



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA-1-
INSTITUT AERONAUTIQUE ET DES ETUDES
SPACIALES DE BLIDA-1-

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme master en Aéronautique

Option : Opérations Aériennes

Thème :

*Etude financière de l'emport de carburant au niveau de la
compagnie Tassili Airlines « TANKERING »*

Réalisé par :

-Mr ZAID Jugurtha

-Mr CHOUTRI Zinelabiddine

Promoteur : M^f DRIUCHE Mouloud

Encadreur : M^f OTMANI Abouelkacem

Promotion 2018

TABLE DE MATIERES

<i>REMERCIEMENT</i>	7
ملخص	10
RESUME	11
ABSTRACT.....	12
LISTE DES FIGURES	13
LISTE DES EQUATIONS	15
INTRODUCTION GENERALE	24
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES	26
1.1 Introduction	26
1.2 Tassili Airlines	26
1.3 Historique	27
1.4 La hiérarchie de tassili	29
1.5 Organigramme de la DIRECTION EXPLOITATION (la direction qui nous a accueillis) :	30
1.6 Destinations.....	31
1.7 La flotte	32
1.7.1 Boeing 737-800	32
1.7.2 Dash Q 200	33
1.7.3 Dash8-Q400.....	33
1.8 L'ouverture de Tassili Airlines internationale	34
1.9 Les missions de Tassili Airlines.....	34
CHAPITRE 2 : LE CARBURANT ET LES PARAMETRES INTERVENANTS SUR LA CONSOMMATION	36
2.1 Introduction	36
2.2 Définitions.....	36
2.3 La relation entre la consommation du carburant avec certains facteurs	41
2.3.1 L'altitude de croisière (FL)	41
2.3.2 La masse de l'avion	42
2.3.3 Le roulage au sol	43

2.3.4 Le centrage	43
2.3.5 La route choisie avec les distances parcourues	45
2.3.6 Les conditions météorologiques	45
2.3.7 Les régimes de vol.....	47
2.3.8 La configuration avion	48
2.3.9 Les paramètres moteurs	49
2.3.10 La politique de la compagnie	51
2.3.11 La contrainte aérodynamique : trainée	52
2.3.12 : La densité du carburant	53
2.3.13 Les personnes influentes sur la consommation	54
2.3.14 L'emport du carburant.....	55
2.4 Méthodes pour la réduction de la consommation carburant	55
2.4.1 Masses et centrage.....	55
2.4.2 Planification de vol.....	55
2.4.3 La flotte de la compagnie	56
2.4.4 L'équipement au sol et l'APU	56
2.4.5 La conduite de vol	56
2.5 Conclusion.....	58
CHAPITRE 3 : L'EMPORT DE CARBURANT.....	59
3.1 Introduction	59
3.2 Historique de l'idée d'emport carburant	59
3.3 Présentation de l'emport carburant	60
3.3.1 Le concept et les objectifs d'emport carburant.....	60
3.3.2 Les raisons d'utilisation de l'emport de carburant	61
3.3.3 Les prises en compte lors de l'emport carburant.....	62
3.3.4 Certains cas où il faut éviter l'emport carburant	63
3.3.5 Risques de l'emport carburant.....	64
3.3.6 L'impacte de l'emport carburant sur l'environnement.....	64
3.4 Traitement de certains paramètres	65
3.4.1 Limitation de transport de carburant	65
3.4.2 Le coefficient du transport K.....	65
3.4.3 Transport de carburant.....	69
3.4.4 Explication de calcul de l'emport carburant.....	70

3.4.5 L'ORGANIGRAMME DE L'APPLICATION	79
3.4.6 Exemple sur le principe de calcul théorique de l'emport carburant au niveau de la compagnie Tassili Airlines	80
3.5 Conclusion.....	87
CHAPITRE 4 : REALISATION D'UNE APPLICATION D'ETUDE FINANCIERE DE L'EMPORT CARBURANT.....	88
4.1 Introduction	88
4.2 Critique de l'existence.....	88
4.3 Le logiciel d'étude de la rentabilité de l'emport carburant	88
4.3.1 Présentation du logiciel	89
4.3.2 Les caractéristiques de la base de données	89
4.3.3 Description du logiciel	90
4.3.4 La structure du logiciel.....	93
4.3.5 Fonctionnement du logiciel	93
4.4 Exécution du logiciel.....	98
4.4.1 Le vol Alger –Marseille.....	98
4.4.2 Le vol Alger – Oran.....	99
4.4.3 Le vol Alger – Charles De Gaulles:	101
4.4.4 Le vol Oran – Hessi Massoud -Annaba.....	103
4.5 Conclusion.....	105
CHAPITRE 5 : ETUDES FINANCIERE DE STATISTIQUES DES VOLS ANNUELS PAR IMMATRICULATION D'APPAREILS.....	106
5.1 Explication du travail	106
5.2 Statistique des vols de quantité chargée au départ de carburant, consommation carburant et valeurs exceptionnelles de consommation, et quantité départ avec application	108
5.2.1 ALG-HME (Alger vers Hassi Messaoud)	108
5.2.2 ALG-TLM (Alger vers Tlemcen).....	111
5.2.3 AAE-HME (Annaba vers Hassi Messaoud).....	113
5.2.4 ALG-ORA (Alger vers Oran).....	115
5.2.5 ALG-AAE (Alger vers Annaba)	119
5.3 Conclusion.....	121

CONCLUSION GENERALE.....	122
BIBLIOGRAPHIE.....	123
ANNEXE.....	125

Remerciement

ALLAH est grand le tout puissant, notre foi et croyance en vous ALLAH nous a procuré courage et volonté pour poursuivre nos études depuis notre lointaine enfance dont les souvenirs commencent déjà à s'estamper de nos mémoires jusqu'à nos jours, nous vous remercions profondément et incessamment d'être toujours là pour nous tout le temps, nous vous remercions de nous avoir destiné à vivre de tels moments, qui étaient par fois même difficiles, mais avec un résultat de joie et de bonheur, qui resteront gravé à jamais dans nos mémoires ;

Nous adressons nos sincères remerciements à notre chère encadreur Mr : OTMANI Abouelkacem un cadre supérieur au niveau de la compagnie TASSILI AIRLINES, pour sa contributions à tout instant à la réalisation de ce travail et pour nous avoir permis d'effectuer notre stage au sein de la compagnie TASSILI AIRLINES, au services d'exploitations, sa rigueur scientifique, sa disponibilité et ses qualités humaines nous ont profondément touchée. Son soutien, ses compétences nous ont été d'une aide inestimable. Aussi pour avoir accepté de diriger ce travail;

Nous tenons à remercier également notre Promoteur Mr DRIOUCHE Mouloud, maitre assistant au niveau de l'I.A.E.S, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de nous prêter main forte dans notre travail. Sa disponibilité, sa méthode de travail et son niveau intellectuel qui nous a préparé à réaliser ce travail ;

Nous souhaitons remercier Monsieur REKIK Ahmed Nazim étudiant en Master 2 à l'institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales de Blida -1-, qui nous a donné une aide précieuse pour la réalisation du logiciel qui touche le coté d'informatique ;

Nous adressons également notre profonde gratitude à l'ensemble des ingénieurs et techniciens supérieurs de TASSILI AIRLINES, qui ont contribué de près ou de loin avec la moindre information, orientation ou encouragement, afin de nous aider dans notre travail ;

Enfin nous présentons nos chaleureux et sincères remerciements à monsieur le président et les membres du jury qui nous font le grand honneur d'évaluer ce travail.



Dédicaces

Yemma 3zizen, je ne pourrai pas dédier le moindre succès dans ma vie pour quelqu'un avant toi, toi qui est mon bonheur et qui a tout sacrifié pour nous voir heureux dans la vie, je suis en train d'écrire ces mots tout en versant des larmes en pensant a chaque moment difficile que tu as enduré avec tes 3 enfants , tout en pensant a ma lointaine enfance et aux hivers ou tu nous réveille pour partir a l'école , nulle personne a une place dans mon cœur comme tu l'a toi, tu as toujours été pour moi je t'aime follement ALOUANE Djazira ,

Mon père adoré, toi aussi tu as beaucoup souffert pour nous garder toujours a chaux cette réussite est le fruit de ton sacrifice je t'aime papa, tout ce que je souhaite dans la vie c'est que vous soyez toujours la pour nous, longue vie a vous deux,

A mes très chères frères «AGUILES » et « YOUVA», vous êtes mes idoles dans la vie, les exemples les plus parfaits dans la bonté du cœur, d'éducation, de loyauté, et de respect, que dieux nous garde unis a jamais,

Pour toi mon deuxième père « ALLOUANE Kamel », aussi pour mon frère « ALLOUANE Djaffar », ma grand-mère aussi « adoudou », que dieu vous accueille dans son paradis je ne vous oublierai jamais,

Ma nièce adorée « INAYA » que dieu te garde pour nous, et ma chère belle sœur « CHARLOTTE », et a ma tante « DAHBIA » qui a tend été la pour nous, tu es notre deuxième maman vraiment, tu es l'une des rares personnes qui a contribué a ce qu'on est,

Pour toi l'amour de ma vie « FATIMA », ma fillancée adorée ainsi que toute la famille « HAMMAIDI », M^R « MADJID » ET M^{ME} « FARIDA » et tout vos enfants,

à tous mes chères amis ,mes enseignants et camarades de l'I.A.E.S, et pour le C.S.A pour ces moments agréables, et pour finir avec mon frère « CHOUTRI Zinelabiddine » avec lequel j'ai relevé ce défi , vous etes adorables, et a toi aussi Mouad !



Dédicaces



Ce travail modeste est dédié, à ceux qui ont sacrifié leurs vies pour moi, à ceux qui n'ont cessé de m'encourager et de me soutenir, à ceux qui m'ont donné un amour sincère qui m'a procuré tant de volonté pour aller toujours de l'avant, a ma raison de vivre, mes très chères parents :

« CHOUTRI Djamel eddine » et « BOUKHETHALA Sihem » que dieu les protègent, à mes très chères frères « Ali », « Amine » et ma petite sœur « Amani », je vous aime fort,

à tous mes proches de la famille « CHOUTRI » et sans oublier la famille « BOUKHATLA »,

a mes chère amis « Nazim », « Yasser », « Tarek », « Mounir », « Brahim », et « Ghanou ».

à mon binôme qui m'a soutenu, encouragé tout long de mon mémoire « ZAID Jughurta »,

a mes camarades de l'institut d'aéronautique de Blida pour leurs encouragements et pour l'ambiance agréable tout long de ce stage pour leurs présence dans les moments difficiles et grace à qui j'ai passé l'excellents moments inoubliables !

المخلص

يقع هذا العمل المتواضع في إطار سياسة الوقود لشركة طيران اناسيل لتقليل نفقاته، ومبدأ أحمال الوقود بدس
يطجداً في تنفيذ هو لكن هيتطلب دراسة دقيقة ومعقدة؛ لهذا قمنا بصنع برنامج حيدد كمية الوقود القانونية للا
رحلة وبالتالي الكمية التي يتم حملها، والتي أدت بنا فيما بعد إلى دراسة الربح والخسارة استناداً إلى الطريقة الأ
ساسية (معيار)

لدراسة أثناء العمليات الجوية مع مجموعة من الفرصيات الحسابية التي تمت تطويرها أثناء سير العمل.
يتم تنفيذ هذا المشروع وعلماً أساساً على أساس عملنا لمختلفة:

رياحاً لارصاد الجوية، الحمولة المقدمة للنقل، خطوط الطيران وأنواع الطائرات وأنواع الارتفاعات المتعددة
ونسعر الوقود الذي يحسبها البرنامج؛ مع سعر الوقود الذي تنفقه طيران اناسيل وسعر الوقود بدس ونحمل، من اجل
صادقة على عملنا التحصل على

التقارير المالية لطيران اناسيل،

وإثبات أهمية هذا المشروع وغرضه

: الكلمات المفتاحية

وقود شحن - ربح - الحمولة - سعر الوقود الانطلاق - سعر الوقود في الوجهة - مطار المغادرة
- مطار الوصول - معامل النقل

RESUME

Ce modeste travail, rentre dans le cadre de la politique fuel de TASSILI Airlines pour minimiser les dépenses du fuel, le principe d'Emport carburant et très simples dans son implémentation, mais il nécessite une étude approfondie et précise , pour cela nous avons réalisé un logiciel qui détermine la quantité de carburant réglementaire de l'étape, ainsi la quantité à emporter, ce qui nous a conduit par la suite à l'étude de Gain et de perte, en se basant sur la méthode basic (standard) : étudier au cours des opérations aérienne avec un rajout des hypothèses de calcul qui ont été développées au cours du travail.

Ce projet est réalisé en se basant sur différents facteurs : météorologique du vent, la charge offerte à transporter, les lignes aériennes, les types d'avions, les types de vol Ensuite nous comparons le prix de carburant calculé par notre logiciel avec le prix de carburant dépensé par TASSILI Airlines, et le prix de carburant sans emport, pour raison de validation de notre travail, et avoir un bilan de fuel financier efficace, pour prouver l'importance et l'objectif de ce projet.

Les mots clés :

Emport de carburant - Gain - charge offerte - Prix carburant de départ- Prix carburant à destination –aéroport de départ –aéroport d'arrivée – coefficient de transport-.

ABSTRACT

Our next job is to study the detailed financial impact on fuel consumption, with an approach by operational calculations we will design a calculation method based on several important parameters influencing our study in question with different cases to take in consideration for achieving the major objective of which is the sum of money gained from the fuel, in order to ensure a considerable profit for the airline Tassili Airlines according to each line of exercise, the profitability of the latter must be large enough to cover the surplus fuel on board by reducing the amount of fuel to be purchased at the destination airport while respecting the operational limits (MMSD, the load offered, MMSA, the capacity of the tank), so it is good to study the fuel consumption when the price of fuel at destination is known less than the original one. not to mention the preliminary factor of air transport security, provided that this method is carried out safely, and the whole process of implementation is far from any damage, or bodily injury.

Key words

Fuel Cargo - Gain - Free Charge - Starting Fuel Price - Fuel Price at Destination - Departure Airport - Airport of Arrival - Transport Coefficient -

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Le logo de Tassili Airlines(طيران الطاسيلي).....	26
Figure 1-2 : Fiche technique Tassili Airlines.	27
Figure 1-3 : La hiérarchie de Tassili Airlines.....	29
Figure 1-4 : La structure de la direction de l'exploitation.	30
Figure 1-5 : Le Charlie Delta de Tassili Airlines	32
Figure 1-6 : Un Q 200 de Tassili Airlines.....	33
Figure 1-7 : Un Q 400 de Tassili Airlines	34
Figure 2-1 : Les forces appliquées sur un avion en vol.	38
Figure 2-2 : Le carburant	40
Figure 2-3 : La finesse maximale	40
Figure 2-4 : La relation entre R_s et m	42
Figure 2-5 : Equilibre avion-.....	44
Figure 2-6 : Le centrage optimal	45
Figure 2-7 : Le triangle des vitesses.....	46
Figure 2-8 : La consommation en descente.....	57
Figure 3-1 : Accident aérien de Portland.....	61
Figure 3-2 : Message de Bombardier en ce qui concerne K	66
Figure 3-3 : Le message de demande d'éclaircissement.....	67
Figure 3-4 : La réponse de Bombardier sur nos questions.....	68
Figure 3-5 : Le délestage avec le jet planner pour le Q400, 7T VCL.....	70
Figure 4-1 : Module Base de données	90
Figure 4-2 : Les données d'entrée et de sortie de l'application.....	93
Figure 4-3 : La fenêtre du mot de passe.....	94
Figure 4-4 : Droit d'accès.....	94
Figure 4-5 : La sélection de l'appareil.....	95
Figure 4-6 : La sélection de l'étape de vol.....	96
Figure 4-7 : La fenêtre principale.....	97
Figure 4-8 : La sélection de l'avion 7T VCA.....	98
Figure 4-9 : La sélection de l'étape Alger –Marseille –Alger.....	99
Figure 4-10 : Les résultats d'emport carburant pour la rotation Alger-Marseille-Alger....	99
Figure 4-11: La sélection de l'appareil 7T VCA.....	100
Figure 4-12 : La sélection de la ligne Alger Oran Aller retour avec 7T VCA.....	100
Figure 4-13 : Les résultats de l'emport carburant de la ligne Alger Oran avec le 7 T VCA.	101
Figure 4-14 : La sélection de l'appareil 7TVCC	102
Figure 4-15 : La sélection de la ligne Alger - Charles de Gaulles	102
Figure 4-16 : La sélection de l'appareil 7T VCL.....	103
Figure 4-17 : La sélection de la rotation Alger- Hassi Messaoud- Annaba.	103
Figure 4-18 : Les résultats de l'emport carburant de la rotation Alger -Hassi Messaoud- Annaba avec le 7T VCL.....	104
Figure 4-19 : Le bilan financier de 15 rotations pour le Q400.....	104

Figure 5-1 : Présentation du calcul de la moyenne mensuelle de la consommation, de nombre de pax et quantité départ des 3 types d'avions pour la destination	107
Figure 5-2 : Les moyennes annuelles de la consommation, de nombre de pax et quantité départ des 3 types d'avions pour la destination	107

LISTE DES EQUATIONS

Equation [2-1] : Le carburant au départ.....	40
Equation [2-2] : Le carburant au parking	40
Equation [2-3] : Le carburant a l'atterrissage	41
Equation [2-4] : Pente de l'avion	45
Equation [2-5] : La finesse.....	42
Equation [2-6] : La consommation supplementaire en fonction de la temperature	46
Equation [2-7] : La trainée.....	52
Equation [2-8] : Le cost index.....	57
Equation [3-1] : Le coefficient de transport.....	65
Equation [3-2] : La difference de masse au decollage	68
Equation [3-3] : La difference entre la masse a l'atterrissage avec emport et sans	68
Equation [3-4] : Verification de la rentabilite.....	69
Equation [3-5] : Verification de la rentabilite.....	69
Equation [3-6] : La quantite restante a destination	69
Equation [3-7] : Le surcout au depart	69
Equation [3-8] : Economie a l'arrivee	69
Equation [3-9] : Le gain.....	69
Equation [3-10] : Quantite totale du carburant	70
Equation [3-11] : Quantite du carburant a l'aller.....	73
Equation [3-12] : Quantite du carburant au retour.....	73
Equation [3-13] : Quantite totale en fonction de la quantite parking	73
Equation [3-14] : Quantite parking	73
Equation [3-15] : Limitation de masse au decollage	73
Equation [3-16] : Limitation de masse a l'atterrissage	73
Equation [3-17] : Limitation sans carburant	73
Equation [3-18] : Limitation reservoir.....	74
Equation [3-19] : La quantite 1 a emporter	74
Equation [3-20] : La quantite 2 a emporter.....	74
Equation [3-21] : La quantite 3 a emporter.....	74
Equation [3-22] : La quantite a prendre en consideration comme emport	74
Equation [3-23] : Le nouveau XTR si la charge reelle est egale a la charge maximale	74
Equation [3-24] : Le reste de la charge.....	74
Equation [3-25] : La quantite de la deuxieme etape	74
Equation [3-26] : Le XTR si le reste de la charge est superieur a la quantite necessaire ..	74
Equation [3-27] : La nouvelle valeur de l'XTR apres la verification avec la quantite necessaire	75
Equation [3-28] : Verification de la quantite XTR avec la capacite reservoir	75
Equation [3-29] : La valeur finale de l'XTR apres la verification.....	75
Equation [3-30] : La valeur de la difference de masse a l'atterrissage.....	75
Equation [3-31] : Le rapport de prix	75
Equation [3-32] : Le cout au depart	75
Equation [3-33] : Le cout a l'arrivee	75

Equation [3-34] : Le gain en masse	75
Equation [3-35] : La perte en masse	75
Equation [3-36] : Cout carburant chargé	76
Equation [3-37] : Cout carburant transporté	76
Equation [3-38] : Le cout de l'augmentation du temps de vol	76
Equation [3-39] : Masse au décollage.....	80
Equation [3-40] : Masse a l'atterrissage	80
Equation [3-41] : Quantité transportée au départ 1.....	81
Equation [3-42] : Quantité transportée au départ 2.....	81
Equation [3-43] : Quantité transportée choisie	81
Equation [5-1] : Calcule du gain par rapport a Tassili par mois et nombre de rotations ...	108

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : La liste des B737-800 de Tassili Airlines	32
Tableau 1-4 : Les aéronefs de Tassili Airlines	32
Tableau 1-2 : la liste des Q 200 de Tassili Airlines.....	33
Tableau 1-3 : la liste des Q400 de Tassili Airlines.....	33
Tableau 2-1 : Exemple des MMSD de la flotte TASILLI AIRLINES	37
Tableau 2-2 : Exemple des MMSD de la flotte TASILLI AIRLINES	37
Tableau 2-3 : Exemple des MMSD de la flotte TASILLI AIRLINES.....	38
Tableau 2-4 : La surconsommation au roulage.....	43
Tableau 2-5 : L'influence de l'antigivrage sur la consommation pour l'A318, l'A319, l'A320, l'A321.....	47
Tableau 2-6 : La consommation de carburant pour la procédure de sortie des volets retardé pour les B737.....	48
Tableau 2-7 : la consommation avec un seul moteur en marche pour un A330.	50
Tableau 2-8 : La consommation de l'APU en vol d'un B737-800.	51
Tableau 2-9 : consommation de l'APU EN VOL d'un B737.	51
Tableau 2-10 : La table A-53 des conversions de densités carburant.	54
Tableau 2-11 : La consommation des AIRBUS en fonction de vitesse dans la montée.....	57
Tableau 3-1 : Une totale des couts évités par des compagnies aériennes grâce a l'emport carburant dans des périodes bien définies.....	62
Tableau 3-2 : Le coefficient de transport avec distances.....	66
Tableau 3-3 : 1C type1 de « AOM Q400 »	72
Tableau 3-4 : 1d de l'AOM Q400	72
Tableau 3-5 : 1 TYPE 1 Descent de l'AOM Q400	73
Tableau 3-6 : Les données de vol Alger – Hassi Messaoud le Q400.....	80
Tableau 3-7 : les résultats obtenu pour le vol Alger (DAAG)-Hassi Massoud(DAUH) aller retour par Q400.....	82
Tableau 3-8 : Les données de la rotation Alger –HASSI Massoud –Constantine avec B737-800.....	82
Tableau 3-9 : les résultats obtenu pour le vol Alger (DAAG)-Hassi Messaoud(DAUH) – Costantine (DABC) par Boeing 737-800.....	84
Tableau 3-10 : Les données de vol Alger –Annaba avec le Q200.....	85
Tableau 3-11 : Les données de vol Oran– Hassi Messaoud-Alger avec B737-800.....	85
Tableau 3-12 : les résultats obtenu pour le vol REGULIER (Oran– Hessi Massoud-Alger) avec B 737-800.....	87
Tableau 4-1 : Les informations des avions de Tassili Airlines.....	91
Tableau 4-2 : Les lignes aériennes de Tassili Airlines.....	91
Tableau 4-3 : les prix du carburant dans les différents aéroports.....	92
Tableau 5-1 : Les données du 7T VCA dans la ligne ALG-HME.....	108
Tableau 5-2 : Les données du 7T VCL dans la ligne ALG-HME	109
Tableau 5-3 : Les données du 7T VCS dans la ligne ALG-HME.....	110

Tableau 5-4 : Les données du 7T VCS dans la ligne ALG-TLM	112
Tableau 5-5 : Les données du 7T VCA dans la ligne AAE-HME	113
Tableau 5-6 : Les données du 7T VCS dans la ligne AAE-HME.....	115
Tableau 5-7 : Les données du 7T VCA dans la ligne ALG-ORA.....	116
Tableau 5-8 : Les données du 7T VCL dans la ligne ALG-ORA.....	117
Tableau 5-9 : Les données du 7T VCS dans la ligne ALG-ORA.....	118
Tableau 5-10 : Les données du 7T VCA dans la ligne ALG-AAE.....	120

La liste des graphes

Graphe 3-1 : L'augmentation de block fuel associée a la l'augmentation a la masse de décollage.....	67
Graphe 5-1 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ALG-HME.....	109
Graphe 5-2 :quantité et consommation moyenne du 7T VCL dans la ligne ALG-HME..	110
Graphe 5-3 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ALG-HME.....	111
Graphe 5-4 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ALG-TLM.....	112
Graphe 5-5 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne AAE-HME.....	114
Graphe 5-6 :La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne AAE-HME.....	115
Graphe 5-7 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ALG-ORA.....	117
Graphe 5-8 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCL dans la ligne ALG-ORA.....	118
Graphe 5-9 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ALG-ORA.....	119
Graphe 5-10La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ALG-AAE.....	120

Liste des abréviations

ADD : Carburant Additionnel

AEE : Aéroport d'Annaba

ALG : Aéroport d'Alger

APU: Auxilary Power Unit

ATC: Air Trafic Controlor

ATC : Air traffic contrôle

C/O : La charge offerte

CBD : Commandant de bord

Cd : Consommation distance minimale

CG : Centre de gravité

CGCC : Centre de l'ordinateur pilote de gravité

Ch : Cout Par Heur

CI : Cost index

Cr : La capacité réservoir

Ct : Charge transportée

Cx : Coefficient de trainée

Cz : Coefficient de portance

Cz : Coefficient de portance

CZL : Aéroport de Constantine

D : Délestage d'étape

DA : Dinar Algerien

DC : Macdonald douglas

DEP : Départ

DEST : Destination

DOW : Masse de base en opération

EFB: Electronic flight bag

EFT: Escale technique facultative

EGT: Exhaust Gas Temperature

Etop: Extended for twice engine operation

F/F: Fuel flow

FBS: Flight safety board

Fc dep : Le cout au départ

Fc dest : Le cout a l'arrivée

FCMC : Ordinateur de contrôle et de gestion carburant

FL: Flight level

FLEX: Flexion

Fmax : Finesse maximale

FMS: Flight management system

FMS: Flight Management System

HME : Aéroport d'HASSI MASSOUD

IATA : Association internationale du transport aérien

ISA : International Standard Atmosphere

ISA : Atmosphere standard

K : Coefficient de transport carburant

KT : Nœuds

L/U : Limitation utile

LAM: Landing mass

LAMe : Landing mass avec emport

LB unité de poids

LRC : Long range Cruise

LRC : Long range Cruise

Mb : La masse de base opérationnelle

Mdéc : Masse réelle au décollage

MMSA : Masse maximale de structure au décollage

MMSC : Masse maximale sans carburant dans la voilure

MMSD : Masse maximale de structure au décollage

MMSMR : Masse Maximale de Structure à la mise en Route

Mn : Minute

MRC : Maximum Range Cruise

Msc : Masse réelle sans carburent

MSLF : Masse Maximale de Structure au lâcher des freins

MZFW : Maximum zero fuel weight

N : Nombre de moteurs

NM : Nautique miles

OACI : Organisation de l'Aviation Civil International

ORA : Aéroport d'Oran

PRM : Prix de revient minimal

Qa: La quantité de carburant embarqué au départ

Qc : Quantité carburant

Qtot : La quantité de carburant total embarqué

R:Roulage

Ra: Rapport de prix

RD : Réserve de dégagement

RF : Réserve final

RG: Remise des gazes

RLM: Regulated landing masse

RP : Résistance piste

RPM : Régime moteur

RR : Réserve de route

RS : Rayon spécifique

RT: Ready to Load

RTOM: Regulated take of masse

T : Temps

TLM : Aéroport de Tlemcen en

TOC: Top of climb

TOD: Top of descend

TOMe : Take of masse avec emport

TOM: Take of mass

TTA: Tassili travail aérien

Vp : Vitesse propre

VS : Vitesse sol

Vw : Vitesse du vent

XTR : Le carburant extra

Zp : Niveau de vol

Δ LAM : Delta landing mass

Δ TOM : Delta take of masse

λ : L'allongement

ρ : La densité

INTRODUCTION GENERALE

Le coût du carburant constitue une part importante des coûts d'exploitation des compagnies aériennes, soit environ 25 à 35%. A cet effet les transporteurs doivent trouver des méthodes, et appliquer des techniques qui ont pour objectif principale la réduction maximale des couts d'exploitation en réduisant la consommation du carburant au sol ou en vol;

A chaque bilan financier, la compagnie aérienne constate le plus souvent des pertes économiques par fois faramineuses dans le carburant, ce qui pousse cette dernière a investir dans la recherche des méthodes les plus rigoureuses de réduction des couts d'exploitation sur tout les plans opérationnels, en l'occurrence : choix de la vitesse et du niveau de croisière pour mieux optimiser la consommation, ainsi l'étude des facteurs influents directement ou indirectement sur la consommation du carburant, et par conséquent une gestion économique qui peut être parfois importante , estimée avec des sommes faramineuse.

Des gains financiers peuvent être enregistrés grâce a l'emport carburant seulement si le prix du carburant à destination est supérieur à celui du départ, donc il devient primordial d'étudier l'intérêt d'emport carburant dans le but de réduire le cout total du carburant pour le vol d'une part, et avec cela assurer plus de rentabilité pour la compagnie aérienne, noter certains avantages jouant un rôle indispensable dans la réputation de la compagnie , l'attirance de la clientèle d'une autre part, par exemple : la réduction du temps d'escale à l'aéroport de destination ,aussi la réduction des prix des billet.

L'emport carburant veut directement dire : une masse de carburant supplémentaire qui va être embarquée sur l'aéronef sans être sensé a être consommée dans l'étape en question, il en résulte de ce fait une consommation d'une quantité supplémentaire , et pour que cet emport soit rentable, nous allons étudier puis déterminer la quantité de carburant embarquée vers des destinations bien définies, puis convertir nos résultats en chiffres d'argents.

Dans le premier chapitre, nous avons commencé par une présentation de la compagnie aérienne TASSILI AIRLINES, ou nous avons été accueillis à bras ouverts lors de notre stage.

