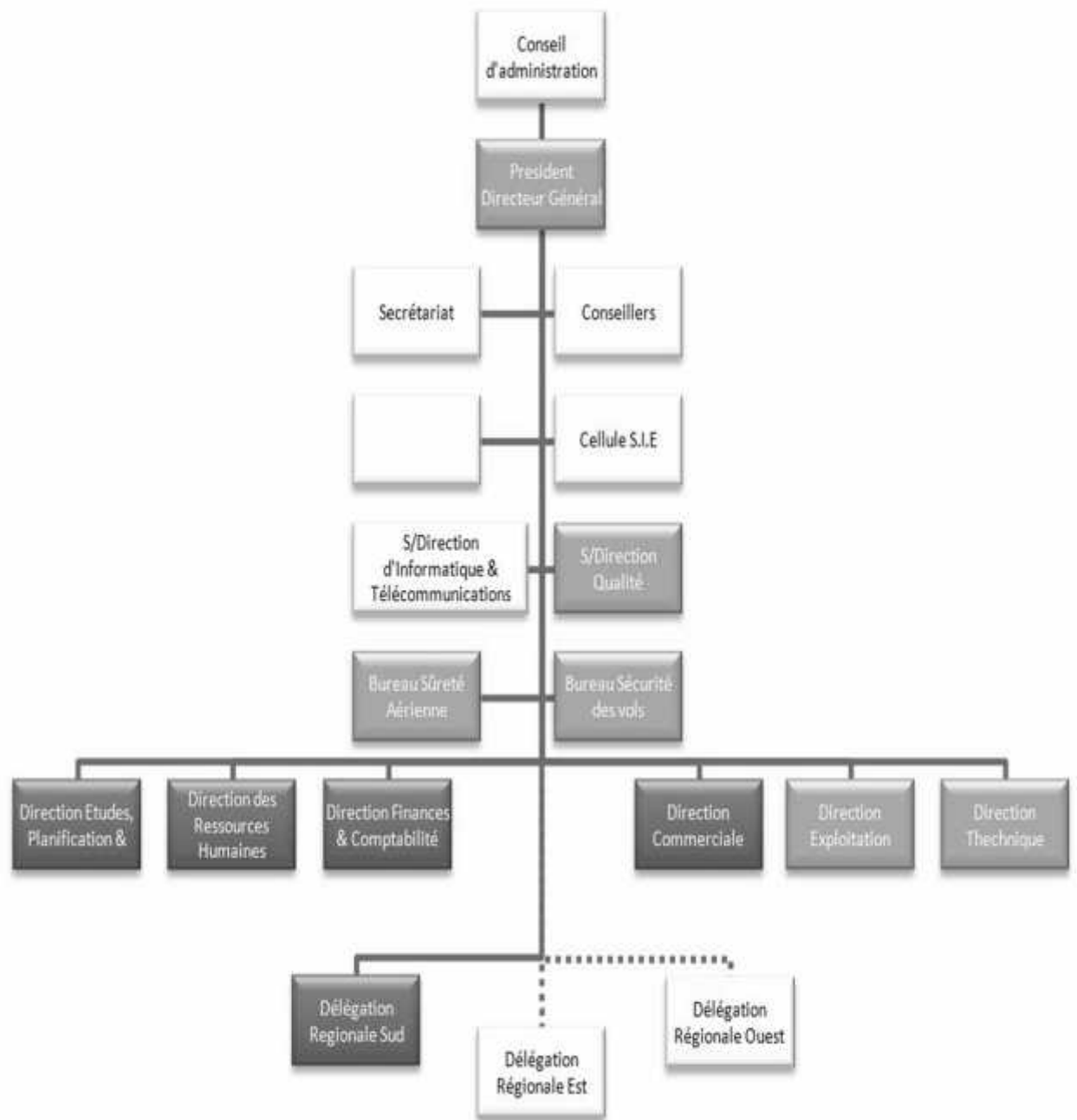
- S/Direction de la Qualité ;
- S/Direction d'Informatique et Télécommunication ;
- Bureau Sûreté Aérienne ;
- Bureau Sécurité des vols.

Ainsi que six d'autres directions :

- Direction des Etudes Planification ;
- Direction des Ressources Humaines ;
- Direction des Finances et Comptabilité ;
- Direction Commerciale ;
- Direction Technique ;
- Direction Exploitation.

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

### I.1.2.1. Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL



**Figure I.1-** Organisation de la compagnie aérienne TAL. [2]



### I.1.2.2. Organisation générale de la Direction Exploitation

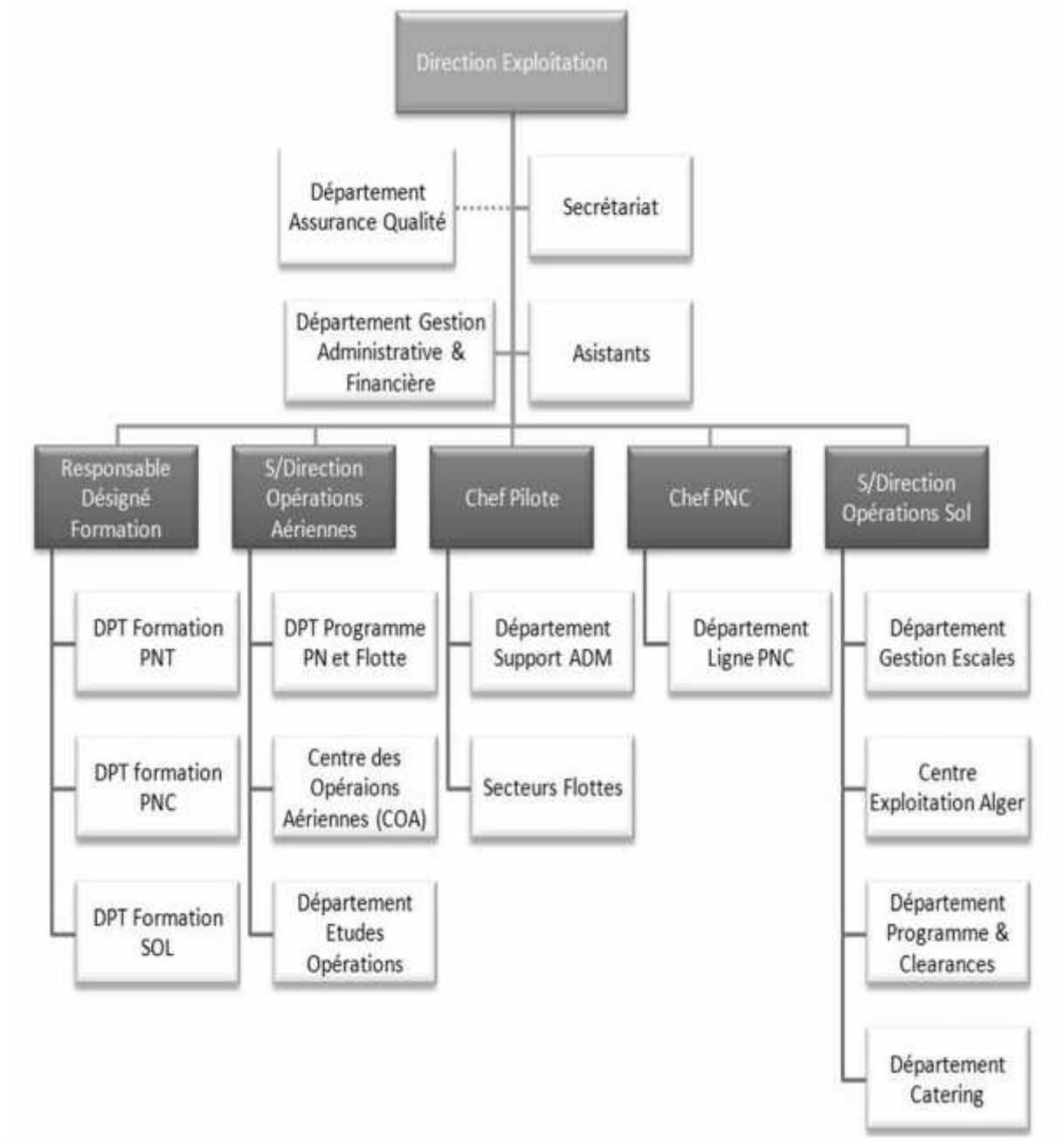


Figure I.2- Organisation générale de la Direction Exploitation. [2]

### I.1.3. Politique de TASSILI AIRLINES

Une politique articulée autour de 5 engagements fondamentaux :

- Sécurité des vols
- Sureté aérienne
- Qualité
- Hygiène, santé, sécurité, et environnement HSE [4]
- Certification IOSA (IATA Operational Safety Audity)

---

- **Sécurité des vols :**

Implémentation du système de gestion de la sécurité SGS exigé par l'OACI :

- Création de la structure chargée du suivi de l'analyse et de la sécurité des vols (Flight Safety bureau/ FSB)
- Mise en place d'un comité de sécurité des vols pour l'identification des dangers et la gestion des risques
- Mise en place d'une cellule de traitement des incidents et prise en considération du retour expérience (recommandations)
- Mise en place d'un plan d'urgence qui décrit et précise les tâches, responsabilité et action à entreprendre face aux conséquences d'un accident. [3]

- **Sûreté Aérienne :**

Le programme de sûreté aérienne est une exigence résultant de l'annexe 17 de l'OACI et concerne la protection des personnes et des biens contre tout acte d'intervention illicite.

- **Qualité :**

- Implémentation du Système de Gestion Qualité SGQ exigé par la réglementation nationale et internationale.
- Programme d'Audit Qualité 2011 approuvé et en cours d'exécution sensibilisation de personnel de TASSILI ARLINSE en matière de qualité et de facteur humain.
- Surveillance permanente de l'application des procédures réglementaires et l'application du principe de l'amélioration continue.

- **Hygiène, santé, sécurité, et environnement HSE**

- Application effective de la politique de groupe SONATRACH en matière, santé, sécurité et environnement.
- Maîtrise des risques professionnels en entreprise.
- Coordination des travaux en vue de l'obtention de certification ISO 14001 et OHSAS 18001 dès 2012. [3]

- **IOSA :**

TASSILI AIRLINES s'est inscrit volontairement dans le programme IOSA en vue de rehausser le niveau de sécurité de ses activités. Un programme d'audit continu est effectué, dont le dernier a été au mois de Mai 2014. [3]

---

#### **I.1.4. Ressources humaines**

##### **❖ Recrutement**

Une démarche de développement des ressources est mise en œuvre en appui à la stratégie de la compagnie.

- Plan annuel de recrutement et de formation ciblant en priorité les métiers clés (maintenance, exploitation et commercial)
- Outils modernes de GRH (Bourse de l'emploi pour les postes de responsabilité et sélection pour les postes clés de la compagnie)

##### **❖ Formation**

Poursuite des efforts de valorisations du potentiel humain et amélioration constante de ses performances techniques par des actions de formation et de perfectionnement. Effort focalisé sur les formations qualifiantes du personnel navigant et de maintenance.

#### **I.1.5. Stratégie**

TASSILI AIRLINES a concentré ses efforts sur la poursuite de son développement dans tous les domaines et en particulier :

- La modernisation de son organisation.
- La mise en conformité de pratique et de procédure.
- Le renforcement de tous ses moyens matériels et humains.

Sur le plan de l'activité commerciale, un programme de développement ciblant aussi bien le marché pétrolier que celui du grand public est envisagé en vue d'augmenter les parts de marché de TASSILI AIRLINES tout en intensifiant des segments de marché existant.

#### **I.1.6. Les services de TASSILI AIRLINES**

##### **❖ Vols charters pétroliers**

C'est la vocation première de TASSILI AIRLINES qui collabore avec les sociétés pétrolières parapétrolières et toutes celles du secteur de l'énergie et des mines en mettant à leur disposition des vols charters dédiés à leurs besoins spécifiques.

##### **❖ Vols à la demande**

La compagnie met à la disposition de toutes institutions demandeuses un service location d'avion ou d'hélicoptère suivant plusieurs formules un vol, une série de vol, évacuation sanitaire.

### I.1.7. La flotte exploitée pas la compagnie aérienne

#### a- Boeing 737-800

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de croisière
7T-VCA	155	5000 km	900 km/h
7T-VCB			
7T-VCC			
7T-VCD			

Tableau I.1- Caractéristiques du Boeing 737-800 NG. [4]

#### b- Bombardier DASH 8-Q400

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de croisière
7T-VCL	74	2415 km	667 km/h
7T-VCM			
7T-VCN			
7T-VCO			

Tableau I.2- Caractéristiques du Bombardier DASH 8-Q400. [4]

#### c- Bombardier DASH 8-Q200

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de croisière
7T-VCP	37	1802 km	537 km/h
7T-VCQ			
7T-VCR			
7T-VCS			

Tableau I.3- Caractéristiques du Bombardier DASH 8-Q200. [4]

### I.1.8. Activités

- Charters pour la SONATRACH et ses filiales (Groupements ou Associations inclus)
- Vols à la demande (travail aérien, taxi aérien, VIP ou sensibles).
- Navettes SUD quotidiennes (depuis avril 2009) au départ d'Alger.

Depuis Mars 2013, Tassili Airlines s'ouvre au grand public en proposant des destinations variées qui satisferont à leur besoin de déplacement [3].

### **I.1.9. Partenariats**

Tassili Airlines entretient un partenariat avec Air Algérie à travers des conventions d'assistance :

- Maintenance.
- Assistance au Sol.
- Assistance Technique.
- Catering.
- Contacts avec plusieurs entités en vue de développer des partenariats durables (compagnies aériennes, hôtels, aéroports, etc....).

### **I.1.10. Réseau de route de Tassili Airlines**

Pour chaque ligne exploitée par TASSILI AIRLINES et dont une étude avec panne moteur, le département études opérations aériennes mettra à la disposition des équipages et annexera au manuel d'exploitation partie C une étude de ligne comportant les éléments suivants :

- a) MEA/MORA
- b) Le niveau et le temps de rétablissement
- c) La distance et la consommation fuel en fonction de la masse en croisière et le niveau de vol

#### **I.1.10.1. Réseau international**

<b>ALLER</b>		<b>RETOUR</b>	
ALGER	LYON	LYON	ALGER
ALGER	MARSEILLE	MARSEILLE	ALGER
ALGER	NANTES	NANTES	ALGER
ALGER	PARIS (CDG)	PARIS (CDG)	ALGER
ALGER	STRASBOURG	STRASBOURG	ALGER
CONSTANTINE	STRASBOURG	STRASBOURG	CONSTANTINE

**Figure I.3-** Vols internationaux de TASSILI AIRLINES par le B737-800 NG. [5]

### **I.1.6.2. Réseau national**

#### **I.1.6.2.1 Vols réguliers :**

ALLER		RETOUR	
ALGER	OUARGLA	OUARGLA	ALGER
ALGER	TAMANRASSET	TAMANRASSET	ALGER
ALGER	SETIF	SETIF	ALGER
ALGER	GHARDAIA	GHARDAIA	ALGER
ALGER	EL OUED	EL OUED	ALGER
ALGER	ORAN	ORAN	ALGER
ALGER	ANNABA	ANNABA	ALGER
ALGER	CONSTANTINE	CONSTANTINE	ALGER
ALGER	ADRAR	ADRAR	ALGER
ALGER	BATNA	BATNA	ALGER
ALGER	ILIZI	ILIZI	ALGER
ALGER	TLEMCEN	TLEMCEN	ALGER
ALGER	BECHAR	BECHAR	ALGER
ADRAR	ORAN	ORAN	ADRAR
EL OUED	ANNABA	ANNABA	EL OUED
ORAN	IN AMENAS	/	/
ORAN	SETIF	SETIF	ORAN
DJANET	ILIZI	ILIZI	DJANET

Figure I.4- Vols nationaux réguliers de TASSILI AIRLINES. [5]

#### I.1.10.2.2 Vol charters :

ALLER		RETOUR	
ALGER	ANNABA	ANNABA	ALGER
ALGER	EL OUED	EL OUED	ALGER
ALGER	RHOUD NOUSS	RHOUD NOUSS	ALGER
ALGER	HASSI MESSAOUD	HASSI MESSAOUD	ALGER
ALGER	HASSI R'MEL	HASSI R'MEL	ALGER
ALGER	IN AMENAS	IN AMENAS	ALGER
ALGER	ORAN	ORAN	ALGER
ALGER	TINFOUYE TABNKORT	TINFOUYE TABNKORT	ALGER
ANNABA	HASSI MESSAOUD	HASSI MESSAOUD	ANNABA
ANNABA	IN AMENAS	IN AMENAS	ANNABA
ANNABA	RHOUD NOUSS	/	/
ADRAR	IN AMENAS	/	/
ADRAR	TINFOUYE TABNKORT	/	/
BEJAIA	BISKRA	BISKRA	BEJAIA
BEJAIA	TINFOUYE TABNKORT	/	/
BISKRA	IN AMENAS	/	/
CONSTANTINE	HASSI MESSAOUD	HASSI MESSAOUD	CONSTANTINE
CONSTANTINE	TINFOUYE TABNKORT	TINFOUYE TABNKORT	CONSTANTINE
EL COLEA	GHARDAIA	/	/
EL OUED	ANNABA	ANNABA	EL OUED
EL OUED	HASSI R'MEL	/	/
EL OUED	TINFOUYE TABNKORT	/	/
EL OUED	TOUGOURT	TOUGOURT	EL OUED
GHARDAIA	TINFOUYE TABNKORT	/	/
RHOUD NOUSS	ADRAR	/	/
RHOUD NOUSS	BISKRA	BISKRA	RHOUD NOUSS
RHOUD NOUSS	CONSTANTINE	CONSTANTINE	RHOUD NOUSS
RHOUD NOUSS	EL OUED	/	/

RHOUD NOUSS	GHARDAIA	GHARDAIA	RHOUD NOUSS
RHOUD NOUSS	HASSI MESSAOUD	/	/
RHOUD NOUSS	IN AMENAS	IN AMENAS	RHOUD NOUSS
RHOUD NOUSS	ORAN	ORAN	RHOUD NOUSS
RHOUD NOUSS	TEBESSA	/	/
HASSI MESSAOUD	ADRAR	ADRAR	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	BECHAR	BECHAR	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	BEJAIA	BEJAIA	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	BISKRA	BISKRA	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	EL OUED	EL OUED	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	HASSI R'MEL	/	/
HASSI MESSAOUD	IN AMENAS	IN AMENAS	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	IN SALAH	IN SALAH	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	ORAN	ORAN	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	REGGANE	REGGANE	HASSI MESSAOUD
HASSI MESSAOUD	TEBESSA	TEBESSA	HASSI MESSAOUD
HASSI R'MEL	BEJAIA	BEJAIA	HASSI R'MEL
HASSI R'MEL	BISKRA	BISKRA	HASSI R'MEL
HASSI R'MEL	CONSTANTINE	CONSTANTINE	HASSI R'MEL
HASSI R'MEL	ORAN	ORAN	HASSI R'MEL
HASSI R'MEL	SETIF	SETIF	HASSI R'MEL
HASSI R'MEL	TEBESSA	TEBESSA	HASSI R'MEL
IN AMENAS	BEJAIA	/	/
IN AMENAS	CONSTANTINE	CONSTANTINE	IN AMENAS
IN AMENAS	TINFOUYE TABNKORT	TINFOUYE TABNKORT	IN AMENAS
IN SALAH	ADRAR	/	/
ORAN	IN AMENAS	IN AMENAS	ORAN
TEBESSA	ANNABA	/	/
TINFOUYE TABNKORT	BISKRA	/	/
TINFOUYE TABNKORT	EL GOLEA	/	/
TINFOUYE TABNKORT	HASSI MESSAOUD	HASSI MESSAOUD	TINFOUYE TABNKORT
TINFOUYE TABNKORT	IN SALAH	/	/
TINFOUYE TABNKORT	ORAN	ORAN	TINFOUYE TABNKORT
TINFOUYE TABNKORT	TEBESSA	TEBESSA	TINFOUYE TABNKORT
TINFOUYE TABNKORT	TOUGOURT	/	/
TLEMCEM	HASSI R'MEL	HASSI R'MEL	TLEMCEM
TOUGOURT	RHOUD NOUSS	/	/

**Figure I.5-** Vols nationaux charters TASSILI AIRLINES. [5]

## **I.2. Présentation d'appareil (Boeing 737-800 NG)**

### **I.2.1. Famille 737**

Le Boeing 737 est un avion de lignes régionales ou moyen-courrier, il est construit depuis 1965. Il s'agit d'un biréacteur. Son premier vol a été mis en service le 9 avril 1967. En 2004, ce type avion représentait la grosse part du marché international (le plus vendu dans le monde) avec un total de plus de 1200 Boeing 737 de troisième génération vendus dans le monde entier, et plus de 4300 au total.

### I.2.1.1. Variantes

Il existe 9 modèles du 737 répartis en trois générations. Les modèles originaux sont les 737-100 et 200. Les classiques sont le 737-300, le 737-400 et le 737-500. Enfin, la nouvelle génération comporte le 737-600, le 737-700, le 737-800 et le 737-900.

**B737-600, 700, 800 et 900** : cette nouvelle génération (737NG) est équipée de réacteurs CFM56-7B et d'un cockpit ultramoderne entièrement numérique. Plus de 1200 appareils de cette génération ont été produits.

### I.2.2. Fiche technique

	Unités	Model Boeing 737-800 avec Winglets
<b>Masse Maximale de Structure de Manœuvre au Sol (MTW)</b>	<b>Livres</b>	174.900
	<b>Kilogrammes</b>	79.333
<b>Masse Maximale de Structure au Décollage (MTOW)</b>	<b>Livres</b>	174.200
	<b>Kilogrammes</b>	79.016
<b>Masse Maximale de Structure à l'Atterrissage (MLW)</b>	<b>Livres</b>	146.300
	<b>Kilogrammes</b>	66.361
<b>Masse Maximale Sans Carburant (MZFW)</b>	<b>Livres</b>	138.300
	<b>Kilogrammes</b>	62.732
<b>Masse de Base en Opérations (OEW)</b>	<b>Livres</b>	91,300
	<b>Kilogrammes</b>	41,413
<b>Charge Utile Maximale</b>	<b>Livres</b>	47,000
	<b>Kilogrammes</b>	21,319
<b>Capacité de Sièges</b>	<b>Bi classes</b>	160
	<b>Classe homogène</b>	184
<b>Volume Cargo (Plate-Forme)</b>	<b>Pieds Cube</b>	1555



<b>Inférieure)</b>	<b>Mètres Cube</b>	44.1
<b>Capacité du réservoir</b>	<b>Litres</b>	26.022
	<b>Kilogrammes</b>	20.894

**Tableau I.4-** Fiche technique du Boeing 737-800 NG. <sup>[6]</sup>

### I.2.2.1. Dimensions

<b>Dimensions</b>	
<b>Longueur hors tout</b>	39.47 M
<b>Longueur du fuselage</b>	38.02 M
<b>Envergure</b>	35.79 M
<b>Hauteur</b>	12.55 M
<b>Empattement</b>	15.60 M
<b>Largeur</b>	3.76 M
<b>Largeur cabine</b>	3.53 M
<b>Surface alaire</b>	124.58 M <sup>2</sup>
<b>Envergure Stabulo</b>	14.35 M

**Tableau I.5-** Dimensions de Boeing 737-800. [6]

---

### I.2.2.2. Performances

<b>Performances</b>	
<b>Plafond</b>	41000 ft
<b>Vitesse de croisière</b>	M 0.78 / 823 km/h
<b>Vitesse max</b>	M 0.82 / 876 km/h
<b>Moteur</b>	CFM 56-7B27
<b>Poussée maxi</b>	121.4 kN
<b>Distance de décollage en ISA au niveau de la mer</b>	1,750 m
<b>Rayon d'action pleine charge</b>	3,265 NM

**Tableau I.6-** Performances de Boeing 737-800 NG. [6]

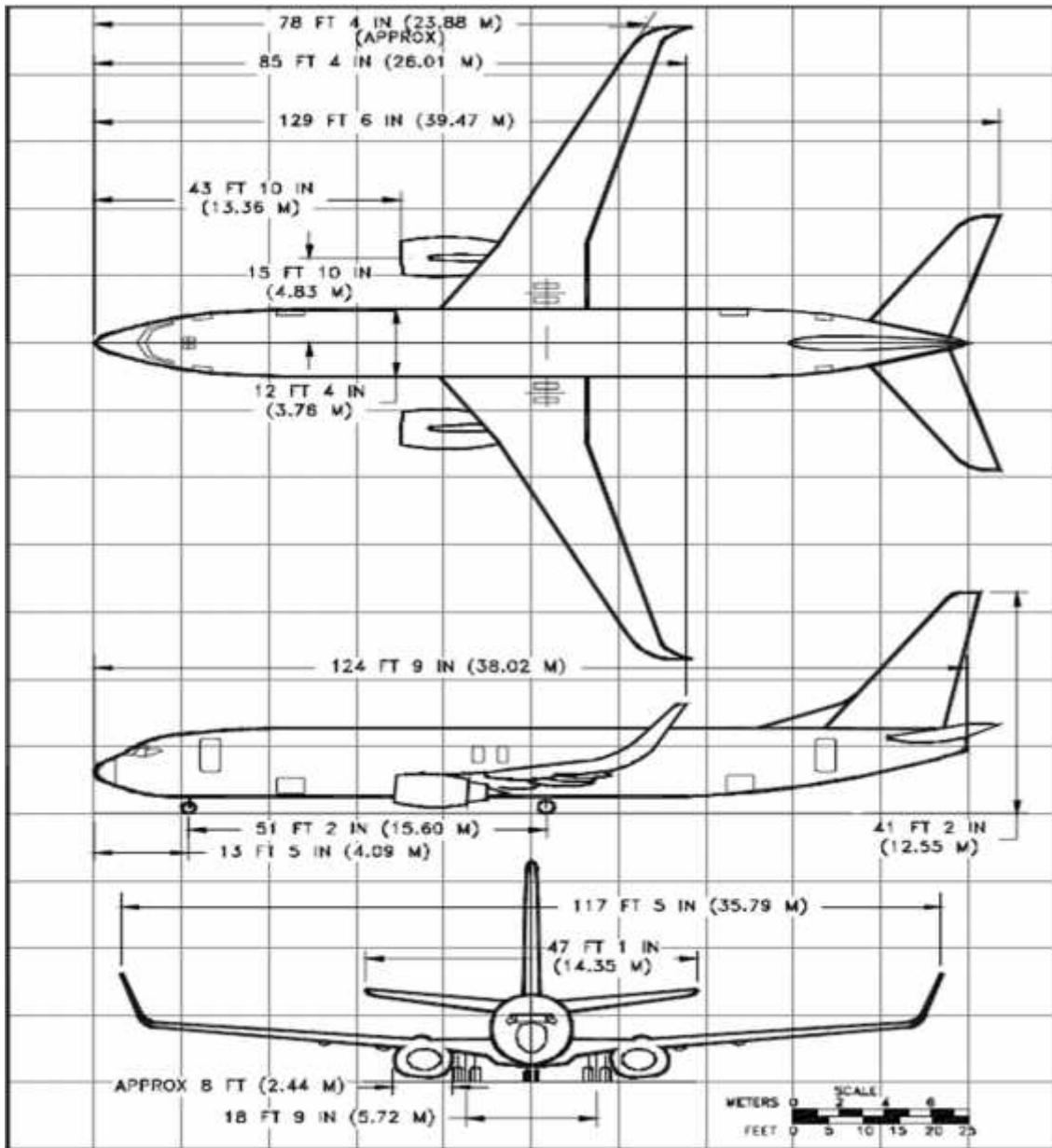


Figure I.6- Fiche technique de Boeing 737-800 NG.

---

# Chapitre II.

## Notions et définitions

Ce chapitre définit les notions primordiales des performances d'avion, et détermine son impact direct sur l'optimisation au décollage et à l'atterrissage.

### **II.1. La réglementation**

Deux cadres réglementaires pour la navigabilité et l'exploitation :

**Navigabilité :** les performances de l'avion doivent être conformes aux exigences réglementaires en matière de certification et doivent figurer dans le manuel de vol. (Certification des aéronefs) (OACI annexe 8, JAR 25).

**Exploitation :** chaque entreprise établit son propre manuel d'exploitation qui doit être conforme aux règlements d'exploitation et déposé auprès de l'Autorité. (Condition d'utilisation des aéronefs) (OACI annexe 6, JAR OPS 1).

### **II.2. Définitions des limitations opérationnelles**

Ensemble des limites (performances, infrastructures, résistances structurales et réglementations) à respecter pour la détermination des masses et vitesses de l'avion dans les différentes phases (décollage, montée, croisière...) de son exploitation.

Ces limitations sont souvent plus restrictives que les limitations certifiées afin de prendre en compte les aléas et incertitudes de l'exploitation.

**NB :** La réglementation du Transport Aérien stipule que les performances des avions doivent être calculées en tenant compte de la panne du moteur critique en tout point du vol, depuis le décollage jusqu'à l'atterrissage, remise des gaz incluse.

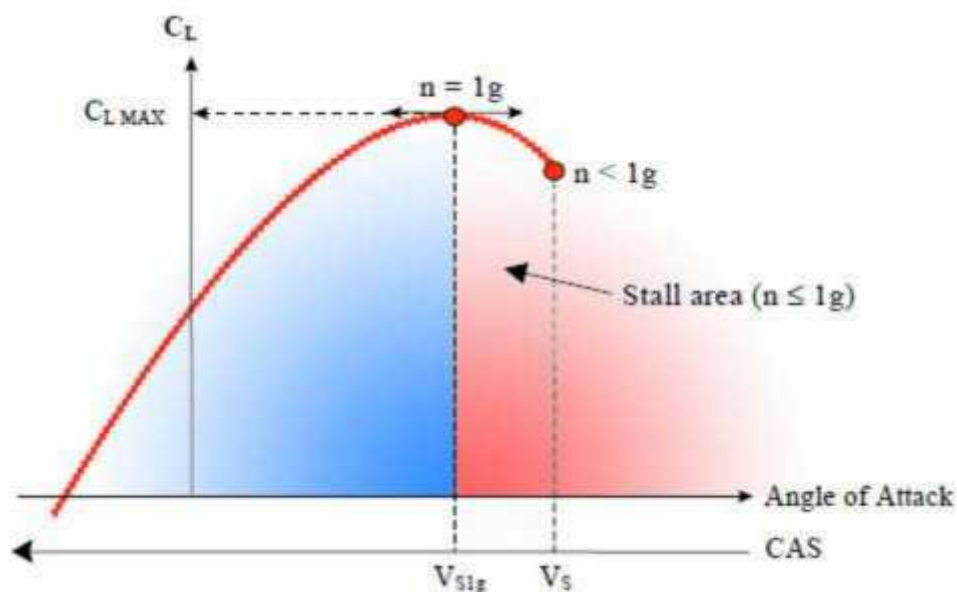
## II.3. Limitations avion

### II.3.1- Les vitesses limitatives

#### a- La vitesse de décrochage ( $V_s$ )

Le décrochage est une perte de portance causée par la ventilation du flux d'air sur l'aile lorsque l'angle d'attaque passe un point critique ou à un angle d'attaque fixe, lorsque la vitesse dépasse une valeur critique.

La vitesse de l'air augmente sur l'aile avec l'angle d'attaque<sup>1</sup>, il s'ensuit que la pression de l'air diminue et, par conséquent, le coefficient de portance augmente. Cela peut être vu sur la partie bleue de la figure ci-dessous:



<sup>1</sup>L'angle que forme la corde d'un profil avec le courant de fluide. [7]

**Figure .1-** CL en fonction d'angle d'attaque. [8]

Le coefficient de portance CL augmente jusqu'à ce qu'il atteigne le point de portance maximal (CLMAX). À partir de ce point, le coefficient de portance subit une diminution soudaine.

Cette occurrence est appelée décrochage et deux vitesses peuvent être identifiées [8]:

- $V_{S1g}$ , qui correspond au coefficient de portance maximal, lorsque le facteur de charge est égal à un.
- $V_S$ , qui correspond au décrochage conventionnel, lorsque le facteur de charge est déjà inférieur à un.

#### **b- Vitesse minimale de contrôle au sol ( $V_{MCG}$ )**

C'est la vitesse conventionnelle pendant le roulage au décollage à laquelle en cas de panne du « moteur critique » il est possible de reprendre le contrôle de l'avion en utilisant uniquement les commandes aérodynamiques principales (figure .2). Les efforts sur le palonnier ne devant pas dépasser 667.5 N.

**Remarque :** la déviation maximum admise au moment de la panne est de 30 ft

Donc tant que  $V < V_{MCG}$  seule la manœuvre d'interruption du décollage sera possible. (JAR 25.149 (e)).



**Figure .2-** Vitesse minimale de contrôle au sol. [9]

#### **c- Vitesse minimale de contrôle en air ( $V_{MCA}$ )**

C'est la vitesse air conventionnelle à laquelle lorsque le «moteur critique» est mis en panne, il est possible de reprendre le contrôle de l'avion et maintenir un vol rectiligne soit avec un dérapage nul, soit avec une inclinaison inférieure à  $5^\circ$  (figure .3). (JAR 25.149 (b) and (c)).



**Figure .3-** vitesse minimale de contrôle en air. [9]

**Détermination de  $V_{MCA}$  :**

- Moteur à la poussée maxi décollage puis ‘moteur critique’ brusquement ralenti.
- Masse maximale au lâcher des freins ou tout autre si nécessaire.
- Centrage le plus favorable.
- Train rentré.
- Efforts sur le palonnier inférieur à 667.5 Newton.
- Vérifier que  $V_{MCA} \geq 1.2 V_s$ . [9]

**d- Vitesse minimum de sustentation ( $V_{MU}$ )**

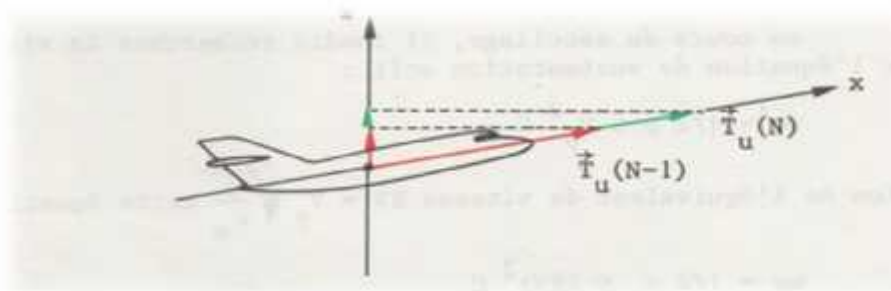
C’est la vitesse à laquelle et au-delà de laquelle l’avion peut quitter le sol et poursuivre le décollage sans que celui-ci présente des caractéristiques dangereuses à savoir :

- Nécessité d’une assiette trop élevée avec risque de faire toucher la partie arrière
- Contrôle latéral insuffisant, réacteur ou aile touchant le sol

Cette recherche de  $V_{MU}$  constitue des essais importants de cette vitesse dépendront toutes les performances de décollage et par conséquent les masses maximales. [9]

$V_{MU}$  est déterminée avec tous les moteurs en fonctionnement et le « moteur critique » en panne.

Nous aurons  $V_{MU(N-1)} < V_{MU(N)}$



**Figure .3-** La vitesse minimum unstick  $V_{MU}$ . [9]

La recherche de  $V_{MU}$  se faisant à assiette important (environ  $15^\circ$ ), la composante de la poussée  $T_u$  sur l'axe Oz viendra s'ajouter à la force de portance  $R_z$ .

Comme  $T_u(N) > T(N-1)$  (figure .3), la force de portance nécessaire pour arracher l'avion du sol  $R_z(N-1) > R(N)$ . [9]

### e- Vitesse des freins ( $V_{MBE}$ )

L'énergie cinétique accumulée lors de la manœuvre de décollage se transforme en énergie calorifique sur le système de freinage. En cas d'arrêt au décollage, les freins ayant une capacité maximum d'absorption, il faudra limiter la vitesse à laquelle sera entreprise une manœuvre d'arrêt, c'est -à-dire  $V_1$  d'où :

$$V_1 \leq V_{1\text{ FREIN}}$$

$V_{1\text{ FREIN}}$  étant exprimée en vitesse vrais, ne pas oublier de convertir  $V_{1\text{ Lue}}$  en vitesse vrais.

La  $V_{MBE}$  dépend de:

- la masse avion.
- les conditions météorologiques.
- la pente piste. [10]

**Note :** Après chaque usage des freins (arrêt du décollage ou atterrissage) il est nécessaire de prévoir un temps d'escale minimum pour leur refroidissement.

### f- La vitesse maximale des pneus ( $V_{PNEUS}$ )

Les pneus sont garantis jusqu'à une certaine vitesse de roulement.

L'avion devra quitter le sol avant cette vitesse limite d'où :

$$V_{LOF} \leq V_{PNEUS}$$

$V_{PNEUS}$  étant bien sur une vitesse sol, dans ce cas-là, il faudra exprimer  $V_{LOF}$  en vitesse sol.

Par conséquent si la vitesse de décollage est limité la force de portance  $R_z = 1/2 \cdot S \cdot V_p^2 \cdot C_z$  aura une valeur limite qui plafonnera la valeur de la masse au décollage. [9]

## II.3.2. Les masses structurales

### II.3.2.1. Masses avion

#### a- Masse de base (DOW)



Cette masse est actualisée d'une façon permanente par les compagnies aériennes. Elle varie en fonction de la variation de la masse vide de l'avion (vieillessement), de la composition équipage et de la composition du commissariat selon le vol effectué.

Cette masse actualisée est indiquée à l'équipage avant chaque départ. [11]

Masse avion vide + masse équipage + masse commissariat.

**b- Masse sans carburant (ZFW)**

Est la masse obtenu après l'ajout de la charge marchande (passagers, bagages, frets).

$$ZFW = DOW + \text{charge marchande.}$$

**c- Masse à l'atterrissage (LW)**

La masse d'atterrissage à l'aéroport de destination, elle égale a la masse sans carburant plus les réserves.

$$LW = DOW + \text{charge marchande} + \text{réserves carburant.}$$

**d- Masse de décollage (TOW)**

La masse de décollage a partir de l'aéroport du départ, elle égale la masse d'atterrissage a l'aéroport de destination plus le carburant nécessaire a l'étape de vol.[8]

$$TOW = DOW + \text{charge marchande} + \text{réserves carburant} + \text{carburant d'étape}$$

La figure 4 si dessous représente les différentes masses de l'avion.



**Figure .4-** Masses d'avion. [8]

### II.3.2.2. Masses maximales de structure

#### a- Masse maximale de structure au lâcher des freins (MMSLF)

Ne doit pas dépasser une valeur limite calculée en fonction de la résistance de la structure et en particulier de celle du train d'atterrissage qui doit pouvoir subir une vitesse verticale de -1,83m/s ou 360ft/mn.

Cette limite est calculée au moment où l'avion est aligné sur la piste et les moteurs mis en puissance.

Dans tous les cas on devra avoir :

$$\text{Masse réelle au lâcher des freins} \leq \text{MMSLF}$$

#### b- Masse maximale de structure à l'atterrissage (MMSA)

La réglementation impose que la structure, notamment trains et amortisseurs, puisse encaisser des efforts d'inertie correspondant à une vitesse verticale de -3.05 m/s ou -600 ft/mn.

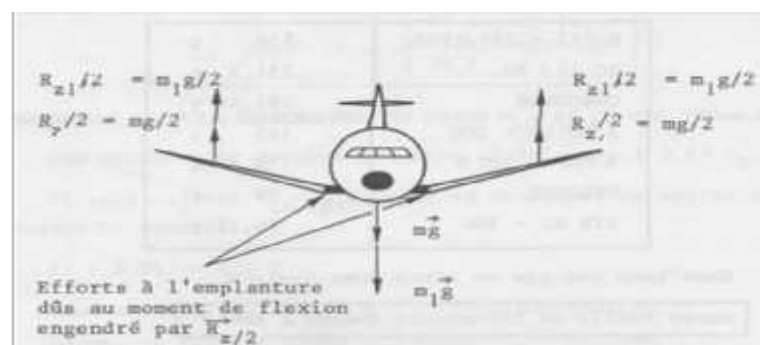
Si d est le délestage prévu, c'est-à-dire la quantité de carburant prévue pour effectuer le vol depuis le lâcher des freins jusqu'à l'atterrissage nous devons avoir :

$$\text{Masse réelle au lâcher des freins} \leq \text{MMSA} + d. [8]$$

#### c- Masse maximale sans carburant (MMSC)

Un avion ne volera jamais sans carburant, mais dans la phase terminale d'un vol cette quantité tendra vers zéro. La sécurité devant être assurée durant tout le vol il faudra tenir compte de cette situation.

Soit un avion en vol sans carburant, transportant une masse m :



**Figure .5-** les efforts appliqués sur la cellule d'avion. [9]

Si on augmente la charge dans la cellule nous aurons une masse  $m_1m$ , soit  $Rz_1Rz$ , d'où des efforts à l'emplanture plus importants pouvant alors dépasser les efforts de résistance des longerons et entraîner la déformation de l'assemblage aile/cellule.

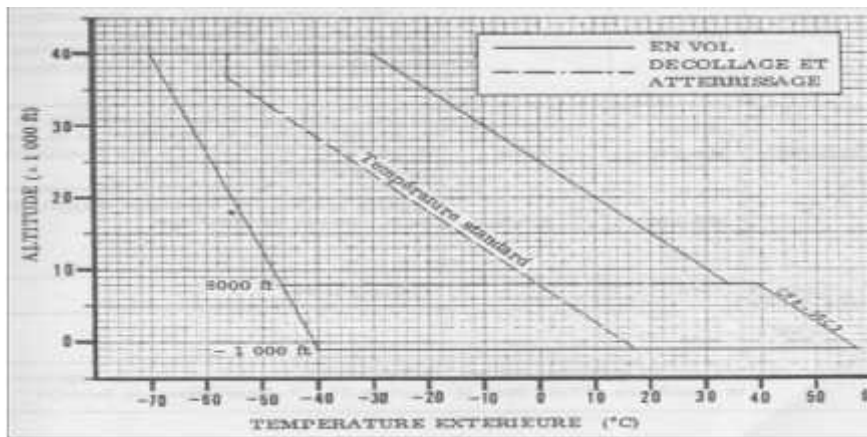
Par conséquent, il faudra limiter la valeur de  $m$  lorsqu'il n'y aura pas de carburant dans la voilure, cette valeur limite est appelée masse maximale sans carburant MMSC. [9]

Soit  $m_b$  la masse de l'avion équipé pour faire une ligne (masse de base), la charge maximum qui pourra être embarquée sera :  $C/o_{MAX}=MMSC-m_b$  [8]

### II.3.3. enveloppe opérationnelle

On définit un domaine (altitude-pression température) (figure .6) dans lequel toutes les performances de l'avion ont été vérifiées et certifiées.