Dans le deuxième chapitre, nous évoquons certaines définitions, le carburant réglementaire utilisé durant le vol, nous parlons aussi des différents facteurs influant sur la consommation carburant, et certaines solutions à proposer pour la réduction de la consommation.

Dans le troisième chapitre, nous entamons une description détaillée, puis une étude de l'emport carburant, le calcul du coefficient de transport k , le calcul du délestage, et puis la détermination du gain ou de perte.

Dans le quatrième chapitre nous allons concevoir un logiciel qui détermine la rentabilité ou la perte dans tout les cas d'emport carburant pour la compagnie Tassili Airlines pour ces 3 types d'avions (B737-800, Q400 et Q200), et puis l'exécution du programme avec des exemples réels.

A la fin, dans le cinquième chapitre, nous allons aussi étudier quelques exemples des lignes aériennes avec notre travail, et nous allons comparer nos résultats avec les résultats des statistiques obtenues depuis une étude qui sera aussi faite sur la base de données des vols de la compagnie T.A.L, puis transformer les résultats en chiffres financiers.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES

1.1 Introduction

Nous allons débiter notre travail avec une présentation détaillée de la compagnie aérienne : TASSILI AIRLINES, qui nous a accueilli a bras ouverts pour mettre a notre disposition tous les moyens matériels et humains, un entourage ergonomique très motivant a travailler.

Le logo de la compagnie est comme suivant :



Figure 1-1 : Le logo de Tassili Airlines (طيران الطاسيلي). [23]

1.2 Tassili Airlines

Tassili Airlines, est une compagnie aérienne algérienne filiale du groupe pétrolier Sonatrach. Elle assure des vols réguliers nationaux et internationaux ainsi les vols chartres et chartres pétroliers. La base mère de la compagnie TASSILI Airlines est l'aéroport d'Alger ainsi Hassi Messaoud est considéré comme une base secondaire.

Depuis octobre 2011, Tassili Airlines propose une offre voyageuse pour le grand public sur des vols intérieurs et internationaux.

	
Indicatif d'Appel/AITA/OACI	TASSILI AIRLINES/SF/DTH
Date de création	Le 4 mars 1998
Basée a	Aéroport : Houari Boumediene
Autres bases	Aéroport de Hassi Messaoud – Oued Ikrara– Krim Belkacem
Taille de la flotte	12
Nombre de destinations	34
Siege social	Alger, Algérie
Société mère	Sonatrach
Dirigeant	Harchaoui Belkacem
Site web	www.tassiliairlines.dz

Figure 1-2 : Fiche technique Tassili Airlines. [23]

1.3 Historique

Tassili Airlines est créée le 4 mars 1998, a effectué ses premiers vols en avril 1999. Tassili Airlines est initialement une coentreprise entre la compagnie aérienne Air Algérie et la compagnie pétrolière Sonatrach. En 2005, elle devient une filiale à 100 % de Sonatrach après le rachat des actions que détenait Air Algérie. Sonatrach décide alors de restructurer la compagnie Tassili Airlines en un groupe aérien qui dispose de trois filiales : Naftal tassili Air, qui s'occupe du transport des travailleurs du secteur à partir des gisements d'hydrocarbures, Tassili Airlines, qui s'occupe du transport public national et international, de passagers et de marchandises, Tassili Travail Aérien (TTA), filiale de Tassili Airlines, qui s'occupe du travail aérien. En octobre 2010 une convention est signée avec le ministère de la santé algérien pour la fourniture d'équipages et d'avions capables d'assurer des évacuations sanitaires depuis le grand sud algérien vers les hôpitaux du nord du pays, pour la prise en charge des maladies graves (cancer, blessures graves...). Le 28 septembre 2011, Tassili Airlines reçoit l'autorisation du ministère des Transports algériens d'effectuer des vols grand public. Le 4 octobre 2011, la compagnie aérienne réceptionne

son quatrième Boeing 737-800, et procède à l'inauguration de sa première agence commerciale, à l'aéroport d'Alger. Depuis fin novembre 2011, la compagnie aérienne a obtenu le label international de qualité IOSA, délivré par l'Association internationale du transport aérien (IATA). Le 28 septembre 2012, la compagnie a inauguré son premier vol international à destination de Rome. Le 5 juillet 2013, la compagnie a inauguré deux vols internationaux à destination de Saint-Étienne et Grenoble en France. Le 13 novembre 2014, la compagnie a inauguré deux nouvelles liaisons à destination de Marseille et Strasbourg en France. Le 10 juillet 2015, la compagnie a inauguré une nouvelle liaison à destination de Lyon en France. Le 4 juin 2016, la compagnie inaugurera une nouvelle liaison au départ de Constantine et à destination de Strasbourg. [23]

1.4 La hiérarchie de tassili

Tassili Airlines est structurée de la manière suivante

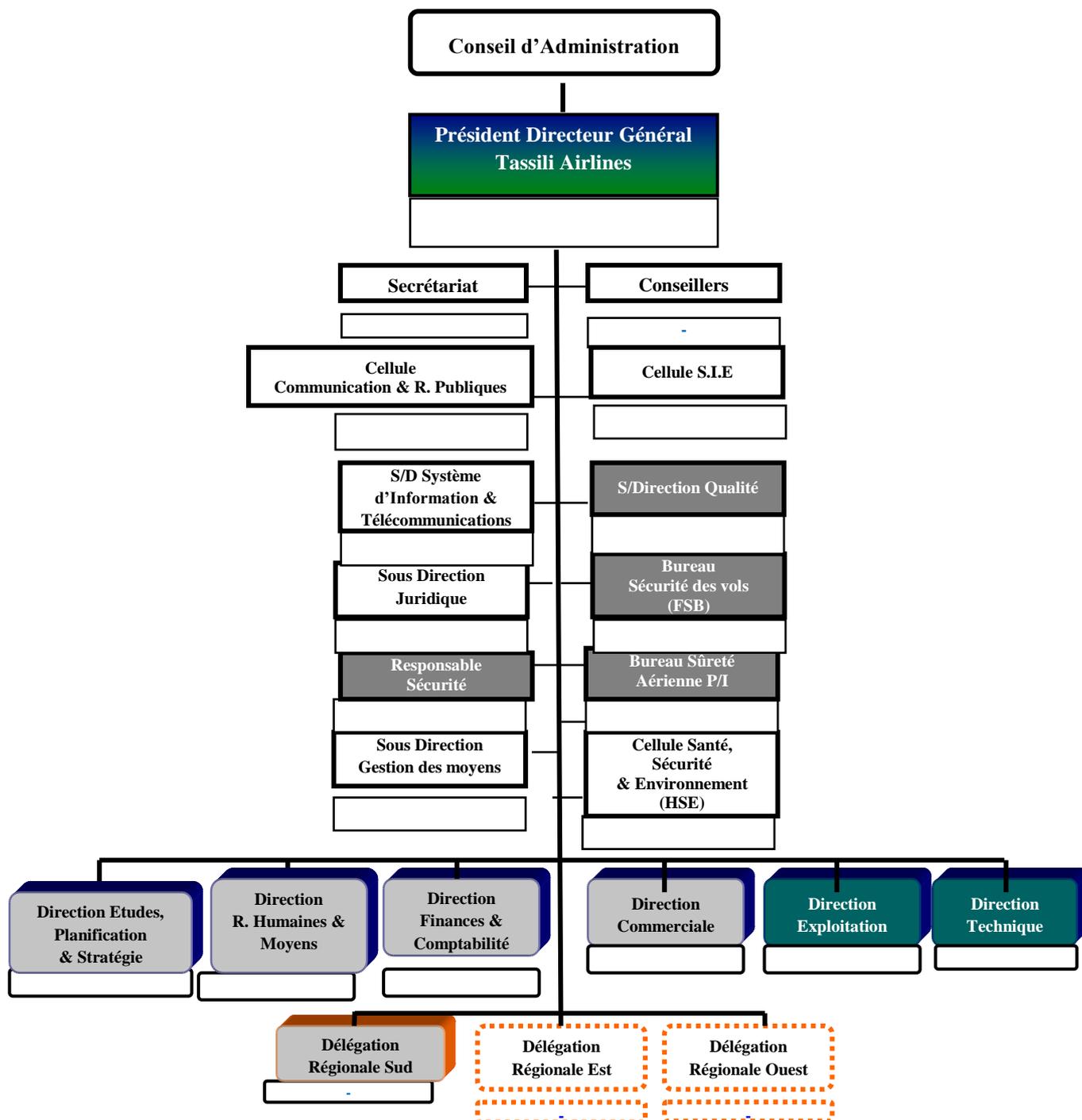


Figure 1-3 : La hiérarchie de Tassili Airlines.

1.5 Organigramme de la DIRECTION EXPLOITATION (la direction qui nous a accueillis) :

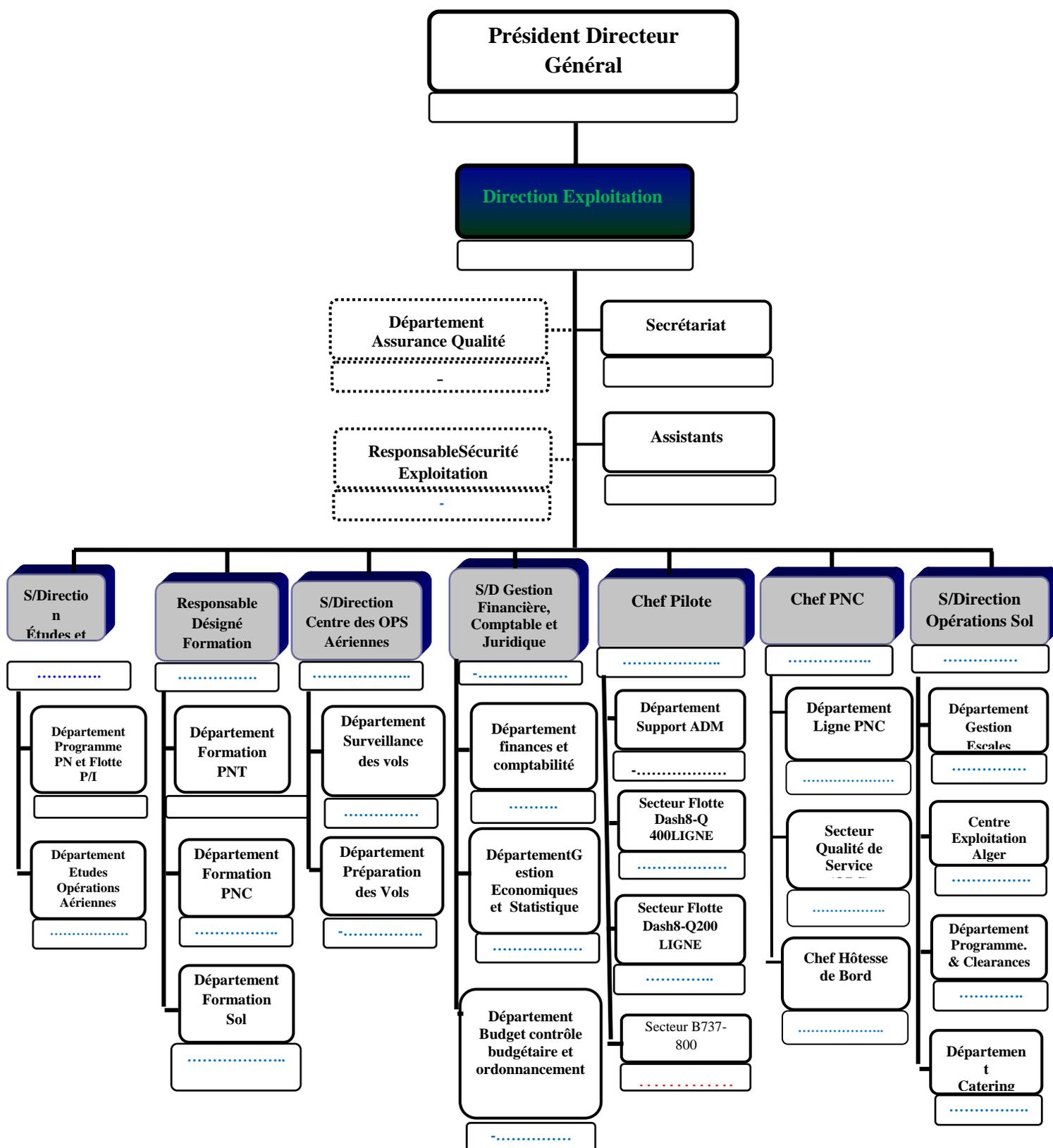


Figure 1-4 : La structure de la direction de l'exploitation. [4]

1.6 Destinations

La compagnie Tassili Airlines dessert les principaux aéroports algériens, notamment ceux proches des zones pétrolières ou de gisements de gaz naturel du Sahara algérien tels que les aéroports de Hassi Messaoud, de Hassi R'Mel et de Zarzaitine. En juillet 2013, elle ouvre ses premières destinations des vols réguliers nationaux et l'international au grand public :

❖ Algérie (vols internes) :

Adrar- Aéroport d'Adrar - Touat - Cheikh Sidi Mohamed Belkebir ;
Alger - Aéroport d'Alger - Houari Boumédiène (Base) ;
Annaba- Aéroport d'Annaba - Rabah Bitat ;
Batna - Aéroport de Batna - Mostepha Ben Boulaid ;
Béjaïa - Aéroport de Béjaïa - Soummam - AbaneRamdane ;
Béchar- Aéroport de Béchar - Boudghene Ben Ali Lotfi ;
Constantine- Aéroport de Constantine - Mohamed Boudiaf ;
Djanet- Aéroport de Djanet - Tiska ;
El Oued- Aéroport d'El Oued - Guemar ;
Ghardaïa- Aéroport de Ghardaïa - Noumérat - Moufdi Zakaria ;
Hassi Messaoud- Aéroport d'Hassi Messaoud - Oued Irara - Krim Belkacem (Base) ;
HassiR'Mel- Aéroport d'HassiR'Mel - Tiltrhemt ;
Illizi- Aéroport d'Illizi - Takhamalt ;
In Aménas- Aéroport de Zarzaitine - In Amenas ;
Oran- Aéroport d'Oran - Ahmed Ben Bella ;
Sétif- Aéroport de Sétif - 08 mai 1945 ;
Tamanrasset- Aéroport de Tamanrasset - Aguenar - Hadj Bey Akhamok ;
Tindouf- Aéroport de Tindouf ;
Tlemcen- Aéroport de Tlemcen - Zenata - Messali El Hadj ;
El-Bayadh .

❖ France :

Lyon- Aéroport de Lyon-Saint-Exupéry ;
Marseille- Aéroport de Marseille Provence ;
Nantes- Aéroport de Nantes Atlantique ;
Paris- Aéroport Charles de Gaulle ;
Strasbourg- Aéroport de Strasbourg-Entzheim.[23]

1.7 La flotte

La filiale Tassili Airlines destinée au transport du grand public se compose de 3 type d'aéronefs en l'occurrence : Boeing 737-800, Dash Q 200, et Q 400, au totale : la flotte est composée de 12 appareils ; [4]

1.7.1 Boeing 737-800

Tableau 1-1 : La liste des B737-800 de Tassili Airlines [23]

B737-800	Délivré :	Age (année)
7T-VCA	Mars 2011	7.35
7T-VCB	Avril 2011	7.25
7T-VCC	Aout 2011	6.85
7T-VCD	Septembre 2011	6.75



Figure 1-5 : Le Charlie Delta de Tassili Airlines [23]

Tableau 1-2 : Les aéronefs de Tassili Airlines [23]

Avion	Type moteur	Capacité passagers	Rayon d'action(NM)	Vitesse de croisière (KT)
B737-800	Biréacteurs	155	2700	486
Dash Q 200	bi turbopropulseurs	37	973	290
Dash8-Q400	bi turbopropulseurs	74	1304	360

Dans le cadre de l'extension du réseau d'exploitation de TASSILI AIRLINES, cette dernière va accueillir 3 nouveaux avions de type Boeing next-generation 737-800.

1.7.2 Dash Q 200

Tableau 1-3 : la liste des Q 200 de Tassili Airlines [23]

De Havilland Canada D-H-C- 8-200	Dé livré	Age (année)
7T-VCP	Aout 2008	10.5
7T-VCQ	Novembre 2008	9.85
7T-VCR	Décembre 2008	9.85
7T-VCS	Janvier 2009	9.65



Figure 1-6 : Un Q 200 de Tassili Airlines [23]

1.7.3 Dash8-Q400

Tableau 1-4 : la liste des Q400 de Tassili Airlines [23]

De Havilland Canada D-H-C- 8-200	Dé livré	Age (année)
7T-VCL	Aout 2007	11.05
7T-VCM	Aout 2007	11.05
7T-VCN	Septembre 2007	11.0
7T-VCO	Novembre 2007	10.85



Figure 1-7 : Un Q 400 de Tassili Airlines [23]

1.8 L'ouverture de Tassili Airlines internationale

Tassili Airlines lance son nouveau programme vers l'hors du pays a(l'internationale) a travers l'ouverture de plusieurs nouvelles lignes vers l'Afrique, l'Europe et le moyen -orienté. Cette compagnie, ressort avec de nouvelles ambitions, et annonce l'ouverture de cinq nouvelles lignes internationales qui vont desservir :

- Le Maroc ;
- L'Espagne ;
- La Turquie ;
- Les Emirats arabes unis ;
- La France [23].

Des lignes qui sont en général rentables. Tassili Airlines, dédiée initialement au transport du personnel pétrolier, ambitionne, en effet, de devenir une grande compagnie nationale, version Low-cost son plan de vol mis en place en septembre 2012 confirme ses objectifs. En juillet dernier, elle s'est lancée dans les vols charter vers la France. Au niveau domestique,. A travers sa politique commerciale actuelle, cette compagnie, soutenue par les fonds de SONATRACH, commence a prendre de l'ampleur avec de nouvelles stratégies, une progressions continue dans toutes les dimensions ;

1.9 Les missions de Tassili Airlines

La société a pour mission l'organisation et l'exploitation des services aériens de transport par aéronef, sur le réseau national et international, dans le domaine :

- Réalisation des vols réguliers ;
- Réalisations des vols à la demande ;
- Affrètement d'avion ;
- Entretien technique des avions ;
- Formation du personnel technique aéronautique ;

-Activité connexe (Catering, assistance au sol, représentation,...) ;

-Tous autres opérateurs industriels, commerciaux, financiers et immobiliers se rattachant directement ou indirectement à son objet social. [4].

CHAPITRE 2 : LE CARBURANT ET LES PARAMETRES INTERVENANTS SUR LA CONSOMMATION

2.1 Introduction

L'exploitation des aéronefs dans le transport aérien a pour objectif : l'optimisation de tout les paramètres opérationnels de vol pour avoir un rendement économique important et minimiser au maximum possible les pertes financières, ainsi que les tolérances dans les procédures techniques que ce soit au sol ou en vol qui peuvent coûter à la compagnie de l'argent, d'une manière directe ou voir même indirecte, autrement dit : maximiser les gains tout en minimisant les cout d'exploitation, mais tout en étant respecté les marges et les mesures de sécurité, cependant il faut essayer de mieux gérer le carburant pour rentabiliser plus les vols.

2.2 Définitions

Définition 2.2.1 : -Les masses maximales avion-

Elles garantissent la résistance de la structure de l'avion face aux efforts qu'il subit au sol, comme en vol. Les masses maximales de la structure sont définies par le constructeur qui prend en compte les efforts pendant dans la conception de la structure, et va la soumettre à différents essais, l'exploitant a l'obligation de rester à l'intérieur du domaine de résistance calculé. les masses maximale pour un avion type sont certifiées par l'autorité. [12] ;

Définition 2.2.2 : -Limitation journalière-

Elle dépend des conditions météorologiques, les caractéristiques de l'aérodrome, aucun avion ne devrait commencer un décollage à une masse supérieure à la masse consignée dans le manuel de vol pour le décollage à l'altitude de l'aérodrome et à la température ambiante régnant au moment du décollage. [17] ;

Aucun avion ne devrait commencer un décollage à une masse supérieure à la masse à laquelle est démontrée la conformité avec les dispositions relative aux distances minimales associées au décollage consignées dans le manuel de vol. [17] ;

Définition 2.2.3 : -Masse maximale de structure au décollage MMSD -

C'est la masse maximale calculée par le constructeur, pour tenir compte de la résistance de la structure et des trains d'atterrissage, qui à cette masse doivent pouvoir subir le choc correspondant à un atterrissage avec une vitesse verticale de - 360 ft/mn. [16] ;

Tableau 2-1: Exemple des MMSD de la flotte TASILLI AIRLINES [17]

Avion	MMSD
Q200	16.46t
Q400	29.25t
B737-800	79.01t

Définition 2.2.4 : -Masse maximale de structure a l'Atterrissage MMSA -

C'est la masse maximale calculée par le constructeur pour tenir compte de la résistance de la structure et des trains d'atterrissage qui à cette masse doivent pouvoir subir le choc correspondant à un atterrissage avec une vitesse verticale de - 600 ft/mn. [16] ;

Tableau 2-2 : Exemple des MMSD de la flotte TASILLI AIRLINES [17]

avion	MMSA
Q200	15.56t
Q400	28t
B737-800	65.3t

Définition 2.2.5 : - Masse maximale sans carburant MMSC -

Le carburant dans un avion de ligne étant stocké en partie dans la voilure son poids tend à faire plier l'aile vers le bas au niveau de sa fixation à l'avion (emplanture) .Parallèlement la sustentation de l'avion qui s'applique sur l'aile tend à faire plier celle-ci vers le haut toujours au niveau de l'emplanture. On voit donc que les deux effets sont antagonistes et que la diminution de la quantité de carburant au cours du vol et singulièrement dans la phase terminale de celui-ci va entraîner un effort vers le haut d'autant plus important qu'il y a moins de carburant dans la voilure. Là encore la résistance de la structure de l'avion limite la charge maximale admissible dans le cas où il n'y aurait plus de carburant dans la voilure .C'est le rôle du MMSC. Dans les avions de ligne une certaine quantité de carburant est embarquée dans le fuselage cette quantité intervient donc en diminution du MMSC puisqu'elle se comporte comme une charge transportée. Aussi les méthodes d'utilisation carburant prévoient elles de diminuer la quantité de carburant transporté dans le fuselage, en général par utilisation prioritaire, jusqu'a assèchement complet, du réservoir central, cela dans le but de diminuer les efforts subis par l'emplanture de l'aile. [16]

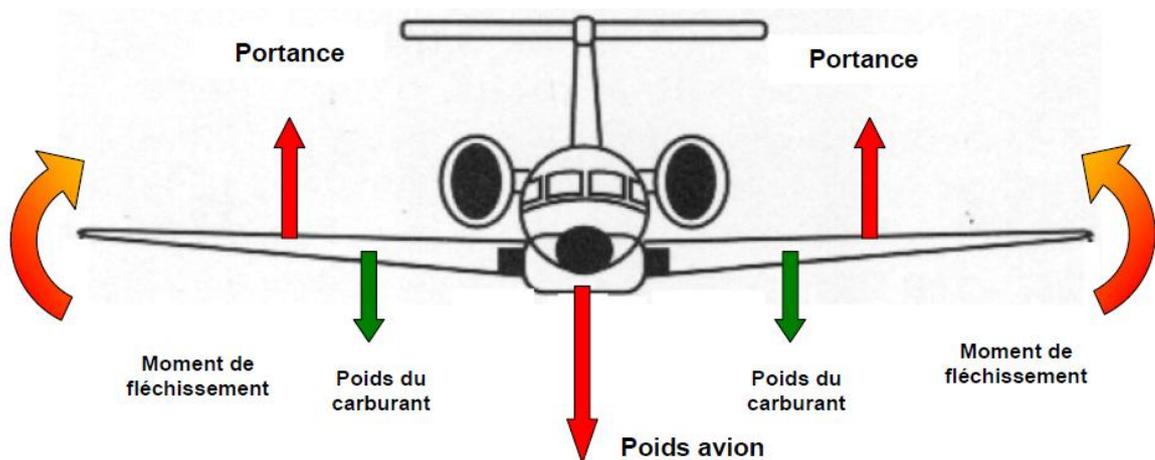


Figure 2-1 : les forces appliquées sur un avion en vol. [16]

Tableau 2-3: Exemple des MMSD de la flotte TASILLI AIRLINES. [17]

Avion	MMSD
Q200	14.51t
Q400	25.85t
B737-800	62.73t

Définition 2.2.6 : -Masse de base en opération DOW-

C'est la masse totale de l'avion en ordre de marche pour une exploitation spécifique déterminée, à l'exclusion du carburant utilisable et de la charge marchande. Cette masse de base comprend :

- ❖ L'équipage et ses bagages ;
- ❖ Le commissariat et les équipements mobiles du service passagers ;
- ❖ L'eau potable et les produits chimiques pour les toilettes ;
- ❖ Les équipements de secours spécifiques tels qu'ils sont imposés pour la route prévue ;
- ❖ Le commissariat spécifique tel que Journaux, oreillers, couvertures, etc. [18];

Définition 2.2.7 : - Masse Maximale de Structure à la mise en Route MMSMR-

C'est la limitation imposée par les efforts sur les amortisseurs et en flexion sur les jambes de train d'atterrissage pendant le roulage. Si nous appelons r la quantité de carburant nécessaire à la mise en route et au roulage nous avons [16]:

$$\text{Masse maximale de structurale à la mise en route} = \text{MMSLF} + r$$

Définition 2.2.8: -La charge offerte -

La masse maximale, ou bien la charge qu'un aéronef peut transporter sur une destination bien déterminée.

Définition 2.2.9 : - La base de données -

Une base de données est un ensemble structuré, organisé et intégré des données enregistrées sur des supports accessible par l'ordinateur, pour satisfaire simultanément plusieurs utilisateurs de façons sélective ;

Définition 2.2.10: - Le roulage [r] -

La quantité du carburant nécessaire pour le déplacement de l'aéronef avant le décollage, et cela en tenant compte des conditions de l'aérodrome ainsi que du moteur auxiliaire avion (APU). [2] ;

Définition 2.2.11: - Le délestage[d] -

La consommation de l'étape (trip fuel), qui signifie le carburant nécessaire pour réaliser le vol dans les conditions prévue, du lâcher des freins depuis l'aérodrome de départ jusqu'à l'atterrissage sur l'aéroport de destination.[2] ;

Définition 2.2.12:- Les réserves de route[RR] -

En anglais (contingency fuel),qui est un pourcentage de la consommation de l'étape (3% a 5%), avec une valeur minimale égale a la quantité du carburant nécessaire pour effectuer une attente de 5 mn a destination, qui sert a compenser l'écart de consommation par rapport aux données prévisibles, par rapport aux conditions météorologiques, ainsi que par rapport a la trajectoire et niveau de croisière ou altitude de l'avion.

Autres conditions particulière :

- ❖ Peut être réduite à 3% si un aérodrome de dégagement est accessible ;
- ❖ 20 mn de la consommation d'étape, à condition que l'exploitant doive établir un programme de suivi de consommation individuelle de chaque avion qui sert à calculer le carburant à emporter ;
- ❖ 15 mn de vol à la vitesse d'attente a 1500 ft en ISA au-dessus de l'aérodrome de destination à condition que l'exploitant établisse un programme de suivi de carburant pour chaque combinaison avion /route qui déterminera statistiquement la réserve de route pour cette dernière. [4].

Définition 2.2.13:- Les réserves de dégagement [RD] -

En anglais (alternate fuel), qui est nécessaire en cas de présence d'au moins un aéroport de dégagement. [2] ;

Définition 2.2.14: - Les réserves finales [RF] -

En anglais (final reserve fuel), qui permet une attente de 30 mn au dessus de l'aérodrome de décollage, ou bien au dessus de l'aérodrome de destination si aucun aérodrome de décollage n'est exigé, sauf le cas des moteurs équipés de motorisation a pistons dont la quantité sera : quantité de carburant nécessaire a 45 mn de vol.[4] ;

Définition 2.2.15: - Le carburant additionnel [add] -

C'est une quantité de carburant prévue lorsqu'un aérodrome de décollage n'est pas exigé, et qui comprend 15 minutes d'attente en ISA a 1500 ft au-dessus de l'aérodrome de destination.

En cas de panne de moteur un système de pressurisation et en supposant que la panne se produit au point plus critique de la route, le carburant additionnelle doit alors permettre :

De descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'au un aérodrome adéquat ;

D'attendre ensuite pendant 15 min à 1500ft au-dessus de l'aérodrome en condition standard ;

D'effectuer une approche et un atterrissage [4].