Pour tout couple de paramètre extérieur à ce domaine, on ne trouvera pas les performances correspondantes dans le manuel de vol ou d'utilisation. Néanmoins si on doit effectuer, par exemple, un décollage de terrains tel qu'on soit en dehors de l'enveloppe, la compagnie exploitante peut demander un complément de calcul et de vérification au constructeur.



**Figure .6-** enveloppe opérationnelle. [9]

### II.3.4. Limitations moteurs

Les limitations moteurs sont dues aux EGT (limitation température turbine) atteintes pendant une certaine phase.

En particulier, compte-tenu de la valeur des EGT atteinte au décollage, la poussée maximale pendant cette phase ne pourra pas être appliquée plus de 5 mn. [9]

**Niveaux de poussée :**

**Maxi décollage :** poussée maximale que peut fournir le réacteur, durée d'utilisation limitée à 5 mn (N mot) et 10 mn (N-1 mot).

**Maxi continu :** poussée maximale utilisable sans limitation de durée en cas d'urgence (panne moteur).

**Maxi montée :** poussée maximale utilisable pour la montée normale (N mot).

**Maxi croisière :** poussée maximale utilisable pour la croisière normale. [9]

**II.4. Performance de décollage**

Au cours du décollage il faudra rechercher la vitesse nécessaire à assurer l'équation de sustentation soit :  $mg = \frac{1}{2} \rho S V_p^2 C_z$

En fonction de l'équivalent de vitesse  $EV = V_p \sqrt{\rho/\rho_0}$

cette équation peut s'écrire :  $mg = \frac{1}{2} \rho_0 S (EV)^2 C_z$

D'après cette équation pour un avion de masse m que l'on amène au cours de la manœuvre du décollage par action sur le manche à une incidence donnée (donc  $C_z$  fixé) il y aura un équivalent de vitesse de décollage et un seul quelles que soient les conditions extérieures.

Comme au cours du décollage vitesse CAS et équivalent de vitesse peuvent être confondus les vitesses fournies au pilote seront donc des vitesses lues. [9]

**II.4.1. Les vitesses opérationnelles**

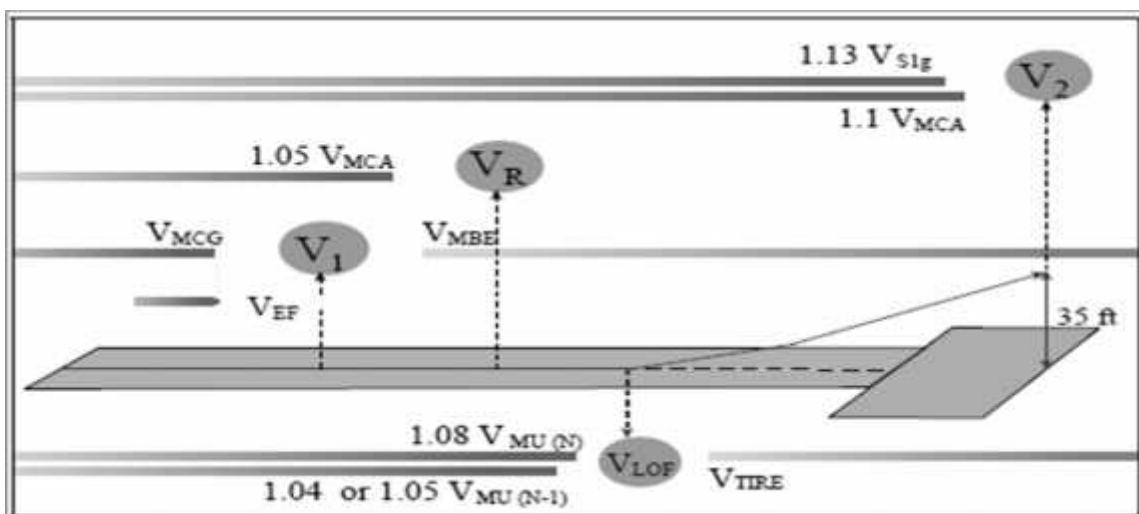


Figure .7- Les vitesses de décollage. [8]

---

### a- Vitesse effective de panne ( $V_{EF}$ )

vitesse à laquelle le “moteur critique “ sera supposé tomber en panne au cours de la manœuvre de décollage.

Dans la détermination des performances aux essais c’est la vitesse à laquelle le “moteur critique “ sera mis en panne.

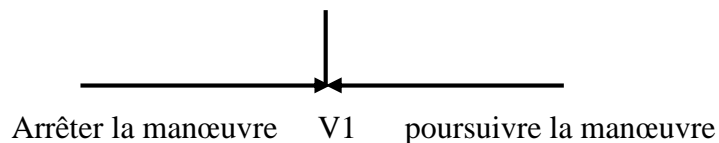
Nous devons avoir

$$V_{EF} < V_{MCG}$$

### b- Vitesse critique ou de décision ( $V_1$ )

C’est un moyenne de prise de décision en cas de panne de toute nature au cours de la manœuvre de décollage, à savoir (panne moteur, système, défaut de poussé, événement extérieur, etc....)

Par conséquent pour toute vitesse de panne inférieure à  $V_1$  le pilote devra interrompre le décollage au-delà de  $V_1$  il devra poursuivre sa manœuvre de décollage. (Figure .8)



**Figure II.8-** vitesse de décision. [9]

$V_1$  est déterminé à partir de  $V_{EF}$  (à  $V_1$  la panne est reconnue).

$V_1 = V_{EF} +$  accroissement de vitesse pendant le temps nécessaire au pilote pour reconnaître la panne.

#### Conditions sur $V_1$ :

- $V_1 > V_{EF} > V_{MCG}$
- $V_1 > V_R$
- $V_1 > V_1 \text{ freins}$

---

### c- Vitesse de cabrage ou de rotation ( $V_R$ )

Vitesse à laquelle le pilote action sur le manche, cabre la machine et l'amène suivant une technique précisée à l'assiette pour le décollage.

$V_R$  est déduit du calcul de  $V_{LOF}$ . Elle sera déterminée de telle façon que si l'avion est cabré à  $V_R$  avec respect de la technique préconisée, il décollera automatiquement à  $V_{LOF}$ . [9]

On devra vérifier que :

$$V_R \geq 1.05 V_{MCA}$$

### d- Vitesse de décollage ( $V_{LOF}$ )

C'est la vitesse à laquelle l'avion quittera le sol la sustentation étant assurée. Elle est déterminée à partir d'une vitesse d'essais VMU (Minimum Unstick Velocity).

$V_{LOF}$  devra satisfaire aux conditions suivantes:

-  $V_{LOF} \geq 1.05 V_{MU(N-1)}$  ou bien,

-  $V_{LOF} \geq 1.1 V_{MU(N)}$  [5]

**Remarque:** le JAR25 admet de retenir  $1.04 V_{MU(N-1)}$  et  $1.08 V_{MU(N)}$  si on est limité par l'assiette maxi de l'avion au sol ou par l'efficacité de la gouverne de profondeur.

### e- Vitesse de sécurité ( $V_2$ )

vitesse à laquelle le décollage est assuré. Elle doit être atteinte au plus tard au passage des 25 ft et maintenue au moins jusqu'à 400 ft pour le respect des performances que nous verrons plus tard.

-  $V_2$  doit rester supérieur ou égale à  $V_{2\min}$

-  $V_{2\min}$  étant la plus grande des deux valeurs suivantes :

- $1.2 V_S$  ou  $1.15 V_S$  (quadri turbopropulseurs)
- $1.1 V_{MCA}$

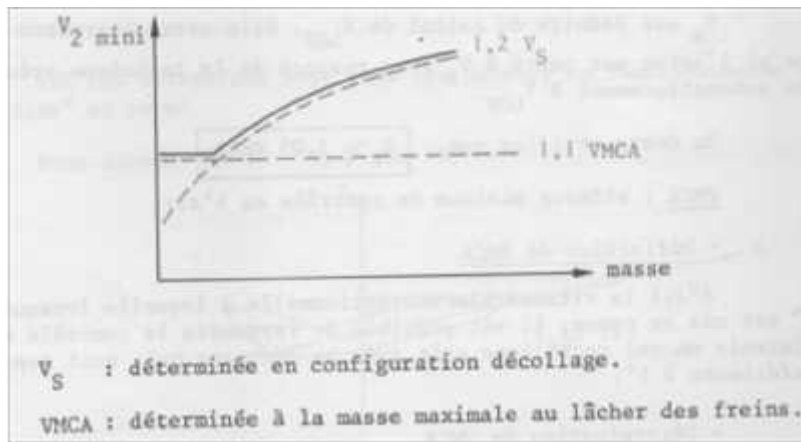


Figure .9- la variation de  $V_2$  par rapport à la masse. [9]

## II.4.2. Distances associée au décollage

### a- Distance de roulement au décollage (TOR)

La distance parcourue depuis le lâcher des freins jusqu'au milieu du segment ( $V_{LOF}$  – passage des 35). (Figure .10).

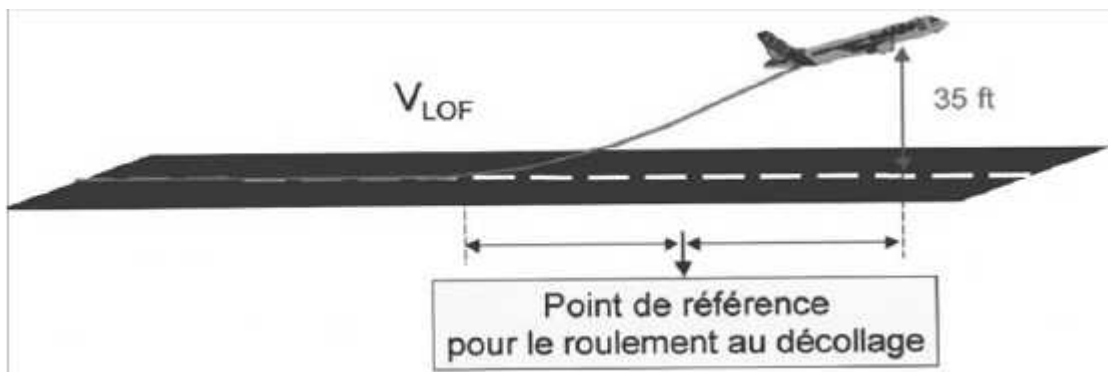
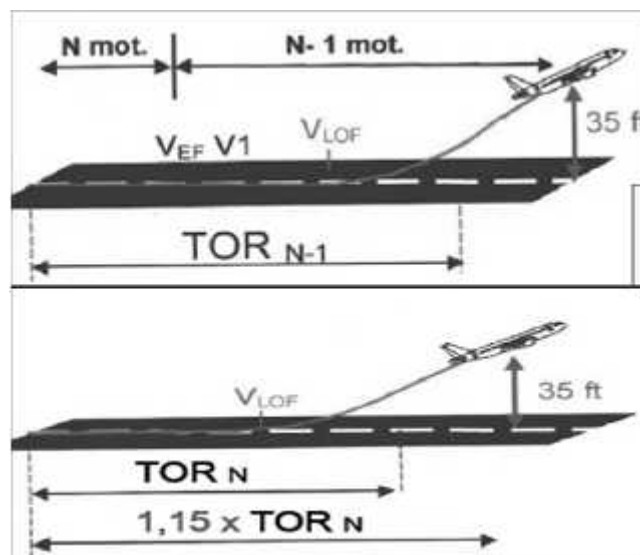


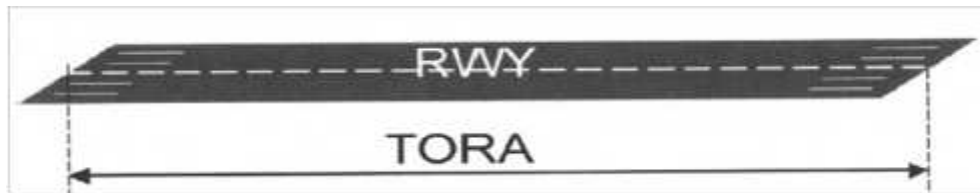
Figure .10- Distance de roulement au décollage. [9]



**Figure .11-** La distance de roulement au décollage retenue. [9]

$$\text{TOR retenue} = \text{Sup} (\text{TOR}_{N-1} ; 1.15 \text{ TOR}_N )$$

- **TORA** : la longueur utilisable pour le roulement au décollage (piste).

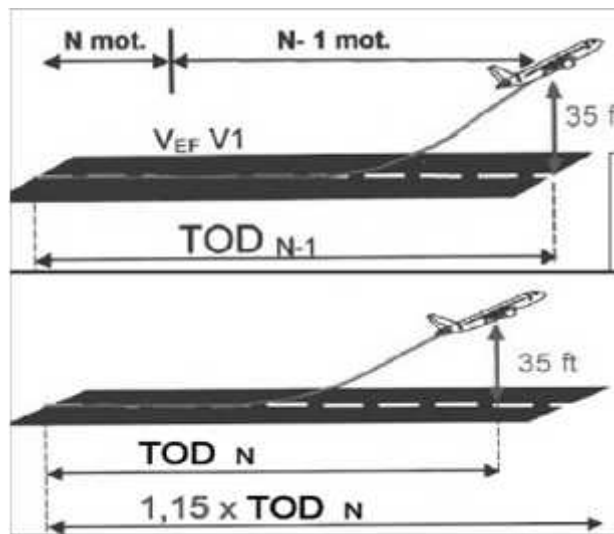


**Figure .12-** TORA

- On devra voir dans tous les cas : TOR  $\geq$  TORA.

**b- Distance de décollage (TOD)**

La distance de décollage est déterminée de 2 façons et, pour les conditions la valeur retenue sera la plus grande des deux. (Figure .13).

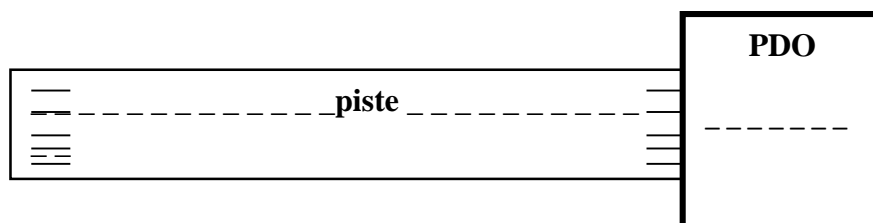


**Figure .13-** la distance de décollage retenue. [9]

$$\text{TOD retenue} = \text{Sup} (\text{TOD}_{N-1} ; 1.15 \text{ TOD}_N )$$

**TODA** : la longueur utilisable pour le passage des 35 ft.

Piste + prolongement dégagé d'obstacles (PDO). (Figure .14).



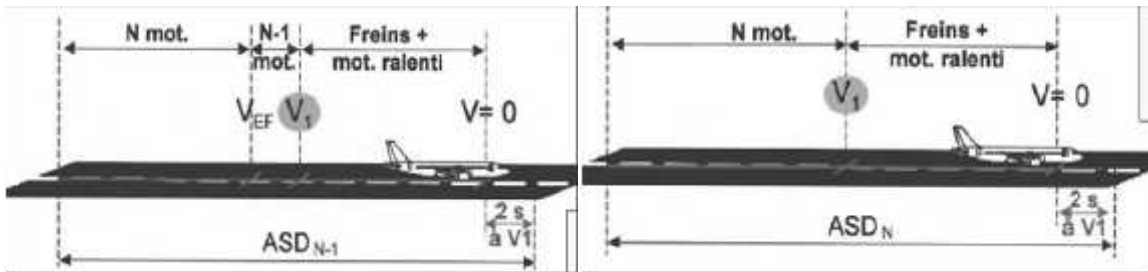


**Figure .14- TODA.**

- On devra avoir dans tous les cas :  $TOD \leq TODA$ .
- La longueur utilisable pour le décollage doit rester inférieure à 1,5 de la longueur de la piste :  $TODA \leq 1,5 \text{ longueur de piste}$ .

**c- Distance d'accélération - d'arrêt (ASD)**

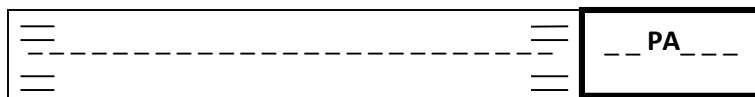
Elle est déterminée de deux façons et la distance d'accélération arrêt sera la plus grande des deux :



**Figure .15- distances d'accélération - d'arrêt retenue. [8]**

**ASD retenue = Sup (ASD<sub>N-1</sub> ; ASD<sub>N</sub>).**

**ASDA :** la longueur utilisable pour l'accélération-arrêt, qui doit s'effectuer dans les limites de la piste augmentée du prolongement d'arrêt (PA ou STOPWAY).

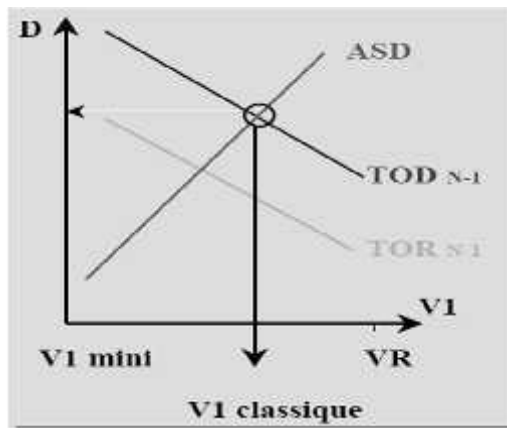


**Figure .16- ASDA.**

-On devra avoir dans tous les cas :

$ASDA \geq \text{longueur (piste + PA)}$ .

**II.4.3. Influence de V1 sur les distances**

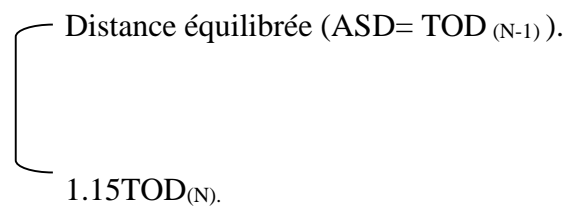


**Figure .17**-Les distances de décollage en fonction de la vitesse V1. [8]

-On appelle distance équilibrée (ou distance balancée) la distance pour laquelle,

$$ASD = TOD_{(N-1)}$$

-On appelle **distance classique** la plus grande entre la deux distances :

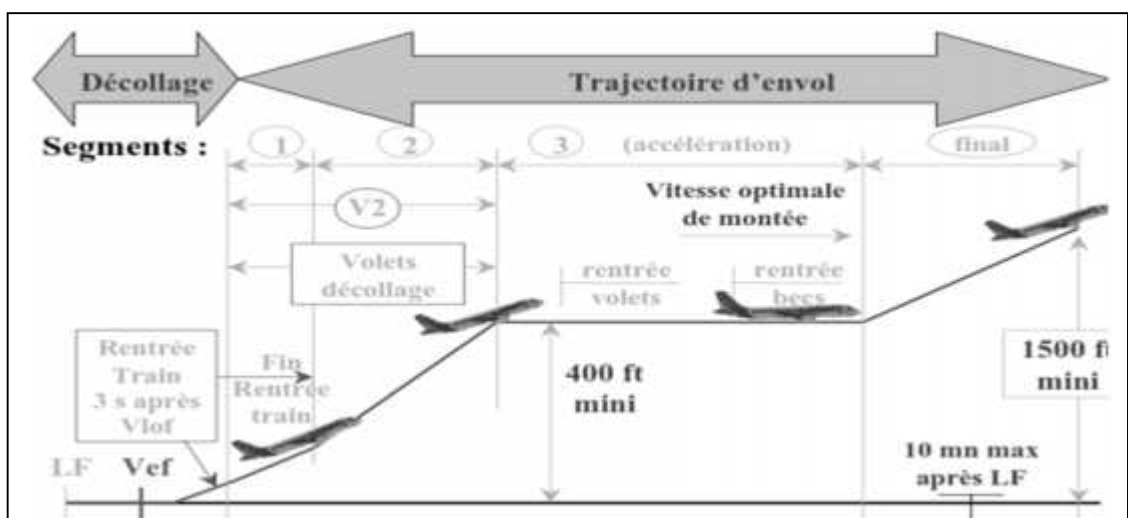


-V1 classique est la valeur de V1 correspondante à la distance équilibrée.

#### II.4.4. Trajectoire réglementaire de décollage

- **Trajectoire de décollage** : trajectoire ayant pour origine le lâcher des freins et pour extrémité le point où l'avion atteint 1500 ft de hauteur brute.

- **Trajectoire d'envol** : trajectoire ayant pour origine le passage des 35 ft et pour extrémité le point où l'avion atteint 1500 ft de hauteur brute.



**Figure .18-** Trajectoire réglementaire de décollage. [8]

- La trajectoire de décollage est en général tracée par la méthode des segments correspond à un changement de configuration et mise en panne du moteur critique à  $V_{EF}$ . Si sur certain segment la configuration est évolutive, (rentrés de trains), pour le tracé on retiendra généralement une configuration fixe considérée la plus pénalisante.

- La trajectoire d'envol (GTR critique en panne à  $V_{ef}$ ) doit respecter les pentes et configurations selon les 4 segments selon la réglementation de certification.

**Tableau . 1 :** Performances exigées (seg

Segment	Début-fin	Configuration				Pente brute
		Train	Becs/volets	Poussé	Vitesse	
1 <sup>er</sup> (Montée)	35ft a la fin de rentrée des trains	sorti	Décollage	Maxi-Déc	V2	0% 2N 0,3% 3N 0,5% 4N
2 <sup>ème</sup> (Montée)	De la fin de rentrée de train Au palier d'accélération (> 400ft).	Rentré	Décollage	Maxi-Déc	V2	2,4% 2,7% 3%
3 <sup>ème</sup> (palier)	Au palier d'accélération de V2 à $V_{OM}$ MFO= 35ft.	Rentré	rentrées	Maxi-Déc	De V2 a $V_{OM}$	1,2% 1,5% 1,7%
4 <sup>ème</sup> (Montée)	Point réduction moteur à MCT jusqu'à 1500 ft	rentré	rentrés	Maxi-cont	$V_{OM}$	1,2% 1,5% 1,7%

ments de décollage).

### II.4.5. Trouée d'envol

Surface permettant de repérer les obstacles a prendre en compte pour le décollage, elle est centrée sur la trajectoire d'envol prévue.

#### a- Dimensions :

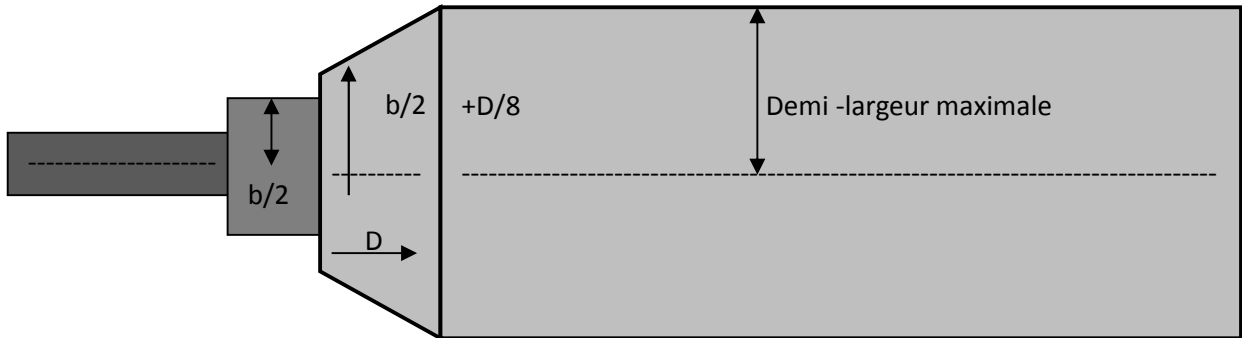


Figure .19- la trouée d'envol.

#### Demi-largeur initiale :

-La plus petite entre  $\frac{1}{2}$  envergure + 60m

-90 m

#### Point initiale de la trouée :

-Extrémité de la TODA ou ;

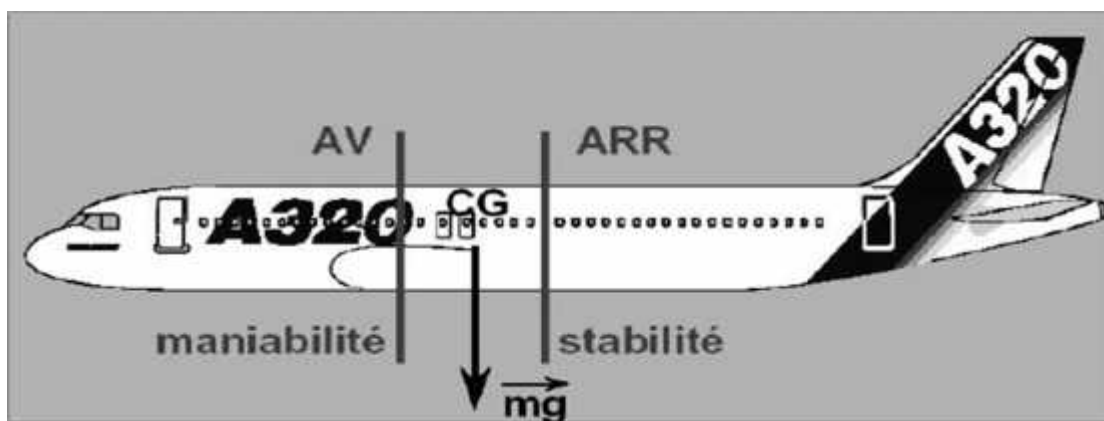
-Extrémité de la TOD si un virage est prévu avant l'extrémité de la TODA.

#### Demi-largeur maximale :

Ecart trajectoire / axe de piste			
$\leq 15^\circ$		$> 15^\circ$	
VMC	IMC	VMC	IMC
300 m	600 m	600 m	900 m

Figure .20- Demi largeur maximale de la trouée d'envol. [9]

### II.5. Limitation centrage



**Figure . 21-** limites centrages. [12]

La position du centre de gravité G par rapport à la corde de références AB de la voilure (MAC) caractérise la valeur du centrage de l'avion.

La certification impose un compromis entre maniabilité et stabilité : c'est l'objet des limites certifiées de centrage : « la position du centre de gravité de l'avion doit, **pendant toute les phases de vol**, être comprise entre les limites pour lesquelles l'avion est certifié. Ces limites certifiées sont spécifiques pour chaque phase de vol.

Un avion est dit **stable** si, sollicité par un élément extérieur, il revient de lui même à son régime de vol antérieur.

La **maniabilité** d'un avion est sa capacité à changer de trajectoire, sans de gros effort aérodynamique. On peut dire que la maniabilité est l'inverse de la stabilité.

Un centrage avant augmente la stabilité au détriment de la maniabilité. Un centrage arrière permet une meilleure maniabilité donc une perte de stabilité. Mais également, en diminuant le rôle déporteur de l'empennage arrière, le centrage arrière permet une diminution de la traînée donc de la consommation. [12]

## **II.6. Performances d'atterrissage**

### **a- Vitesse minimale de contrôle approche à l'atterrissage ( $V_{MCL}$ )**

C'est la vitesse conventionnelle-air à laquelle en cas de panne 'moteur critique' on peut reprendre le contrôle de l'avion et maintenir l'avion en vol rectiligne avec une inclinaison  $5^\circ$  et efforts sur la gouverne de direction  $667,5N$ .

On définit également  $V_{MCL-2}$  lorsqu'il y a panne d'un deuxième 'moteur critique' étant déjà hors de fonctionnement (valable pour tri et quadrimoteur). [9]

### b- Masse maximale d'atterrissage (MLW)

Cette masse maximale est déterminée en fonction de la résistance de la structure de l'avion et du train pour un impact à l'atterrissage à une  $V_z = -600$  ft/mn.

En cas de dépassement de la MLW une procédure Urgence / Secours est à effectuer. [9]

### c- Distances d'atterrissage


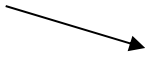
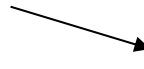
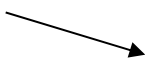
$$LDA = TORA - DT \text{ (Display Threshold)}$$

La distance d'atterrissage  $D_{ATT}$  est celle parcourue depuis le passage des 50 ft jusqu'à l'arrêt complet de l'avion, sans utilisation des reverses et sans autobrake, l'approche étant effectuée à une vitesse au moins égale à  $V_{REF} = 1,3 V_s$ . [9]

### d- Paramètres opérationnelles à prendre en compte à l'atterrissage

**Tableau . 2 :** Paramètres opérationnelles à l'atterrissage.

Augmentation du paramètre		Distance atterrissage	Performances en RMG	Observations : (si= sans influence)
Température		SI		La détermination de la $d_{att}$ est faite en STD. Réacteurs : si T  .poussée
Altitude-pression				Si $Z_p$ il faut donc que $V_p$ Réacteurs :si  . poussée
V E N T	Debout		S.I sur pentes brutes air exigées	50% de la composante
	Arrière			_____ est pris en compte
	Travers	SI		150% de la composante
				Limite maxi fixée par constructeur

Nature / état de piste		SI	Consignes dans manuel pour corrections à appliquer
Paramètre d'air condition /antigivrage	SI		Diminution poussée réacteur
volets			

## **Chapitre III.**

### **Optimisation des Performances au Décollage**

---

Le présent travail résume des méthodes afin d'optimiser les performances au décollage qui se représentent en masse (charge offerte) et en consommation carburant. Afin de déterminer, pour chaque décollage, la masse maximale possible en fonction des conditions du jour, c'est-à-dire la configuration de l'avion, l'infrastructure des aéroports, le relief à proximité des aéroports et sur la route prévue, les conditions météorologiques prévues, etc...

### **III.1. Présentation du logiciel de calcul des performances :**

Boeing performance software (BPS) cavalièrement appelé boeing laptop , intègre dans un même software plein de petits soft pour toutes les situations demandant des calculs : TO, landing performance, en route (re-calcul de performance de croisière s'il ya un changement de contrainte , la durée d'attente, descente progressive,...).

### **III.2. Méthodes d'optimisation**

#### **III.2.1- Réduction de poussée**

En gros, l'utilisation de la poussée réduite est pour diminuer l'usure motrice, donc, réduction des couts de révision du réacteur, elle permet aussi de consommer moins de carburant donc une charge offerte plus admissible. Cela dépend de l'état, la longueur de la piste et de la température extérieure. Au lieu de décoller avec 100% de puissance et de consommer 2500 mètres de piste, vous pouvez décoller avec 88% mais en utilisant 3000 mètres de piste avec une charge en plus ; particulièrement au décollage, car c'est un moment du "cycle" d'un réacteur où il "souffre" le plus.

#### **a- Optimisation de la poussée :**

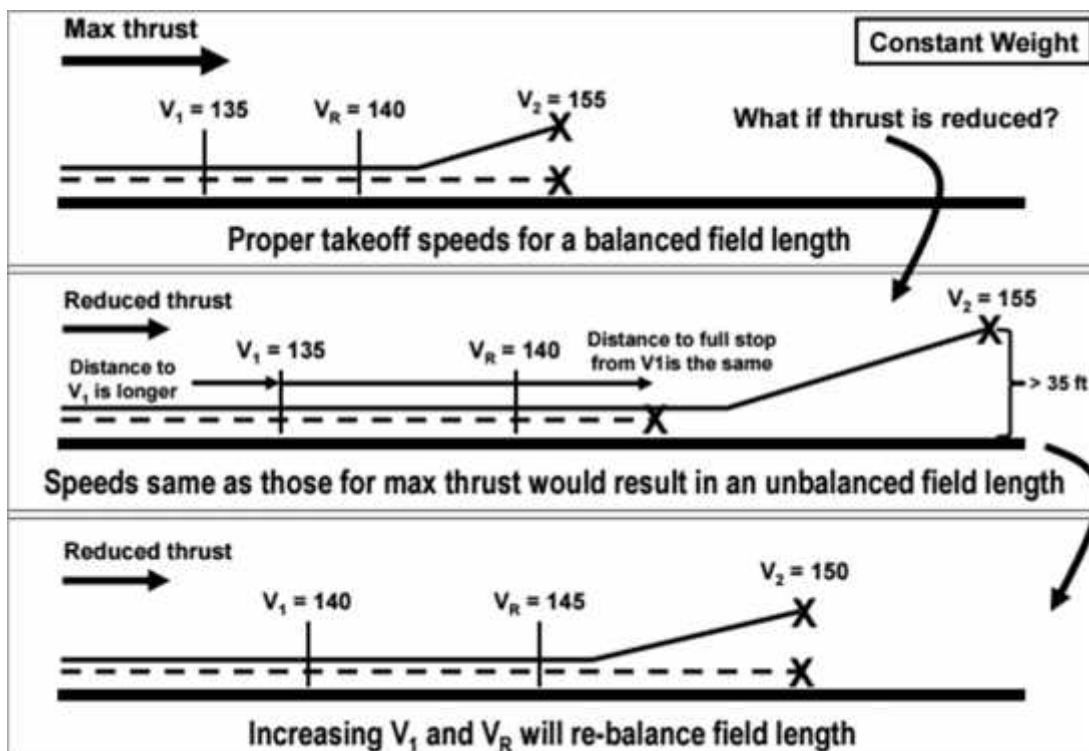


Pour le B737-800NG il existe trois niveaux de poussée (24K, 26 K et 27 K) et deux options motrices :

- **Décollage avec poussée réduite (Derated takeoff)** : Pour un décollage réduit, les limitations, les procédures et les données performances doivent être incluses dans le manuel de vol de l'avion (AFM). Pour chaque niveau de réduction, un tableau RTOW peut être établi pour une piste donnée, en tenant compte de cette nouvelle limitation la vitesse minimale de contrôle. et conformément au circulaire FAA (FAA, AC 25-13 5/4/88 part 4.
- **Flex Température (Température fictive)** : est une technique inventée initialement par Airbus, elle consiste à introduire une température FMC supérieure par rapport à la température extérieure réelle ce qui mènera à une réduction de poussée nécessaire pour décollage si le poids au décollage est inférieur à MTOW.

Il est rare de devoir utiliser toute la puissance des moteurs car les pistes sont bien assez longues et on est rarement à la MTOW, en plus, ça fait économiser du carburant, en même temps, la durée de vie des moteurs est prolongée et les riverains sont satisfaits.

**b- L'influence de la poussée sur les performances de décollage**



**Figure III.1-** Effet de la poussée sur la vitesse et la distance [14]

---

La distance de décollage est essentielle pour l'exploitation de tout avion car elle définit les exigences de la piste. Pour cela un meilleur décollage se fait par une poussée réduite qui mène à une consommation totale de la piste (TOR maximal) lors du roulage, à une augmentation de la durée de vie du moteur. Comme illustré dans la figure III.1 à une masse constante, le décollage avec une poussée maximale donne une distance de décollage moindre, ce qui rend cette méthode applicable dans le cas où la piste est limitative (courte). Le décollage avec une poussée réduite permet de consommer la totalité de la piste ou presque avec des vitesses importantes (s'il y'a des obstacles dans la trajectoire de décollage), faibles (si la trajectoire claire et ne contient pas d'obstacles). Cependant, avec une poussée réduite, les exigences réglementaires au décollage peuvent être satisfaites toute en optimisant la poussée, donc la durée de vie des moteurs.

### III.2.2. Braquages des volets

Un braquage de volets plus important ou fort, il va diminuer la vitesse de décollage et par conséquent, il va réduire la distance de décollage et la pente de montée (ce qui pourra être limitatif pour le franchissement des obstacles) figure III.2. Par ailleurs, une augmentation du trainée est induite qui nécessite plus de consommation de carburant comme le montre la figure III.3.

Un braquage de volets faible va augmenter la vitesse de décollage et par conséquent la distance de décollage en augmentant la pente de montée et pas de trainée en plus figure III.2.



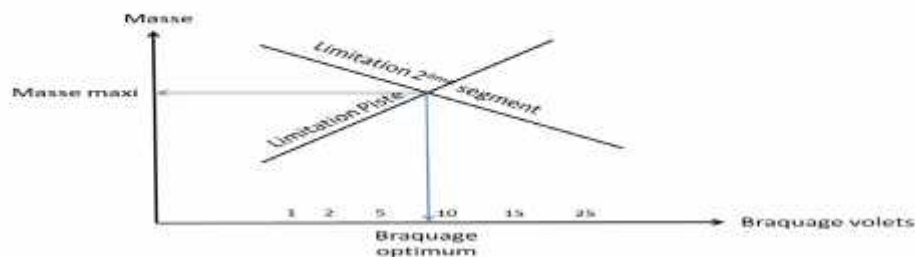
**Figure III.2-** Schéma explicatif pour un décollage avec flaps et sans flaps.

AIRPLANE MODEL	TAKEOFF FLAP SETTING	TAKEOFF GROSS WEIGHT <i>Pounds (kilograms)</i>	FUEL USED <i>Pounds (kilograms)</i>	FUEL DIFFERENTIAL <i>Pounds (kilograms)</i>
717-200	5	113,000 (51,256)	933 (423)	-
	13		950 (431)	17 (8)
	18		965 (438)	32 (15)
737-800 Winglets	5	160,000 (72,575)	1,274 (578)	-
	10		1,291 (586)	17 (8)
	15		1,297 (588)	23 (10)
777-200 Extended Range	5	555,000 (249,476)	3,605 (1,635)	-
	10		3,677 (1,668)	72 (33)
	20		3,730 (1,692)	125 (57)
747-400	10	725,000 (328,855)	5,633 (2,555)	-
	20		5,772 (2,618)	139 (63)
747-400 Freighter	10	790,000 (358,338)	6,389 (2,898)	-
	20		6,539 (2,966)	150 (68)

**Figure III.3-** Impact de la sélection des volets de décollage sur le brûlage du carburant.[14]

**Plus l'avion est lourd, plus la distance de décollage augmente**, à partir de ce compromis, nous allons essayer de décoller avec une masse maximale qui ne dépasse pas la masse maxi structurale bien-sûr (MMSD) en consommant toute la totalité de la piste présent.

### Choix du braquage des volets



**Figure III.4-** La masse en fonction de Braquage volets [15]

Pour chaque avion (profil aérodynamique), il existe un braquage optimal qui donnera la masse maximale au décollage la plus élevée.

L'objectif de notre étude est de déterminer ce braquage parmi les 3 braquages possibles pour le B737-800 NG (1.5, 15), aussi avec une poussée optimale, qui nous mène en toute sécurité avec un décollage plus rentable, en utilisant les différents tableaux suivants obtenus par la génération des différentes entrées et hypothèses de calcul.

#### **Philosophie d'optimisation les performances au décollage :**

Dans la partie pratique d'optimisation des performances au décollage, nous avons procéder selon les étapes suivantes :

- 
- ✓ **Optimisation de la poussée** : le coût de la maintenance représente une partie significative des coûts directs d'exploitation, l'objectif principal est de déterminer la poussée nécessaire pour le décollage la plus réduite qui va offrir la OTOW MTOW (Structurale) ;
  - ✓ **Optimisation de braquage volet** : un braquage des volets le plus faible est le plus optimal, car il permettra une économie de carburant, suite à la réduction de trainée, il faut signaler que dans certains aéroports où il y'a une limitation obstacles, le braquage de volet à 15°, il est le plus optimal car il permettra d'obtenir OTOW MTOW (Structurelle) ;
  - ✓ **Optimisation de centrage** : cette technique est expliquée en détail dans les pages suivantes , elle a pour but d'augmenter les performances au décollage en se basant sur les avantages de centrage arrière dans la phase de décollage, ce qui permettra l'optimisation de décollage et donc OTOW MTOW (Structurale).

En résumé, l'optimisation de performance au décollage se limite à obtenir OTOW MTOW (Structurale), avec une poussée fournie et un braquage de volet plus faibles, en utilisant les techniques de poussée réduites, braquage de volet et centrage.

### **1- Optimisation de la poussée (application numérique) :**

Dans cette phase, nous avons commencé par analyser le réseau de Tassili Airlines, en générant les fiches de limitation pour toutes les pistes avec les différentes poussées, et comparer les OTOW obtenus.

Avec une poussée inférieure, nous permettra de décoller avec OTOW MTOW (Structurale), cette poussée est retenue comme poussée optimale, sinon on reviendra à la poussée supérieure.

### **2- Optimisation de Braquage des volets (application numérique) :**

Dans cette phase, nous avons générer les fiches de limitation, pour les trois configurations volets au décollage (1°, 5° et 15°), avec les trois poussées possibles fournis par le moteur à savoir le 24K, 26K et 27K.

Le but recherché est l'obtention d'OTOW MTOW (Structurale) avec la poussée et le braquage du volet plus faibles.