Définition 2.2.16 : - Le carburant supplémentaire [supp] -

En anglais (extra fuel), si le commandant de bord le requiert, en fonction de son expérience dans une ligne donnée. [2] ;

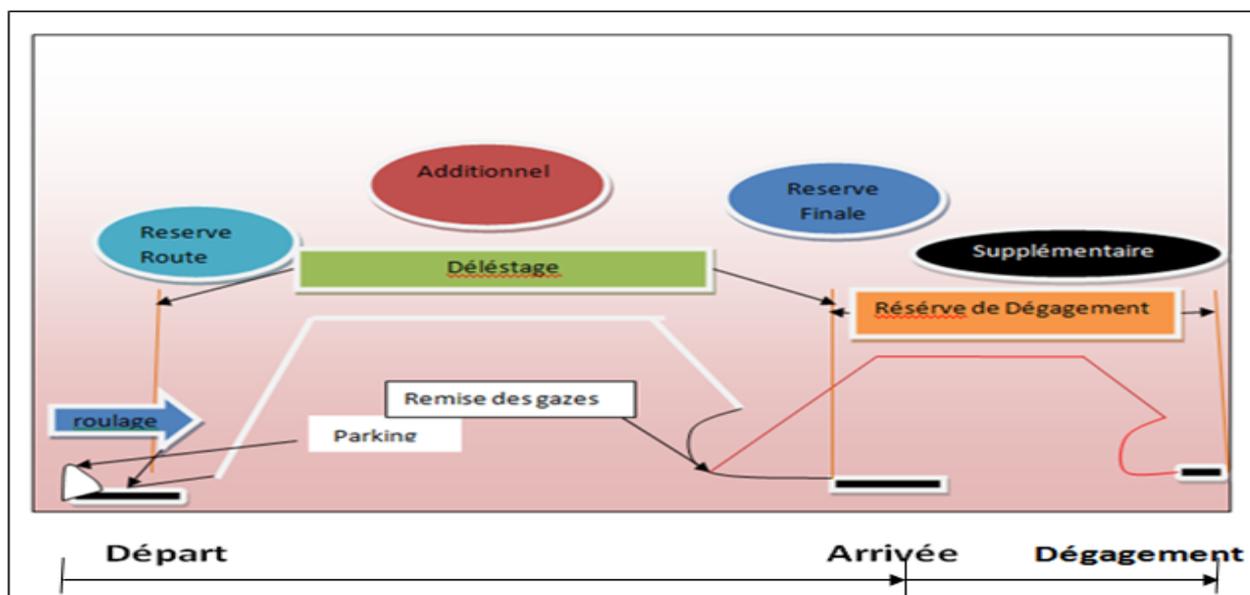


Figure 2-2: le carburant [3]

Le carburant au décollage est : [2-1]

(Sans Roulage)...

$$Q_{\text{déc}} = d + RR + RD + RF + ADD + \text{Supp}$$

Le carburant embarqué est : [2-2]

(Avec Roulage)...

$$Q_{\text{park}}=r+d+RR+RD+RF+ADD+Supp$$

Le carburant a l'atterrissage est :

[2-3]

(Sans délestage ni roulage)...

$$Q_{\text{att}}=RR+RD+RF+ADD+Supp$$

Définition 2.2.17 : -Logiciel -

Ensemble des programmes, procédés et règles, et éventuellement de la documentation, relatif au fonctionnement, relatifs au fonctionnement d'un ensemble de traitement de données.

Définition 2.2.18 : - Application -

Un programme directement utilisé pour réaliser une tâche, ou un ensemble des tâches élémentaire d'un même domaine.

2.3 La relation entre la consommation du carburant avec certains facteurs

Pour chaque vol, nous avons des données différentes (techniques, météorologiques, économiques, stratégiques...etc) qui sont en relation : soit directe ou indirecte avec la consommation du carburant, d'où la dépendance de l'optimisation de la rentabilité du vol en question, de nombreux facteurs pour être d'une extrême importance pour l'économie ou la perte du carburant, d'où le rôle des ingénieurs l'étude détaillées de tout ces derniers afin d'optimiser pour chaque mouvement de l'avion la consommation, ou du moins rester près de cette optimisation.

2.3.1 L'altitude de croisière (FL)

La densité minimale (fortement faible) en haute altitude permet à l'aéronef de générer moins de puissance pour se déplacer, et aussi il y a moins de traînée (moins de frottement) et tout cela pour vitesse bien déterminée en opération, donc ce qui permet un gain de consommation, par contre il existe une limite haute qui empêche les avions de monter au-delà d'une certaine altitude. [1] ;

La phase de croisière est en principe la partie la plus longue d'un vol. Les performances de l'avion sont donc optimisées pour cette phase. L'altitude de croisière choisit en fonction des performances de l'avion, de la durée de la croisière (les temps de montée et de descente ne sont pas négligeables) et la masse de l'avion. [4] ;

Il existe des contraintes qui influent sur le choix de l'altitude croisière, qui ne sont pas liés à la capacité d'avion, comme les exigences de l'ATC et les affectations de niveau de vol. Le rayon d'action spécifique augmente avec l'altitude à une valeur maximale. Au-dessus de cette valeur le rayon d'action spécifique diminue [4] ;

Pour un mach retenue, il existe une altitude optimale de vol a la quelle l'avion se trouve a la finesse maximale. [6] ;

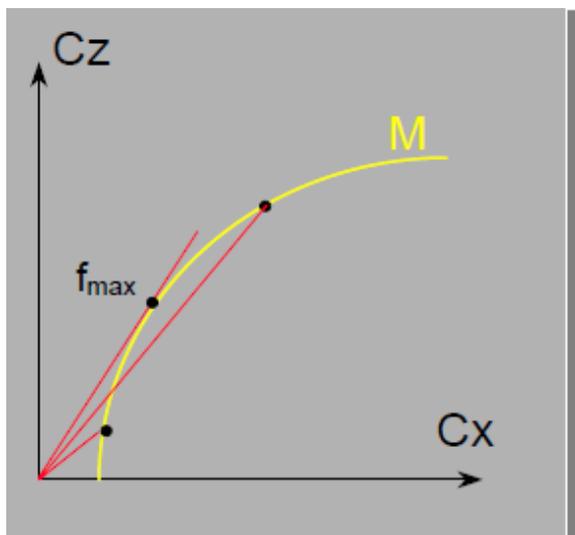


Figure2-3: La finesse maximale [6]

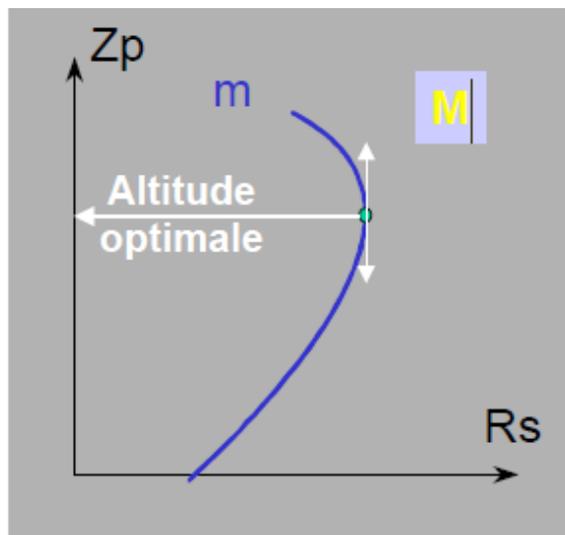


Figure 2-4 : La relation entre Rs et m.[6]

2.3.2 La masse de l'avion

Tout excès de masses sur un avion prêt a décoller peut engendrer une surconsommation, qui veut dire une perte de carburant.

Une variation d'une tonne sur la masse à vide provoque une variation de 3.5 tonnes sur la masse au décollage.

La compagnie aérienne est dans l'obligation de mettre en œuvre des systèmes ou des moyens de connaissance du poids précis avant le décollage (30 mn avant le décollage), afin de s'assurer que les prévisions de consommation carburant sont précises, techniquement provoqué : la consommation carburant augmente avec un poids de plus en plus important.

L'élimination progressive du double emport par la mise en place d'un catering local dans les aéroports de destination et la limitation de la masse d'eau emportée.

Il existe une relation inversement proportionnelle entre la masse (généralement si nous sommes dans la marge d'une charge importante), avec la pente (que ce soit au décollage, ou a la remise des gazes lors d'un atterrissage interrompu).

$$\text{Pente \%} = \left(\frac{\text{poussée}}{\text{poids}} - \frac{1}{f} \right) [2-4] ; \text{ avec : } f = \frac{Cz}{Cx} [2-5] ;$$

2.3.3 Le roulage au sol

Le temps réel du roulage a besoin d'être dirigé, puisque les évaluations standards ne peuvent être indifférentes vu les différents paramètres : opérationnels, atmosphériques et infrastructurels qui varient d'un aéroport à un autre, et d'une région à une autre.

Les embouteillages et les dimensions de l'infrastructure aéroportuaire (Exemple : la distance séparant la piste et l'aire de stationnement est très longue...) peuvent provoquer une déstabilisation de consommation.

Les nouvelles procédures de roulage au sol, invitent les équipages des avions à utiliser un seul moteur pour le déplacement d'un point à un autre, et cela afin de réduire la consommation au roulage.[17] ;

❖ A noter bien :

On trouve une différence qui peut s'avérer importante dans la valeur théorique du roulage, et la valeur réelle (consommée lors de la réalisation d'un vol), quelques exemples concrets sur la situation réelle pour le Boeing 737-800 :

Tableau 2-4 : La surconsommation au roulage [17]

Départ/arrivée	Tout-off (min)	Ton-in(min)	MOY TAXI (min)	FF TAXI (KG)	Diff avec (150 kg)
ALG/BJA	10	6	16	240	90
ALG/BKO	6	9	15	225	75
ALG/ORY	9	9	18	270	120
MOYENNE	8.33	8	16.33	245	95

Avec une consommation de : 15kg/mn, et une durée de roulage estimée dans le plan de vol de 10 mn : le roulage égalera à 150kg, mais en réalité : le temps de roulage mn moyenne est égale à : $\frac{(16+15+18)}{3} = 16.33mn$, qui correspondra à 245kg en moyenne, et nous déduirons que la quantité théorique est mal estimée, par rapport à la réalité vue les différents paramètres influents directement sur la quantité brûlée .

2.3.4 Le centrage

Le centrage d'un avion signifie la détermination de la position du centre de gravité et vérifier que celui-ci se trouve dans les limites admises. [18] ;

Le centrage est exprimé en pourcentage de la corde aérodynamique moyenne de l'aile. [18] ;

La limite arrière du centrage est fixée par la limite de stabilité tandis que la limite avant est déterminée par la limite de maniabilité.[18] ;

L'influence du centre de gravité sur la consommation du carburant :

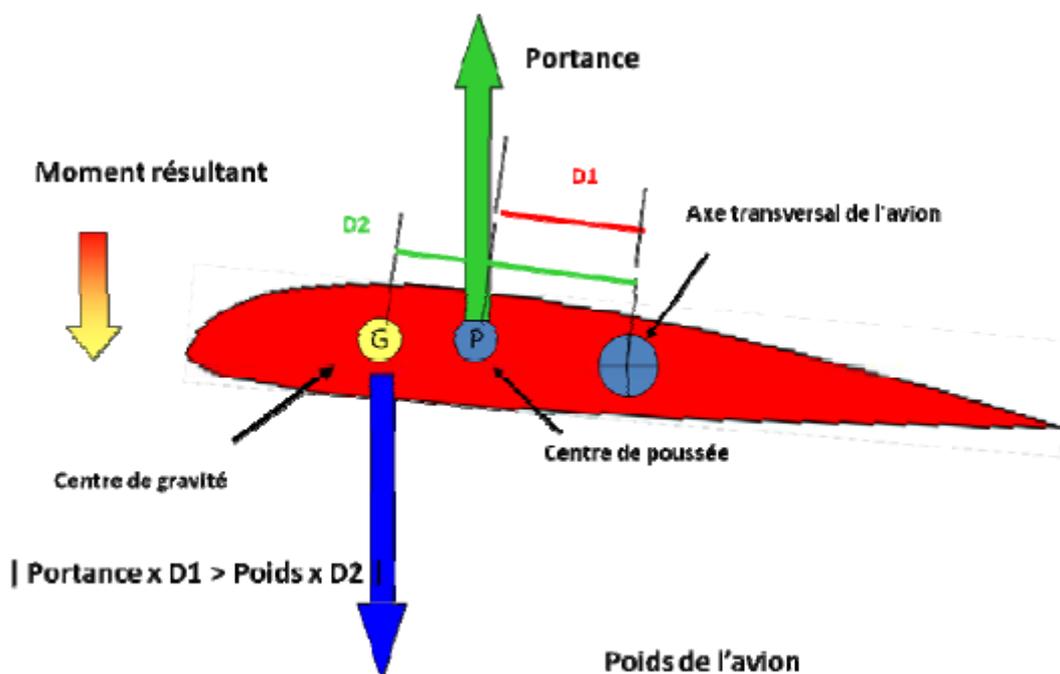


Figure 2-5 : Equilibre avion-[18]

Avec un centrage très en avant, le moment résultant des forces aérodynamiques (Portance) et massiques (Poids) par rapport à l'axe de tangage de l'avion (Point neutre) est fortement piqueur.

C'est à-dire que le « nez » de l'avion a tendance à descendre. Pour équilibrer cette tendance, il faut rendre l'empennage horizontal fortement « sous porteur ». Tout revient de fait à « rajouter du poids » sur l'avion, donc à augmenter sa consommation de carburant. [9] ;

L'idéal est de centrer l'avion suffisamment vers l'arrière pour que le moment résultant soit le plus faible possible et donc que l'empennage soit faiblement sous porteur voire neutre, ce qui est la situation optimale. [9] ;

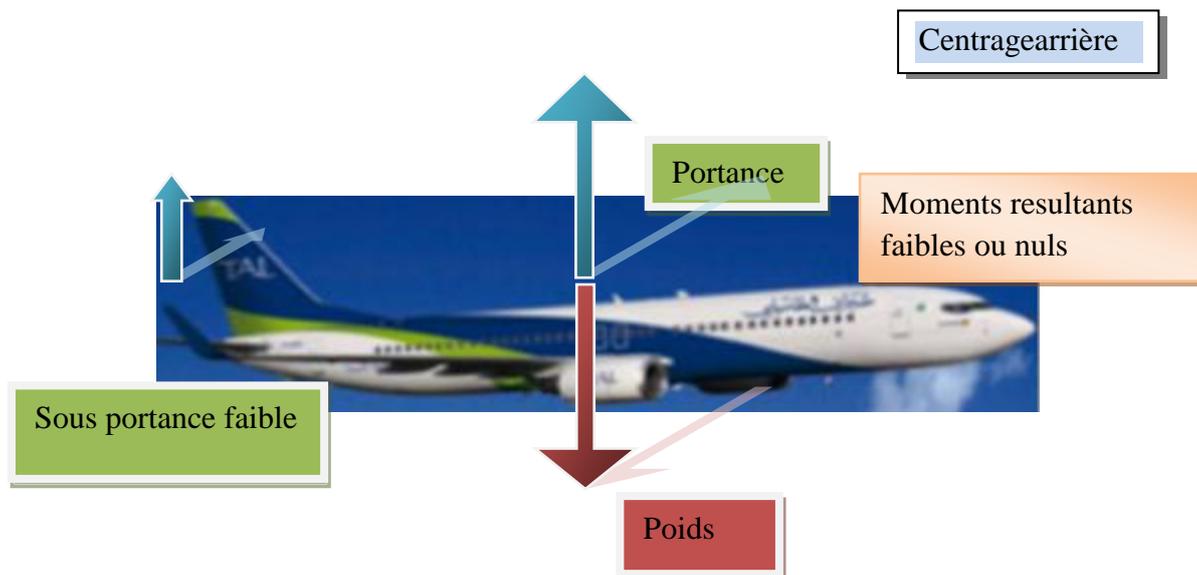


Figure 2-6 : Le centrage optimal [3]

2.3.5 La route choisie avec les distances parcourues

Le choix de la route et de la piste destinée au décollage peut y être d'une importante influence sur la consommation, regroupées dans un semestre ou année va engendrer des sommes considérables (perdues ou gagnées) tout dépend des choix à faire pour la réalisation de l'étape. [4]

Définir les différentes routes que nous pourrions suivre en fonction des conditions météorologiques, ainsi que les taxes de survol, qui ont une influence directe sur l'exploitation, serait une économie faramineuse de plus pour chaque vol. [17]

Le choix de la piste au décollage peut s'avérer un point très important dans l'évolution de vol, car une piste bien choisit peut faire gagner beaucoup de temps, carburant pour une compagnie aérienne, que ce soit pour le roulage au sol, ou bien l'évolution dans l'air. [17]

2.3.6 Les conditions météorologiques

❖ La température:

La température a une impacte importante sur le vol tout entier, vue la relation directe entre le fonctionnement des moteurs avec son rendement directe, et son impact sur les masses de l'avion, et le carburant à charger ainsi que la charge offerte : si la température augmente, on aura la poussée qui diminue, alors sois obligation de gagner plus de vitesse avec l'action de pousser plus la manette des gazes, ce qui nous coutera d'avantage de carburant, sois de réduire totalement les masses de l'avion (alléger un peut l'aéronef).

Exemple : Pour chaque degrés celcius au dessus de ISA, il y'a une correction fuel qui est faite, elle est calculée ainsi, pour les avions A318, A319, A320 et A321 :

$$\Delta \text{Fuel} = 0.015 (\text{KG}^0 \text{C/NM}) * \Delta \text{ISA} (\text{°C}) * \text{DISTANCE EN AIR (NM)}. [15] \quad [2-6]$$

❖ **Le vent**

Le vent est un paramètre fortement important dans le vol, il peut être favorable s'il est vent arrière, il peut être défavorable si il est vent de face, l'avion a besoin de plus de puissance pour avancer, ce qui engendre une surconsommation, tout a fait le contraire quand le vent est favorable car l'avion consomme moins. [4] ;

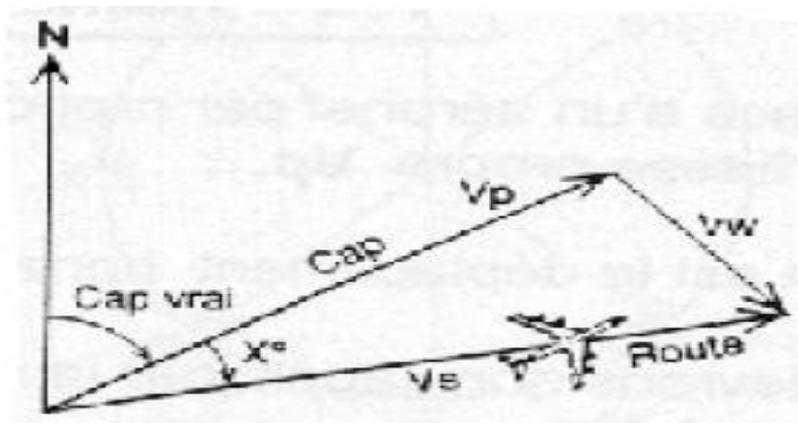


Figure 2-7: Le triangle des vitesses.[11]



VW : est la vitesse du vent.

Il faut noter que le vent souffle toujours du cap vers la route.[11] ;

❖ **Le givre**

Le givrage peut s'avérer très couteux et dangereux pour un vole en même temps, en regardant les pertes importantes dans le carburant, et cela a cause de l'augmentation du poids de l'avion (ce qui augmente la consommation d'une manière automatique), l'augmentation de la traînée aussi peut engendrer une surconsommation, et aussi les systèmes d'antigivrage qui coutent du carburant de plus a l'avion d'une part, et avec les problèmes très dangereux tel que : le changement du centre de gravité, le blocage des parties mobiles de l'avion (ailerons, gouvernes...) d'autre part..[12] ;

Exemple :

Tableau 2-5 : l'influence de l'antigivrage sur la consommation pour l'A318, l'A319, l'A320, l'A321 [15]

Climb :250KT/300KT/M.78-Cruise :M.78-Dscent :M.78/300KT/250KT-IMC Procedure :120KG(6mn)						
AIR DIS	FLIGHT LEVEL			CORRECTION ON FUEL CONSUMMATION (KG/1000KG)		
	FL290	FL310	FL330	FL290-310	FL330-350	FL370/390
200	1628	1616	1610	13	15	/
400	2802	2721	2656	18	22	0
Law Air Conditionning Δ FUEL=-0.5%		Engine Anti Ice On Δ FUEL=+2%			Total Anti Ice On Δ FUEL= +4.5%	

Un surplus de 2% de fuel si l'antigivrage moteur est allumé, et 4.5% l'antigivrage totale est allumé ;

Les moteurs a carburateur, et a hélice a calage fixe peuvent être atteints par le givrage, et a pour conséquence la chute immédiate du régime. [7] ;

2.3.7 Les régimes de vol

La plus grande partie du temps et du carburant d'étape sont consommés dans la croisière de vol, donc c'est ce qui fait d'elle la plus important donc le choix d'un Mach de croisière répondant à des caractéristiques donnés s'appelle régime de vol, on distingue généralement :

- ❖ MRC(Maximum Range Cruise) qui correspondant au maximum de rayon d'action R_s , c'est la vitesse qui fournira la plus grande distance parcourue pour une quantité donnée de carburant consommé et le minimum de carburant consommé sur une distance de croisière donnée, lorsque la masse diminue en générale M_{MR} diminue alors que la consommation distance minimale C_d mais la vitesse est faible. Il est utilisé uniquement en secours, pendant un vol, si problème de surconsommation en carburant et pas de programmation de vol au MR. [13] ;
- ❖ LRC (Long Range Cruise) qui correspondant à 99% au rayon d'action R_s maxi c.-à-d. LRC est défini comme la vitesse au-dessus de la MRC qui se traduira par une baisse de 1% en rayon d'action spécifique (NM/Kg) ou par lb de carburant consommé donc on a un gain de vitesse qui compense, au plan économique par conséquent l'augmentation de consommation distance C_d .

- ❖ il est utilisé en première approche d'un régime de vol économique (bon compromis entre temps de vol et consommation et détermination de la réserve de dégagement. [13] ;
- ❖ Mach PRM (prix de revient minimal) C'est le Mach économique de croisière qui optimise le cout de l'étape en considérant le cout de carburant et le cout marginal de l'heure de vol [12].

2.3.8 La configuration avion

Le comportement de l'avion dans le vol peut influencer la consommation, et les choix du pilote en ce qui concerne le braquage volets, et le moment de la sortie des trains d'atterrissage peuvent être des facteurs couteux pour la compagnie surtout en cas de répétition de l'action.

- ❖ Les volets et leurs utilisations :

Choisir le réglage des volets le plus faible, en respectant les exigences de performance, ce qui nous permet de :

Réduire la trainée, moins de temps passé à basse altitude et par conséquent moins de consommation de carburant, meilleurs performances de montées ; Au décollage, un braquage de volets faible va augmenter la vitesse de décollage, donc la distance de décollage pour assurer l'économie carburant en diminuant la consommation.

Ils peuvent avoir également un réglage semblable en croisière. Les volets et les spoilers peuvent être ajustés pendant le vol pour optimiser le rendement aérodynamique de la voilure. En croisière les volets peuvent passer de $+4^\circ$ à -2° , ce qui permet de réduire la trainée jusqu'à 2% à la masse maximale, entraînant ainsi des économies de carburant considérables.

- ❖ Les économies de carburant liées à la sortie des volets retardée :

Selon le réglage des volets et le modèle d'avion, l'approche avec sortie des volets retardée utilise 15 à 380 lb de carburant moins que dans le cas de l'approche standard avec le réglage des mêmes volets.[4]

Tableau 2-6 : La consommation de carburant pour la procédure de sortie des volets retardé pour les B737. [4]

Masse a l'atterrissage (kg)	Volet en atterrissage (degrés)	procédure	Carburant consommé
54431	30	Standard	104
		Retardé	97
	40	Standard	121
		retardé	104

- ❖ La position excessive des trains d'atterrissage "gear down" :

En général, les prévisions de carburants sont calculées pour des configurations avions propres, ce qui veut dire : les volets, spoilers, trappes et trains d'atterrissage sont utilisés juste dans les normes et aucun abus d'utilisation marquée. Donc en prenant l'exemple du train d'atterrissage : si on a un temps un peu élevé de train sorti, certainement on va marquer une surconsommation et cela est due a la traînée augmentée aussi. [12] ;

2.3.9 Les paramètres moteurs

Sans négliger l'aspect économique ou environnemental, la puissance utilisée a une influence sur la consommation de carburant.

Les moteurs principaux

Nous pouvons trouver dans des compagnies aériennes des avions équipés de turbopropulseurs ou de turboréacteurs, ces avions peuvent être bimoteurs, trimoteurs ou quadri moteurs, tout dépend des fonctions, des utilités, des étapes réalisées par des avions et des challenges économiques aussi.

Pour le contrôle de la consommation des moteurs ainsi que leurs sensibilités au facteur « dégradation », on doit mettre en service des systèmes de suivi de performances pour la mesure des consommations réelles de ces moteurs car il est bien sure qu'au fil des années la consommation du carburant augmente, facteur du a plusieurs paramètres par exemple : la combustion qui s'éloigne de l'excellence et par conséquent des mélanges non brulés causant une certaine lenteur dans les régimes de vol, en suite le pilote pousse encore plus la manette des gazes pour être dans les normes de vitesses, ensuite on aura comme résultat une sur consommation. Donc le but principale de déterminer la consommation réelle pour un avion avec des moteurs données, c'est de déterminer avec exactitude le carburant a emporter, car des situations d'imprévu peuvent survenir lors d'un vol (low fuel).

En pratique chaque avion est légèrement un peut loin de la consommation fixée par le constructeur, mais le surplus du carburant embarqué certes va nous assurer une sécurité vis-à-vis le risque de panne de fuel, mais les données économiques vont être atteintes car des fois on a un excès de surplus (fuel qui ne sert a rien) qui va faire perdre de l'argent pour la compagnie aérienne donc c'est pour cela il faut rappeler toujours a Controller a consommation réelle pour ne pas être très loin d'un éventuel surplus.

Lors d'une panne survenue dans un avion pour un moteur (engine failure), il est recommandé d'opter immédiatement pour le régime maxi range afin d'optimiser en distance tout en contrôlant la consommation. [14] ;

Tableau 2-7 : la consommation avec un seul moteur en marche pour un A330. [14]

A330 FLIGHT CREW OPERATING MANUAL		SINGLE ENGINE OPERATIONS STANDARD STRATEGY			3.06.30 P 3		SEQ 165 REV 11		
DESCENT - M.82/300KT - 1 ENGINE OUT									
MAX. CONTINUOUS THRUST LIMITS				ISA		MINIMUM RATE OF DESCENT 500FT/MIN			
PACK FLOW HI				CG = 30.0%					
ANTHICING OFF									
WEIGHT (1000KG)	150				200				IAS (KT)
	FL	TIME (MIN)	FUEL (KG)	DIST. (NM)	MODE	TIME (MIN)	FUEL (KG)	DIST. (NM)	
410	51.4	3935	357	MCT	49.2	3875	340	MCT	243
390	49.4	3827	342	MCT	47.7	3797	329	MCT	255
370	47.3	3700	326	MCT	46.1	3695	316	MCT	267
350	45.3	3562	310	MCT	44.3	3577	302	MCT	279
330	43.3	3423	294	MCT	42.6	3454	289	MCT	292
310	41.2	3255	277	MCT	40.5	3291	272	MCT	300
290	37.9	2995	252	MCT	37.6	3060	250	MCT	300
270	34.0	2665	222	V/S	34.0	2753	222	V/S	300
250	30.0	2336	193	V/S	30.0	2407	193	V/S	300
240	28.0	2174	179	V/S	28.0	2238	179	V/S	300
220	24.0	1853	151	V/S	24.0	1903	151	V/S	300
200	20.0	1537	124	V/S	20.0	1574	124	V/S	300
180	16.0	1224	98	V/S	16.0	1250	98	V/S	300
160	12.0	914	72	V/S	12.0	932	72	V/S	300
140	8.0	608	47	V/S	8.0	618	47	V/S	300
120	4.0	303	23	V/S	4.0	307	23	V/S	300
100	.0	0	0	V/S	.0	0	0	V/S	300
CORRECTIONS		ENGINE ANTI ICE ON		TOTAL ANTI ICE ON		per 1° above ISA			
TIME		-		-		-			
FUEL		+ 1 %		+ 2 %		+ 0.25 %			
DISTANCE		-		-		+ 0.20 %			

11.3-08PGA330-243 RR TRFNT 7728 232000/03040300 0 018590 0 0 3 3 0 500.00 0 02 302000.000 300 0 FCOM-00-00-36-300-XXX

La consommation de l'APU

L'unité auxiliaire peut s'avérer très importante en vol, elle présente un rendement technique de 45% pour une consommation de 0.65KG/KWH.

L'APU est utilisé pour la production du courant électrique, l'air conditionné ainsi que le dégivrage. [14] ;

❖ La consommation au sol :

Tableau 2-8 : La consommation de l'APU en vol d'un B737-800. [14]

Modèle	Sans charge	Charge électrique et pneumatique KG/h.
B737	68	105

❖ La consommation en vol :

Tableau 2-9 : consommation de l'APU en vol d'un B737. [14]

Altitude pression (1000ft)	APU fuel flow (kg/h)
39 ; 35 ; 31	45 ; 45 ; 50
25 ; 20 ; 15	60 ; 65 ; 75
10 ; 5	85 ; 95

L'utilisation excessive de l'APU est due a :

- GPU non disponible ;
- Non disponibilité d'équipement d'air conditionné au sol ;
- Manque de personnel au sol a fin de brancher les équipements au sol ;
- Des avions laissés avec leur APU en marche ;
- Le tractage excessif de l'aéronef en utilisant l'APU ;
- Un aéronef branché au GPU, avec un APU mis en marche ;
- La préférence de l'utilisation de l'APU.
- L'utilisation de l'APU dans certains cas ou il n ya pas de nécessité en vol, au décollage et au roulage ;
- Le remplacement de l'alternateur par l'APU en cas de panne du premier.

2.3.10 La politique de la compagnie

Les compagnies aériennes ayant investi sur une flotte avec des avions neufs, ayant une technologie de pointe, sont nettement plus économiques coté carburant qu'une flotte plus âgée ;

La compagnie compte s'attaquer à la masse des avions car plus l'avion est léger, moins il consomme de carburant. Elle passe à la loupe l'ensemble des équipements et du matériel à bord par l'utilisation de l'EFB (electronic flight bag) ou (Sac de vol électronique), qui est un dispositif électronique de gestion de l'information qui aide les équipages à effectuer des tâches de

gestion de vol plus facilement et plus efficacement avec moins de papier. Il s'agit d'une plateforme informatique d'usage général destinée à réduire ou remplacer le matériel de référence à base de papier comme le manuel de l'avion, d'exploitation, manuel d'exploitation des équipages de conduite, et les cartes de navigation (y compris carte mobile pour opérations aériennes et terrestres). En outre, l'EFB peut héberger des applications logicielles spécialement conçues pour automatiser d'autres fonctions, normalement effectuées à la main, comme les calculs de performances de décollage, centrage... [4].