L'exemple ci-dessous illustre la méthode de raisonnement

#### **Exemple Numérique :**

Le but est de décoller avec une masse égale la MMSD= 79.015 t, c'est-à-dire une charge offerte maximale avec un choix de poussée et de braquage de volets qui ne

---

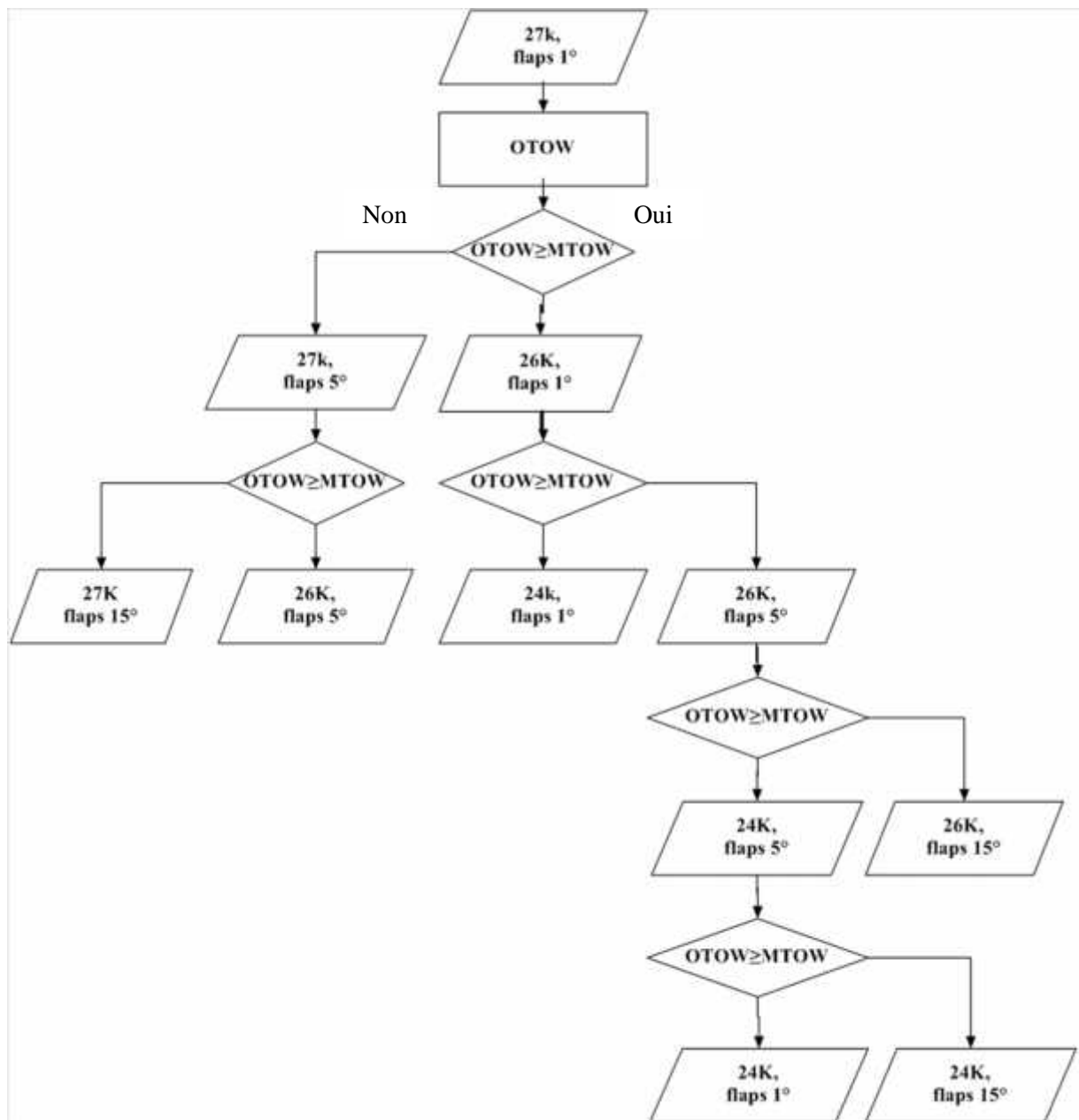
nécessitent pas une forte consommation de carburant, toute en assurant la sûreté et la sécurité des biens et des personnes durant toute la phase visée selon la loi 98-06.

Pour un B737-800NG sur une piste bien déterminée, avec des paramètres suivants :

- Température de références de l'aérodrome.
- Vitesse du vent (0 KT).
- L'état de piste (sèche et mouillée).

Nous prenons une poussée de 24000 livres avec un braquage de volets de 1°, nous générons toute les pistes des aérodromes du réseau tassili Airlines pour chaque QFU, en outre, nous fixons la poussée à 24K et nous changeons le braquage des volets (1°-5°-15°), l'opération elle se répète pour les deux autres niveaux de poussée (26000et 27000 livre). Les résultats sont présentés sous formes de tableaux.

**L'organigramme** suivant résume la méthode de travail :



**Figure III.5.** Organigramme méthode d'optimisation poussée –volets.

Les tableaux qui suivent (de 1 à 9) résument le travail :

**Tableau III.1 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAAG)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (kt)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/ V1-VR-V2 (flaps 1°)	MTOW/ V1-VR-V2 (flaps 5°)	MTOW/ V1-VR-V2 (flaps 15°)	Le gain de masse (Kg)	Observation						
DAAG	30.6	0	DRY	05	24K	790**60-61-64	790*/48-49-54	735**50-52-56	/	Optimisation poussée & flaps						
					26K	861*/56-58-64	826*/49-52-58	790**46-48-54								
					27K	862F/55-58-64	858.7*/48-51-58	809*/42-44-51								
				27	24K	790**60-61-65	790**/57-60-64	734**50-52-56			/	Optimisation poussée & flaps				
					26K	859*/55-58-64	828*/49-52-58	790**46-49-54								
					27K	862F/54-58-64	862*/48-51-58	808*/42-44-51								
				09	24K	790**60-61-64	757*/48-49-54	735**50-52-56					/	Optimisation poussée & flaps		
					26K	853*/56-58-64	830*/49-52-58	790**46-48-54								
					27K	862F/55-58-64	862*/48-51-58	809*/42-44-51								
				23	24K	790**60-61-65	790**/57-60-64	734**50-52-56							/	Optimisation poussée & flaps
					26K	853*/55-58-64	828*/49-52-58	790**46-49-54								
					27K	862F/54-58-64	862*/48-51-58	808*/42-44-51								
			WET	09	24K	790**53-61-64	790**/52-61-65	732**43-51-55	/	Optimisation poussée & flaps						
					26K	848*/49-58-64	817*/42-52-57	790**40-49-55								
					27K	862F/47-58-64	849*/40-51-58	807*/35-44-51								
				27	24K	790**53-61-65	790**/52-61-65	731**43-51-55			/	Optimisation poussée & flaps				
					26K	854*/48-58-64	816*/42-52-57	790**40-49-55								
					27K	862F/47-58-64	849*/40-51-58	805*/35-44-51								
				05	24K	790**53-61-64	790**/52-61-65	732**43-51-55					/	Optimisation poussée & flaps		
					26K	858*/49-58-64	818*/42-52-58	790**40-49-55								
					27K	862F/47-58-64	851*/4051-58	807*/35-44-51								
				23	24K	790**53-61-65	790**/52-61-65	731**43-51-55							/	Optimisation poussée & flaps
					26K	847*/48-58-64	818*/42-52-58	790**40-49-55								
					27K	862F/47-58-64	851*/40-51-58	805*/35-44-51								

\*La masse maxi structurale de décollage est 79.015t, l'optimisation c'est de choisir une masse = MMSD « avion pleine » (si logiciel indique une masse > MMSD donc le décollage pourrait s'exécuter avec la masse maxi structurale de décollage).

\*S'affiche 790 :  $(790.10^{-1}) t = 79.01t$

\*La case verte représente le choix optimal durant la simulation.

**Tableau III.2 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DABB)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Gain de masse (Kg)	Observation
DABB	31	0	DRY	05	24K	687F/47-48-54	709 F/43-44-49	720**42-43-48	5015	/
					26K	720F/48-51-58	747 F/44-47-54	777*/42-44-50		
					27K	740F/49-52-60	762 F/45-48-56	796F/42-44-51		
				23	24K	685F/47-48-54	706 F/43-44-49	719**42-43-48	5215	/
					26K	721F/48-51-58	747 F/45-47-57	776F/42-44-50		
					27K	738F/49-52-60	763 F/45-48-55	793F/42-44-51		
				01	24K	784F/57-59-63	782**/56-59-63	743**50-52-56	/	Optimisation Poussée & flaps
					26K	824F/55-58-64	846 F/44-47-54	790**46-48-54		
					27K	844F/54-58-64	862 F/48-51-58	862F/42-44-51		
				19	24K	780**57-59-62	776**/56-59-63	734**49-51-55	/	Optimisation Poussée & flaps
					26K	821F/56-58-64	816*/49-52-57	790**48-50-56		
					27K	841F/54-58-64	850*/48-51-58	803*/42-44-51		
			WET	05	24K	682F/38-47-54	704F/35-44-50	714**33-41-47	5600	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	717F/39-50-58	740F/36-46-53	771F/34-43-50		
					27K	733F/40-51-59	756F/37-48-56	789F/34-44-51		
				23	24K	680F/38-47-53	704F/35-44-50	713**33-41-46	5500	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	715F/39-50-57	740F/36-46-53	768F/34-43-49		
					27K	731F/40-51-59	757F/37-48-56	786F/34-44-51		
				01	24K	777F/50-58-62	774**/48-57-61	740**43-51-55	/	Optimisation Poussée & flaps
					26K	819F/48-58-64	846F/42-52-57	790**39-49-54		
					27K	838F/46-58-64	861F/40-51-58	862F/34-44-51		
				19	24K	774F/50-58-62	769**/49-57-61	732**42-50-55	/	Optimisation poussée & flaps
					26K	816F/48-58-64	813F/42-52-58	790**42-51-56		
					27K	835F/47-58-64	847*/41-51-58	801*/35-44-51		



**Tableau III.3 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DABC)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Gain de masse (Kg)	Observation
DABC	33.6	0	DRY	14	24K	638F/43-44-48	665 F/40-42-45	650**40-42-46	4900	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	677F/45-47-53	707 F/42-44-50	712**41-43-48		
					27K	693F/46-48-55	722 F/43-45-52	734**41-43-48		
				32	24K	623F/42-42-47	648 F/39-39-44	640**39-39-43	5300	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	662F/44-45-52	690 F/42-42-49	701**40-40-45		
					27K	677F/45-47-53	705 F/42-44-50	722**40-40-46		
				16	24K	701**51-51-55	707**/51-53-56	659**43-44-48	2800	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	746F/53-55-59	767**/52-54-58	737**50-52-56		
					27K	763F/54-56-61	788**/51-54-58	767**52-54-59		
				34	24K	666**54-56-60	668**/51-54-58	635**40-41-46	300	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	726**56-59-64	728**/51-55-60	698**45-47-52		
					27K	747**56-59-64	750**/52-56-61	720**45-47-53		
			WET	14	24K	634F/34-43-48	664F/31-41-45	644**30-40-44	5800	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	670F/35-46-52	709F/33-44-50	705**31-41-46		
					27K	682F/35-47-54	722F/33-45-52	727**31-41-47		
				32	24K	619F/34-41-46	647F/31-39-43	657**31-37-42	6300	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	655F/35-44-51	684F/33-42-48	696**31-38-43		
					27K	667F/36-45-52	705F/34-43-50	714F/31-38-44		
				16	24K	695F/43-51-54	701**/43-51-55	655**36-44-48	3400	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	738F/45-54-58	761**/43-52-57-	734**43-51-56		
					27K	752F/46-55-60	783**/43-52-57	758**43-52-56		
				34	24K	661**43-52-56	664**/38-48-52	632**32-40-44	600	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	720*/43-52-57	724**/42-53-58	695**34-44-49		
					27K	741*/44-54-59	745**/45-56-61	716**36-46-51		

**Tableau III.4 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAOO)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Gain de masse (kg)	Observation
DAOO	32	0	DRY	07 L	24K	774**66-70-73	764**/59-62-66	728**50-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	823*/56-59-64	810*/50-52-57	790**50-53-58		
					27K	849*/55-58-64	837*/48-51-58	794*/43-45-51		
				25 L	24K	767F/56-57-61	769**/56-58-62	728**50-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	811F/56-59-64	841 F/50-52-57	790**50-53-58		
					27K	829F/55-58-64	859 F/48-51-58	862F/43-45-51		
				07 R	24K	763**57-58-61	763**/56-59-63	729**50-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	809F/56-59-64	810*/50-52-57	790**50-53-58		
					27K	828F/55-58-64	837*/49-51-58	794*/43-45-51		
				25 R	24K	790**63-65-68	786**/62-65-68	729**50-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	862F/56-59-64	862 F/50-52-57	790**50-53-58		
					27K	862F/55-58-64	862 F/49-51-58	862F/43-45-51		
			WET	07 L	24K	769**60-68-72	760**/52-62-66	725**42-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	821*/49-59-64	807*/42-52-57	790**44-54-58		
					27K	846*/47-58-64	835*/41-51-58	791*/35-45-51		
				25 L	24K	761F/49-57-60	760**/47-56-60	725**42-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	803F/49-59-64	833F/42-52-58	790**44-54-58		
					27K	821F/47-58-64	852F/41-51-58	862F/35-45-51		
				07 R	24K	759F/49-57-60	757**/48-56-60	726**43-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	801F/49-59-64	820*/42-52-58	790**44-53-58		
					27K	819F/48-58-64	836*/41-51-58	792*/36-45-51		
				25 R	24K	790**58-65-69	783**/56-64-68	726**43-51-55	/	Optimisation poussée + flaps
					26K	862F/49-59-64	862F/42-52-58	790**44-53-58		
					27K	862F/48-58-64	862F/41-51-58	862F/36-45-51		

**Tableau III.5 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAUH, DAUB)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Gain de masse (kg)	Observation		
DAUH	41.8	0	DRY	18	24K	706**53-53-56	715**/53-55-58	659**44-44-48	700	Optimisation n'est pas encore atteinte		
					26K	755F/55-56-60	775**/54-56-60	736**50-52-56				
					27K	774F/56-58-62	781 F/56-58-63	764**52-54-59				
				36	24K	704**52-53-56	716**/52-54-58	658**43-44-48			1000	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	756F/55-56-60	772**/53-55-59	735**50-52-56				
					27K	775F/56-58-62	785 F/56-58-63	764**52-54-58				
			WET	18	24K	701**46-53-56	697**/44-52-56	655**37-44-48	1500	Optimisation n'est pas encore atteinte		
					26K	749F/47-55-59	757**/45-54-58	733**43-51-55				
					27K	765F/48-57-61	780**/45-54-59	761**45-54-58				
				36	24K	700**45-52-55	696**/44-52-55	655**36-44-48			1300	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	750F/47-55-59	756**/45-53-57	732**43-51-55				
					27K	766F/48-57-61	779**/45-54-58	759**45-53-58				
DAUB	36	0	DRY	13	24K	740**54-55-59	741**/53-56-60	699**46-48-52	/	Optimisation de poussée + flaps		
					26K	785F/56-59-63	790**/51-45-49	773**52-55-59				
					27K	804F/55-59-64	814*/49-52-57	790**48-51-56				
				31	24K	727F/53-53-57	735**/52-53-57	706**49-49-53			/	Optimisation de poussée + flaps
					26K	770F/55-57-62	790**/52-53-58	778**53-55-59				
					27K	790F/56-59-64	818 F/50-52-57	790**48-49-55				
			WET	13	24K	736*/46-54-58	733**/45-54-58	696**39-48-52	/	Optimisation de poussée + flaps		
					26K	778F/48-58-62	790**/45-55-60	770**45-55-59				
					27K	795F/48-59-64	811*/41-52-57	790**41-52-57				
				31	24K	721F/46-53-57	729**/44-51-57	703**42-49-52			/	Optimisation N'est pas encore atteinte
					26K	762F/48-56-61	788**/45-53-57	769**45-52-57				
					27K	780F/48-57-63	809F/43-52-57	790**42-50-55				

**Tableau III.6 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAUA, DAUT)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Gain de masse (Kg)	Observation
DAUA	40	0	DRY	04	24K	704**53-53-56	703**/52-54-57	660**44-45-48	1600	Optimisation N'est pas encore atteinte
					26K	752F/54-56-60	764**/53-55-59	735**50-52-56		
					27K	771F/55-57-62	787**/53-55-60	764**52-54-59		
				22	24K	704**53-53-56	704**/52-54-57	660**44-44-48		
					26K	753F/54-56-60	764**/53-55-59	735**50-52-56		
					27K	772F/55-57-62	787**/53-55-60	763**52-54-58		
			WET	04	24K	699**45-52-55	696**/44-52-55	657**37-44-48	1800	Optimisation N'est pas encore atteinte
					26K	745F/47-55-59	756**/44-53-57	732**43-51-55		
					27K	761F/47-56-61	779**/45-54-58	759**45-53-58		
				22	24K	700**45-52-55	696**/44-52-55	656**36-44-48		
					26K	746F/47-55-59	756**/44-53-57	732**43-51-55		
					27K	762F/47-56-61	780**/45-54-58	759**45-54-58		
DAUT	45	0	DRY	06	24K	672**51-51-54	671**/51-53-56	624**39-40-43	1000	Optimisation N'est pas encore atteinte
					26K	726F/52-53-57	733**/52-54-57	701**47-48-52		
					27K	743F/53-55-59	753**/52-54-58	725**49-51-55		
				24	24K	672**51-51-54	671**/51-53-55	625**40-40-43		
					26K	724F/52-53-57	732**/51-53-57	701**47-49-52		
					27K	742F/53-55-59	752**/52-54-58	726**49-51-55		
			WET	06	24K	667**44-50-53	664**/43-50-54	622**33-40-43	1100	Optimisation N'est pas encore atteinte
					26K	720F/45-53-56	726**/41-52-56	698**40-48-52		
					27K	735F/45-54-58	746**/43-52-57	722**42-50-54		
				24	24K	667**44-50-53	664**/43-50-54	622**33-40-43		
					26K	718F/45-53-56	726**/41-52-56	698**40-48-52		
					27K	733F/45-54-58	746**/43-52-57	723**42-50-55		

**Tableau III.7 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAOF)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Le gain de masse (Kg)	Observation
DAOF	35	0	DRY	08 L	24K	717**53-53-56	717**/52-54-58	677**45-46-49	815	/
					26K	763F/55-57-61	778**/53-55-59	752**51-53-57		
					27K	782F/56-58-63	797 F/51-54-58	784**54-56-60		
				08 R	24K	717**53-53-56	717**/52-54-58	677**45-46-49	815	/
					26K	763F/55-57-61	778**/53-55-59	752**51-53-57		
					27K	782F/56-58-63	797 F/51-54-58	784**54-56-60		
				26 L	24K	717**53-53-56	717**/52-54-58	677**45-46-49	815	/
					26K	763F/55-57-61	778**/53-55-59	752**51-53-57		
					27K	782F/56-58-63	797 F/51-54-58	784**54-56-60		
				26 R	24K	717**53-53-56	717**/52-54-58	677**45-46-49	815	/
					26K	763F/55-57-61	778**/53-55-59	752**51-53-57		
					27K	782F/56-58-63	797 F/51-54-58	784**54-56-60		
			WET	08 L	24K	713*/45-52-56	710**/44-52-56	672**38-45-49	1915	/
					26K	755F/47-56-60	781**/45-54-59	749**44-53-57		
					27K	771F/47-57-62	797**/43-52-57	775**44-54-58		
				08 R	24K	713*/45-52-56	710**/44-52-56	672**38-45-49	1915	/
					26K	755F/47-56-60	770**/45-54-58	749**44-53-57		
					27K	771F/47-57-62	797**/43-52-57	775**44-54-58		
				26 L	24K	713*/45-52-56	710**/45-54-58	672**38-45-49	1915	/
					26K	755F/47-56-60	770**/45-54-58	749**44-53-57		
					27K	771F/47-57-62	797**/43-52-57	775**44-54-58		
				26 R	24K	713*/45-52-56	710**/4452-56	672**38-45-49	1915	/
					26K	755F/47-56-60	770**/45-54-58	749**44-53-57		
					27K	771F/47-57-62	797**/43-52-57	775**44-54-58		

**Tableau III.8 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAUZ)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Gain de masse (kg)	Observation			
DAUZ	38	0	DRY	14	24K	597F/38-39-44	625 F/36-36-41	628**35-35-39	4800	L'optimisation n'est pas encore atteinte			
					26K	634F/41-42-49	665 F/38-40-46	683F/35-36-41					
					27K	649F/42-43-51	678 F/39-41-48	697F/36-37-43					
				32	24K	598F/38-39-44	626F/36-36-41	623**26-33-38	4100		L'optimisation n'est pas encore atteinte		
					26K	635F/41-42-49	666F/38-40-46	670**36-38-43					
					27K	650F/42-44-51	681F/39-41-48	691**36-38-44					
				05	24K	690**51-51-54	689**/50-52-55	647**42-43-47	2900			/	
					26K	737F/53-54-58	760**/52-54-58	723**49-51-55					
					27K	754F/54-56-60	783**/52-54-58	752**51-53-57					
				23	24K	695**53-53-56	668*/41-41-45	647**42-43-47	2800				/
					26K	741F/53-55-59	761**/52-54-58	722**49-51-55					
					27K	759F/54-56-60	783**/52-54-59	751**51-53-57					
			WET	14	24K	595F/30-38-44	614F/27-35-40	623**26-33-38	4800	L'optimisation n'est pas encore atteinte			
					26K	628F/31-41-48	649F/28-38-44	674F/26-35-41					
					27K	639F/32-42-50	661F/29-39-46	687F/27-36-42					
				32	24K	595F/30-38-44	617F/27-35-40	611**27-35-39	4700		L'optimisation n'est pas encore atteinte		
					26K	629F/31-41-48	652F/29-38-45	667**27-36-42					
					27K	640F/32-42-50	665F/29-39-45	687*/27-36-42					
				05	24K	685**43-50-53	682**/42-50-53	645**35-43-46	1900			/	
					26K	729F/45-53-58	741**/42-51-55	720**42-50-54					
					27K	744F/45-55-59	763**/43-52-56	745**43-52-56					
				23	24K	686**43-50-54	682**/42-50-53	644**35-43-46	2200				/
					26K	731F/45-54-58	741**/42-51-56	719**42-50-54					
					27K	746F/45-55-59	764**/43-52-56	746**43-52-56					

**Tableau III.9 : Résultats d'optimisation par réduction de poussée et volets (DAFH, LFRS)**

Aéroport	Temp ref °C	Vvent (Kt)	Etat de Piste	piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	Le gain de masse (Kg)	Observation		
DAFH	35	0	Sèche	08	24K	687**50-51-54	687**50-52-55	644**41-42-46	1700	L'optimisation n'est pas encore atteinte		
					26K	737F/52-54-58	749**51-53-57	726**48-50-54				
					27K	753F/53-55-59	770**51-53-58	750**50-53-57				
				26	24K	684.5F/49-49-52	686**49-50-54	647**42-43-46			2300	L'optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	730F/52-53-57	746**50-51-56	725**49-50-54				
					27K	745F/53-54-59	768**50-52-56	752**51-52-57				
			08	24K	682**42-50-53	679**41-49-53	639**39-40-44	2100	L'optimisation n'est pas encore atteinte			
				26K	727F/43-53-57	740**41-51-55	718**40-49-54					
				27K	741F/44-54-58	762**42-51-56	743**41-51-55					
			26	24K	679F/42-48-52	678**41-48-52	656**39-40-49			2000	L'optimisation n'est pas encore atteinte	
				26K	731F/44-52-56	739**41-50-54	719**41-49-53					
				27K	741F/44-53-58	761**42-50-55	742**41-49-54					
LFRS	24.3	0	Sèche	03	24K	741*/53-54-59	752*/48-49-54	738**49-50-55	/			Optimisation de poussée + flaps
					26K	789*/55-58-64	800*/49-52-58	790*/49-50-58				
					27K	802*/54-58-64	815*/48-51-58	800*/48-50-56				
				21	24K	756*/54-56-60	762**50-52-56	746**50-51-56		/	Optimisation de poussée + flaps	
					26K	802*/55-58-64	811*/49-52-58	790*/48-50-58				
					27K	816*/54-58-64	828*/48-51-58	820**41-50-54				
			03	24K	737*/45-54-59	750*/40-49-54	734**40-47-52	/	Optimization de poussée + flaps			
				26K	783*/48-57-63	797*/42-52-58	790**39-47-53					
				27K	799*/47-58-64	811*/48-51-58	796*/48-50-56					
21	24K	753*/47-55-60	760**42-51-55	740**41-50-54	/	Optimisation de poussée + flaps						
	26K	798*/48-58-64	808*/41-52-58	790**38-48-54								
	27K	813*/46-58-64	824*/48-51-58	800**41-50-54								

➤ **Analyse des résultats :**

Pour chaque aéroport et chaque piste, nous avons déterminé la configuration la plus optimale (Poussée, Volet), qui soit nous fournira une OTOW MTOW (Structurale) avec une poussée réduite ou à la limite nous permettra d'augmenter la charge offerte d'une valeur allant de 1000 Kg, jusqu'à à 4000 Kg dans certain cas. Quant aux QFU non optimisé, nous avons passé à la technique de centrage arrière.

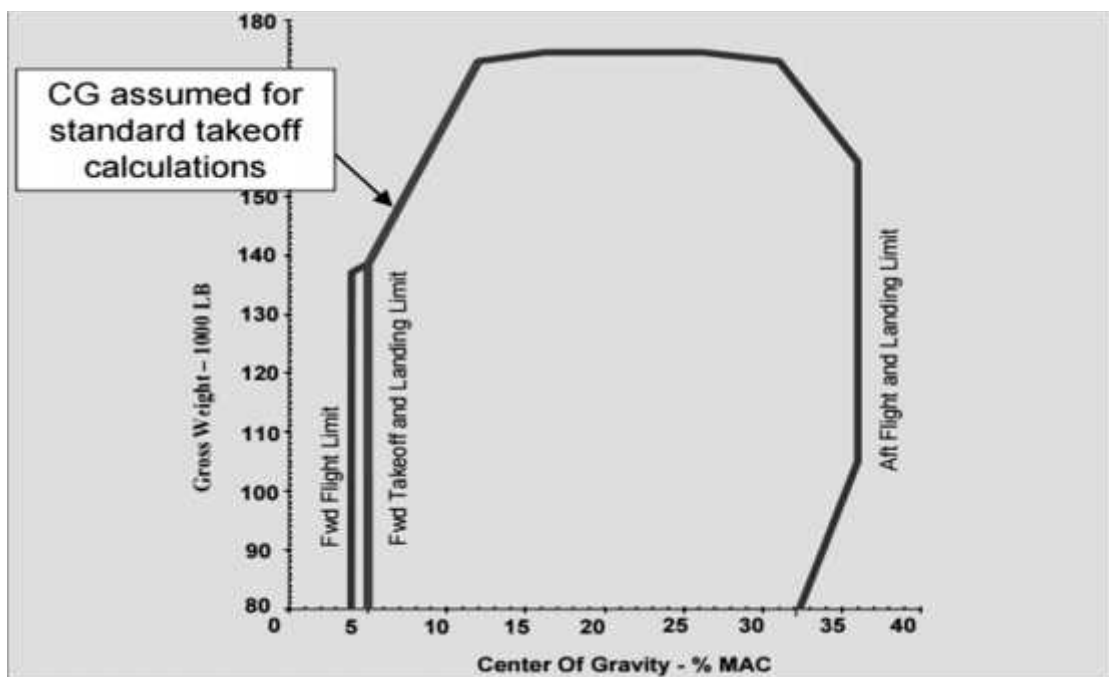
**III.2.3. La limite avant alternative du centre de gravité (Alternate forward CG limit)**

L'utilisation de la limite avant alternative du centre de gravité peut potentiellement:

- Augmenter la masse admissible au décollage si elle est limitée par :
  - Longueur de piste
  - Montée
  - Obstacle
  - Vitesse des pneus
  - Energie des freins.
- Permet un plus d'utilisation de poussée réduite :
  - Augmenter la fiabilité du moteur.
  - Réduire les couts de maintenance du moteur. [16]

- **Définition de la limite avant alternative de centre de gravité :**

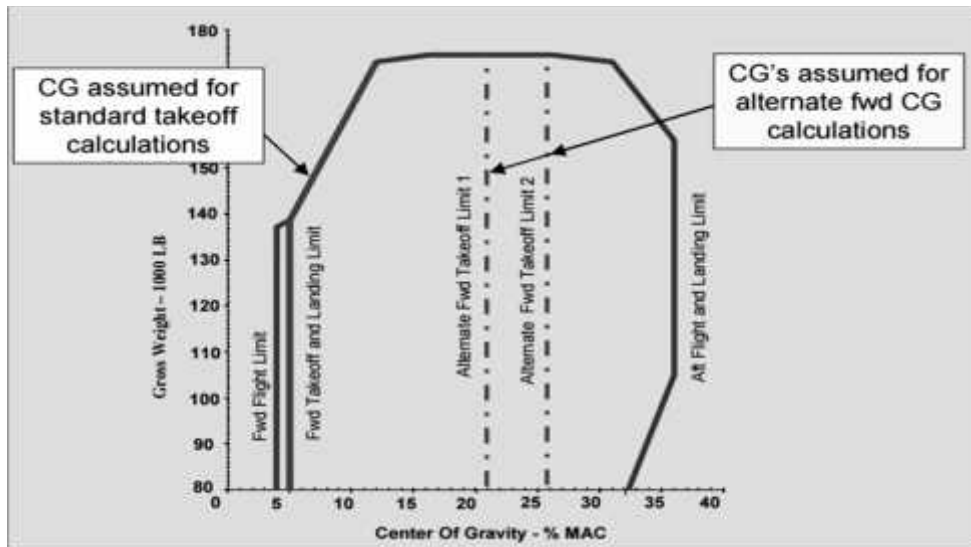
Les calculs de décollage standard sont basés sur une hypothèse que le CG de décollage est à la limite avant. (Figure III.5).



**Figure III.6-** Limite avant présumée du CG au décollage et atterrissage. [16]



Une limite avant alternée du centre de gravité signifie que les calculs des performances de décollage sont basées sur un CG plus à l'arrière de la limite avant (figure III.6). L'amélioration possible des performances calculées est obtenue grâce à une réduction des vitesses de décollage combiné à une diminution de la traînée.

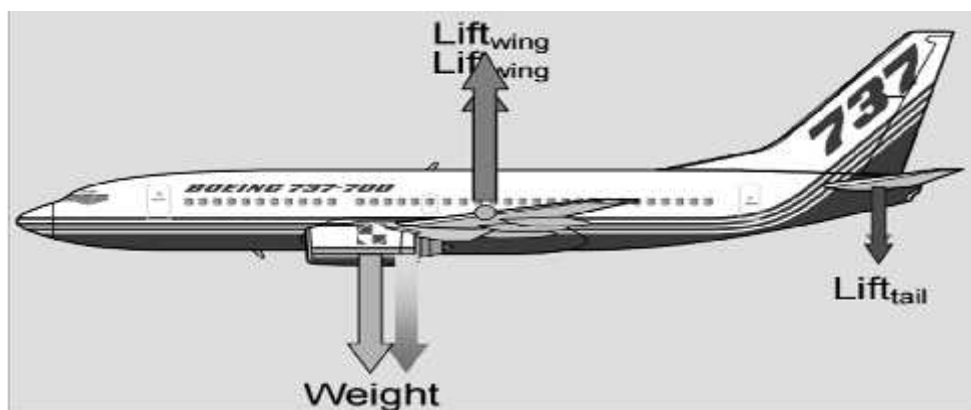


**Figure III.7-** Limites avant alternative de CG. [16]

Généralement, cette méthode d'optimisation est applicable pour les cas où il y'a une limitation piste. Pour la stabilité d'un aéronef en vol la portance totale est égale à la portance des ailes, plus la charge de la queue qui est orientée vers le bas (négative).

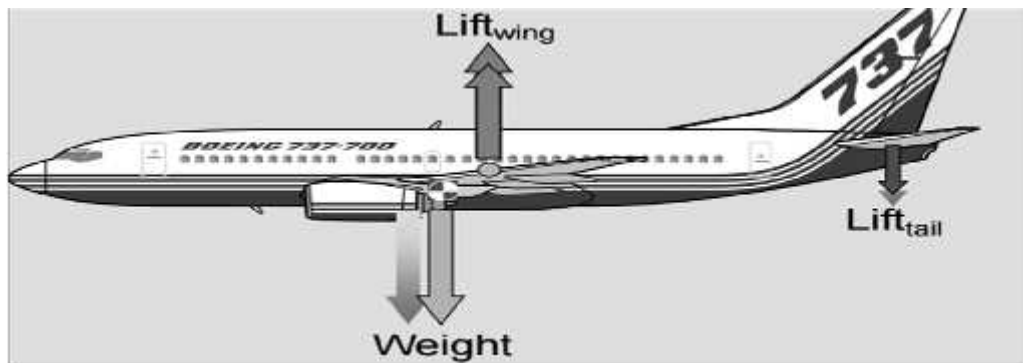
$$\text{Portance totale} = \text{poids} = \text{portance des ailes} + \text{portance de la queue.}$$

Le déplacement du centre de gravité de l'avion vers l'avant nécessitera une augmentation dans la force descendante du stabilisateur horizontal pour équilibrer l'avion (pour compenser le moment piqueur produit par la force portante au niveau des ailes) ... et une augmentation correspondante de la portance d'aile pour maintenir la même portance totale de l'avion comme le montre la figure ci-dessous.



**Figure III.8-** Forces appliquées sur la cellule avec un CG en avant. [16]

En revanche, le déplacement du centre de gravité vers l'arrière nécessitera une diminution de la force orientée vers le bas du stabilisateur horizontale pour équilibrer l'avion (pour compenser le moment piqueur produit par la force de portance au niveau des ailes) ... et une diminution correspondante de la portance d'aile pour maintenir la même portance totale de l'appareil.



**Figure III.9-** Forces appliquées sur la cellule avec un CG en arrière [16]

Si une faible portance de l'aile est nécessaire pour maintenir la même portance totale de l'avion pour un CG situé à l'arrière :

- A un angle d'attaque constante, la portance totale requise de l'avion peut être produite à une vitesse faible.
- À une vitesse constante, la portance de l'avion totale requise peut être produite à un angle d'attaque moindre.

La réduction de la vitesse entraîne une longueur de piste requise plus courte pour une masse donnée, ou une masse admissible plus importante pour une longueur de piste donnée.

Par exemple, sur une piste de 2400 m, avec un centre de gravité X situé vers la limite avant la masse qu'on peut décoller avec, et une vitesse Y ; sachant qu'on utilise toute la totalité de la piste au roulage, d'autre part, avec un CG vers la limite alternative le TOR sera < 2400m avec  $Y' < Y$ , ce qui nous permet d'augmenter la masse de décollage ( $X' > X$ ).

	Takeoff Weight Benefit* - kg		
	Fwd Limit 6%MAC	Alternate Limit 15%MAC	Δ Weight
Field Length Limited	63657	64309	652
Climb Limit	76081	76100	19
Brake Energy	not limiting	not limiting	n/a
Tire Speed	not limiting	not limiting	n/a

**Figure III.10** – Exemple sur le gain de masse acquis par la méthode de la limite alternée de CG au décollage [12]

➤ **Méthodologie de travail :**

Afin de déterminer des nouvelles limites avant le centrage, nous débutons par une analyse statistique de chargement des vols exploités par Tassili Airlines voir (tableau III.1) sur l'ensemble de son réseau national et international pour une période d'une année, et cela pour prendre la majorité des cas. Par ailleurs, les résultats montrent que nous pouvons déterminer trois nouvelles limites avant, qui pourront être étudiées dans l'analyse des performances au décollage MAC 21%, MAC 23% et MAC 25 %, qui peuvent être utilisées à la fois selon le chargement de jour.

N° de vol	immatriculation	Départ	Arrivée	Délestage KG	Nombre de passagers	Centrage décollage %
SF1124	7TVCB	ALGER	HME	9850	103	23.9
SF 1802	7TVCA	ALGER	HME	8350	147	25.2
SF 1322	7TVCA	ALGER	CLZ	10350	0	25
SF 1320	7TVCC	ALGER	TAM	9850	103	22.5
SF 1902	7TVCC	ALGER	HME	7850	155	25.2
SF 1326	7TVCD	ALGER	IAM	11350	33	20.6
SF 1320	7TVCD	ALGER	IAM	9850	141	23.3
SF 1132	7TVCB	ALGER	AAE	10850	0	23.9
SF 1912	7TVCC	ALGER	ORN	9850	2	24.4
SF 1914	7TVCD	ALGER	CLZ	10850	0	23.4
SF 1320	7TVCD	ALGER	IAM	11850	130	22.3
SF 7000	7TVCA	ALGER	KWT	20350	70	18
SF 1803	7TVCD	HME	ALGER	8859	122	23.5
SF 1520	7TVCB	ALGER	HRM	8850	75	25.5
SF 2220	7TVCD	ALGER	ORN	11350	35	19.2
SF 2111	7TVCB	CLZ	ALGER	6000	12	23.4
SF 1802	7TVCD	ALGER	HME	9850	101	24
SF3018	7TVCB	1LGER	SXB	14350	41	19
SF 1902	7TVCD	ALGER	HME	7850	150	26
SF 1200	7TVCB	CLZ	ALGER	8500	7	25
SF 1133	7TVCC	HME	AAE	9850	100	22.9
SF 2110	7TVCB	ALGER	CLZ	9850	17	22
SF 1325	7TVCC	IAM	ORN	10800	79	21
SF 1320	7TVCA	ALG	IAM	5850	98	22
SF 1803	7TVCC	HME	ALG	7850	132	23.6
SF 1321	7TVCC	TAM	ALG	8300	98	24.6

SF 1802	7TVCC	ALG	HME	7850	94	22
SF1520	7TVC	ALG	HMR	7850	33	22.4
SF1802	7TVCC	ALG	HME	7850	106	20.5
SF1320	7TVCC	ALG	IAM	10150	118	20.5
SF1326	7TVCB	ALG	IAM	9850	44	22.55
SF1520	7TVCA	ALG	HRM	8850	61	24.4
SF1120	7TVCA	ALG	HME	8050	93	24.2
SF1320	7TVCC	ALG	TAM	10850	121	21.6
SF1120	7TVCA	ALG	HME	7850	88	22
SF1320	7TVCC	ALG	IAM	9850	97	25.4
SF1320	7TVCC	ALG	TAM	9850	100	23
SF1122	7TVCC	ALG	HME	7850	102	23
SF1802	7TVCA	ALG	HME	7850	83	23
SF1124	7TVCA	ALG	HME	10850	104	21.2
SF 1902	7TVCC	ALGER	HME	7850	155	25.2
SF 1325	7TVCC	IAM	ORN	10800	70	22
SF 1133	7TVCC	HME	AAE	9850	110	23
SF 2110	7TVCB	ALGER	CLZ	9850	60	23

<b>MOYENNE</b>	
=	22.9397727

<b>MIN % =</b>	18
<b>MAX % =</b>	26.2

**Tableau III.10** : Analyse statistique de chargements des vols.

Les tableaux suivants illustrent les résultats de travail

**Tableau III.11 : Résultats d'optimisation par la limite avant alternative de CG (DABB, DAUB, DAUZ, DAFH).**

Aéroport	Temp ref (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	Flaps	MTOW MAC 21%	MTOW MAC23%	MTOW MAC25%
DABB	31	0	Sèche	05	27K	15°	796.5F/41-43-50	800F/40-43-50	800F/41-42-49
				23	27K	15°	797F/41-43-50	800F/40-43-50	800F/4-42-49
			mouillée	05	27K	15°	790.5F/33-43-49	792F/43-44-50	793F/32-42-49
				23	27K	15°	790.5F/33-43-49	792F/43-44-50	793F/33-42-49
DAUB	36	0	mouillée	31	26K	5°	817.5F/48-50-59	790**45-53-57	790**45-53-57
DAUZ	38	0	sèche	14	27K	15°	703F/35-35-41	704F/35-35-41	706F/34-35-41
				32	27K	15°	694**/36-37-43	694**/36-37-43	695**/36-37-43
			mouillée	14	27K	5°	672F/28-38-45	674F/28-38-44	697F/26-34-40
				32	27K	5°	676F/28-38-45	677F/28-38-45	691**/26-36-41
DAFH	35	0	sèche	08	27K	5°	773**50-53-57	773**50-53-57	774**50-53-57
				26	27K	5°	771**50-52-56	771**50-52-56	772**50-52-56
			mouillée	08	27K	5°	764.5**41-51-56	765**41-51-56	765.5**41-51-56
				26	27K	5°	763.5**41-50-54	763.5**41-50-54	764.5**41-50-54

**Tableau III.12 : Résultats d'optimisation par la limite avant alternative de CG (LFML, LFST).**

Aéroport	Temp ref (°C)	Vent (KT)	Etat de piste	Piste	poussée	flaps	MTOW MAC 21%	MTOW MAC23%	MTOW MAC25%
LFML	31	0	sèche	13L	27K	1°	785.5**62-67-73	786**62-67-73	786**63-68-74
				13R	27K	1°	742**49-51-59	742**49-51-59	743**49-51-58
				31L	27K	5°	790F/46-50-56	792F/45-49-56	794**45-49-56
			mouillée	13L	27K	1°	783.5**57-69-74	783.5**57-68-74	783.5**56-68-73
				13R	27K	1°	737.5F/40-50-57	739*/40-50-57	739*/39-49-58
				31L	27K	5°	785.5F/37-50-56	788.5F/37-49-53	790F37-49-56
LFST	24.5	0	mouillée	05	27K	5°	786F/38-49-56	789F/38-49-56	790F/38-49-56
				23	27K	5°	782F/38-49-56	784F/39-49-56	787F/38-48-55

**Tableau récapitulatif III.13- Optimisation de poussée, volets et centrage (DABB).**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	MTOW (MAC 21%)	Gain de masse (kg)	Observation
DABB	31	0	sèche	5	24K	687F/47-48-54	709 F/43-44-49	720**42-43-48		5600	Optimisation de la limite avant de CG
					26K	720F/48-51-58	747 F/44-47-54	777*/42-44-50			
					27K	740F/49-52-60	762 F/45-48-56	796F/42-44-51			
				23	24K	685F/47-48-54	706 F/43-44-49	719**42-43-48		5400	Optimisation de la limite avant de CG
					26K	721F/48-51-58	747 F/45-47-57	776F/42-44-50			
					27K	738F/49-52-60	763 F/45-48-55	793F/42-44-51			
				1	24K	784F/57-59-63	782**/56-59-63	743**50-52-56		/	Optimisation poussée&flaps
					26K	824F/55-58-64	846 F/44-47-54	790**46-48-54			
					27K	844F/54-58-64	862 F/48-51-58	862F/42-44-51			
				19	24K	780**57-59-62	776**/56-59-63	734**49-51-55		/	Optimisation poussée&flaps
					26K	821F/56-58-64	816*/49-52-57	790**48-50-56			
					27K	841F/54-58-64	850*/48-51-58	803*/42-44-51			
			Mouillée	5	24K	682F/38-47-54	704F/35-44-50	714**33-41-47		5715	Optimisation de la limite avant de CG
					26K	717F/39-50-58	740F/36-46-53	771F/34-43-50			
					27K	733F/40-51-59	756F/37-48-56	789F/34-44-51	793F/32-42-49		
				23	24K	680F/38-47-53	704F/35-44-50	713**33-41-46		5915	Optimisation de la limite avant de CG
					26K	715F/39-50-57	740F/36-46-53	768F/34-43-49			
					27K	731F/40-51-59	757F/37-48-56	786F/34-44-51	793F/32-42-49		
				1	24K	777F/50-58-62	774**/48-57-61	740**43-51-55		/	Optimisation poussée&flaps
					26K	819F/48-58-64	846F/42-52-57	790**39-49-54			
					27K	838F/46-58-64	861F/40-51-58	862F/34-44-51			
				19	24K	774F/50-58-62	769**/49-57-61	732**42-50-55		/	Optimisation poussée&flaps
					26K	816F/48-58-64	813F/42-52-58	790**42-51-56			
					27K	835F/47-58-64	847*/41-51-58	801*/35-44-51			