2.3.11 La contrainte aérodynamique : trainée

Les inégalités des surfaces extérieure d'un avion se traduisent par une augmentation de la trainée et de la consommation du carburant .Un programme d'inspections régulières des surfaces extérieures des avions devrait être mis en point, afin de repérer et de corriger les défauts de surface comme peinture écaillée, égratignures et joints endommagés. Des inspections portant sur la trainée aérodynamique doivent être ajoutées aux vérifications de type A que subit l'ensemble des avions, une fois toutes les quatre semaines par nombre d'heure de vol.[7] ;

- Point d'application : centre de poussée ;
- Direction : parallèle à l'écoulement de l'air ;
- Sens : du bord d'attaque au bord de fuite ;

$$\text{Intensité : } F_x = \frac{1}{2} \rho z \cdot V_p^2 \cdot S \cdot C_x \quad [2-7]$$

❖ Les types de trainées :

-De forme.

-De frottement.

-Induite : la formule de la trainée est : $C_x = \frac{C_z \cdot C_z}{\pi \cdot \lambda}$ (elle sera plus importante, avec l'augmentation de C_z et aussi l'allongement λ quand il est faible.

En résumé :

$$C_x \text{ totale} = C_x \text{ forme} + C_x \text{ frottement} + C_x \text{ induite.}$$

Les effets F_x sont proportionnels a :

- La pression (dynamique $\frac{1}{2} \rho z \cdot V_p^2$) ;
- La surface S ;

-Le coefficient aérodynamique C_x qui tient en considération : la forme, l'état de surface et l'incidence.

2.3.12 : La densité du carburant

La densité du carburant est un rapport de la masse du liquide au volume occupé par la matière liquide.

Le JET A-1 est un carburant de type kérosène convenant à la plupart des avions à réacteurs. Il satisfait à des exigences internationales rigoureuses, notamment à celles de la dernière version de la norme britannique DEF STAN 91-91, de la norme US ASTM D1655, et de la spécification F-35 de l'OTAN. Il a un point d'éclair supérieur à 38 °C (100 °F) et un point de congélation maximal de -47 °C. C'est le carburant utilisé en général par les avions en Algérie il est contrôlé et servi par la société NAFTAL, qui possède 4 raffineries dans le territoire :

La raffinerie de Hassi Messaoud, avec une densité moyenne : $\rho=0.786\text{Kg/L}$;

La raffinerie de Skikda, avec une densité moyenne : $\rho=0.792\text{Kg/L}$;

La raffinerie d'Oran, avec une densité moyenne : $\rho=0.794\text{Kg/L}$;

La raffinerie d'Alger, avec une densité moyenne : $\rho=0.8028\text{Kg/L}$.

Des densités mesurées dans des conditions standards (15 °C), la moyenne de la densité en Algérie varie entre : $\rho=0.784\text{Kg/L}$, jusqu'à $\rho=0.795\text{Kg/L}$, la conformité du produit est certifiée dans le domaine suivant : $\rho \in [0.775;0.840](795\text{Kg/L})$, les carburant ayant une densité avoisinante les 0.775Kg/L sont appelés les : Produits légers, les carburant ayant une densité avoisinante les 0.840 Kg/L sont appelés les : Produits lourds, la valeur maximale atteinte en Algérie est de 0.800Kg/L, et le produit algérien est parmi les meilleurs du monde actuellement, il y'a deux manières pour la définition de la densité :densité lue, a n'importe quelle température en suite elle est corrigée en standard.(l'équivalent en densité a 15°C) , et densité affichée par la méthode automatique, et corrigée a 15°C .[19] , La pression Atmosphérique n'influe pas sur la densité, la consommation varie en fonction de la densité du carburant, car la consommation est inversement proportionnelle avec la densité : si la densité augmente, la consommation diminue, et le contraire est juste, la densité du carburant risque aussi de varier pendant le vol, et c'est pour cela qu'on peut toujours être limité par la capacité réservoir, le prix du carburant est calculé 3 fois par mois, en prenant une densité moyenne, et en fin la température influe sur la densité du carburant :[19] ;

Tableau 2-10: La table A-53 des conversions de densités carburant. [19]

ASTM—IP		Table 53 * Density Reduction to 15°C.									0,780-0,789 25-50°C.
Observed Temperature, °C.	Observed Density										
	0,780	0,781	0,782	0,783	0,784	0,785	0,786	0,787	0,788	0,789	
Corresponding Density 15°C.											
25.0	0,7873	0,7883	0,7892	0,7902	0,7912	0,7922	0,7932	0,7942	0,7952	0,7961	
25.5	0,7876	0,7886	0,7896	0,7906	0,7916	0,7926	0,7935	0,7945	0,7955	0,7965	
26.0	0,7880	0,7890	0,7899	0,7909	0,7919	0,7929	0,7939	0,7949	0,7959	0,7968	
26.5	0,7883	0,7893	0,7903	0,7913	0,7923	0,7933	0,7942	0,7952	0,7962	0,7972	
27.0	0,7887	0,7897	0,7907	0,7916	0,7926	0,7936	0,7946	0,7956	0,7966	0,7976	
27.5	0,7891	0,7900	0,7910	0,7920	0,7930	0,7940	0,7949	0,7959	0,7969	0,7979	
28.0	0,7894	0,7904	0,7914	0,7924	0,7933	0,7943	0,7953	0,7963	0,7973	0,7983	
28.5	0,7898	0,7907	0,7917	0,7927	0,7937	0,7947	0,7957	0,7966	0,7976	0,7986	
29.0	0,7901	0,7911	0,7921	0,7931	0,7940	0,7950	0,7960	0,7970	0,7980	0,7989	
29.5	0,7905	0,7914	0,7924	0,7934	0,7944	0,7954	0,7964	0,7973	0,7983	0,7993	
30.0	0,7908	0,7918	0,7928	0,7938	0,7947	0,7957	0,7967	0,7977	0,7987	0,7996	
30.5	0,7912	0,7922	0,7931	0,7941	0,7951	0,7961	0,7971	0,7980	0,7990	0,8000	
31.0	0,7915	0,7925	0,7935	0,7945	0,7954	0,7964	0,7974	0,7984	0,7994	0,8003	
31.5	0,7919	0,7929	0,7938	0,7948	0,7958	0,7968	0,7978	0,7987	0,7997	0,8007	
32.0	0,7922	0,7932	0,7942	0,7952	0,7961	0,7971	0,7981	0,7991	0,8001	0,8010	
32.5	0,7926	0,7936	0,7945	0,7955	0,7965	0,7975	0,7984	0,7994	0,8004	0,8014	
33.0	0,7929	0,7939	0,7949	0,7959	0,7968	0,7978	0,7988	0,7998	0,8007	0,8017	
33.5	0,7933	0,7943	0,7952	0,7962	0,7972	0,7982	0,7991	0,8001	0,8011	0,8021	
34.0	0,7936	0,7946	0,7956	0,7966	0,7975	0,7985	0,7995	0,8005	0,8014	0,8024	
34.5	0,7940	0,7950	0,7959	0,7969	0,7979	0,7989	0,7998	0,8008	0,8018	0,8028	
35.0	0,7943	0,7953	0,7963	0,7973	0,7982	0,7992	0,8002	0,8012	0,8021	0,8031	
35.5	0,7947	0,7957	0,7966	0,7976	0,7986	0,7996	0,8005	0,8015	0,8025	0,8034	
36.0	0,7950	0,7960	0,7970	0,7980	0,7989	0,7999	0,8009	0,8018	0,8028	0,8038	
36.5	0,7954	0,7964	0,7973	0,7983	0,7993	0,8002	0,8012	0,8022	0,8032	0,8041	
37.0	0,7957	0,7967	0,7977	0,7986	0,7996	0,8006	0,8016	0,8025	0,8035	0,8045	
37.5	0,7961	0,7970	0,7980	0,7990	0,8000	0,8009	0,8019	0,8029	0,8038	0,8048	
38.0	0,7964	0,7974	0,7984	0,7993	0,8003	0,8013	0,8022	0,8032	0,8042	0,8052	
38.5	0,7968	0,7977	0,7987	0,7997	0,8006	0,8016	0,8026	0,8036	0,8045	0,8055	
39.0	0,7971	0,7981	0,7991	0,8000	0,8010	0,8020	0,8029	0,8039	0,8049	0,8058	
39.5	0,7975	0,7984	0,7994	0,8004	0,8013	0,8023	0,8033	0,8042	0,8052	0,8062	
40.0	0,7978	0,7988	0,7997	0,8007	0,8017	0,8026	0,8036	0,8046	0,8055	0,8065	
40.5	0,7981	0,7991	0,8001	0,8010	0,8020	0,8030	0,8039	0,8049	0,8059	0,8069	
41.0	0,7985	0,7995	0,8004	0,8014	0,8024	0,8033	0,8043	0,8053	0,8062	0,8072	
41.5	0,7988	0,7998	0,8008	0,8017	0,8027	0,8037	0,8046	0,8056	0,8066	0,8075	
42.0	0,7992	0,8001	0,8011	0,8021	0,8030	0,8040	0,8050	0,8059	0,8069	0,8079	
42.5	0,7995	0,8005	0,8014	0,8024	0,8034	0,8043	0,8053	0,8063	0,8072	0,8082	
43.0	0,7999	0,8008	0,8018	0,8028	0,8037	0,8047	0,8056	0,8066	0,8076	0,8085	
43.5	0,8002	0,8012	0,8021	0,8031	0,8041	0,8050	0,8060	0,8069	0,8079	0,8089	
44.0	0,8005	0,8015	0,8025	0,8034	0,8044	0,8054	0,8063	0,8073	0,8082	0,8092	
44.5	0,8009	0,8018	0,8028	0,8038	0,8047	0,8057	0,8067	0,8076	0,8086	0,8096	
45.0	0,8012	0,8022	0,8031	0,8041	0,8051	0,8060	0,8070	0,8080	0,8089	0,8099	
45.5	0,8016	0,8025	0,8035	0,8044	0,8054	0,8064	0,8073	0,8083	0,8092	0,8102	
46.0	0,8019	0,8029	0,8038	0,8048	0,8057	0,8067	0,8077	0,8086	0,8096	0,8106	
46.5	0,8022	0,8032	0,8042	0,8051	0,8061	0,8070	0,8080	0,8090	0,8099	0,8109	
47.0	0,8026	0,8035	0,8045	0,8055	0,8064	0,8074	0,8083	0,8093	0,8103	0,8112	
47.5	0,8029	0,8039	0,8048	0,8058	0,8067	0,8077	0,8087	0,8096	0,8106	0,8116	
48.0	0,8033	0,8042	0,8052	0,8061	0,8071	0,8080	0,8090	0,8100	0,8109	0,8119	
48.5	0,8036	0,8045	0,8055	0,8065	0,8074	0,8084	0,8093	0,8103	0,8113	0,8122	
49.0	0,8039	0,8049	0,8058	0,8068	0,8078	0,8087	0,8097	0,8106	0,8116	0,8126	
49.5	0,8043	0,8052	0,8062	0,8071	0,8081	0,8090	0,8100	0,8110	0,8119	0,8129	
50.0	0,8046	0,8056	0,8065	0,8075	0,8084	0,8094	0,8104	0,8113	0,8123	0,8132	

2.3.13 Les personnes influentes sur la consommation

Certains choix faits par les services des opérations aériennes, l'équipage de conduite ou le personnel de maintenance peuvent influencer directement ou indirectement sur la consommation du carburant. Techniquement parlant : si un ingénieur des opérations aériennes décide de programmer un vol en réduisant d'un pourcent (1%) la masse maximale à l'atterrissage par exemple, on aura 0.75% pour les futures A350, de réduction de la consommation carburant (moteurs à taux dilution élevés), et 1% de réduction de carburant consommé (moteurs à faible

taux dilution), et pour cela il est du devoir des opérations aériennes d'optimiser tout les paramètres opérationnels afin de réduire la consommations, Le pilote doit recommander de voler en mode de gestion de carburant l'aide de FMS (flight management system), en effet en volant selon cost index donné donc la possibilité de réaliser des économies de carburant .L'entretien des avions a pour but de maintenir en permanence les avions en état de navigabilité, c'est-à-dire entretenir leurs performances essentielles qui garde toujours une consommation standard.[4] ;

2.3.14 L'emport du carburant

L'emport carburant consiste a charger plus de carburant que le nécessaire a l'aéroport de départ, pour réduire la quantité de carburant manquante a ajouter et acheter à l'aéroport de destination, et assurer un profit pour les compagnies aériennes, dans le but de les satisfaire toute en assurant une rentabilité assez suffisante, permettant de couvrir le surplus de carburant embarqué [4].

Certaines compagnies aériennes utilisent une politique qui consiste a prendre une quantité du carburant de l'étape suivante : qui peut être totale ou partielle, et cela tout en respectant les différentes limitations que ce soit opérationnelles ou structurales avion, qui a pour différents objectifs, en l'occurrence : des gains financiers, l'assurance de présence du fuel en cas d'atterrissage sur un aérodrome avec des systèmes de refueling qui ne répondent pas en quantité et voir même en qualité aux besoins de la compagnie...Cependant cette procédure est directement reliée a la consommation de carburant supplémentaire pour transporter cette charge qui n'entre certainement pas dans l'étape allé, et cela pour chaque 1000 kg on a une quantité de carburant en plus consommés pour le transport de cette charge.

2.4 Méthodes pour la réduction de la consommation carburant

2.4.1 Masses et centrage

- Un centrage plus à l'arrière ;
- La gestion automatique du centre de gravité, gestion du carburant par les calculateurs de bord ;
- Eviter les surpoids inutiles. [8].

2.4.2 Planification de vol

- Avoir des données de bonne précision, a probabilité d'exactitude élevée, en l'occurrence : La température, vent, le poids de l'avion, la charge utile, carburant embarqué...etc. ;
- Optimisation des vitesses et des niveaux de vols ;

-Optimisation des routes aériennes, tout en répondant aux exigences de l'ATC, et aux critères économiques des exploitants. [8].

2.4.3 La flotte de la compagnie

- La mise en place d'un programme de contrôle de performances des avions ;
- Utiliser le facteur approprié au matricule individuel ou a une flotte d'aéronef ;
- Minimiser les réserves de carburant d'urgences, en utilisant des aérodromes de dégagement en route ou une procédure de réacheminement ;
- Un avion dans le coté aérodynamique propre ;
- Des moteurs bien entretenus. [8] .

2.4.4 L'équipement au sol et l'APU

- Démarrer l'APU 10 minutes avant le départ ;
- Démarrer l'APU avant d'arriver à la porte pour un arrêt moteur immédiat ;
- L'arrêt de l'APU 5minutes après l'arrivée à la porte.. [17].

2.4.5 La conduite de vol [14]

- ❖ Volet décollage : Le réglage le plus bas des volets/becs de bord d'attaque (volet zéro) donnera la plus faible consommation de carburant et le meilleur profil de vol. D'autres priorités, comme maximiser la masse au décollage etc., peuvent nécessiter d'autres réglages des volets ;
- ❖ Altitude d'accélération décollage : L'altitude d'accélération minimum requise par les règlements optimisera la consommation de carburant.

❖ La montée :

Tableau 2-11: La consommation des AIRBUS en fonction de vitesse dans la montée.

Aircraft	Climb Mach No.	ΔFuel – kg				
		270KT	280 KT	300 KT	320 KT	330 KT
A300	0.78	+40	+15	0	+5	+10
A310	0.79		+5	0	+5	+15
A318/A319/A320	0.78		-15	0	+30	+70
A321	0.78		-10	0	+25	+60
A330	0.80	+15	+5	0	+20	+35
A340-200	0.78	+45	+20	0	+10	+25
A340-300	0.78	+105	+50	0	-5	+20
A340-500/600	0.82		+135	0	-5	-10

- ❖ Vol de croisière : Le vol de croisière est la phase la plus importante en termes d'économie de carburant. On peut optimiser l'efficacité énergétique pendant le vol de croisière : Vol de croisière avec montée par paliers (Lorsque l'ATC l'autorise, la montée par paliers permet de rester près de l'altitude optimale), ou vol de croisière à vitesse économique, selon un

$$(C.I. = \frac{\text{Coût temps}}{\text{Coût carburant}}) \text{ donné.} \quad [2-8]$$

- ❖ Descente : La consommation de carburant est la plus basse lorsque : l'indice de coût est bas, la vitesse est basse, l'angle de la trajectoire de descente est peu prononcé, la distance de descente est plus longue, le temps de descente est plus long et le point de début de descente (TOD) est plus hâtif, Le FMS calcule la TOD en fonction de l'indice de coûts.

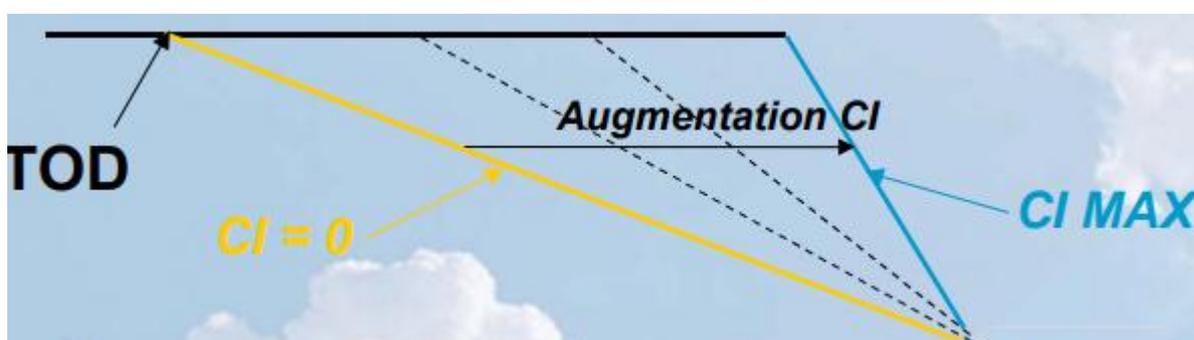


Figure 2-8 : La consommation en descente

- ❖ Attente : La vitesse point vert est la vitesse d'exploitation avec un ou deux moteurs à l'arrêt en configuration lisse; comme cette vitesse correspond approximativement à la plus grande finesse aérodynamique, c'est également la vitesse qui offre la plus faible consommation de carburant ;
- ❖ Approche: Demeurer dans la bonne configuration aussi longtemps que possible, retarder la sélection des embrayages.une approche de descente continue permet d'économiser du carburant. une approche visuelle dans la direction du vent permet d'économiser du carburant, toutefois, il ne faut pas négliger la philosophie de l'approche stabilisée ;
- ❖ Volets d'atterrissage: Le réglage de volet le moins élevé fera économiser du carburant. „ Il faut toutefois tenir compte de la longueur de la piste, du point de sortie, temps d'occupation (occupancy time), des conditions de la surface de la piste, du vent arrière, du refroidissement des freins, des atterrissages Cat 2 ou 3, etc.

2.5 Conclusion

Pour mieux gérer les vols, ainsi que mieux rentabiliser chaque phase de vol, la compagnie aérienne doit prendre en considération chaque facteur : minime ou majeur, en relation directe ou indirecte avec le vol ou la rentabilité et l'optimisation, afin d'améliorer de plus en plus le système des opérations ainsi que les gains enregistrés.

CHAPITRE 3 : L'EMPORT DE CARBURANT

3.1 Introduction

L'une des plus grandes dépenses pour les compagnies aériennes est le carburant pour les avions, précédé seulement par les coûts de main-d'œuvre, il est important pour une compagnie aérienne d'optimiser son utilisation de carburant, une option pour économiser de l'argent sur le carburant est en appliquant une stratégie appelée : Fuel Tankering en anglais, qui veut dire « emport carburant ». Essentiellement, le ravitaillement en carburant est un moyen pour réduire le coût du carburant en faisant le plein aux points de départ où le prix du carburant est plus bas qu'à la destination de l'avion.

3.2 Historique de l'idée d'emport carburant

Depuis 1974 un nombre de compagnies aériennes ont développé des stratégies pour les coûts minimums du carburant à cause de l'embargo arabe de 1973, qui a contribué à doubler en six mois le coût moyen par heure d'utilisation de l'avion. Comme les dépenses pour le carburant, le pétrole et les taxes connexes ont augmenté pour devenir la part du lion des coûts d'exploitation, les compagnies aériennes ont été forcées de mettre l'accent sur la conservation du carburant.

Nash (un ingénieur américain) a utilisé cette motivation pour produire un modèle de programmation linéaire pour développer une alternative simple et peu coûteuse aux programmes complexes exécutés par ce qui était alors un ordinateur «super» (non disponible pour tout le monde). Les hypothèses d'un fournisseur par station, d'un prix par station et de la dépendance linéaire de l'excès de carburant par rapport au poids de l'avion ont simplifié son travail et servi de base aux contraintes opérationnelles que l'USAF utilise pour acheter du carburant. Le programme linéaire de Nash a déterminé le coût global le plus bas pour le vol de Frontière Airlines de Denver (DEN) à Kansas City (MCI) à Saint Louis (STL) en direction de Topeka (FOE) jusqu'à Denver. Les prix du carburant variaient à chaque endroit.

Un programme linéaire a déterminé s'il était moins coûteux de transporter du carburant supplémentaire de la station avant (compte tenu d'une pénalité de coût à porter), ou s'il était moins coûteux de faire le plein à cet endroit. Le programme linéaire a également permis de considérer le problème comme un modèle multi-segments, ce qui signifie que le programme linéaire est programmé pour ravitailler en carburant, si nécessaire, tout le chemin de Kansas City à Topeka, si

Saint Louis n'a pas assez carburant à fournir ou si son prix est trop élevé. Le modèle de Nash a démontré le potentiel d'évitement des coûts de plus de 100 000 \$ en seulement trois mois avec des coûts de mise en œuvre relativement faibles (300 \$ pour les ordinateurs) et des heures de travail (32-40 heures par mois) .

Zouein, Abillama et Tohme ont examiné les économies de coûts associées au transport par citernes de carburant à partir d'emplacements à faible coût, à travers des aéroports de suivi offrant du carburant à un prix plus élevé. Les auteurs ont défini cette étude comme un problème de gestion de carburant avec un problème d'inventaire de capacité sur plusieurs périodes, résolvant une charge optimale de combustible élevée. Ils ont utilisé une simple comparaison des coûts réels par rapport aux coûts projetés du carburant pour établir le modèle de transport par navire-citerne pour un tronçon unique sans aucune contrainte d'approvisionnement ou d'inventaire. Zouein, Abillama et Tohme sont allés plus loin que Nash et ont établi une forte corrélation , avec une analyse de régression entre la quantité de carburant consommée pendant une étape de vol et la durée de vol d'un aéronef donné à une masse spécifique au décollage. Tu ajoute l'explication du principe Zouein, Abillama et Tohme. Ceci est une valeur communément connue dans la communauté de vol et est utilisée comme base de référence importante dans ce document de recherche. L'ensemble de données indiquait également des durées de vol pour l'A310-200 entre 4,42 heures et 5,17 heures. Les auteurs incluent certaines contraintes qui n'ont pas été abordées dans l'article de Nash (telles que les limites de poids au décollage et à l'atterrissage, la capacité de carburant et les marges de sécurité du carburant). Leur étude a porté sur tous les types d'avions de la flotte des compagnies aériennes du Moyen-Orient (MEA), et a conclu qu'une économie de carburant de 10% pourrait être réalisée sans un investissement majeur de la part de la compagnie aérienne participante. [21].

3.3 Présentation de l'emport carburant

3.3.1 Le concept et les objectifs d'emport carburant

Lorsque le prix de carburant à l'aéroport de destination est supérieur à celui de départ, nous pourrions charger plus de carburant pour une meilleure économie pour l'étape retour, la capacité disponible de l'emport de carburant est peut être estimée en fonction de distance et de la charge utile.

L'objectif principale de l'emport de carburant est charger plus de carburant dans l'aéroport de départ pour réduire ou éliminer la quantité de carburant à acheter à l'aéroport de destination;

Lors d'un vol typique (pas d'emport de carburant), l'avion prend la quantité de carburant pour réaliser l'étape allé, ensuite refuele pour la prochaine étape.

Par contre un vol qui emporte du carburant, l'avion se retrouve avec un excès de carburant pour être utilisé dans l'étape suivante. Les économies résultent de l'achat d'un carburant moins coûteux à l'emplacement de départ plutôt que du ravitaillement en carburant plus coûteux au point de transit. [4].

Des avantages indirectes d'utilisation de l'emport de carburant permettent aussi de faire face aux menaces pouvant augmenter la durée de vol comme suit :

- ❖ Faire face des conditions météorologique favorable par exemple : éviter un orage ;
- ❖ Un trafic plus important que d'habitude conduisant à un peu d'attente en vol [21].
- ❖ Eviter une panne technique sur l'avion qui peut causer un prolongement inattendu du vol, comme la non sortie du train d'atterrissage, et cela pourra nous faire éviter une catastrophe, l'un des exemples les plus dramatiques sur le sujet en question est l'accident du DC8 Portland, le 28 décembre 1978 dont 8 passagers ainsi que 2 membres d'équipage trouvèrent la mort, après un défaut de fonctionnement du train d'atterrissage qui est suivie par une défaillance du CDB de :

- Surveiller le niveau du carburant ;
- Surveiller le temps et la distance qui le sépare de Portland ;
- Répondre aux avis de son équipage a propos du carburant.



Figure 3-1 : Accident aérien de Portland.

Il en est résulté l'extinction des moteurs, puis un accident mortel [20].

3.3.2 Les raisons d'utilisation de l'emport de carburant

Plusieurs raisons pour l'emport carburant:

- Le prix du carburant à l'aéroport de destination est supérieur à celui du départ ;

-L'insuffisance ou la rareté de carburant à l'aéroport de destination ;

Exemple des aéroports du sud Algériens, ainsi que l'aéroport à accès restreint (situation en manque d'avitaillement de carburant)

-Qualité de carburant insatisfaisante à l'aéroport de destination ;

-Les services d'avitaillement non convenable à l'aéroport de destination ;

-Réduire le temps d'escale à l'aéroport de destination. [4].

Accélérer les transits downline lorsque le carburant supplémentaire n'est pas une pénalité économique.

Exemple de compagnies aériennes utilisant l'emport carburant :

Tableau 3-1 : Une totale des couts évités par des compagnies aériennes grâce a l'emport carburant dans des périodes bien définies.

Company	Time Period	Number of flights	Number of flight tankering gas	Percentage of Flights	Total cost Avoidance
Fed Ex	Jun 09 - May 10	202,982	24,565	12%	\$7.6 million
UPS	Jan – Sep 10	124,600	27,500	22%	\$7.8 million
Continental	Jan – Nov 10	334,000	45,275	13.5%	\$5.5 million

3.3.3 Les prises en compte lors de l'emport carburant

- ❖ La quantité du carburant embarqué au départ en guise d'emport engendre une consommation supplémentaire, et selon la différente condition du jour et du vol, donc la différence de prix doit couvrir les frais de cette surconsommation ;
- ❖ La quantité de carburant embarqué doit toujours respecter les limitations opérationnelles et structurales avion (MMSD, MMSA, Cr, Température maximale, vent, les différentes vitesses et niveaux de vol, les limitations piste, les régimes de vol...) ;
- ❖ Le niveau de vol initial peut être réduit ; [4]
- ❖ Le poids au décollage devient significativement supérieur, résultats : vitesses supérieur au décollage, poussé réduite rarement appliqué ;[6]
- ❖ Le poids à l'atterrissage devient significativement supérieur, dont risque d'un hard landing;

- ❖ Le cout supplémentaire de maintenance, moteurs, reverse, freins, roues ; [21]
- ❖ La résistance de la structure pour un enchainement de vols avec des poids considérables presque égalant les masses maximales, au fil du temps, ce qui pourrait accélérer le processus de dégradation de l'appareil.
- ❖ Usure et déchirure accrues sur les volets, les freins, les pneus et le train d'atterrissage. [21]
- ❖ Les limites de poids maximum est valable aussi pour l'aéroport de départ, pas qu'a l'aéronef. La longueur de piste pour le décollage et l'atterrissage, les capacités portantes des pistes, les voies de circulation et les rampes doivent toutes être calculée. Utilisé par toutes les compagnies qui utilisent le carburant du pétrolier, habituellement effectué automatiquement par le logiciel de planification de vol. [21]

3.3.4 Certains cas ou il faut éviter l'emport carburant

- Augmentation de la consommation de carburant en raison d'une plus grande augmentation de poids et de l'augmentation de vitesse pour atteindre un indice de coût donné ;
- Réduction des niveaux de croisière optimaux et maximaux entraînant une efficacité réduite (taux de combustion du carburant plus élevés) ;
- Augmentation de la poussée nécessaire au décollage (empêche la possibilité d'effectuer des décollages déréglés ou FLEX) ;
- Usure et déchirure accrues sur les volets, les freins, les pneus et le train d'atterrissage [21] ;
- Lorsque les moteurs sont sur une montre de température (EGT élevé) ;
- Des exigences plus élevées en matière de soulèvement de carburant peuvent entraîner des retards d'approvisionnement, en carburant. Si un retard d'avitaillement est imminent, les répartiteurs doivent consulter le système de contrôle pour tenir compte des effets du maintien du délai ou de la modification de l'autorisation de vol afin d'éliminer les navires-citernes ;
- Pour certains éléments inopérants ;

-Dans les aéroports hautement spécialisés;[21]

-L'évaluation des coûts supplémentaire de maintenance est très complexe, ce qui explique que la plupart de compagnies utilisent des méthodes simples pour calcul l'emport de carburant [22].