**Tableau récapitulatif III.14- Optimisation de poussée, volets et centrage (DAUB).**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	MTOW (MAC 21%)	Gain de masse (kg)	Observation		
DAUB	36	0	Sèche	13	24K	740**54-55-59	741**/53-56-60	699**46-48-52		/	Optimisation poussée		
					26K	785F/56-59-63	790**/51-45-49	773**52-55-59					
					27K	804F/55-59-64	814*/49-52-57	790**48-51-56					
				31	24K	727F/53-53-57	735**/52-53-57	706**49-49-53				/	Optimisation poussée
					26K	770F/55-57-62	790**/52-53-58	778**53-55-59					
					27K	790F/56-59-64	818 F/50-52-57	790**48-49-55					
			Mouillée	13	24K	736*/46-54-58	733**/45-54-58	696**39-48-52	/	Optimisation poussée			
					26K	778F/48-58-62	790**/45-55-60	770**45-55-59					
					27K	795F/48-59-64	811*/41-52-57	790**41-52-57					
				31	24K	721F/46-53-57	729**/44-51-57	703**42-49-52			200	optimisation de poussée&la limite avant de CG	
					26K	762F/48-56-61	788**/45-53-57	769**45-52-57					817.5F/48-50-59
					27K	780F/48-57-63	809F/43-52-57	790**42-50-55					



**Tableau récapitulatif III.15- Optimisation de poussée, volets et centrage (DAUZ).**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	MTOW (MAC 21%)	MTOW (MAC23%)	MTOW (MAC25%)	Gain de masse (Kg)	Observation		
DAUZ	38	0	Sèche	14	24K	597F/38-39-44	625 F/36-36-41	628**35-35-39				5700	Optimisation de la limite avant de CG		
					26K	634F/41-42-49	665 F/38-40-46	683F/35-36-41							
					27K	649F/42-43-51	678 F/39-41-48	697F/36-37-43	703F/35-35-41	704F/35-35-41	706F/34-35-41				
				32	24K	598F/38-39-44	626F/36-36-41	623**26-33-38			4500	Optimisation de la limite avant de CG			
					26K	635F/41-42-49	666F/38-40-46	670**36-38-43							
					27K	650F/42-44-51	681F/39-41-48	691**36-38-44	694**36-37-43	694**36-37-43				695**36-37-43	
				5	24K	690**51-51-54	689**/50-52-55	647**42-43-47			/			/	
					26K	737F/53-54-58	760**/52-54-58	723**49-51-55							
					27K	754F/54-56-60	783**/52-54-58	752**51-53-57							
				23	24K	695**53-53-56	668*/41-41-45	647**42-43-47			/				/
					26K	741F/53-55-59	761**/52-54-58	722**49-51-55							
					27K	759F/54-56-60	783**/52-54-59	751**51-53-57							
			mouillée	14	24K	595F/30-38-44	614F/27-35-40	623**26-33-38			5800		Optimisation de la limite avant de CG		
					26K	628F/31-41-48	649F/28-38-44	674F/26-35-41							
					27K	639F/32-42-50	661F/29-39-46	687F/27-36-42	672F/28-38-45	674F/28-38-44					
				32	24K	595F/30-38-44	617F/27-35-40	611**27-35-39			5100	Optimisation de la limite avant de CG			
					26K	629F/31-41-48	652F/29-38-45	667**27-36-42							
					27K	640F/32-42-50	665F/29-39-45	687*/27-36-42	676F/28-38-45	677F/28-38-45					
				5	24K	685**43-50-53	682**/42-50-53	645**35-43-46			/			/	
					26K	729F/45-53-58	741**/42-51-55	720**42-50-54							
					27K	744F/45-55-59	763**/43-52-56	745**43-52-56							
				23	24K	686**43-50-54	682**/42-50-53	644**35-43-46			/				/
					26K	731F/45-54-58	741**/42-51-56	719**42-50-54							
					27K	746F/45-55-59	764**/43-52-56	746**43-52-56							

**Tableau récapitulatif III.16- Optimisation de poussée, volets et centrage (DAFH, LFST).**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussée	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	MTOW (MAC 21%)	MTOW (MAC23%)	MTOW (MAC25%)	Gain de masse (Kg)	Observation	
DAFH	35	0	Sèche	08	24K	687**50-51-54	687**50-52-55	644**41-42-46				400	Optimisation n'est pas encore atteinte	
					26K	737F/52-54-58	749**51-53-57	726**48-50-54						
					27K	753F/53-55-59	770**51-53-58	750**50-53-57	773**50-53-57	773**50-53-57	774**50-53-57			
				26	24K	684.5F/49-49-52	686**49-50-54	647**42-43-46			400			Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	730F/52-53-57	746**50-51-56	725**49-50-54						
					27K	745F/53-54-59	768**50-52-56	752**51-52-57	771**50-52-56	771**50-52-56				
			mouillée	08	24K	682**42-50-53	679**41-49-53	638**41-49-51			350	Optimisation n'est pas encore atteinte		
					26K	727F/43-53-57	740**41-51-55	718**40-49-54						
					27K	741F/44-54-58	762**42-51-56	743**41-51-55	764.5**41-51-56	765**41-51-56			765.5**41-51-56	
				26	24K	679F/42-48-52	678**41-48-52	672**42-48-58					350	Optimisation n'est pas encore atteinte
					26K	731F/44-52-56	739**41-50-54	719**41-49-53						
					27K	741F/44-53-58	761**42-50-55	742**41-49-54	763.5**41-50-54	763.5**41-50-54				
LFST	35	0	Sèche	08	24K	726*/46-48-52	751*/47-49-54	739**49-50-55				/	Optimisation pousse&flaps	
					26K	772*/53-56-62	795*/49-52-58	790**47-49-55						
					27K	788*/54-58-64	806*/48-51-58	799**47-50-55						
				26	24K	720*/46-48-52	745*/47-48-53	732**46-47-52			/			Optimisation poussée&flaps
					26K	765F/53-56-62	794F/49-52-58	789**46-48-54						
					27K	780F/54-57-63	810F/48-51-58	790**47-49-55						
			mouillée	08	24K	697F/40-49-55	725F/37-46-51	722**36-44-49			/	Optimisation de la limite avant du CG et de flaps 15° → 5°		
					26K	732F/41-52-59	762F/38-49-55	778**36-46-52						
					27K	747F/41-53-61	778F/39-50-57	800*/35-45-51	786F/38-49-56	789F/37-49-53			790F/39-37-43	
				26	24K	693F/40-49-54	720F/37-46-51	720**36-43-48					/	Optimisation de la limite avant du CG et de flaps 15° → 5°
					26K	728F/41-51-58	757F/38-48-55	776**36-44-51						
					27K	743F/42-53-60	773F/39-49-56	797F/35-45-51	782F/38-49-56	784F/-39-49-56				

**Tableau récapitulatif III.17 : Optimisation de poussée, volets et centrage (LFML).**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Poussé	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 1°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 5°)	MTOW/V1-VR-V2 (Flaps 15°)	MTOW (MAC 21%)	MTOW (MAC23%)	MTOW (MAC25%)	Gain de masse (Kg)	Observation
LFML	38	0	sèche	14	24K	683*/48-49-55	669*/40-41-48	617*/30-30-38				1300	Optimisation de la limite avant de CG
					26K	745*/52-54-61	731*/45-47-54	674*/34-36-45					
					27K	773*/54-57-64	760*/47-49-57	701*/36-38-47	785.5**62-67-73	786**62-67-73	786**63-68-74		
				32	24K	655*/44-45-52	644*/37-38-45	598*/28-28-37			1300	Optimisation de la limite avant de CG	
					26K	713*/49-51-58	702*/42-44-52	652*/32-33-43					
					27K	730F/50-52-60	729*/44-46-54	677*/34-36-45	742**49-51-59	742**49-51-59			743**49-51-58
				5	24K	698F/48-50-56	726F/45-48-53	671*/35-37-43			1400	Optimisation de la limite avant de CG	
					26K	731F/49-53-60	761F/47-50-57	739*/40-43-50					
					27K	746F/50-54-62	776F/47-51-58	771*/43-46-53	790F/46-50-56	792F/45-49-56			793F45-49-56
				23	24K	773*/57-59-63	744*/48-50-54	673*/36-37-44			/	Pas besoin d'optimisation	
					26K	843*/56-60-65	817*/50-53-59	741*/41-43-50					
					27K	850B/55-59-65	851*/49-53-59	773*/43-46-53					
			mouillée	14	24K	681*/40-48-54	668*/33-41-48	616*/23-30-38			2550	Optimisation de la limite avant d'CG	
					26K	742*/45-54-61	729*/37-47-54	673*/27-36-45					
					27K	771*/47-57-64	758*/39-49-57	700*/29-38-47	783.5F**57-69-74	783.5**57-68-74			783.5**56-68-79
				32	24K	652*/37-45-52	642*/30-38-45	597*/20-28-36			1200	Optimisation de la limite avant de CG	
					26K	698F/40-49-57	700*/34-43-51	650*/25-33-43					
					27K	714F/40-50-59	727*/36-46-54	676*/26-35-45	737.5F/40-50-57	739*/40-50-57			739*/39-49-58
				5	24K	681F/38-48-54	710F/35-46-51	669*/27-37-43			1950	Optimisation de la limite avant de CG	
					26K	715F/39-51-58	746F/37-48-55	737*/32-43-50					
					27K	730F/39-52-60	762F/37-50-57	769*/34-45-53	785.5F/37-50-56	788.5F/37-49-56			695**/36-37-43
				23	24K	771*/49-59-62	742*/40-49-54	671*/28-37-43			/	Pas besoin d'optimisation	
					26K	833*/48-60-65	814*/42-53-59	739*/33-43-50					
					27K	847*/47-59-65	848*/41-53-59	771*/35-46-53					

### Analyse des résultats :

L'analyse des données exprime qu'une limite de CG alternative de 25 %, constitue le meilleur choix pour une nouvelle valeur de limite avant de CG, cette valeur peut être exploitée par la compagnie Tassili Airlines, car elle permet d'atteindre un gain de la charge offerte et OTOW de l'ordre de 5000 Kg dans certain cas. Néanmoins, pour appliquer cette méthode, Tassili Airlines doit contacter le constructeur afin de générer de nouvelles données des performances et amendé ces manuels comme l'AFM, le Manuel de centrage (Weight and Balance), la feuille de centrage, le QRH et la base de données Performance FMC.

Il existe d'autre méthodes d'optimisation qui ne sont pas liées à la configuration de l'avion, mais plus, aux options et à la configuration du logiciel de calcul des performances BPS, qui sont liés directement aux caractères physiques de l'avion et plus précisément les dimensions, à savoir les options de choix de V1.

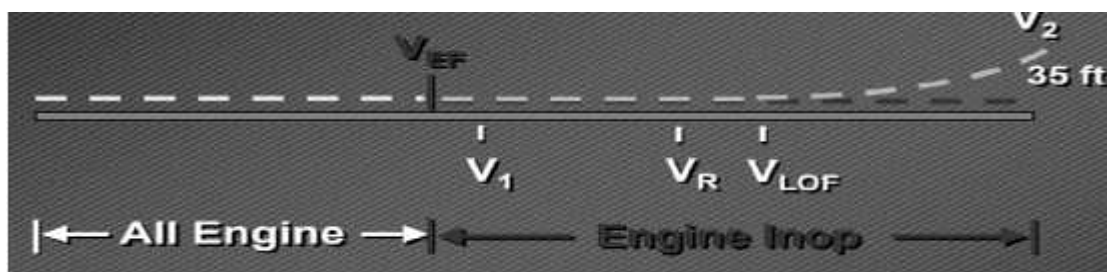
#### **III.2.4. Les options de V1**

##### **a- Définition de V1**

La vitesse à laquelle le pilote décide de poursuivre ou interrompre son décollage si une panne du moteur est survenue.

V1- une vitesse sélectionnée pour chaque décollage, basée sur des données de performance approuvées et des conditions spécifiées. Elle représente:

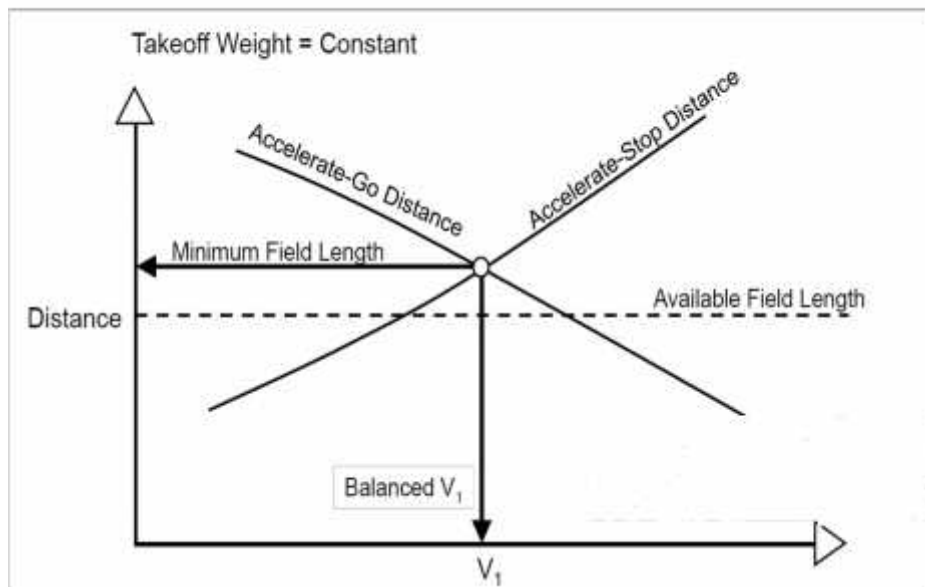
- Vitesse maximale par lequel un décollage interrompu doit être lancé pour s'assurer qu'un arrêt sécurisé peut être complété dans la piste restante ou piste plus stopway.
- Vitesse minimale qui assure qu'un décollage peut être complété en toute sécurité dans la piste restante, ou la piste plus clearway, après l'échec du moteur le plus critique à une vitesse désignée.
- La seule vitesse qui permet un arrêt réussi ou un décollage continu sur une distance minimale admissible de piste, pour une masse donnée <sup>[17]</sup>



**Figure III.11-** vitesses associées au décollage [17]

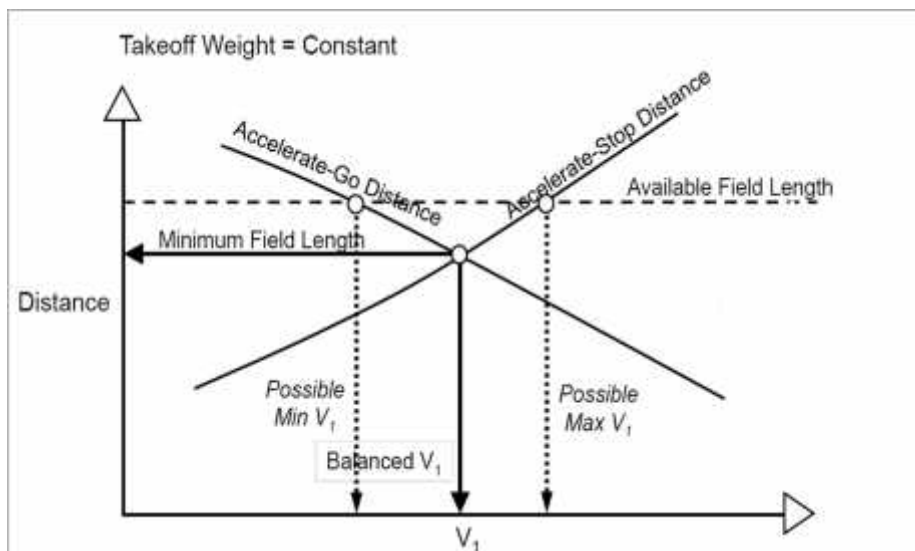
La  $V_1$  est sélectionnée pour assurer :

- L'arrêt sur la distance disponible.
- Le décollage avec un moteur en panne (N-1).
- Supérieure ou égale à VMCG.
- Inférieure ou égale à VR.
- Inférieure ou égale à VMBE. [17]



**Figure III.12-** La vitesse  $V_1$  équilibrée [13]

Si la distance minimale est supérieure à la distance disponible, la réduction de la masse est obligatoire, jusqu'à que la distance requise est égale la distance disponible.



**Figure III.13-** La plage de la vitesse  $V_1$  [13]

---

Si la distance disponible est supérieure à la distance requise, la V1 ne sera pas une seule valeur, mais une plage de V1 qui sera disponible.

- Min V1 va créer TOD= distance disponible mais la distance d'accélération arrêt sera très limitative.
- Max V1 va créer ASD= distance disponible et pour la distance de décollage ça sera très limitative. [17]

➤ **Les options de V1 sur le BPS**

• **Balanced plus :**

- V1 basée sur une longueur de piste équilibrée.
- Inclure des distances d'alignement égales (plus longues des deux), sauf si le swy et cwy disponibles sont pas égaux.
- Inclure l'égalité de cwy et swy utilisée, sauf si Les distances d'alignement disponibles sont égales.
- Déséquilibre pour répondre aux exigences V1MCG et VR
- Réduire le poids (pas de déséquilibre) pour respecter le franchissement des obstacles, l'exigence de hauteur minimale et la limite d'énergie de freinage.
- Compatible avec les vitesses de décollage FMC et FCOM, s'il y'a pas de montée améliorée ou une limite avant alternée de CG.

• **Balanced only :**

La même chose que balanced plus, sauf que le cwy et swy sont exclus.

• **Optimum :**

- V1 pour obtenir le poids maximal le plus élevé possible
- Déséquilibre pour le CWY et SWY.
- Déséquilibre pour des distances d'alignement inégales
- Déséquilibre pour répondre aux exigences V1MCG et VR
- Déséquilibre pour respecter le franchissement des obstacles, l'exigence d'hauteur minimale de vol et la limite d'énergie de freinage.
- Le V1 optimale sera affiché dans la sortie (pas de plage de V1 calculé). [13]

Après avoir effectuée une l'optimisation avec les trois méthodes précédentes, il nous reste que cette dernière avec la V1 option, les tableaux suivants nous montrent quelle option de V1 (balanced plus, balanced only, optimum), nous permet d'obtenir la masse la plus élevée (<MMSD) pour les aéroports où la masse maxi structurale de décollage n'a pas été atteint.

---

➤ **Méthodologie de travail:**

En fonction des pistes (QFU), si elles sont dotées ou pas avec des prolongements dégagés et d'une surface pour l'accélération arrêt, nous avons variés les options de calcul de V1 et comparés les résultats.

Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

**Tableau III.18 : Résultats d'optimisation par V1 options (DABC, DAUH)**

Aéroport	Temp réf (°C)	Etat de piste	Piste	Poussé	Flaps	MTOW/V1-VR-V2 BALANCED PLUS	MTOW/V1-VR-V2 BALANCED ONLY	MTOW/V1-VR-V2 OPTIMUM	Gain de masse (kg)	observation
DABC	33.6	Sèche	14	27K	15°	739**/38-40-46	731**/40-43-48	734**/42-43-49		
			32	27k	15°	727**/40-40-46	719**/40-40-46	719**/40-40-46		
			16	27k	5°	788**/51-54-58	781**/51-54-58	782**/53-53-58		
			34	27k	1°	752**/56-59-64	744**/56-59-64	745**/56-59-64		
		Mouillée	14	27K	15°	737**/40-43-48	724**/30-41-47	725**/31-41-47		
			32	27K	15°	727**/40-40-46	711**/30-38-44	716*/32-39-45		
			16	27K	5°	783**/43-52-57	778**/43-52-56	777**/44-53-57		
			34	27K	5°	745**/45-56-61	740**/44-55-61	741**/46-54-59		
DAUH	41.8	Sèche	18	27K	5°	781 F/56-58-63	787**/54-56-60	788**56-56-60	100	Optimisation par V1options
			36	27K	5°	785 F/56-58-63	785**/53-55-59	785**/55-55-59		Pas d'optimisation
		Mouillée	18	27K	5°	780**/45-54-59	780**/45-54-59	783**/47-55-59	200	Optimisation par V1options
			36	27K	5°	779**/45-54-58	779**/45-54-58	782**/47-55-59	300	Optimisation par V1options



**Tableau III.19 : Résultats d'optimisation par V1 options (DAUT, DAUA).**

Aéroport	Temp réf (°C)	Etat de piste	Piste	Poussée	Flaps	MTOW/V1-VR-V2 BALANCED PLUS	MTOW/V1-VR-V2 BALANCED ONLY	MTOW/V1-VR-V2 OPTIMUM	Gain de masse (kg)	Observation
DAUT	45	Sèche	24	27K	5°	752**/52-54-58	753**/52-54-58	753**/54-54-58	1000	Optimisation par V1 options
			06	27K	5°	753**/52-54-58	752.5**/52-54-58	753**/54-54-58	1100	Pas d'optimisation
		Mouillée	24	27K	5°	746**/43-52-57	745.5**/43-52-56	748**/45-52-56	1550	Optimisation par V1 options
			06	27K	5°	746**/43-52-57	745.5**/43-52-56	748.5**/45-53-57	1400	Optimisation par V1 options
DAUA	40	Sèche	04	27K	5°	787**/53-55-60	787**/53-55-60	787**/55-55-60	1600	Pas d'optimisation
			22	27K	5°	787**/53-55-60	787**/53-56-60	788**/55-56-60	1600	Optimisation par V1 options
		Mouillé	04	27K	5°	779**/45-54-58	779**/45-54-58	782**/46-54-59	2100	
			22	27K	5°	780**/45-54-58	780**/45-54-58	782**/46-55-59	2000	

---

➤ **Analyse des résultats :**

L'option de V1 à utiliser varie en fonction de la piste et le QFU, néanmoins, les deux options Balanced Plus et Optimum constituent dans la majorité des cas les options les plus optimales pour le calcul des performances en prenant en considération les contraintes de chaque option.