3.3.5 Risques de l'emport carburant ; [22]

Les ailes trempées à froid sont exposées au phénomène de formation de glace au dessus, même si la température de l'air peut être bien au-dessus de zéro degré. La plupart des avions sont aujourd'hui équipés de réservoirs de carburant dans leurs ailes. Le problème est que si vous volez en haute altitude pendant une longue période où la température de l'air est inférieure à zéro, la température du carburant dans les ailes peut descendre en dessous de zéro, ce qui rendra la température de l'aile inférieure à zéro. En descendant, si les ailes entrent en contact avec de l'eau liquide, comme de la condensation ou de la pluie, les ailes commencent à geler. Cet effet peut avoir des conséquences graves, car il peut réduire la vitesse à un point tel que l'avion ne peut même pas atteindre la vitesse minimale, ou maintenir le vol. Si vous avez des ailes trempées de froid, vous devrez dégivrer votre avion. Le dégivrage signifie que vous faites chauffer le carburant dans les ailes au-dessus de zéro pour empêcher la formation de glace sur les ailes. Cela peut prendre beaucoup de temps et peut retarder le prochain vol, et l'argent est perdu.

Le surpoids à l'atterrissage peut causer un dernier très difficile vue le poids important qui pourrait craquer les trains d'atterrissage, endommager les freins, risque de sortie de piste ...etc.

3.3.6 L'impacte de l'emport carburant sur l'environnement

L'opinion publique sur les questions environnementales ne peut pas être négligée. L'idée de brûler plus de carburant pour économiser de l'argent n'est pas le concept le plus écologique. La croyance commerciale répandue est que le public accepte de petites quantités de carburant supplémentaire brûlé, étant entendu que des économies supplémentaires leur sont transférées. L'argument commercial se concentre également sur l'idée que l'argent économisé dans le transport par camion leur permet d'acheter de nouveaux avions, réduisant ainsi encore plus leur empreinte carbone. La Force aérienne est axée sur les questions environnementales. Des initiatives sont en cours pour développer et utiliser d'avantage les biocarburants, mais les coûts peuvent également être préoccupants. La Force aérienne doit faire les choses intelligemment et économiser de l'argent. Historiquement, compte tenu du nombre limité de missions pour lesquelles le tanking peut être utilisé, le lancement d'un programme de tanking est un équilibre entre les économies de coûts maintenant que le service étudie de nouvelles initiatives pour une utilisation future.[22].

3.4 Traitement de certains paramètres

3.4.1 Limitation de transport de carburant

La quantité de carburant transporté est limité par :

- Capacité réservoirs ;
- La masse maximale de décollage ;
- La masse maximale sans carburant ;
- La masse maximale d'atterrissage.

Exemple :

La table de ravitaillement en carburant ci-dessous est fournie pour le programme de croisière LRC / .79M, sur une procédure de montée en côte pour maintenir une altitude optimale.

Lorsqu'il existe un différentiel de prix du carburant entre deux stations, ce tableau peut être utilisé pour déterminer si le carburant peut être économiquement transporté pour un secteur de vol subséquent.

Le tableau avec la distance parcourue pour lire la rentabilité du carburant. Comme indiqué, le prix du carburant est le prix du carburant au départ multiplié par le seuil de rentabilité. Pour justifier l'exploitation économique du pétrolier, le prix du carburant à destination doit être supérieur au seuil de rentabilité du carburant.

Le message normal concernant la consommation de carburant est qu'il est plus économique de transporter le minimum requis pour le secteur. Cependant, il y a des occasions où il est économique de transporter plus de carburant. C'est quand le prix du carburant à l'aérodrome de destination est significativement plus élevé. à l'aérodrome de départ.

Cependant, comme le carburant supplémentaire à bord entraîne une augmentation de la consommation de carburant, le seuil de rentabilité doit être soigneusement déterminé.

3.4.2 Le coefficient du transport K

Le coefficient de transport K : c'est le rapport de la masse au décollage sur la masse à l'atterrissage notée :

$$K \text{ (est le coefficient de transport): } K = \frac{\Delta TOW}{\Delta LAW} \quad [3-1]$$

- **Pour Boeing 737-800**

Dans le tableau ci-dessous nous présentons les valeurs de K :

Tableau3-2 : Le coefficient de transport avec distances

Distance de l'étape (NM)	Le coefficient de transport avec des distances
200	1.016
400	1.031
600	1.047
800	1.058
1000	1.074
2000	1.155
3000	1.235

▪ **Pour les avions Bombardier**

Nos recherches des valeurs de K dans la documentation bombardier n'ont pas abouties, ce qui nous a poussé à les contacter officiellement pour leur demander les tableaux des valeurs de K des deux avions en question (Q400, et Q200), et leurs réponses est la suivante : il n'y a pas de tableaux directement destinés pour les valeurs de K, en suite ils nous ont envoyé le manuel des avions « Q400 Fuel Efficiency Manual »

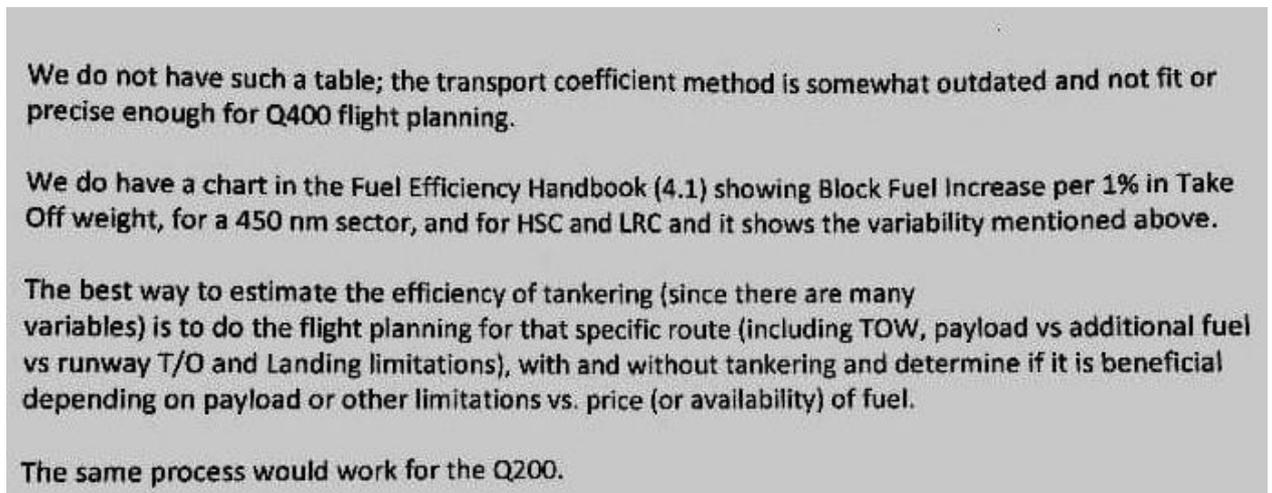
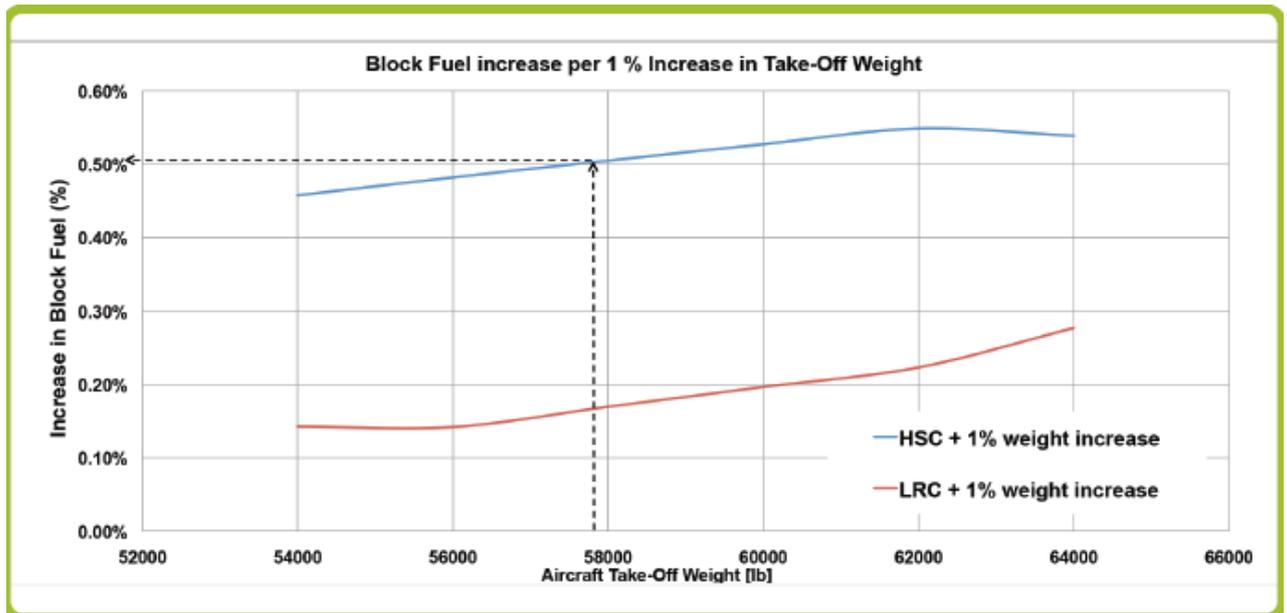


Figure 3-2 : Message de Bombardier en ce qui concerne K

Après la vérification du manuel pour trouver le coefficient de transport de bombardier, on a trouvé des ambiguïtés dans le graphe de calcul de suivant :



Graph 3-1 : L'augmentation de block fuel associée à la l'augmentation a la masse de décollage

L'ambiguïté : dans le graphe ci-dessus nous avons remarqué que la ligne découpé trouver à gauche de la valeur 58000 Lb après une augmentation de la masse au décollage de 1% de 58000 Lb jusqu'à 58580 Lb.

En suite nous les avons recontactés pour nous éclaircir la situation en question, et aussi sur le flight manuel du Q200 :

Dear ;
 In the example of the part 4.1 ((aircraft wheight) of Q400 Fuel Efficiency Manuel), it's write that if take-off weight is increased by 1% from 58,000 lbs to 58,580 lbs, but in the chart the dotted line located in the left of 58,000; if possible you understand me this ambiguity.
 Also I need the Q200 Fuel Efficiency Manuel, to complete the work.
 Thank You;
 Best Regards;
 2018-06-05 4:59 GMT+01:00 choutri zinelabidine <choutrizinelabidine@gmail.com>

Figure 3-3 : Le message de demande d'éclaircissement.

Et leurs réponse était la suivante :

Bombardier Ref #: ABOE-18-15616758

B,

You are correct, there is a slight error in where the example line has been placed. However, moving it to the right slightly (58,580) will produce roughly the same result.

We do not have a manual for the Q100, 200, or 300.

The manual is for guidance only.

Figure 3-4 : La réponse de Bombardier sur nos questions.

Donc le calcul du coefficient de transport de bombardier :

Dans le flight palaning (Q400 Fuel Manuel), Lorsque la masse au décollage augmente, il y a une augmentation du carburant de bloc. Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de l'augmentation du carburant avec une augmentation supplémentaire du poids au décollage de 1000 lb.

REGIME	0 NM -300 NM	300NM-450 NM	450NM-600 NM
LRC	18 Lb	27 Lb	35 Lb

Exemple de calcul ;

Un DASH-Q400 parcourt une distance de 370 NM avec une masse de décollage de :
 $M_{dec}=28345 \text{ kg}$;

Nous avons une augmentation du poids de 892 kg donc :

$$TOM= 28345 \text{ kg} ;$$

$$TOMe=29237 \text{ kg}.$$

Donc on a besoin d'une quantité de carburant supplémentaire pour transporté ce poids ;

Chaque 1000Lb (453,592 kg) pour une distance de 370 NM on a 27Lb (12,247kg) de carburant de plus, donc pour 892 kg on consomme 25.07 kg de carburant :

$$-\Delta TOM=TOMe-TOM; \tag{3-2}$$

$$-\Delta TOM = 892 \text{ kg};$$

$$-\Delta LAM=LAMe-LAM; \tag{3-3}$$

$$-LAMe=27983.93 \text{ kg} ;$$

$$-LAM= 27117 \text{ kg} ;$$

$$-\Delta LAM = 866.93 \text{ kg} ;$$

$$-K = \frac{\Delta TOM}{\Delta LAM}; \text{ Donc } k = 1.028.$$

La même procédure pour le calcul de K pour le Q200.

le coût supplémentaire du carburant chargé au départ est:

-poids supplémentaire du carburant * prix du carburant de départ: $\Delta TOW \cdot P$ (départ) = $k \cdot LM \cdot P$ (départ).

L'économie de coût du carburant transporté est:

-carburant transporté * prix du carburant d'arrivée: $LW \cdot P$ (arrivée).

Le coût dû à une éventuelle augmentation du temps de vol est:

-augmentation du temps de vol * coût par heure: $T \cdot Ch$.

Il est donc rentable de transporter du carburant supplémentaire si l'économie de coûts dépasse le coût supplémentaire chargé de carburant plus le coût de temps supplémentaire.

C'est-à-dire :

$$\Delta LM \cdot P > k \cdot LW \cdot P + T + C \quad [3-4]$$

$$\Delta LM (P - K \cdot p) - t - c > 0 \quad [3-5]$$

pour : $\Delta T = 0$, il est rentable de transporter du carburant supplémentaire, si le prix du carburant d'arrivée au prix du carburant de départ est supérieur au coefficient de transport k .

Il faut mettre à disposition les informations nécessaires qui consistent en les prix du fuel dans les deux aéroports et la charge offerte de retour.

3.4.3 Transport de carburant

Au départ, la quantité embarquée en plus est : ΔTOM ;

$$\text{A destination, il restera une quantité de : } \Delta LM = \Delta TOM / K \quad [3-6]$$

$$\text{Le surcoût au départ est : } \Delta TOM \times Pd \quad [3-7]$$

$$\text{Les économies à l'arrivée sont : } \Delta LM \times Pa \quad [3-8]$$

$$\text{Il y a gain si : } Pa - \Delta TOM \times Pd > 0 \quad [3-9]$$

$$Pa > K \cdot Pd.$$

Le transport de carburant est intéressant sur une étape si le rapport du prix à l'arrivée au prix au départ est supérieur au coefficient de transport [6].

Exemple 1

Si $\Delta TOM = 1 \text{ t}$; et $\Delta LM = 0.8 \text{ t}$ ----- $K = \frac{1}{0.8} = 1.25$

Si $\Delta TOM = 2 \text{ t}$; avec $K = 1.25$ ----- $\Delta LAM = \frac{2}{1.25} = 1.60 \text{ t}$.

Cela veut dire que l'embarquement de 2t supplémentaire de carburant entrainera une différence de consommation de 0.4 t sur l'étape considérée. K est une fonction croissante de la distance [24].

3.4.4 Explication de calcul de l'emport carburant

3.4.4.1 Calcule de la quantité carburant totale :

On a les équations suivantes pour les quantités allé et retour ainsi que les quantités de réserves de dégagement pour aller et retour ou on va prendre à chaque fois l'aérodrome le plus pénalisant (le plus loin parlant de quantité a prendre en considération).

Cette quantité est calculée par la relation suivante :

$Q = R + D(\text{allée}) + 5\% Da + RDa + Rf$; [3-10]

✚ Calcule du délestage

Calcule de la quantité de carburant d'une étape déterminée avec des conditions initiales connues (Charge Offert, Température, Vent, Niveau de Vol proposé par la compagnie).

Pour cela il y 'a deux techniques pour calculer cette dernière :

Méthode basique ;

Par JETPLAN ;

❖ Délestage par jet planner :

```

PLAN 5004 SF1800 DAAG TO DAUH DH84 ISC/F IFR 22/05/18
NONSTOP COMPUTED 1303Z FOR ETD 1200Z PROGS 0000ADF 7T-VCL KGS

      E.FUEL  A.FUEL      E.TME  NM    NAM    FL
DEST  DAUH  001229  . . . . . 01/22  0370    250
R.R.      000074  . . . . . 00/05
ALT    DAUG  000590  . . . . . 00/40  0149    180
HOLD      000664  . . . . . 00/45
XTR      000000  . . . . . 00/00  SIGN  CDB  . . . . .
TOF      002557  . . . . . 02/52  TRK  ALGHME
TAXI      000070  CORR.    + / -
BLOCK      002627  . . . . . 02/52  BLOCK FUEL . . . . .

FL 250
    
```

Figure 3-5 : Le délestage avec le jet planner pour le Q400, 7T VCL.

❖ Par la méthode basique

Le délestage d'étape est calculé sur la base des 3 tableaux selon la phase de vol :

- Pour le décollage et la montée du niveau de l'aérodrome jusqu'à l'altitude ou le niveau de la croisière initial compte tenu de cheminement prévu ;
- De la fin de la montée au début de la descente, en tenant compte de toute montée ou descente par paliers ;
- De début de la descente jusqu'au l'atterrissage sur l'aérodrome de destination [3].

Exemple

Pour notre exemple, on choisit l'avion Q400 immatriculé 7T-VCL effectuant le vol : ALGER –HASSI MESSOUD.

Les conditions de vol :

- 1) ISA+10 ;
- 2) Régime de vol 0.79 mach ;
- 3) FL 250 ;
- 4) Masse de base de l'avion =18132.21 KG ;
- 5) La charge offerte =7696 KG.

1^{er} PHASE « MONTEE » :

Utilisant le tableau 1C type1 de « AOM Q400 »

Tableau 3-3 : 1C type1 de « AOM Q400 » [27]

MASS				26000 kg			28000 kg			29000 kg			29574 kg		
OAT (°C)	FL	KIAS	TRQ (%)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)
25.0	0	210	90.7	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0
21.0	20	210	90.7	0.8	3	24	0.9	3	26	0.9	3	28	1.0	3	28
17.1	40	210	90.7	1.6	6	48	1.8	6	53	1.9	7	55	1.9	7	57
13.1	60	210	90.7	2.5	9	72	2.7	10	79	2.8	11	83	2.9	11	85
9.2	80	210	90.7	3.3	12	96	3.7	14	106	3.8	14	111	4.0	15	114
5.2	100	211	87.5	4.2	16	121	4.7	18	133	4.9	19	140	5.0	19	144
1.2	120	211	83.9	5.2	20	147	5.8	23	162	6.1	24	171	6.3	24	176
-2.7	140	211	79.4	6.3	25	174	7.0	28	193	7.4	30	203	7.6	30	209
-6.7	160	206	75.5	7.5	31	202	8.4	34	225	8.8	36	237	9.1	37	244
-10.7	180	197	71.5	8.7	36	229	9.7	40	255	10.3	42	269	10.6	44	278
-14.6	200	187	67.8	10.0	41	255	11.2	46	285	11.8	49	302	12.2	51	312
-18.6	220	177	62.8	11.3	47	282	12.8	53	317	13.6	56	336	14.0	58	347
-22.5	240	167	58.4	12.9	54	310	14.7	61	351	15.7	65	374	16.3	68	388
-24.5	250	162	56.2	13.8	57	326	15.8	66	370	16.9	70	395	17.6	73	411

Monter au FL 250 avec une masse de décollage de 29257 KG, puis en utilisant l'interpolation entre la masse 29000 kg et la masse 29574 kg pour trouver une consommation de phase de montée égale a 403 kg ;

-Consommation =403KG ;

-Temps=17.3 MIN.

-Distance =71.5 NM.

2^{eme} PHASE « CROISIERE » :

Utilisant le tableau 1d de « AOM Q400 » suivant :

Tableau 3-4 : 1d de l'AOM Q400 [27]

MASS		26000 kg				28000 kg				29000 kg				29574 kg			
OAT (°C)	FL	KIAS	TRQ (%)	KTAS	F/F (Kg/h)	KIAS	TRQ (%)	KTAS	F/F (Kg/h)	KIAS	TRQ (%)	KTAS	F/F (Kg/h)	KIAS	TRQ (%)	KTAS	F/F (Kg/h)
25.0	0	244	44.7	248	1127	245	46.1	249	1145	245	46.6	249	1152	245	47.0	249	1157
21.0	20	240	44.4	252	1084	244	47.2	256	1121	245	47.9	256	1131	245	48.2	256	1137
17.1	40	236	43.8	254	1040	237	45.5	256	1063	238	46.6	257	1079	239	47.3	258	1089
13.1	60	229	42.3	254	988	231	44.4	257	1017	235	46.4	260	1043	235	47.1	261	1053
9.2	80	224	41.7	256	949	230	45.1	263	996	232	46.8	265	1018	234	47.8	267	1032
5.2	100	222	42.0	261	925	227	45.4	268	971	231	47.4	272	997	233	48.7	274	1012
1.2	120	221	43.0	268	909	229	47.5	278	966	233	49.8	282	993	234	50.9	284	1006
-2.7	140	223	45.0	279	904	228	48.5	285	947	231	50.4	289	969	232	51.4	290	982
-6.7	160	220	45.2	284	877	225	48.7	290	919	225	49.8	291	934	226	50.4	292	943
-10.7	180	216	44.8	288	847	217	47.0	289	876	218	48.3	290	893	218	49.0	291	903
-14.6	200	208	43.4	287	807	211	46.3	291	848	213	48.0	293	871	213	48.8	294	883
-18.6	220	203	42.9	289	783	207	46.6	295	836	211	49.1	301	870	213	50.4	303	889
-22.5	240	200	43.3	294	775	208	48.6	306	846	210	50.3	309	871	211	51.5	311	887
-24.5	250	200	44.2	300	780	206	48.6	308	839	208	50.6	312	868	209	51.6	313	883

-La masse dans TOC =28854 KG ;

On fait l'interpolation entre la masse 28000 kg et la masse 29000 et en trouve :

-TAS=311.5 NM/h ;

-F/F=863 kg/h ;

-Temps de vol =30 min ;

-Distance de croisière =156.5 NM ;

-Consommation de phase croisière =431 kg .

3^{eme} PHASE « DESCENT » :

Utilisant le tableau 1 TYPE 1 DESCENT de « AOM Q400 » :

Tableau 3-5 : 1 TYPE 1 Descent de l'AOM Q400 [27]

MASS			18000 kg				22000 kg				26000 kg				29574 kg			
OAT (°C)	FL	KIAS	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	TRQ (%)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	TRQ (%)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	TRQ (%)	Time (min)	Dist (NM)	Fuel (kg)	TRQ (%)
25,0	0	240	0,0	0	0	13,3	0,0	0	0	8,6	0,0	0	0	4,3	0,0	0	0	0,8
21,0	20	240	1,0	4	12	14,2	1,0	4	10	9,6	1,0	4	9	5,3	1,0	4	8	1,8
17,1	40	240	2,0	8	24	15,2	2,0	8	20	10,6	2,0	8	18	6,4	2,0	8	15	2,9
13,1	60	240	3,0	13	35	16,3	3,0	13	30	11,6	3,0	13	26	7,4	3,0	13	22	4,0
9,2	80	240	4,0	17	47	17,3	4,0	17	40	12,7	4,0	17	34	8,5	4,0	17	30	5,1
5,2	100	277	5,0	22	60	40,0	5,0	22	53	35,1	5,0	22	46	31,0	5,0	22	40	27,4
1,2	120	278	6,0	28	74	39,7	6,0	28	67	34,3	6,0	28	60	29,8	6,0	28	53	25,7
-2,7	140	278	7,0	33	89	42,3	7,0	33	80	36,8	7,0	33	73	32,0	7,0	33	66	28,2
-6,7	160	280	8,8	44	119	64,7	8,8	44	109	63,1	8,8	44	102	61,9	8,8	44	93	61,2
-10,7	180	281	12,9	69	201	71,1	12,9	69	191	70,1	12,9	69	182	69,6	12,9	69	174	69,5
-14,6	200	270	16,7	92	274	66,2	16,7	92	263	65,7	16,7	92	254	65,7	16,7	92	246	66,1
-18,6	220	259	20,1	113	336	60,0	20,1	113	324	59,6	20,1	113	316	59,7	20,1	113	308	60,2
-22,5	240	249	23,4	133	388	54,1	23,4	133	376	53,8	23,4	133	368	54,1	23,4	133	360	54,7
-24,5	250	243	24,9	142	411	51,3	24,9	142	399	51,1	24,9	142	391	51,5	24,9	142	384	52,3

La masse dans TOD 28423 KG ;

En fait l'interpolation entre la masse 26000 kg et la masse 29574 et en trouve :

- Distance de 142 NM ;
- Consommation de 387 kg ;
- Le délestage de l'étape =phase montée +phase croisière +phase descente;
- Délestage =403+431+387;
- Délestage de l'étape ALG-HME =1221 kg.

Toutes les étapes incluses dans notre logiciel sont calculé par cette méthode basique;

$$-Q_a = R + D(\text{allée}) + 5\% D_a + R_d + R_f ; \quad [3-11]$$

$$-Q_r = R + D(\text{retour}) + 5\% D_r + R_{dr} + R_f - R_d ; \quad [3-12]$$

$$-Q_{\text{tot}} = Q_{\text{parking}} - R ; \quad [3-13]$$

$$-Q_{\text{parking}} = Q_a + Q_r. \quad [3-14]$$

Il nous faut tout au début de notre travail de faire la vérification des limitations suivantes, qui sont vraiment importantes a respecter en cas d'envisagement d'emport carburant :

$$-M_{\text{base}} + C/O + Q_{\text{tot}} \leq M_{\text{MSD}} ; \quad [3-15]$$

$$-M_{\text{base}} + C/O + Q_{\text{tot}} - D_a \leq M_{\text{MSA}} ; \quad [3-16]$$

$$-M_{\text{base}} + C/O \leq M_{\text{MSC}} ; \quad [3-17]$$

$$-Q_{tot} \leq Cr. \quad [3-18]$$

Si les limitations sont respectées, on est dans la possibilité de faire un emport carburant complet (pour deux étapes), sinon on peut envisager de prendre juste une quantité partielle.

3.4.4.2 Le cas de l'emport partiel

❖ Calcul de la quantité maximale de carburant à emporter (XTR')

➤ Calcul de XTR

On vérifie la quantité de carburant à emporter avec les limitations suivantes :

$$-XTR1 = MMSD - MBase - C/O - Q_{allé} ; \quad [3-19]$$

$$-XTR2 = MMSA - MBase - C/O - Q_{allé} + d ; \quad [3-20]$$

$$-XTR3 = Cr - Q_a ; \quad [3-21]$$

$$XTR = \text{MIN de } [XTR1 ; XTR2 ; XTR3] . \quad [3-22]$$

Remarque : un vol avec charge réelle < C/O maximale : dans ce cas nous allons emporter une quantité supplémentaire correspondant au gain de la charge.

Comparaison entre la charge offerte maximale C/O_{max} et C/O réelle :

- 1^{er} cas : C/O réelle = C/O max :

$$XTR' = XTR \quad [3-23]$$

- 2^{ème} cas : C/O réelle < C/O max :

On va calculer la quantité supplémentaire correspondant au reste de charge :

➤ Calcul de la charge restante

$$C = C/O_{max} - C/O_{réelle} \quad [3-24]$$

➤ Calcul de la quantité nécessaire pour la deuxième étape

$$N = Q_r - XTR \quad [3-25]$$

Dans le cas où la charge restante > la quantité nécessaire :

$$C = N$$

$$XTR' = XTR + N \quad [3-26]$$

Dans le cas où la charge restante est inférieure à la quantité nécessaire :

$$C = C$$

$$XTR' = XTR + C \quad [3-27]$$

➤ **Vérification de la quantité XTR' avec la capacité réservoir Cr**

On calcule le Cmax (la quantité qui reste vide dans le réservoir).

- 1^{er} cas : $XTR' > C_{max}$:

$$\text{Dans ce cas : } XTR' = C_{max} \quad [3-28]$$

- 2^{em} cas ; $XTR' < C_{max}$:

$$\text{Dans ce cas : } XTR' = XTR' \quad [3-29]$$

➤ **Dans le cas ou on a une augmentation de temps de vol ou pas :**

Le ΔTOM est le XTR' ;

$$\text{Le } \Delta LAM = \frac{\Delta TOM}{K} \quad [3-30]$$

- 1^{er} cas : $\Delta T = 0$;

La première chose à faire c'est le calcul du rapport de prix Ra, qui est égale à :

$$Ra = \frac{\text{Le prix de la 2^{eme} étape}}{\text{Le prix de la 1^{ere} étape}} \quad [3-31]$$

Deuxièmement on va copier le coefficient du transport k des appareils depuis des tableaux, juste après on va faire la comparaison entre le Ra et K ;

- **si Ra > k** ; on aura un gain dans l'emport carburant ;
- **si Ra < k** ; on aura une perte dans l'emport carburant ;

➤ **Calcul du gain et de perte :**

Les équations pour le calcul du coût de carburant sont les suivantes :

$$Fc_{dep} = \left[\frac{Pd}{(100, \rho)} \right] \cdot [\Delta TOM] \quad [3-32]$$

$$Fc_{dest} = \left[\frac{Pa}{(100, \rho)} \right] \cdot [\Delta LAM] \quad [3-33]$$

- **1^{er} cas** : si on a : $Fc_{(dest)} - Fc_{(dep)} > 0$: [3-34]

on aura un gain ;

- **2^{eme} cas** : si on a : $Fc_{(dest)} - Fc_{(dep)} < 0$; [3-35]

on aura une perte ;

- 2^{eme} cas : $\Delta T \neq 0$:

Nous avons réalisé une expérience avec le jet planner pour les 3 types que possède Tassili Airlines à savoir le Boeing 737-800, le Q400 et le Q200, le poids de l'XTR tout en vérifiant son impacte sur le retard causé dans le temps de vol, et on a obtenu les résultats suivants :

- ❖ B737-800 : pour chaque 6 T de surplus, on a un retard de moyenne de 1 mn ;
- ❖ Q400 : pour chaque 5 T de surplus, on a un retard de moyenne de 1 mn ;
- ❖ Q200 : pour chaque 1 T de surplus, on a un retard de moyenne de 1 mn.

- **Premièrement** : on va calculer le cout du carburant chargé au départ :

Le prix de carburant au départ *le prix du carburant chargé :

$$\Delta TOM * Pd = \Delta LAM * Pd * K \quad [3-36]$$

- **Deuxièmement** : on va calculer le cout du carburant transporté :

Le carburant transporté *le prix du carburant à l'arrivée :

$$\Delta LAM * Pa \quad [3-37]$$

- **En fin** : on va calculer le cout due à l'augmentation du temps de vol :

L'augmentation du temps de vol * le cout horaire :

$$\Delta T * Ch \quad [3-38]$$

Dans le cas où le cout du carburant à l'arrivée est supérieur au cout du carburant au départ + le cout horaire, il est profitable de transporter du carburant supplémentaire.

Dans le cas contraire, on aura une perte financière.

➤ **Calcul du gain :**

$$Fc_{dep} = \left[\frac{Pd}{(100, \rho)} \right] \cdot [\Delta TOM]$$

$$Fc_{dest} = \left[\frac{Pa}{(100, \rho)} \right] \cdot [\Delta LAM]$$

$$Ct = \Delta T * Ch.$$

- **si on a** : $Fc_{(dest)} - (Fc_{(dep)} + Ct) > 0$:

On aura un gain ;

- **si on a** : $Fc_{(dest)} - (Fc_{(dep)} + Ct) < 0$:

On aura une perte ;

3.4.4.3 Le cas de l'emport totale

❖ Dans le cas où on a une augmentation de temps de vol ou pas :

Le ΔTOM est le Q_r ;

$$\text{Le } \Delta\text{LAM} = \frac{\Delta\text{TOM}}{K}$$

1^{er} cas : $\Delta T = 0$;

La première chose à faire c'est le calcul du rapport de prix R_a , qui est égale à :

$$R_a = \frac{\text{Le prix de la 2^{eme} étape}}{\text{Le prix de la 1^{ere} étape}}$$

Puis on va copier le coefficient du transport k des appareils depuis des tableaux, juste après on va faire la comparaison entre le R_a et K ;

- si $R_a > k$; on aura un gain dans l'emport carburant ;
- si $R_a < k$; on aura une perte dans l'emport carburant ;

➤ **Calcul du gain et de perte :**

Les équations pour le calcul du coût de carburant sont les suivantes :

$$F_c \text{ dep} = \left[\frac{P_d}{(100 \cdot \rho)} \right] \cdot [\Delta\text{TOM}]$$

$$F_c \text{ dest} = \left[\frac{P_a}{(100 \cdot \rho)} \right] \cdot [\Delta\text{LAM}]$$

- **1^{er} cas** : si on a : $F_c(\text{dest}) - F_c(\text{dep}) > 0$; on aura un gain ;
- **2^{eme} cas** : si on a : $F_c(\text{dest}) - F_c(\text{dep}) < 0$; on aura une perte ;

2^{eme} cas : $\Delta T \neq 0$:

- **Premièrement** : on va calculer le coût du carburant chargé au départ :

Le prix de carburant au départ * le prix du carburant chargé :

$$\Delta\text{TOM} \cdot P_d = \Delta\text{LAM} \cdot P_d \cdot K$$

- **Deuxièmement** : on va calculer le coût du carburant transporté :

Le carburant transporté * le prix du carburant à l'arrivée :

$$\Delta\text{LAM} \cdot P_a$$

- **En fin** : on va calculer le coût due à l'augmentation du temps de vol :

L'augmentation du temps de vol * le coût horaire :

$$\Delta T \cdot C_h$$

Dans le cas où le coût du carburant à l'arrivée est supérieur au coût du carburant au départ + le coût horaire, il est profitable de transporter du carburant supplémentaire.

Dans le cas contraire, on aura une perte financière.

➤ **Calcul du gain :**

$$F_{c \text{ dep}} = \left[\frac{Pd}{(100.\rho)} \right] . [\Delta TOM]$$

$$F_{c \text{ dest}} = \left[\frac{Pa}{(100.\rho)} \right] . [\Delta LAM]$$

$$C_t = \Delta T * Ch.$$

- **si on a :** $F_{c \text{ dest}} - (F_{c \text{ dep}} + C_t) > 0$; on aura un gain ;
- **si on a :** $F_{c \text{ dest}} - (F_{c \text{ dep}} + C_t) < 0$; on aura une perte ;

3.4.5 L'ORGANIGRAMME DE L'APPLICATION

3.4.6 Exemple sur le principe de calcul théorique de l'emport carburant au niveau de la compagnie Tassili Airlines

3.4.6.1 Le vol Alger –HASSI Messaoud (DAAG TO DAUH) avec emport de carburant

Etudier le transport de carburant sur le vol REGULIER (Alger – Hassi Messaoud) aller retour avec DASH8 Q400 immatriculé 7T-VCL avec un Régime LRC ;

On a les données suivantes :

Tableau3-6 : Les données de vol Alger – Hassi Messaoud le Q400

Pd(DAAG) (DA/HL)	Pa(DAUH) (DA/HL)	δ (kg/l)	MMSD (kg)	MMSA (kg)	ZFW (kg)	Mbase (kg)	R (kg)
1206.53	1362.88	08028	29257	28009	25855	18132.11	70
DELESTAGE (KG)	RESERVE DEGAGEMENT (KG)	ETOW (kg)	ELAW(kg)	RF (kg)	RR (kg)	Q tot (kg)	Q parking (kg)
1229	601	29229.21	28000.21	750	61.5	5362.65	5432.65

Avec: $Qa = 2703.05\text{kg}$;

$Qr = 2729.6\text{kg}$;

$Q_{\text{Parking}} = Qa + Qr$;

1) Verification des prix: on a $Pa > Pd$

On peut continuer l'étude de la possibilité d'un emport carburant d'Alger à Hassi Messaoud ;

2) vérification des limitations

la masse au décollage :

$$M_{\text{déc}} = M_b + \frac{C}{O} + Q_{\text{tot}} = 31217.86\text{kg}. \quad [3-39]$$

$$M_{\text{att}} = M_b + \frac{C}{O} + Q_{\text{tot}} - D = 29988.86. \quad [3-40]$$

Avec : $Q_{\text{tot}} = Q_{\text{park}} - r = 5362.65 - 70 = 5432.65 \text{ kg}$.

Et : $C/O = (\text{nombre de siège} * \text{masse d'1 passager}) + \text{charge offert dans les sautes} = (74 * 104) + 27 = 7723 \text{ kg}$;

Donc: $M_{\text{déc}} > MMSD$;

$M_{\text{att}} > MMSA$;

Et par conséquent, on est limité par la masse au décollage et la masse a l'atterrissage

3) Calcul de la quantité maximale transportée au départ

$$XTR1 = MMSD - Mb - c/o - Qa = 698.84 \text{ kg} ; \quad [3-41]$$

$$XTR2 = MMSA - Mb - c/o - Qa + D = 679.84 \text{ kg} ; \quad [3-42]$$

$$Xtr \text{ c'est le MIN entre les 2 valeurs donc :} \quad [3-43]$$

$$XTR = 679.84 \text{ kg.}$$

C'est à dire : on rajoute le complément à destination (Hassi Messaoud) ;

$$D'où: \text{Comp} = Qr - XTR = 2049.76 \text{ kg.}$$

4) Calcul du gain ou de la perte financière

Calcul du coefficient de transport K

REGIME	0 NM -300 NM	300NM-450 NM	450NM-600 NM
LRC	18 Lb	27 Lb	35 Lb

L'avion parcourt une distance de 370 NM, avec une masse de décollage de MD=29229.21kg

On a une augmentation du poids de 679.84 kg donc ;

$$TOW = 29229.21 \text{ kg} ;$$

$$TOWe = 29909.05 \text{ kg.}$$

Chaque 1000Lb (453,592 kg) pour une distance de 370 NM on a 27Lb (12,247kg) de carburant de plus, donc pour 679.84 kg on consomme 18.35 kg de carburant ;

$$\Delta TOW = 679.84 \text{ kg} ;$$

$$\Delta LAW = 661.49 \text{ kg.}$$

$$K = \frac{\Delta TOW}{\Delta LAW} \quad \text{Donc : } K = 1.023 ;$$

Le rapport

$$Ra = \frac{Pa}{Pd} = 1.214 ;$$

Alors : $K < Ra$.

Donc : on aura en conséquence un gain

5) Calcul du gain

Calcul du cout de carburant à l'aéroport de départ :

$$Fc (\text{DAAG}) = (P(\text{DAAG}) / (100 * 0.8028)) * \Delta TOW = \left(\frac{1206.53}{100 * 0.8028} \right) * (679.84) ;$$

$$F_c(\text{DAAG}) = 10211.19 \text{ DA} ;$$

Calcul du cout de carburant à l'aéroport de destination

$$F_c(\text{DAUH}) = \left(\frac{P(\text{DAUH})}{100 * 0.8028} \right) * (661.49);$$

$$F_c(\text{DAUH}) = 12072.27 \text{ DA.}$$

6) Le profit

$$G = F_c(\text{DAUH}) - F_c(\text{DAAG})$$

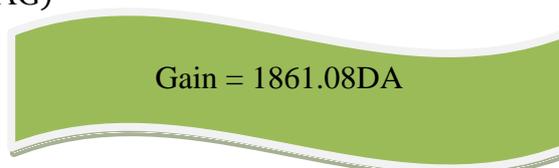


Tableau 3-7 : les résultats obtenu pour le vol Alger (DAAG)-Hassi Massoud(DAUH) aller retour par Q400

Mdéc (Kg)	Matt (kg)	Cr (kg)	D (kg)	K	R	C/O (kg)	FC(DAAG) (DA)	FC(DAUH) (DA)	Gain (DA)
29909.05	28000.21	5000	1229	1.023	1.214	7723	10211.19	12072.27	1861.08

3.4.6.2 Le vol Alger –HASSI Messaoud-Constantine (DAAG TO DAUH TO DABC) avec emport de carburant

Etudier le transport de carburant sur le vol REGULIER (Alger – Hassi Messaoud-Constantine) avec B 737-800 immatriculé 7T-VCA avec un mach=0.79 ;

On a les données suivantes :

Tableau 3-8 : Les données de la rotation Alger –HASSI Massoud –Constantine avec B737-800

P(DAAG) (DA/HL)	P(DAUH) (DA/HL)	δ (kg/l)	MMSD (kg)	MMSA (kg)	ZFW (kg)	Mbase (kg)	R (kg)
1206.53	1362.88	0.8028	79015	65317	62731	43083.6	150

D (kg)	RD (kg)	ETOW (kg)	ELAW (kg)	RF (kg)	RR (kg)	Qtot (kg)	Q parking (kg)
2729	1333	68042.05	65313.05	1200	136.45	8262.6	9745.6

Avec: $Q1 = 5548.45 \text{ kg}$;

$Q2 = 4197.15 \text{ kg}$;

$Q_{\text{parking}} = Q_a + Q_r = 9745.6 \text{ kg}$;

1) Vérification des prix : $P_a > P_d$

On peut continuer notre étude pour faire un emport de carburant d'Alger à Hassi Messaoud ;

2) Vérification des limitations

la masse au décollage : $M_{\text{déc}} = M_b + C/O + Q_{\text{tot}} = 70993.2 \text{ kg}$;

$M_{\text{att}} = M_b + C/O + Q_{\text{tot}} - D = 68264.2 \text{ kg}$.

C/O : c'est la charge offert Maximal ;

Donc: $M_{\text{déc}} < MMSD$;

$M_{\text{att}} > MMSA$.

Et par conséquent : on est limité par la masse a l'atterrissage;

3) Calcul de la quantité maximale transportée au départ

$XTR1 = MMSD - M_b - c/o - Q1 = 10972.95 \text{ kg}$;

$XTR2 = MMSA - M_b - c/o - Q1 + D = 3.95 \text{ kg}$;

Xtr c'est le MIN entre les 2 valeurs donc ;

$XTR = 3.95 \text{ kg}$;

D'ou: $N_{\text{ess}} = Q3 - XTR = 2860.05 \text{ kg}$;

$Q3 = Q2 - RD = 2864 \text{ kg}$;

Charge offert max > charge offert réelle ;

Gain de la charge offert = Charge offert max - charge offert réelle ;

Gain de la charge offert = $19410 - 16120 = 3290 \text{ kg}$.

C'est-à-dire : on peut ajouter une quantité de carburant supplémentaire jusqu'à 3290 kg ;

Mais cette quantité dépasse le nécessaire de cette étape donc on ajoute 2860.05 kg seulement ;

4) Calcul du gain ou de la perte financière

Calcul du coefficient de transport K :

Le coefficient de transport K obtenue d après le tableau des coefficients de Boeing : $K = 1.019$;

$ETOW_e = 70902.1 \text{ kg}$;

$$\Delta TOW = 2860.05 \text{ kg};$$

$$K = \frac{\Delta TOW}{\Delta LAW} \quad ; \text{ Donc } \Delta LAW = \frac{\Delta TOW}{K} \quad ;$$

$$\Delta LAW = 2806.72 \text{ kg}.$$

Le rapport :

$$Ra = \frac{Pa}{Pd} = 1.129 \quad ;$$

Alors : $K < Ra$.

Donc : on aura en conséquence un gain ;

5) Calcul du gain

Calcul du cout de carburant à l'aéroport de départ :

$$Fc (DAAG) = (P(DAAG)/(100*0.8028))*\Delta TOW = \left(\frac{1206.53}{100*0.8028} \right) * (2860.05) \quad ;$$

$$Fc (DAAG) = 42182.26 \text{ DA} \quad ;$$

Calcul du cout de carburant à l'aéroport de destination :

$$Fc(DAUH) = \left(\frac{P(DAUH)}{100*0.8028} \right) * (2806.72);$$

$$Fc (DAUH) = 47699.44 \text{ DA}.$$

6) Le profit : $G = Fc(DAUH) - Fc(DAAG)$

Gain = 5517.18 DA;

Tableau 3-9 : les résultats obtenu pour le vol Alger (DAAG)-Hassi Messaoud(DAUH) –Costantine (DABC) par Boeing 737-800.

Mdéc (Kg)	Matt (kg)	Cr (kg)	D (kg)	K	R	C/O (kg)	FC(DAAG) (DA)	FC(DAUH) (DA)	Gain (DA)
67612.1	64883.1	21000	1333	1.019	1.214	16120	42182.26	47699.44	5517.18

3.4.6.3 Le vol Alger –Annaba(DABB) (DAAG TO DABB) aller-retour avec emport de carburant

Etudier le transport de carburant sur le vol REGULIER (Alger –Annaba) aller retour avec Q200 immatriculé 7T-VCS avec LRC :

Tableau 3-10 : Les données de vol Alger –Annaba avec le Q200

P(DAAG) (DA/HL)	P(DABC) (DA/HL)	δ (kg/l)	MMSD (kg)	MMSA (kg)	ZFW (kg)	Mbase (kg)	R (kg)
1206.53	1206.53	0.8028	16466	15649	14515	11059.51	50
D (kg)	RD (kg)	ETOW (kg)	ELAW (kg)	RF (kg)	RR (kg)	Qtot (kg)	Q parking (kg)
549	185	15698.96	15149.96	500	27.45	2603.75	2838.75

Avec: $Q_1 = 1311.45$ kg ;

$Q_2 = 1527.3$ kg ;

$Q_{\text{parking}} = Q_1 + Q_2 = 2838.75$ kg ;

1) Vérification des prix

$$P_a = P_d ;$$

Il n'est pas bénéfique d'étudier l'emport de carburant donc on ne peut pas faire un emport de carburant d'Alger à Annaba vu que le prix de carburant au départ = le prix de carburant à destination ;

3.4.6.4 Le vol Oran –HASSI Massoud-Alger (DAOO TO DAUH TO DAAG) avec emport de carburant

Etudier le transport de carburant sur le vol REGULIER (Oran– Hassi Messaoud-Alger) avec B737-800 immatriculé 7T-VCA avec un mach=0.79 ;

On a les données suivantes :

Tableau 3-11 : Les données de vol Oran– Hassi Messaoud-Alger avec B737-800

P(DAOO) (DA/HL)	P(DAUH) (DA/HL)	δ (kg/l)	MMSD (kg)	MMSA (kg)	ZFW (kg)	Mbase (kg)	R (kg)
1206.53	1362.88	0.8028	79015	65317	62731	42426.9	150
D (kg)	RD (kg)	ETOW (kg)	ELAW (kg)	RF (kg)	RR (kg)	Qtot (kg)	Q parking (kg)
3180	1333	67940.9	64760.9	1200	159		

Avec: $Q_1 = 6022$ kg :

$Q_2 = 5543.8$ kg :

$Q_{\text{parking}} = Q_1 + Q_2 = 10082.8$ kg ;

1) Vérification des prix : $P_a > P_d$

On peut continuer notre étude pour faire un emport de carburant d'Oran à Hassi Messaoud ;

2) Vérification des limitations:

la masse au décollage :

$$M_{\text{déc}} = M_b + C/O + Q_{\text{tot}} = 72001.7\text{kg};$$

$$M_{\text{att}} = M_b + c/o + Q_{\text{tot}} - D = 68821.7\text{kg}.$$

c/o : c'est la charge offert Maximal :

$$\text{Donc: } M_{\text{déc}} < M_{\text{MSD}} ; \quad M_{\text{att}} > M_{\text{MSA}} ;$$

Et par conséquent on est limité par la masse a l'atterrissage

3) Calcul de la quantité maximale transportée au départ

$$X_{\text{TR1}} = M_{\text{MSD}} - M_b - c/o - Q_1 = 11074.1\text{kg} ;$$

$$X_{\text{TR2}} = M_{\text{MSA}} - M_b - c/o - Q_1 + D = 556.1\text{kg} ;$$

Xtr c'est le MIN entre les 2 valeurs donc ;

$$X_{\text{TR}} = 556.1 \text{ kg} .$$

$$D'où: N_{\text{ess}} = Q_3 - X_{\text{TR}} = 8193.7\text{kg};$$

$$Q_3 = Q_2 - RD = 8749.8\text{kg} ;$$

Charge offert réel = C/O = (nombre de siège * masse d'1 passager) + charge offert dans les soutes = $(155 * 104) + 2000 = 18120 \text{ kg}$.

Charge offert max > charge offert réel ;

Gain de la charge offert = Charge offert max - charge offert réelle;

$$\text{Gain de la charge offert} = 19492 - 18120 = 1372 \text{ kg} .$$

C'est à dire on peut ajouter une quantité de carburant supplémentaire jusqu'à 1372 kg ;

4) Calcul du gain ou de la perte financière

Calcul du coefficient de transport K :

Le coefficient de transport K obtenue d après le tableau des coefficients de Boeing : $K = 1.025$

$$E_{\text{TOWe}} = 69312.9;$$

$$\Delta T_{\text{OW}} = 1372 \text{ kg} ;$$

$$K = \frac{\Delta T_{\text{OW}}}{\Delta L_{\text{AW}}} \quad \text{Donc} \quad \Delta L_{\text{AW}} = \frac{\Delta T_{\text{OW}}}{K} ;$$

$$\Delta L_{\text{AW}} = 1338.5\text{kg}.$$

Le rapport :

$$Ra = \frac{Pa}{Pd} = 1.129 ;$$

Alors : $K < Ra$.

Donc : on aura en conséquence un gain.

5) Calcul du gain

Calcul du cout de carburant à l'aéroport de départ :

$$Fc (DAAG) = (P(DAAG)/(100*0.8028))*\Delta TOW = \left(\frac{1206.53}{100*0.8028} \right) * (1372) ;$$

$$Fc (DAAG) = 20619.82DA .$$

Calcul du cout de carburant à l'aéroport de destination :

$$Fc(DAUH) = \left(\frac{P(DAUH)}{100*0.8028} \right) * (1338.5);$$

$$Fc (DAUH) = 22723.15DA.$$

6) Le profit

$$G = Fc(DAUH) - Fc(DAAG) ;$$

Gain=2103.32 DA

Tableau3-12: les résultats obtenu pour le vol REGULIER (Oran– Hessi Massoud-Alger) avec B 737-800

Mdéc (Kg)	Matt (kg)	Cr (kg)	D (kg)	K	R	C/O (kg)	FC(DAAG) (DA)	FC(DAUH) (DA)	Gain (DA)
69868.1	66688.1	21000	3180	1.025	1.129	16120	42182.26	20619.82	22723.15

3.5 Conclusion

Nous avons étudié théoriquement l'empport carburant et on a marqué des gains parfois important et aussi on a noté des cas ou l'empport est défavorable.

CHAPITRE 4 : REALISATION D'UNE APPLICATION D'ETUDE FINANCIERE DE L'EMPORT CARBURANT

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons concevoir un logiciel qui détermine : le gain, ou les cas de perte de l'emport carburant (qui sont à éviter pour les occasions ultérieures) en matière de finance, en suite, nous allons exécuter l'application.

4.2 Critique de l'existence

Il existe une application d'emport carburant réalisée l'année 2017 par deux étudiantes de l'I.A.E.S avec le langage c Sharp, après notre consultation pour cette dernière, et analyses des étapes suivies pour sa conception, nous avons trouvé quelques failles dans le travail , en suite nous avons fait des ajustements importants, et des ajouts significatifs dans l'organigramme, et aussi l'utilisation d'un autre langage informatique a savoir le Delphi pour créer notre logiciel de l'emport carburant.

Les erreurs remarquées :

L'utilisation très répétée des données en provenance du jet planner, le programme ne peut pas fonctionner sans les données du jet planner, par contre notre programme fonctionne d'une manière autonome (indépendant des autres programmes).

Dans leurs programme le $\Delta TOW = TOW_e - TOW$, ce qui veut dire que c'est la différence entre le TOW avec emport et celui de sans emport, ce ΔTOW est une valeur injectée dans leurs programme du calcul de l'emport du carburant tout au début, et comment que cela est- t-il possible de la déterminer or que notre objectif est le même (démarrer avec le résultat qui est directement injecté tout au début manuellement)

L'organigramme : la différence de c/o est ajoutée automatiquement carburant sans prendre en considération est ce que cette quantité dépasse la quantité nécessaire du carburant ainsi que la capacité réservoir.

4.3 Le logiciel d'étude de la rentabilité de l'emport carburant

En informatique, le logiciel détermine les tâches qui peuvent être effectuées par la machine, ordonne son fonctionnement, et lui procure ainsi son utilité fonctionnelle. Les séquences d'instructions appelées : programme ainsi que les données du logiciel sont ordinairement

structurées en fichiers. La mise en œuvre des instructions du logiciel est appelée exécution, et la machine est appelée ordinateur ou calculateur.

Un logiciel peut être classé comme système, applicatif, standard, spécifique, ou libre, selon la manière dont il interagit avec le matériel, selon la stratégie commerciale et les droits sur le code source des programmes. Le terme logiciel propriétaire est aussi employé.

Les logiciels sont créés et livrés à la demande d'un client, ou alors ils sont créés sur l'initiative du producteur, et mis sur le marché, parfois gratuitement. En 1980, 60 % de la production et 52 % de la consommation mondiale de logiciels est aux Etats Unis. Les logiciels sont également distribués illégalement et la valeur marchande des produits ainsi distribués est parfois supérieure au chiffre d'affaires des producteurs. Les logiciels libres sont créés et distribués comme des commodités produites par coopération entre les utilisateurs et les auteurs ;

4.3.1 Présentation du logiciel

Tout abord, nous avons créé un logiciel qui calcule la quantité du carburant a emporter, et le gain de transporter cette quantité dans différents cas, dans le but de chercher une quantité du carburant compatible avec la réglementation et la rentabilité économique recherché pour la compagnie Tassili Airlines. Cette application est réalisé sous un langage qu'on appelle : « DELPHI », on a préféré utiliser ce langage a cause de sa rapidité dans l'exécution et sa fiabilité, en plus on a utilisé le module base de donnée qui est intégrée dans la langage DELPHI, comme un complément pour construire les bases de données nécessaires ;

4.3.2 Les caractéristiques de la base de données

- Description des données : recherche des données ;
- Concurrence d'accès : détecter les conflits ;
- Confidentialité des données : privilège d'accès ;
- Intégrer des données validation et cohérence des données.

Pour notre logiciel, on a utilisé le model base de donnée qui est intégré avec le DELPHI, qui nous permis de construit des tableaux de base de données, et l'accès facile a ces dernières, aussi pour effectuer des changements sur les données, ce modèle de base de données fait partie de la suite DELPHI.

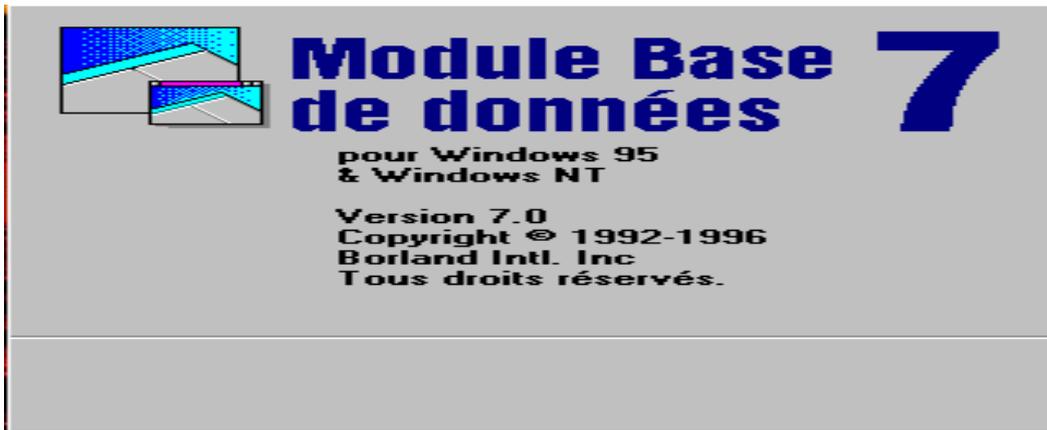


Figure 4-1 : Module Base de données [25]

4.3.3 Description du logiciel

4.3.3.1 Données d'entrées

Notre logiciel est composé de plusieurs bases de données sous forme de tableaux incluant toutes les informations : des aéroports de départ, d'arrivée, les caractéristiques des avions, le coefficient de transport ...

La première base : concerne les caractéristiques des 12 avions de la compagnie aérienne TASSILI AIRLINES ;

Remplir la 1^{ère} table qui concerne :

- AC model;
- Aircraft Registration;
- Masse de base pour chaque avion;
- C/O Maximal pour chaque avion ;
- Masse maximal au décollage ;
- Masse maximal à l'atterrissage;
- Masse maximal sans carburant ;
- Capacité Réservoir;
- Roulage;
- Attente;
- Le Cout horaire pour chaque type d'avion.

Tableau 4-1 : Les informations des avions de Tassili Airlines

A/C MODEL	Air craft registration	Masse de Base(kg)	C/O(kg)	MMSD(kg)	MMSC(kg)	MMSA(kg)	Cr(kg)	R(kg)	F(kg)	Ch(DZ)
B737-800	7T-VCA	43083,6	19647	79015	62731	65317	21000	150	1200	542000
B737-800	7T-VCB	43090,6	19640	79015	62731	65317	21000	150	1200	542000
B737-800	7T-VCC	42426,9	20304	79015	62731	65317	21000	150	1200	542000
B737-800	7T-VCD	43186,6	19544	79015	62731	65317	21000	150	1200	542000
DASH-Q400	7T-VCL	18132,21	7723	29257	25855	28009	5000	70	750	287000
DASH-Q400	7T-VCN	18065,41	7790	29257	25855	28009	5000	70	750	287000
DASH-Q400	7T-VCN	18109,41	7746	29257	25855	28009	5000	70	750	287000
DASH-Q400	7T-VCO	18037,09	7818	29257	25855	28009	5000	70	750	287000
DASH-Q200	7T-VCP	11133,17	3382	16466	14515	15649	2500	50	500	178000
DASH-Q200	7T-VCQ	11072,60	3442	16466	14515	15649	2500	50	500	178000
DASH-Q200	7T-VCR	11162,91	3352	16466	14515	15649	2500	50	500	178000
DASH-Q200	7T-VCS	11059,51	3455	16466	14515	15649	2500	50	500	178000

Le deuxième tableau concerne les lignes aériennes :

Tableau4-2 : Les lignes aériennes de Tassili Airlines

LA LIGNE	D BOEING	RD BOEING	D Q400	RD Q400	D Q200	RD Q200	Distance	KBOEING
ALG-HME	2729	1333	1221	601	787	333	370	1,019
HME-ALG	2516	1552	1172	679	744	426	360	1,020
HME-CZL	2163	576	948	400			280	1,017
CZL-HME	2050	1334	968	601			280	1,016
ALG-AAE	1989	790	899	400	549	185	240	1,014
AAE-ALG	1880	1551	848	679	526	425	240	1,014
AAE-HME	2553	1334	1153	601	743	333	330	1,021
HME-AAE	2475	790	1132	400	713	186	330	1,021
HME-ORN	3077	674	1481	400			450	1,025
ORN-HME	3180	1333	1502	596			450	1,025
ORN-ALG	1715	1551	761	679	475	425	220	1,010
ALG-ORN	1925	674	849	400	517	149	200	1,010
ORN-IAM	4526	1958	2208	956			720	1,039
IAM-ORN	4414	674	2250	400			720	1,039

Dans le tableau si dessus qui concerne le réseau aérien, on a fait entrer les données suivantes :

- L'aéroport de départ ;
- L'aéroport d'arrivée ;
- Délestage pour chaque type d'avion ;
- Coefficient de transport pour le BOEING.