Ce chapitre s'intéresse à l'étude de la phase d'atterrissage afin d'optimiser ses performances (masse d'atterrissage, configuration aéronaf et consommation carburant).

## VI.1. Méthode d'optimisation

### VI.1.1. Configuration des volets

L'extension des volets à l'atterrissage fournit plusieurs avantages :

- Produire une portance importante et permettre une vitesse d'atterrissage plus basse.
- Produire une traînée importante, permettant un angle de descente inclinée sans augmentation de vitesse air.
- Réduction de la distance du roulage à l'atterrissage. [18]

Si la masse d'un avion augmente, automatiquement sa distance d'atterrissage augmente. Si cette distance devient trop grande, les pistes pourraient devenir trop courtes pour un avion d'une masse maximale. Dans ce cas, il faut conjecturer la masse maxi d'atterrissage avec la distance présente, en utilisant l'extension des volets.

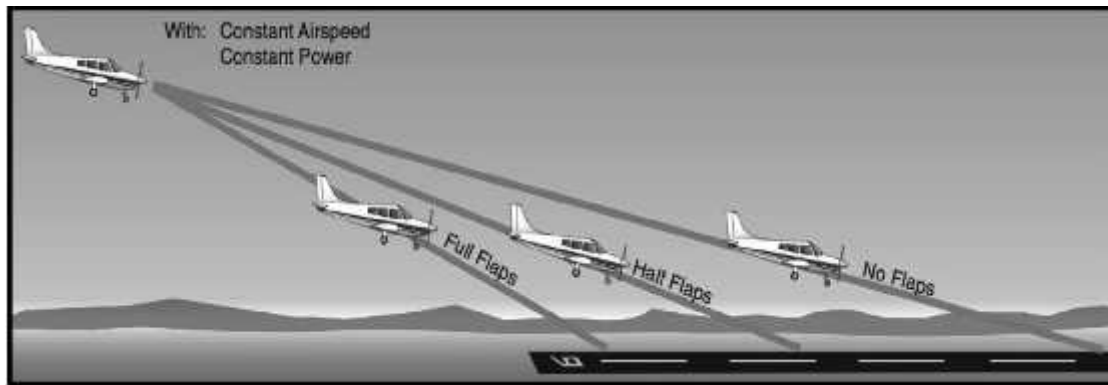


Figure IV.1- Effet des volets sur le point d'atterrissage [18]

Le point de touché de roue à l'atterrissage se translate en fonction de braquage de volets, un braquage fort permet à l'avion de gagner plus de distance pour l'atterrissage (pas de limitation piste) mais aussi une surconsommation de carburant, avec un braquage faible la piste d'atterrissage sera réduite (si on n'a pas une piste largement suffisante nous ne pouvons pas amorcer cette configuration).

L'objectif de cette méthode c'est d'atterrir avec une faible extension des volets pour une masse maximale égale ou proche de (65t).

### VI.1.2. La limite avant alternée du CG

De manière similaire aux décollages, lors de la détermination des performances d'atterrissage de l'avion (LW, LD) le calcul est toujours effectué à la position de CG la plus certifiée par l'avant. Par conséquent, pour les avions ayant une position CG naturellement arrière (avion lourd de queue), les opérations quotidiennes pourraient être pénalisées en

utilisant cette valeur très avancée. Pour cela, plus le centre de gravité est en arrière, plus la distance d'atterrissage est petite (plus la masse d'atterrissage est importante) [16].

Les augmentations de masse d'atterrissage peuvent souvent être obtenues (en raison des mêmes effets qui produisent des augmentations de masse au décollage).

	Landing Weight Benefit ~ kg		
	Fwd Limit 6%MAC	Alternate Limit 15%MAC	Δ Weight
<b>Field Length Limited</b>	<b>60981</b>	<b>61845</b>	<b>864</b>
Approach Climb	81643	81689	46
Landing Climb	81992	82053	61
Brake Energy	not limiting	not limiting	n/a
Tire Speed	not limiting	not limiting	n/a

**Figure IV.2-** Exemple sur le gain de masse acquis par la méthode de la limite alternée de CG à l'atterrissage. [16]

Dans notre étude, nous avons pu vérifier que la masse maximale à l'atterrissage est supérieure ou au moins égale à MLW sur l'ensemble de réseau de TAL.

### **VI.2- Calcul des performances**

En utilisant le module Landing de BPS, nous avons générer les performances d'atterrissage en variant la configuration des vols approche/Atterrissage (1/15,15/30 et 15/40). Le braquage des volets le plus faible qui nous permet d'atteindre la masse maxi d'atterrissage (65317 Kg) est le braquage le plus optimal.

Tableau IV.1 : Performances d'atterrissage aéroport DAAG

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (kt)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
DAAG	30.6°	0	DRY	05	1/15	83150B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
				27	1/15	82950B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
				09	1/15	83150B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
				23	1/15	82950B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
			WET	5	1/15	83150B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
				27	1/15	82950B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
				9	1/15	83150B
					15/30	80250A
					15/40	80250A
				23	1/15	82950B
					15/30	80250A
					15/40	80250A

**Tableau IV.2 : Performances d'atterrissage aéroport DABB.**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
<b>DABB</b>	31°	0	DRY	01	1/15	83050B
					15/30	80450A
					15/40	80450A
				05	1/15	79000B
					15/30	80450A
					15/40	80450A
				19	1/15	83250B
					15/30	80450A
					15/40	80450A
				23	1/15	79000B
					15/30	80450A
					15/40	80450A
			WET	01	1/15	83000B
					15/30	80450A
					15/40	80450A
				05	1/15	70300F
					15/30	75600F
					15/40	80450A
				19	1/15	83250B
					15/30	80450A
					15/40	80450A
				23	1/15	70300F
					15/30	75600F
					15/40	80450A

Tableau IV.3 : Performances d'atterrissage aéroport DABC.

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
<b>DABC</b>	33.6°	0	<b>DRY</b>	14	1/15	78300B
					15/30	72400A
					15/40	72400A
				16	1/15	79000B
					15/30	72400A
					15/40	72400A
				32	1/15	78900F
					15/30	72400A
					15/40	72400A
				34	1/15	78900B
					15/30	72400A
					15/40	72400A
			<b>WET</b>	14	1/15	69700F
					15/30	72400A
					15/40	72400A
				16	1/15	79000B
					15/30	72400A
					15/40	72400A
				32	1/15	69700F
					15/30	72400A
					15/40	72400A
				34	1/15	78900B
					15/30	72400A
					15/40	72400A

Tableau IV.4 : Performances d'atterrissage aéroports DAUH, DAUB.

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
DAUH	41.8°	0	DRY	18	1/15	80800B
					15/30	71900A
					15/40	71900A
				36	1/15	80700B
					15/30	71900A
					15/40	71900A
			WET	18	1/15	80800B
					15/30	71900A
					15/40	71900A
				36	1/15	80700B
					15/30	79100A
					15/40	71900A
DAUB	36°	0	DRY	13	1/15	81400B
					15/30	76300A
					15/40	76300A
				31	1/15	82400B
					15/30	76300A
					15/40	76300A
			WET	13	1/15	81400B
					15/30	76300A
					15/40	76300A
				31	1/15	82400B
					15/30	76300A
					15/40	76300A



Tableau IV.5 : Performances d'atterrissage aéroports DAUA, DAUT.

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
DAUA	40°	0	DRY	04	1/15	80400B
					15/30	72000A
					15/40	72000A
				22	1/15	80300B
					15/30	72000A
					15/40	72000A
			WET	04	1/15	80400B
					15/30	72000A
					15/40	72000A
				22	1/15	80300B
					15/30	72000A
					15/40	72000A
DAUT	45°	0	DRY	06	1/15	79350B
					15/30	68700A
					15/40	68700A
				24	1/15	79450B
					15/30	68700A
					15/40	68700A
			WET	06	1/15	79350B
					15/30	68700A
					15/40	68700A
				24	1/15	79450B
					15/30	68700A
					15/40	68700A

Tableau IV.6 : Performances d'atterrissage aéroport DAOF.

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
<b>DAOF</b>	35°	0	<b>DRY</b>	08 L	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
				08 R	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
				26 L	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
				26 R	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
			<b>WET</b>	08 L	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
				08 R	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
				26 L	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A
				26 R	1/15	80150B
					15/30	74000A
					15/40	74000A

**Tableau IV.7 : Performances d'atterrissage aéroports DAUZ.**

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)	
<b>DAUZ</b>	38°	0	<b>DRY</b>	05	1/15	79200B	
					15/30	71000A	
					15/40	71000A	
				14	1/15	74600F	
					15/30	71000A	
					15/40	71000A	
				23	1/15	79100B	
					15/30	71000A	
					15/40	71000A	
				32	1/15	74600F	
					15/30	71000A	
					15/40	71000A	
				<b>WET</b>	05	1/15	79200A
						15/30	71000A
						15/40	71000A
			14		1/15	64200F	
					15/30	69000F	
					15/40	71000A	
			23		1/15	79100B	
					15/30	71000A	
					15/40	71000A	
			32		1/15	64200F	
					15/30	69000F	
					15/40	71000A	

**Tableau IV.8 :** Performances d'atterrissage aéroports LFST, LFRS.

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (KT)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage(kg)
LFST	24.5°	0	DRY	05	1/15	84200 F
					15/30	85800 A
					15/40	80600 A
				23	1/15	84200 F
					15/30	85800 A
					15/40	80600 A
			WET	05	1/15	76200 F
					15/30	81100 F
					15/40	80600 A
				23	1/15	76200 F
					15/30	81100 F
					15/40	80600 A
LFRS	24.3°	0	DRY	03	1/15	86200 F
					15/30	86200 F
					15/40	81400 A
				21	1/15	85900 B
					15/30	86200 F
					15/40	81400 A
			WET	03	1/15	86200 F
					15/30	86200 F
					15/40	81400 A
				21	1/15	83300 F
					15/30	86200 F
					15/40	81400 A

Tableau IV.9 : Performances d'atterrissage aéroports LFPG.

Aéroport	Temp réf (°C)	Vvent (kt)	Etat de piste	Piste	Configurations volets	Masse d'atterrissage (Kg)
LFPG	24.7°	0	DRY	08 L	1/15	85300B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
				08 R	1/15	85200B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
				09 L	1/15	85700B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
				09 R	1/15	85600B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
				26 L	1/15	85800B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
				26 R	1/15	85700B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
			27 L	1/15	85400B	
				15/30	86000A	
				15/40	80800A	
			27 R	1/15	85300B	
				15/30	86000A	
				15/40	80800A	
			WET	08 L	1/15	85300B
					15/30	86000A
					15/40	80800A
08 R	1/15	83100F				
	15/30	86000A				
	15/40	80800A				

	09 L	1/15	83100F
		15/30	86000A
		15/40	80800A
	09 R	1/15	85600B
		15/30	86000A
		15/40	80800A
	26 L	1/15	83100F
		15/30	86000A
		15/40	80800A
	26 R	1/15	85700B
		15/30	86000A
		15/40	80800A
	27 L	1/15	85400B
		15/30	86000A
		15/40	80800A
27 R	1/15	83100F	
	15/30	86000A	
	15/40	80800A	

**Tableau IV.10 : Performances d'atterrissage aéroports DAAE,**

Aéroport	réf (°C)	(KT)	piste	Piste	volets	Masse d'atterrissage(kg)
DAAE	29°	0	DRY	08	1/15	82300F
					15/30	81100A
					15/40	81100A
				26	1/15	82300F
					15/30	81100A
					15/40	81100A
			WET	08	1/15	74000F
					15/30	79700F
					15/40	81100A
				26	1/15	74000F
					15/30	79700F
					15/40	81100A
LFML	31°	0	DRY	13 L	1/15	83700B
					15/30	80300A
					15/40	80300A
				13 R	1/15	81500F
					15/30	80300A
					15/40	80300A
				31 L	1/15	78700F
					15/30	80300A
					15/40	80300A
			31 R	1/15	82400B	
				15/30	80300A	
				15/40	80300A	
			DRY	13 L	1/15	83700B
					15/30	80300A
					15/40	80300A
				13 R	1/15	72900F
					15/30	78400F
					15/40	80300A
WET	15/40	80300A				

	31 L	1/15	69300F
		15/30	74600F
		15/40	80300A
	31 R	1/15	82400B
		15/30	80300A
		15/40	80300A

### VI.3- Analyse des résultats

L'analyse des données obtenues nous a permis de tirer les observations suivantes :

L'ensemble de réseau de TAL avec des conditions de piste sèches ou mouillées présente une masse actuelle d'atterrissage est supérieure ou égale à MLW structurale (65317 Kg) pour un braquage de volet (1/15). Le braquage de volet (approche/atterrissage) (1/15) permet de réduire la consommation du carburant par rapport au braquage utilisé actuellement (15/30 et 15/40).

#### Conclusion :

L'expérience que nous avons mené, elle nous a permis d'optimiser les performances au décollage et l'atterrissage dans l'ensemble de réseau de Tassili Airlines avec une poussée réduite et un braquage de volet faible. Pour les pistes (QFU), dont ces méthodes n'ont pas pu fournir les résultats souhaitées pour des différentes raisons tels que :

- Pistes courtes ;
- Obstacles naturels ;
- Températures de référence très élevée.

Tout de même, ces techniques présentent des limites, cependant, d'autre options peuvent être utilisées telles que :

- Le changement de trajectoire au décollage ;
- Augmentation de temps limite de poussée maxi au décollage de 5 à 10 minutes.

Mais ces méthodes nécessitent un investissement et des approbations par les organismes externes comme les constructeurs la DACM et l'ENNA.



## Conclusion générale

Le travail réalisé au cours de ce mémoire s'inscrit dans le cadre général de l'aéronautique. Il a eu pour objectif la caractérisation des techniques afin d'optimiser les performances de décollage et d'atterrissage, par l'application de la méthode d'optimisation des performances qui consiste au décollage à choisir la poussée minimale adéquate, minimiser le braquage des volets, changement de la limite avant du centre de gravité et le choix de  $V_1$  options et à l'atterrissage à choisir un braquage minimal et changer la limite avant du CG.

Nos résultats obtenus indiquent une augmentation de la masse admissible au décollage et à l'atterrissage qui s'est traduite par une rentabilité améliorée (SKO ou quantité de carburant pour effectuer une étape de vol plus longue) et une réduction des coûts de maintenance des moteurs ce qui provoque une nette influence sur la durée de vie.

Ce travail nous a permis, d'une part, d'approfondir les connaissances et le savoir faire acquis durant les années de notre formation à l'IAES, et d'autre part, de préparer notre intégration à la vie professionnelle et de nous situer dans le domaine des opérations aériennes. A l'issue de cette expérience, il est possible de procéder à l'amélioration de ce travail et de le compléter avec d'autres travaux sous différents aspects, notamment :

Pour les aéroports où nous avons atteint la masse maximale de 79.015 tonnes avec une poussée de 26 K, ce qui traduit une possibilité d'amélioration (la limite avant alternée du CG, changement de  $V_1$  options).

La possibilité de changement de poussée avec l'utilisation de la méthode de la température fictive (FLEX temp), ou bien la combinaison entre les deux (derate thrust avec flexible thrust).

De ce fait, le meilleur contrôle est de combiner ces différentes techniques de façon raisonnée pour permettre d'améliorer les paramètres de vol dans nos conditions socio-économique. Enfin, nous recommandons d'envisager une étude sur l'évolution de ces paramètres dans l'espace et dans le temps pour évaluer l'impact des différents facteurs et de proposer un modèle efficace pour leur gestion.

### Les références bibliographiques

- [1]:Culioli JC, et Partouche-Zembra A. 2000. La Recherche Opérationnelle dans une compagnie aérienne par Recherche Opérationnelle Air-France. ROADEF: Le bulletin- n°4- Printemps - Eté 2000
- [2]: TASSILI AIRLINES, MANEX A de TASSILI AIRLINES (Généralités et fondements). (Édition 2) 2009, (Révision 7) 2014.
- [3] : BENACHOUR M.Anis ET MOUSSERATI M.Oussama. Titre : Audit IOSA selon ISM 06.Opérations aériennes, institut d'aéronautique et des études spatiales Uuniversité SAAD DAHLEB Blida 1 (2012/2013).
- [4] : TASSILI AIRLINES, titre : Présentation de la compagnie.(Edition 3) 2014.
- [5] : TASSILI AIRLINES, MANEX C de TASSILI AIRLINES (informations sur les routes et les aérodromes). (Édition 2) 2009, (Révision 4) 2016.
- [6] : TASSILI AIRLINES, Manuel d'exploitation : technique d'utilisation B737-800. (Edition 1) 2011, (Revision 1) 2011.
- [7]: D. Crocker, Dictionary of Aviation, London: A&C Black Publishers, 2007.
- [8]: AIRBUS, getting to grips with aircraft performances, Airbus customer services January 2002.
- [9]:M.Martin, Opérations aériennes Tome 1: limites d'utilisation. ENNAC, 1987.
- [10]: S. K. Ojha, Flight Performance of Aircraft, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1995.
- [11]: Airbus, "Flight Operations Briefing Notes," Airbus, 2004.
- [12]: AIRBUS, getting to grips with weight and balance, Airbus customer services January 2002.
- [13]: BOEING, Takeoff and Landing Analysis :Takeoff Performance Analysis, 209Takeoff and Landing Performance Analysis using BPS. Référence PE-201, 2015, 137p.
- [14]: William, Roberson; James A. Johns. Fuel Conservation Strategies: Takeoff and climb **[en ligne]**. **In** : aero quarterly. Référence qtr\_04 | 08 : Boeing, 2008,27p. Disponible sur : [http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_4\\_08/pdfs/AERO\\_Q408\\_article05.pdf](http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_08/pdfs/AERO_Q408_article05.pdf) (Consulté le (08/07/2017).
- [15] : Mike, Victor. Performances au décollage du B737-800 **[en ligne]**. **In** : flightsim corner.18/03/2016. Disponible sur : <https://www.flightsim-corner.com/aller-plus-loin/737-800/performances-au-decollage/#Choix-du-braquage-des-volets> (Consulté le (08/07/2017).
- [16]: Dave, Anderson. Alternate forward CG limits for improved takeoff performance: Operational performance and technical methods. Référence PE-201: Boeing, 02/2010, p.29.

[17]: BOEING. Flight Operating Engineering, Performance Engineer Operations: Range of V1, 11/2001.

[18]:USEOF FLAPS [**en ligne**]. In : **faa safety** . Disponible sur : <https://www.faa.gov/files/gslac/courses/content/35/376/Use%20of%20Flaps.pdf> (Consulté le (15/08/2017)).

## Dédicace

Á Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

- Á Mes chers frères
  - Yacine
  - Youcef
  - Lotfi
- Á Mon oncle Azzedine pour son aide, sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et surtout sa bienveillance
- Á Mon grand-père Zitouni Cherif.
- Á Ma grand-mère Fatima
- Á Mes tantes.
- La mémoire de mes grands-parents.
- Á mes meilleurs amis

Je dédie ce mémoire.

Abderraouf.

## Dédicace

*En premier lieu, je remercie **ALLAH** qui m'a donné la volonté et le courage d'affronter toutes les difficultés.*

*Je dédie ce travail comme preuve d'amour, de reconnaissance et de gratitude à tous ceux qui me sont chers :*

*A la mémoire de mon père.*

*A ma très chère et douce mère celle qui m'a transmis la vie et l'amour, pour son soutien durant toutes mes études, les mots me manquent pour te qualifier, tout ce que j'aurais à dire ne saurait, exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que t'as dû subir pour m'élever. Je ne saurais jamais te remercier assez seul **ALLAH** peut te gratifier de tout ce que t'as fait pour nous.*

*A mon précieux frère **Mustapha** je lui souhaite plus de succès et de réussite, et ma chère tante **Soumia** mon affection pour vous est sans limite, votre soutien a sans doute été important pour le soutien moral et physique. Soyez en remerciés.*

*A mon oncle **Mohamed** pour vos conseils, vos encouragements, vos gentillesse et vos sollicitudes, recevez à travers ce travail mon profond attachement et toutes mes reconnaissances.*

*A tous mes professeurs pour leur générosité et leur soutien qui m'oblige de leurs témoigner mon profond.*

*A mes adorables amies avec lesquelles j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur **AICHA, HIBA, SIHAM, ADELA** et **DOUNIAA** pour leur fidélité.*

*A tous mes collègues de la promotion 2017.*

*Fatima Zohra*