Le troisième est pour le prix de carburant pour chaque aérodrome :

Tableau 4-3 : les prix du carburant dans les différents aéroports

Aéroport	Prix (DA/HL)	Prix internationale
ALGER	1206.53	7384.15
CONSTANTINE	1206.53	7384.15
ORAN	1206.53	7384.15
ANNABA	1258.64	7384.15
BATNA	1258.64	7384.15
BEJAIA	1258.64	7384.15
SETIF	1258.64	7384.15
TEBESSA	1258.64	7384.15
TLEMCEN	1258.64	7384.15
BISKRA	1362.88	7384.15
CHLEF	1362.88	7384.15
EL OUED	1362.88	7384.15
GHARDAIA	1362.88	7384.15
H.MESSOUD	1362.88	7384.15
OUARGLA	1362.88	7384.15
TIARET	1362.88	7384.15
ADRAR	1467.12	7384.15
B.B MOKHTAR	1467.12	7384.15
BECHAR	1467.12	7384.15
DJANET	1467.12	7384.15
EL GOLEA	1467.12	7384.15
H.R'MEL	1467.12	7384.15
ILLIZI	1467.12	7384.15
IN AMENAS	1467.12	7384.15
IN SALAH	1467.12	7384.15
TAMENRASSET	1467.12	7384.15
TIMIMOUN	1467.12	7384.15
TINDOUF	1467.12	7384.15
C-D-G	/	6915.31
Marseille	/	7618.15

4.3.3.1 Les données de sortie

Les paramètres de sortie correspondant à l'affichage du résultat de l'emport de carburant pour les différents vols et différents types d'appareils en indiquant les données suivants :

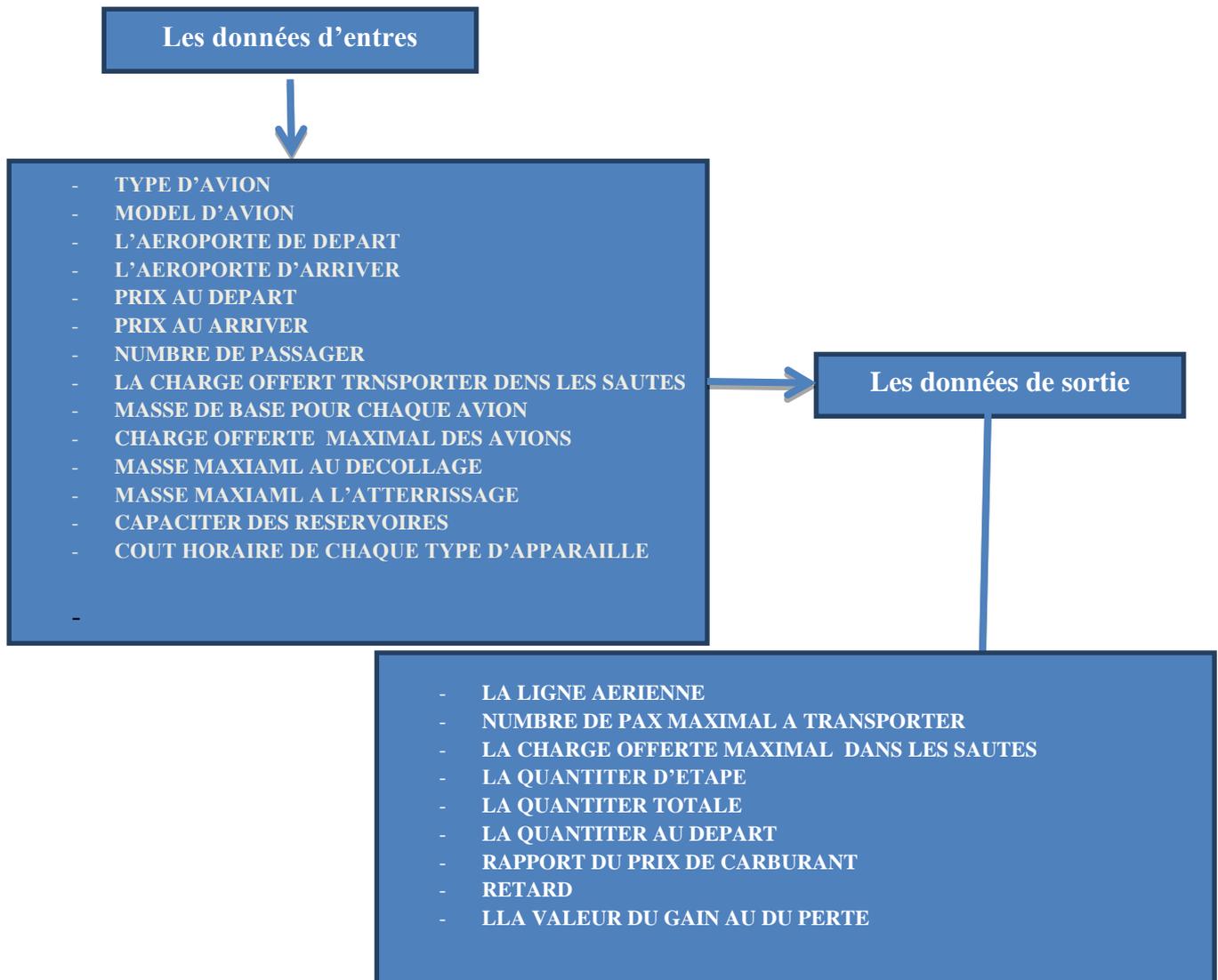


Figure 4-2 : Les données d'entrée et de sortie de l'application

4.3.4 La structure du logiciel

Afin de faciliter l'utilisation du logiciel, on l'a structuré dans un ensemble de formes, chacune regroupe un certain nombre de fonctions élémentaires.

4.3.5 Fonctionnement du logiciel

Du point de vue de fonctionnement, ce logiciel est composé d'un ensemble de formes ou de fiches élémentaires, qui se distinguent par des fonctions qui accomplissent les étapes de la fonction de notre logiciel pouvant se résumer dans le point suivant :

- Saisir le mot de passe pour accéder au logiciel en assurant plus de sécurité et confidentialité au logiciel ;

- Ouvrir la fenêtre concerne l'appareil pour choisir le type d'avion ;
- Ouvrir la deuxième fenêtre du trajet, choisir les étapes de vol, le type de vol, le nombre de pax, et la charge offert des soutes transportées ;
- Ouvrir la fenêtre principale d'application du notre étude en affichant le résultat final.

4.3.5.1 La fenêtre d'accès « le mot de passe »

Il faut avoir le droit d'accès à l'application, pour des raisons de sécurité, seules les personnes gestionnaires possédant le mot de passe peuvent accéder au logiciel, donc il faut le saisir en cliquant sur le bouton « ok » ;



Figure 4-3 : la fenêtre du mot de passe.

Remarque : Dans le cas où le mot de passe set incorrect, un message s'affiche et le signale «mot pass incorrecte » voir figure :

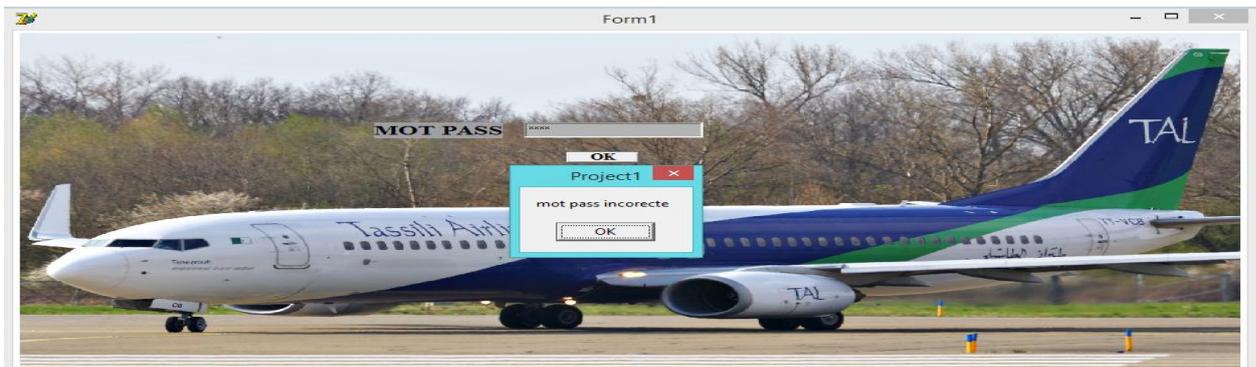


Figure4-4 : droit d'accès

4.3.5.2 La fenêtre de choix de l'appareil

Après avoir le droit d'accès, la fenêtre de choix de l'appareil apparait pour choisir l'avion qui fera l'étape de vol ;

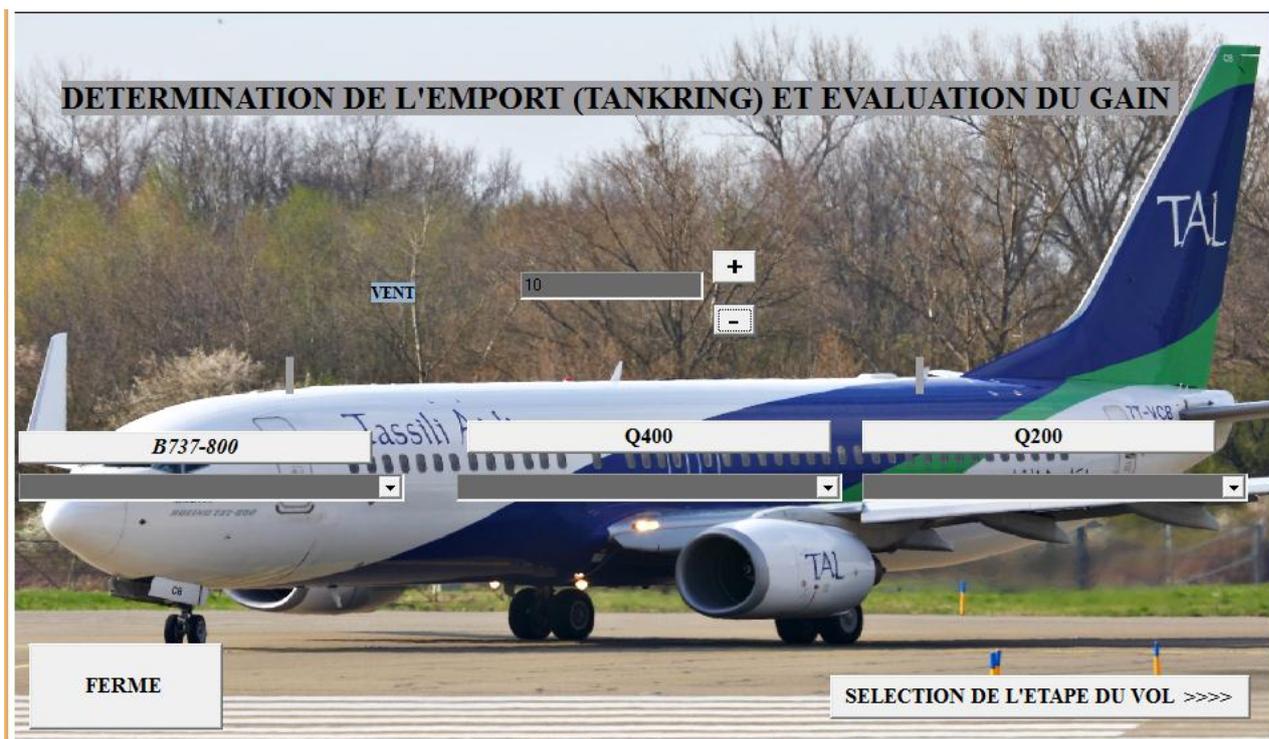


Figure4-5 : La sélection de l'appareil

- La case au-dessus pour injecter le vent et sa direction : de face ou bien arrière
- Les Boutons « B737-800, Q400 et Q200 » pour choisir le type d'avion et le tableau qui apparait pour sélectionner l'appareil ;
- Le Bouton « SELECTION DE L'ETAPE DU VOL » pour passer à la fenêtre suivante ;
- Le Bouton« FERMER » permet de quitter l'application.

4.3.5.3 La fenêtre de choix de l'étape de vol

Après la sélection l'appareil il faut chaisier type de vol, l'étape de vol « la route », le nombre de pax et la charge offert des soutes ;

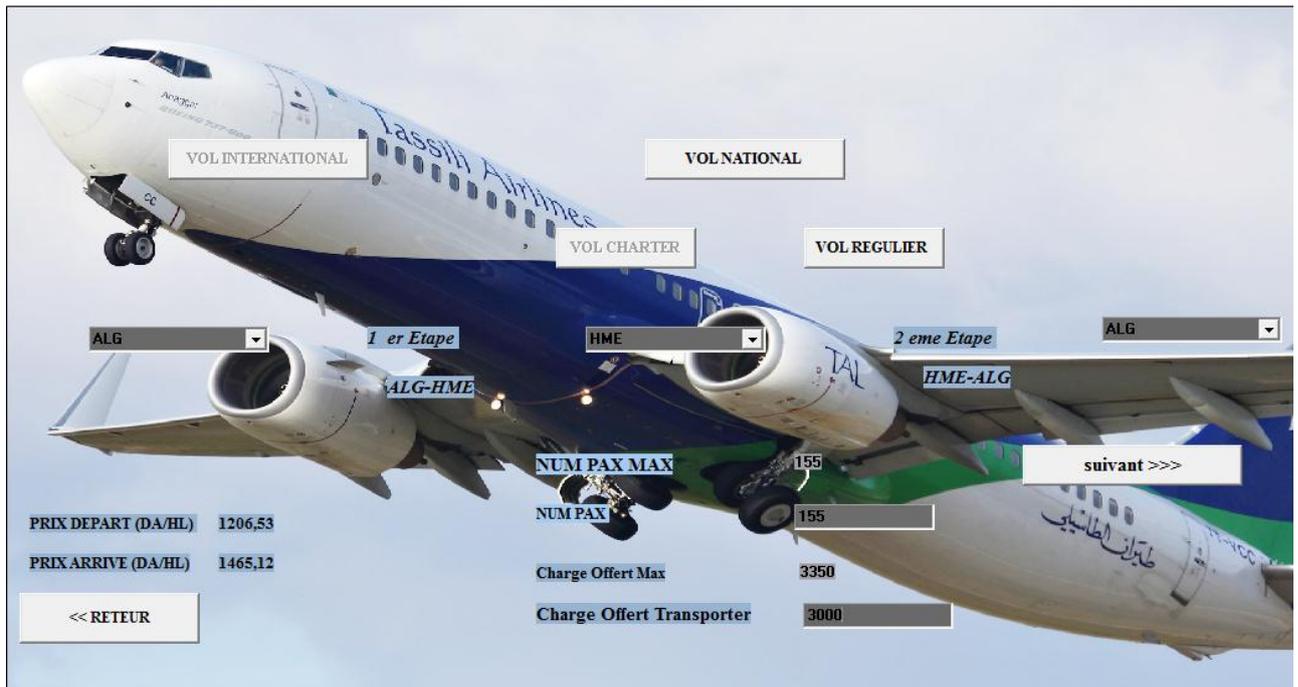


Figure 4-6 : La sélection de l'étape de vol

- Choisir le type de vol « international ou national » aussi choisi soit vol « régulier ou bien charter » ;
- Choisi l'aéroport de départ et d'arriver 1 et l'arriver 2 c'est-à-dire sélectionner les 2 étapes de vol ;
- Remplir le nombre de pax et la charge offert des soutes, mais nous devons adhérer aux chiffre maximal ;
- Le bouton « retour » pour revenir à l'étape précédente ;
- Le bouton « suivant » pour passer à l'étape suivante.

4.3.5.4 La fenêtre principal d'application de l'emport carburant et évaluation du gain

Après la sélection de la fenêtre principale d'application apparait pour gérer notre travail :

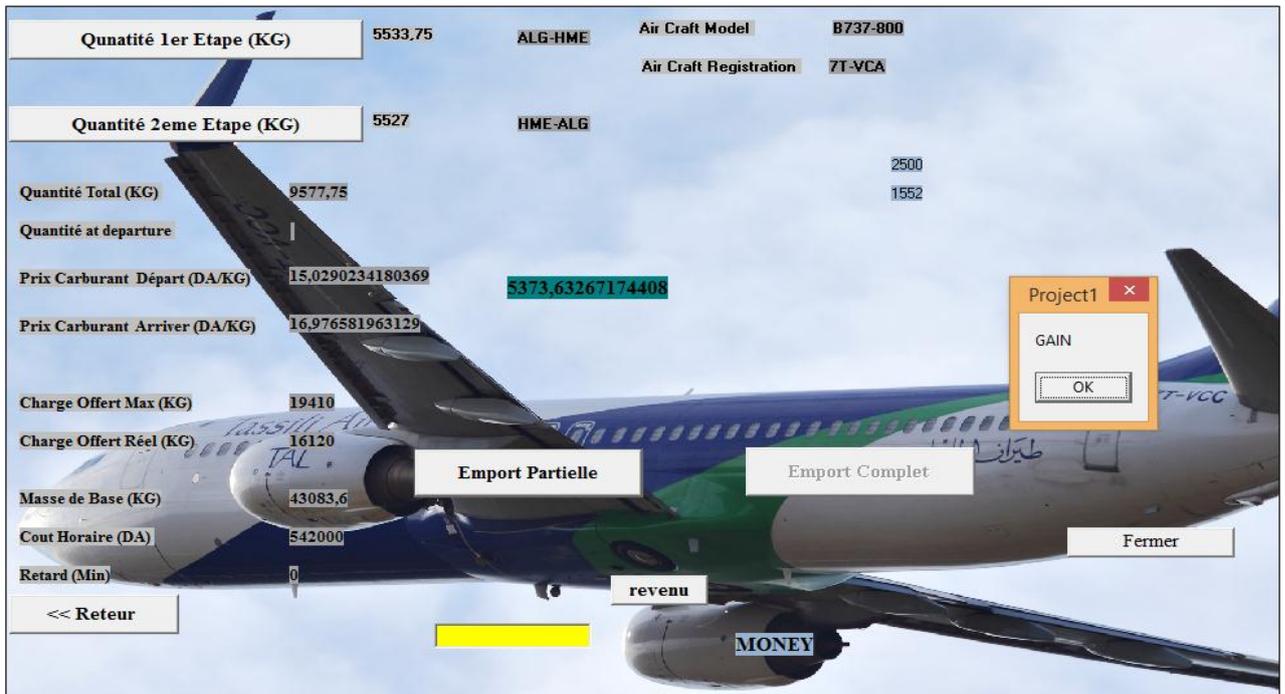


Figure 4-7 : La fenêtre principale

Dans cette fenêtre il y a plusieurs boutons et colonnes d'affichage :

- Les boutons en haut pour calculer les quantités d'étape ;
- Les boutons au milieu pour calculer le profit de l'emport carburant.

Remarques :

- ❖ Dans le cas au nous aurions un emport partielle bouton « emport partielle » apparait, et le bouton « emport complet » disparaît.
- ❖ Dans le cas au nous aurions un emport complet le bouton « emport partielle » disparaît, et le bouton « emport complet » apparait.
- La case en jeune sert à remplir le nombre de rotation, après cliquer sur le bouton « revenu » pour voir le résultat de plusieurs rotations ;
- Le bouton « fermer » pour quitter l'application ;
- Le bouton « retour » pour revenir à la fenêtre précédente ;
- Cette fenêtre afficher plusieurs information telle que.
 - Aircraft model ;
 - Aircraft registration ;
 - Quantité de la 1^{ère}étape (kg) ;

- Quantité de la 2^{eme} étape (kg) ;
- Quantité totale (kg) ;
- Prix de départ et arrivée (DA/kg) ;
- C/O max et réelle (kg) ;
- le profit (DA).

Et enfin le programme afficher le message si nous avons un profit ou une perte.

4.4 Exécution du logiciel

4.4.1 Le vol Alger –Marseille

C'est un vol international Aller-retour effectué par le B737-800 immatriculé 7T-VCA ;

Les conditions du vol :

- ISA+10 ;
- VENT 10KT de face ;
- Nombre de PAX : 152 passager a bord.



Figure 4-8 : La sélection de l'avion 7T VCA.

Après la sélection de l'appareil, on va sélectionner la ligne Alger- Marseille, et injecter le nombre de passager :

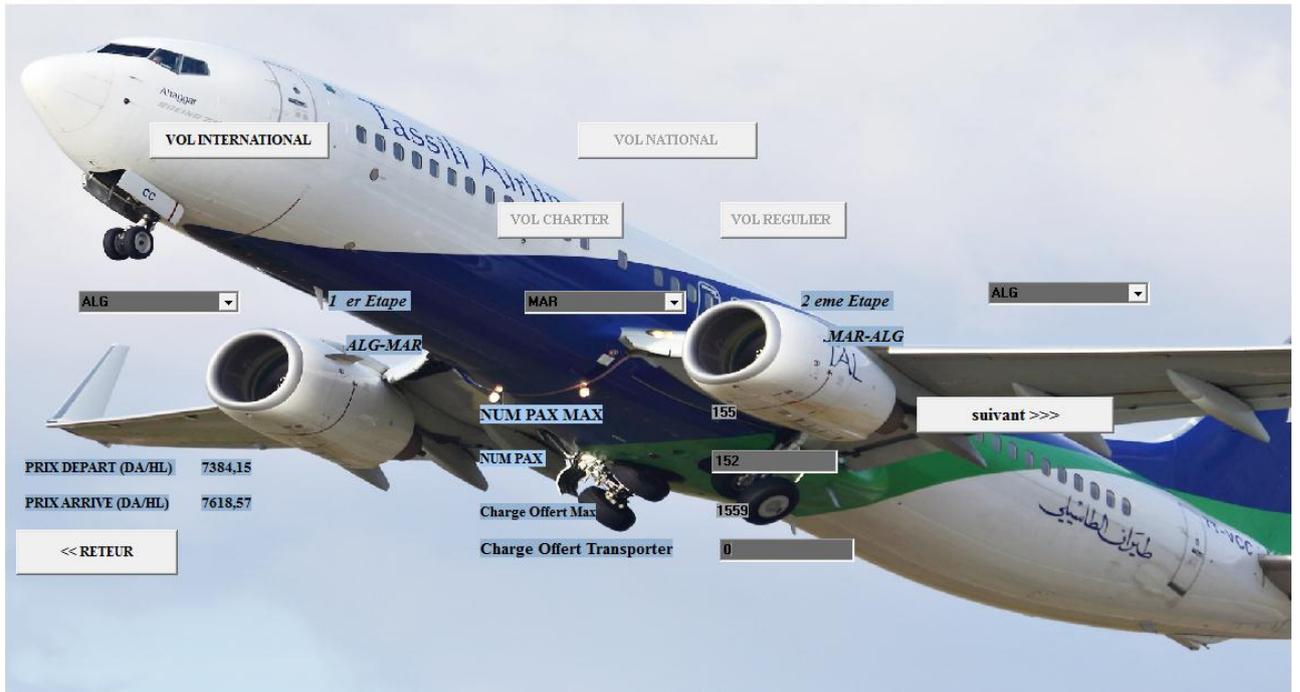


Figure 4-9 : La sélection de l'étape Alger –Marseille -Alger

On clique sur le bouton « suivant » :

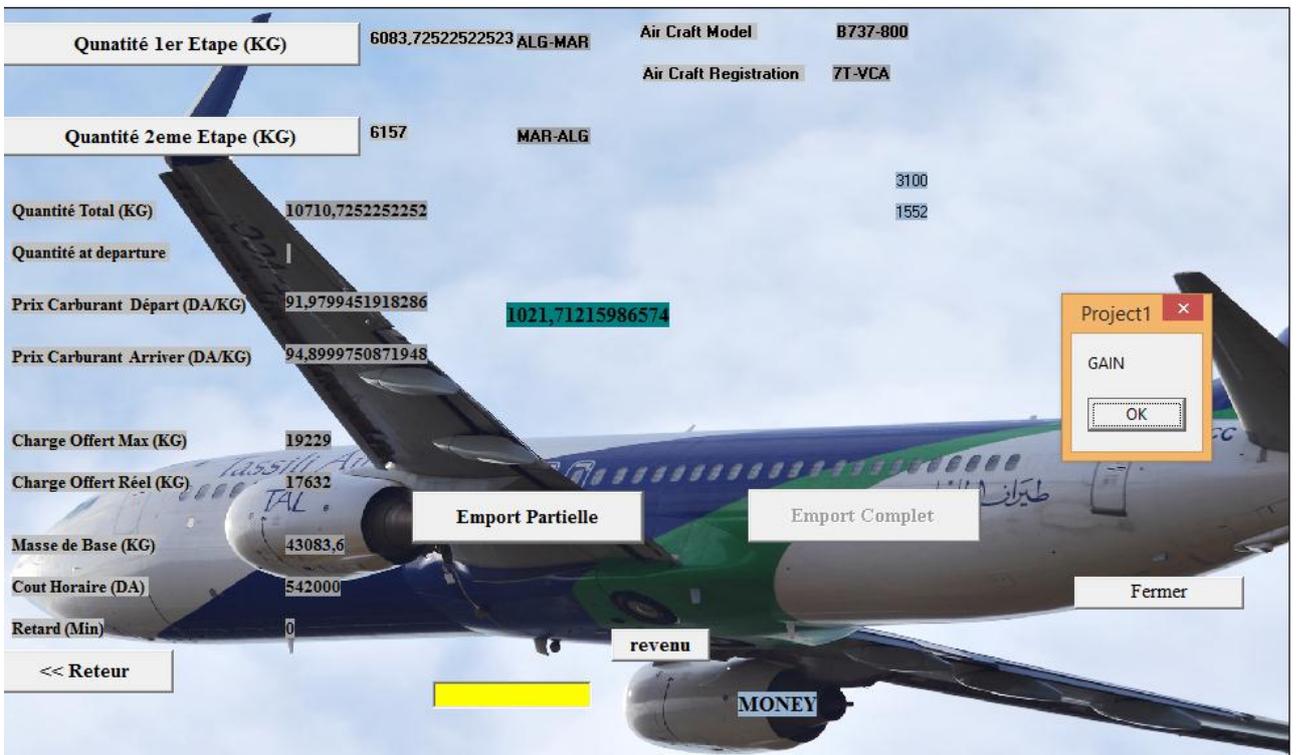


Figure 4-10 : Les résultats d'emport carburant pour la rotation Alger-Marseille-Alger

On un gain de 1021.712 DA par rapport à faire l'étape sans emport

4.4.2 Le vol Alger – Oran

C'est un vol national Aller-retour effectué par le B737-800 immatriculé 7T-VCA ;

Les conditions du vol :

-ISA+10 ;

-VENT 20KT de face ;

-Nombre de PAX : 103 passager a bord.



Figure4-11 La sélection de l'appareil 7T VCA

Après la sélection de l'appareil, on va sélectionner la ligne Alger- Oran, et injecter le nombre de passager ;

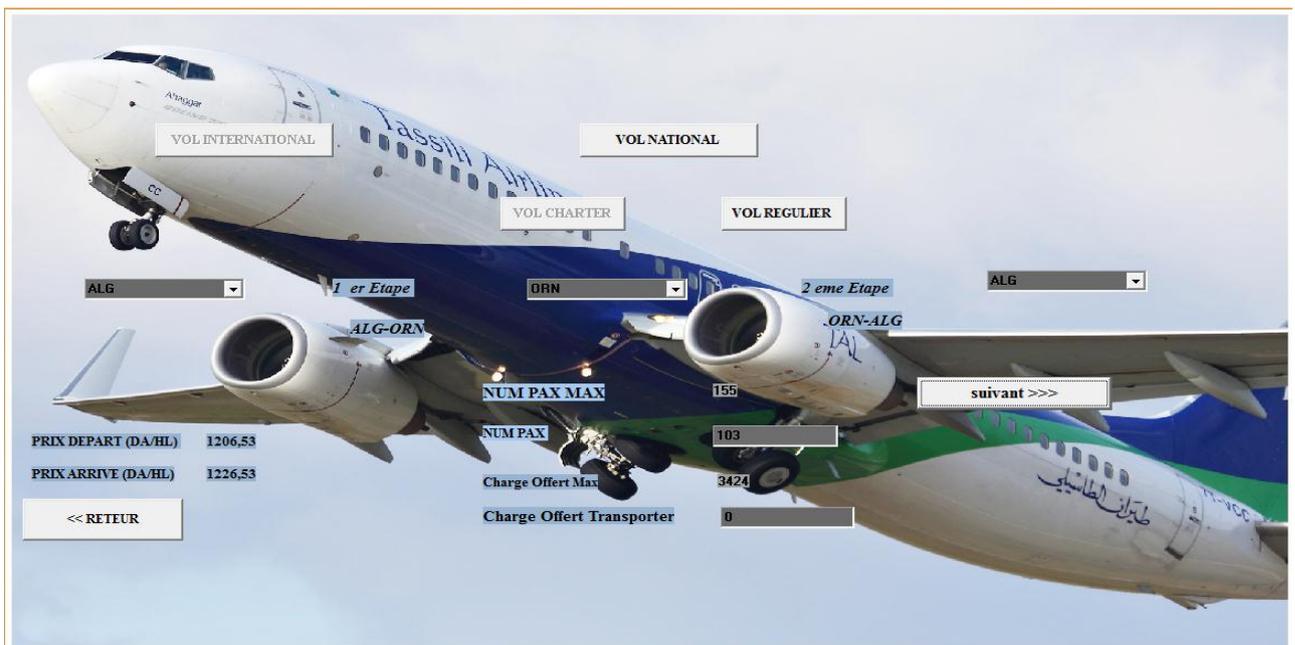


Figure 4-12 : La sélection de la ligne Alger Oran Aller retour avec 7T VCA.

On clique sur suivant :

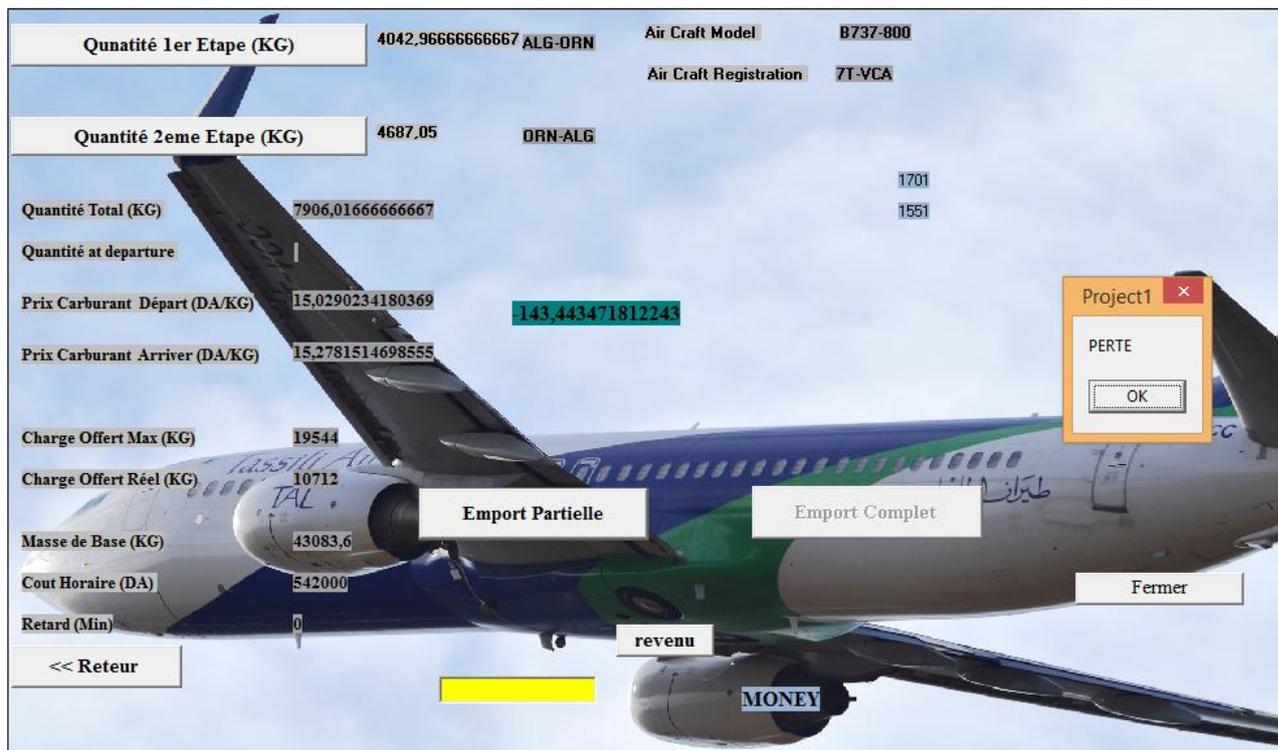


Figure4-13 : Les résultats de l'emport carburant de la ligne Alger Oran avec le 7 T VCA.

On a une perte de **143.44 DA** par rapport à faire l'étape sans emport, par ce que le prix à Alger est près de celui d'Oran

4.4.3 Le vol Alger – Charles De Gaulles:

C'est un vol international Aller-retour effectué par le B737-800 immatriculé 7T-VCC.

Les conditions du vol :

- ISA+10 ;
- VENT 50KT de face ;
- Nombre de PAX : 140 passager a bord .



Figure4-14 : La sélection de l'appareil 7TVCC

Après la sélection de l'appareil on va sélectionner la ligne Alger-Charles De Gaulles et le nombre de passager ;

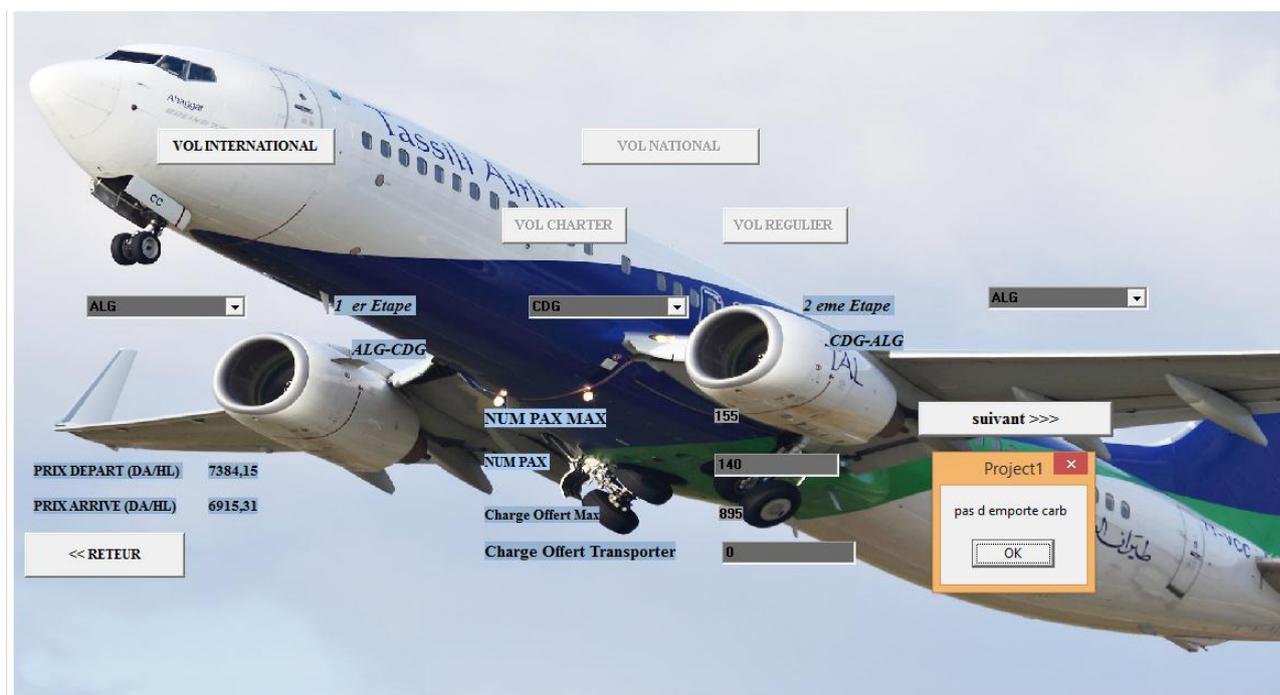


Figure 4-15 : La sélection de la ligne Alger - Charles de Gaulles

Sortie du message « pas d'emport carburant » il est préférable d'éviter l'emport carburant dans ce cas de figure par ce que le prix à l'aéroport de Charles De Gaulles supérieur de celui à Alger.

4.4.4 Le vol Oran – Hessi Massoud -Annaba

C'est un vol national Charter effectué par le Q400 immatriculé 7T-VCL.

Les conditions du vol :

- ISA+10 ;
- VENT Nul ;
- Nombre de PAX : 59 passager abord.



Figure 4-16 : La sélection de l'appareil 7T VCL

Après la sélection de l'appareil on va sélectionner la ligne Oran – Hessi Messoud –Annaba, et injecter le nombre de passager ;



Figure 4-17 : La sélection de la rotation Alger- Hassi Messaoud- Annaba.

On clique sur suivant :

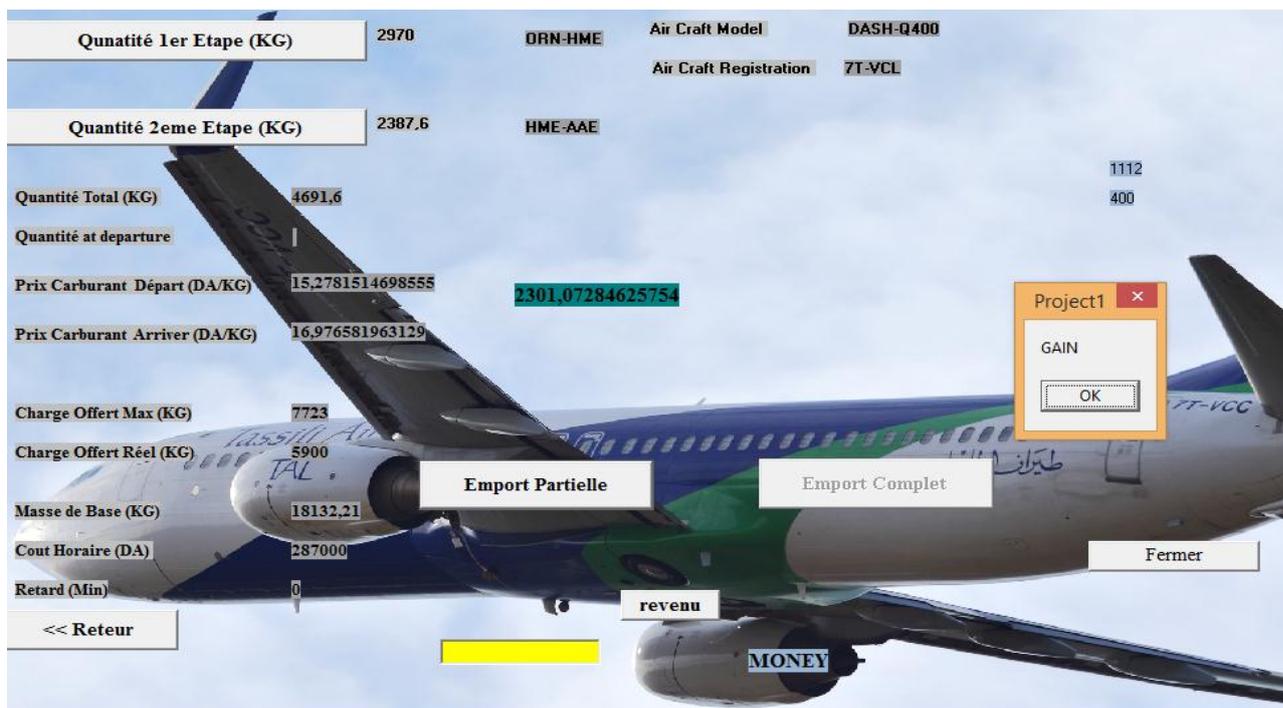


Figure 4-18 : Les résultats de l'emport carburant de la rotation Alger -Hassi Messaoud-Annaba avec le 7T VCL

On un gain de **2301.07 DA** par rapport à faire l'étape sans emport.

Dans le cas nous voulons savoir le bilan mensuel, ou bien annuel, on entre le nombre de rotation par mois ou par ans et le logiciel nous donne le revenu total.

Exemple :

Vol : Oran – Hessi Messaoud – Annaba, nous avons 15 rotation pour le mois d'aout :

Le bilan financier de 15 rotations est de **34516 DA** pour le Q400



Figure4-19 : Le bilan financier de 15 rotations pour le Q400

4.5 Conclusion

Après avoir réalisé Le logiciel qui a pour objectif : la détermination de la quantité optimale de carburant a emporter, nous avons exécuté quelques exemples de destinations qui sont fréquentées par les avions de Tassili Airlines, et ainsi nous affirmons la fiabilité de cette dernière : elle propose une meilleure gestion économique de carburant, et nous donne une meilleure stratégie pour consommer moins de carburant , ainsi gagnes plus d'argent , ce que nous avons remarqué dans nos exemples avec les sommes d'argent de gain noté.

CHAPITRE 5 : ETUDES FINANCIERE DES STATISTIQUES DES VOLS ANNUELS PAR IMMATRICULATION D'APPAREILS

5.1 Explication du travail

Dans ce chapitre, nous allons étudier les statistiques des vols de Tassili Airlines réalisés dans quelques lignes aériennes, en créant de nouvelles sous bases de données qui contiennent a chaque fois que 3 pages : une spécifiée pour chaque appareil avec des informations clefs, par exemple :l'immatriculation , la date, point de départ , point d'arrivée, nombre de passagers, quantité carburant au départ , quantité carburant a l'arrivée, la consommation fuel, informations de première nécessité , en suite on tris les informations par mois ainsi qu'on calcule la consommation moyenne, la quantité moyenne au départ , et le nombre de passagers moyens pour chaque mois , après nous allons créer un tableau qui va contenir pour chaque ligne et chaque appareil : le nombre de vols, la quantité réelle au départ (celle avec laquelle a été réalisé le vol), en suite on va calculer la quantité au départ avec notre application tout en intégrant le vent pour chaque mois , et pour chaque ligne, on va calculer la différence des masses au départ multipliée fois le nombre de vols dans ce mois (vue que le vent change) ,multipliée fois la différence de prix .

Si on a la quantité réelle est inferieure a celle de notre programme, un gain sera enregistré, mais si on a la quantité réelle est supérieure a celle de notre application, cela veut dire que la compagnie fait un chargement couteux (une perte financière) sans prendre en considération les limites de l'emport.

Une base de données contenant tout les vols de la compagnie T.A.L du 1^{er} Aout2015, jusqu'au 31 Aout 2016, est composée de plus de 14899 vols notés avec les 12 appareils, et voici quelques chiffres concernant le nombre des vols :

- 7T VCA : a réalisé plus de 1542 mouvements ;
- 7T VCB : a réalisé plus de 1489 mouvements ;
- 7T VCC : a réalisé plus de 1549 mouvements ;
- 7T VCD :a réalisé plus de 1457 mouvements ;
- 7T VCL :a réalisé plus de 1264 mouvements ;
- 7T VCM :a réalisé plus de 1442 mouvements ;
- 7T VCN :a réalisé plus de 1059 mouvements ;
- 7T VCO :a réalisé plus de 1423mouvements ;
- 7T VCP :a réalisé plus de 1089 mouvements ;
- 7T VCQ :a réalisé plus de 908 mouvements ;

7T VCR : a réalisé plus de 703 mouvements ;

7T VCS : a réalisé plus de 975 mouvements.

On choisit quelques lignes réalisées avec les 3 avions les plus pénalisants de chaque type d'appareil coté masse de base, le Charlie Alpha pour les B737, le Charlie Lima pour les Q400, et le Charlie Sierra pour les Q200.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	registr.	date	atlb no.	status	flight no.	from	to	number of pax	freight	fuel qty at depart	fuel qty at arrival	fuel qty on board	Fuel consump
2	7T-VCA	06/09/2015	52725	Applied	SF1912	ORN	HME	150	0	8980	5250	3730	3730
3	7T-VCA	08/09/2015	52733	Applied	SF1140	ORN	HME	143	0	11500	7780	3720	3720
4	7T-VCA	09/09/2015	52740	Applied	SF1140	ORN	HME	167	0	11970	8180	3790	3790
5	7T-VCA	16/09/2015	52577	Applied	SF1140	ORN	HME	121	0	11510	7960	3550	3550
5	7T-VCA	23/09/2015	50460	Applied	SF1140	ORN	HME	31	0	12060	8600	3460	3460
7	7T-VCA	30/09/2015	50488	Applied	SF1140	ORN	HME	0	0	9560	5590	3970	3970
8	moy mois							102		10930			3703
9	7T-VCA	11/10/2015	51336	Applied	SF1912	ORN	HME	144	0	9070	5580	3490	3490
10	7T-VCA	13/10/2015	51344	Applied	SF1140	ORN	HME	154	0	10500	6850	3650	3650
11	7T-VCA	25/10/2015	54250	Applied	SF1912	ORN	HME	125	0	9060	5480	3580	3580
12	moy mois							141		9543			3573
13	7T-VCA	10/11/2015	31909	Applied	SF1140	ORN	HME	120	0	8560	4860	3700	3700
14	moy mois							120		8560			3700
15	7T-VCA	08/12/2015	54729	Applied	SF1140	ORN	HME	131	0	9070	5420	3650	3650
16	7T-VCA	15/12/2015	71358	Applied	SF1140	ORN	HME	0	0	12050	8570	3480	3480
17	7T-VCA	23/12/2015	71387	Applied	SF1140	ORN	HME	125	0	7880	4380	3500	3500
18	7T-VCA	29/12/2015	52409	Applied	SF1140	ORN	HME	152	0	11490	7850	3640	3640
19	moy mois							102		10123			3568
20	7T-VCA	27/01/2016	51029	Applied	SF1140	ORN	HME	0	0	8000	4780	3220	3220
21	moy mois							0		8000			3220

Figure 5-1 : Présentation du calcul de la moyenne mensuelle de la consommation, de nombre de pax et quantité départ des 3 types d'avions pour la destination

A la fin on va calculer la consommation moyenne annuelle ainsi que la quantité moyenne annuelle au départs tout en signalant des valeurs exceptionnelles.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	7T-VCA	12/04/2016	46132	Applied	SF1140	ORN	HME	131	0	11510	7520	3990	3990
2	moy mois							135,5		10800			3930
3	7T-VCA	10/05/2016	54392	Applied	SF1140	ORN	HME	144	0	10120	5990	4130	4130
4	7T-VCA	18/05/2016	56688	Applied	SF1140	ORN	HME	126	0	11030	7520	3510	3510
5	7T-VCA	29/05/2016	57487	Applied	SF1912	ORN	HME	158	0	8910	5370	3540	3540
6	7T-VCA	31/05/2016	57495	Applied	SF1140	ORN	HME	136	0	11550	7770	3780	3780
7	moy mois							141		10403			3740
8	7T-VCA	14/06/2016	37604	Applied	SF1140	ORN	HME	87	0	8490	5040	3450	3450
9	7T-VCA	15/06/2016	37608	Applied	SF1140	ORN	HME	95	0	9070	5770	3300	3300
10	7T-VCA	19/06/2016	37632	Applied	SF1912	ORN	HME	131	0	9280	5860	3420	3420
11	moy mois							104,3333333		8947			3390
12	7T-VCA	05/07/2016	34207	Applied	SF1140	ORN	HME	0	0	14030	10410	3620	3620
13	7T-VCA	12/07/2016	34237	Applied	SF1140	ORN	HME	154	0	12050	8110	3940	3940
14	7T-VCA	24/07/2016	30093	Applied	SF1912	ORN	HME	136	0	8990	5340	3650	3650
15	7T-VCA	26/07/2016	30102	Applied	SF1140	ORN	HME	138	0	11530	7630	3900	3900
16	moy mois							107		11650			3778
17	7T-VCA	10/08/2016	31424	Applied	SF1140	ORN	HME	106	0	9070	5240	3830	3830
18	moy mois							106		9070			3830
19	moy année							122		9968			3637

Figure5-2 : Les moyennes annuelles de la consommation, de nombre de pax et quantité départ des 3 types d'avions pour la destination

5.2 Statistique des vols de quantité chargée au départ de carburant, consommation carburant et valeurs exceptionnelles de consommation, et quantité départ avec application

Les lignes à analyser sont les suivantes :

5.2.1 ALG-HME (Alger vers Hassi Messaoud)

Le nombre annuel des vols des 3 types d'appareils, pour l'année 215/2016 est de : 1145 vols ;

5.2.1.1 Statistiques avec le Boeing 737-800 (7T VCA)

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCA est de : 192 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCB est de : 183 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCC est de : 200 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCD est de : 161 vols.

Tableau 5-1 : Les données du 7T VCA dans la ligne ALG-HME

Mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	10	23	17	20	15	15	15	17	13	16	14	15	4
Quantité moyennes chargée Au départ(Kg)	8642	8790	8927	8351	8812	8454	8381	8550	8954	8834	8947	8369	9048
Qté Moy chargée au départ par application(Kg)	9603	9630	9641	8721	8607	9651	9645	9630	9620	9618	9609	9605	9605
Consommation Moyenne	2760	2945	2755	2875	2790	2765	2895	2885	3375	2795	3005	2825	2915
Les valeurs exceptionnelles	3480	3160	8060	3130	3060	3290	3210	3050	3130	3030	3210	1780	3050
	7970	3180	3390	3240	3020	3220	3150	3020	3020	9050	3200	3070	3050
		3200	3260	3020	8060	1960	3220		1900		3320	3000	3060
		3040	3000	3140			3080		3090		3180	3360	
		1830		8200			3030		3090				
	3060					2410		3800					

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 2961 kg ;

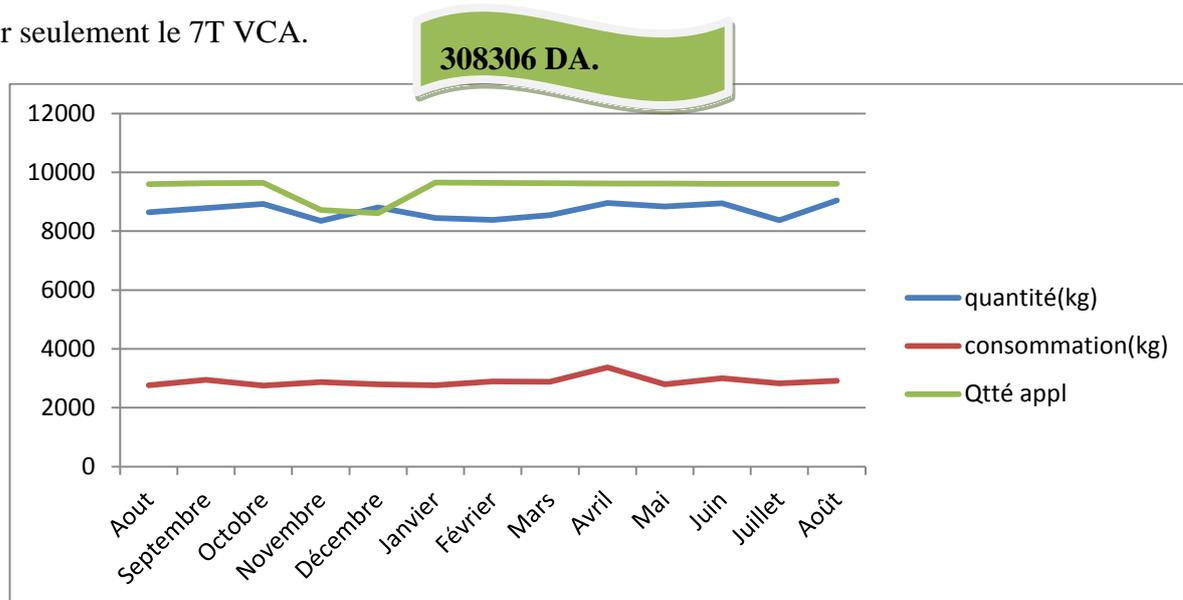
La quantité moyenne annuelle au départ est de : 8651 kg ;

La valeur gagnée est :

[Le nombre de passagers *la différence de prix*la différence de la quantité au départ] [5-1]

$$[(10*961*1.95)+(23*840*1.95)+(17*714*1.95)+(20*370*1.95)+(15*205*1.95)+(15*1197*1.95)+(15*1264*1.95)+(17*1080*1.95)+(13*666*1.95)+(16*784*1.95)+(14*662*1.95)+(15*1236*1.95)+(4*557*1.95)]=308306 \text{ DA}$$

Le gain annuel supplémentaire ajouté a celui réalisé par Tassili Airlines, est de 308306 Da pour seulement le 7T VCA.



Graphe 5-1 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ALG-HME

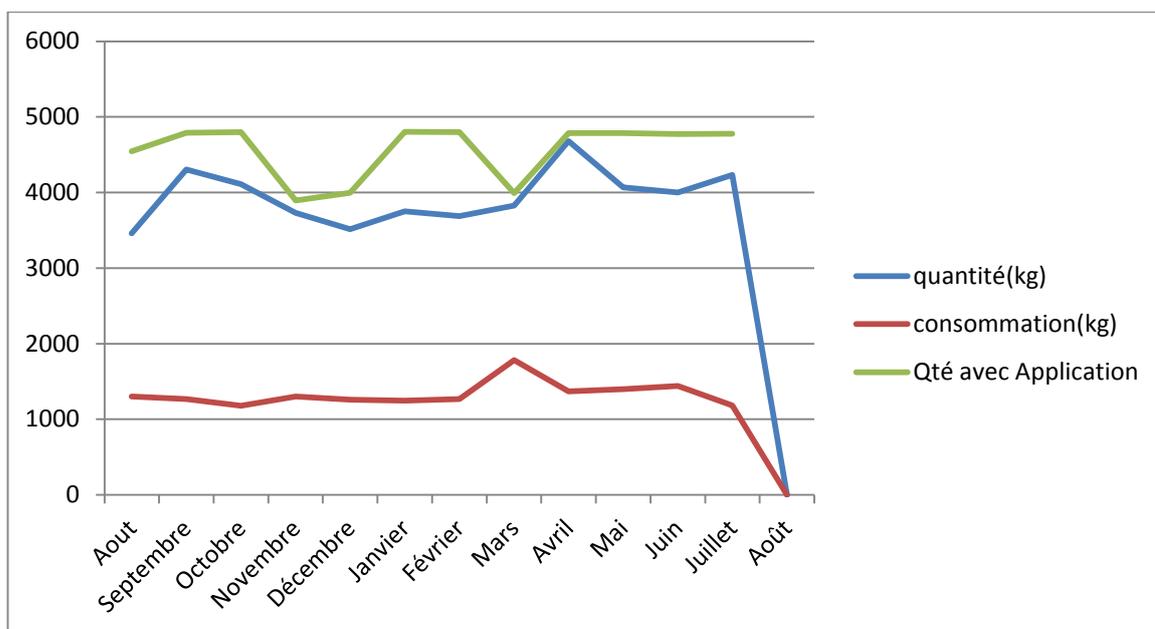
5.2.1.2 Statistiques avec le Q400 7T VCL

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et hassi Messaoud avec le 7T VCL est de : 47 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et hassi Messaoud avec le 7T VCM est de : 85 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et hassi Messaoud avec le 7T VCN est de : 80 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et hassi Messaoud avec le 7T VCO est de : 62 vol.

Tableau5-2 : Les données du 7T VCL dans la ligne ALG-HME

Mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	2	3	5	3	6	4	4	7	5	5	1	2	0
Quantité moyennes Au départ(Kg)	3460	4307	4111	3730	3516	3750	3688	3827	4679	4067	4000	4233	/
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	4545	4790	4799	3894	3998	4805	4799	3992	4786	4785	4776	4778	0
Consommation Moyenne	1303	1270	1180	1303	1258	1249	1266	1784	1369	1400	1440	1183	/
Les valeurs exceptionnelles	1405	0	0	1405	1435	1430	1395	4661 1370	1605	1530 1580	1440	0	/



Graph 5-2 : quantité et consommation moyenne du 7T VCL dans la ligne ALG-HME

La consommation moyenne dans l'année est égale à : 1357 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 3914 kg ;

Le gain annuel est =

51 193 DA

5.2.1.3 Statistiques avec le Q200 7T VCS

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCS est de : 30 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCR est de : 29 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCQ est de : 35 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Hassi Messaoud avec le 7T VCP est de : 41 vol.

Tableau 5-3 : Les données du 7T VCS dans la ligne ALG-HME

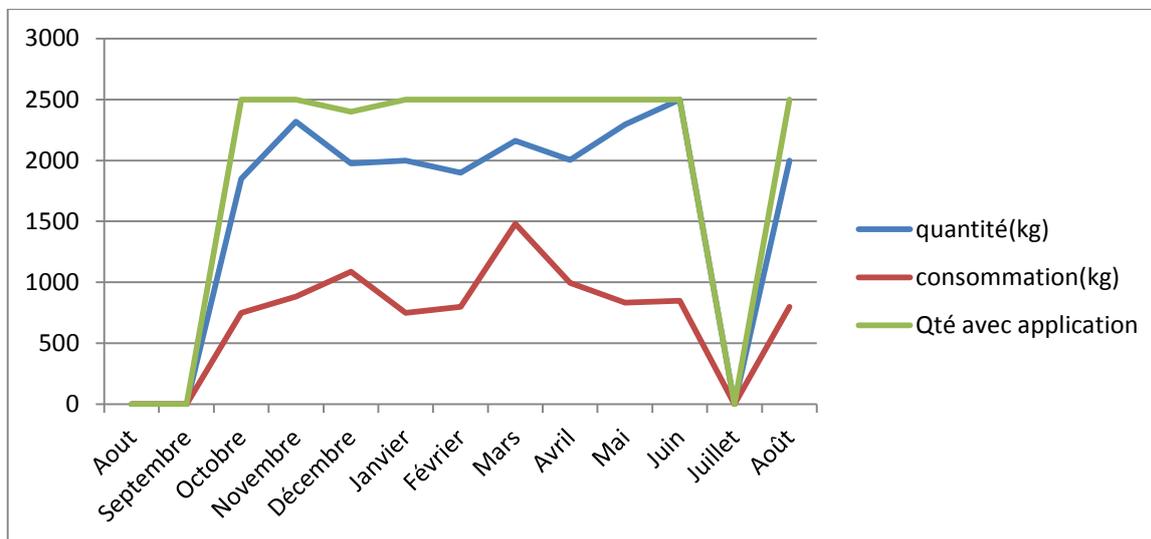
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	0	0	1	3	4	2	2	5	5	5	2	0	1
Quantité moyennes Au départ	0	0	1850	2317	1975	2000	1900	2160	2005	2294	2500	/	2000
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	0	0	2500	2500	2400	2500	2500	2500	2500	2500	2500	0	2500
Consommation Moyenne	0	0	750	883	1088	750	800	1480	995	834	850	/	8000
Les valeurs exceptionnelles	/	/	0	950	1800	0	0	2500 2500	1800	0	0	/	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 983 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 2123kg ;

Le gain annuel supplémentaire est de :

22042 DA



Graph 5-3 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ALG-HME

5.2.2 ALG-TLM (Alger vers Tlemcen)

Le nombre annuel des vols des 3 types d'appareils, pour l'année 215/2016 est de : 99 vols ;

5.2.2.1 Statistiques avec le Boeing 737-800 7T VCA

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCA est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCB est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCC est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCD est de : 0 vol.

5.2.2.2 Statistiques avec le Q400 7T VCL

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCL est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCM est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCN est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCO est de : 0 vol.

5.2.2.3 Statistiques avec le Q200 7T VCS

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCS est de : 31 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCR est de : 18 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCQ est de : 23 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Tlemcen avec le 7T VCP est de : 27 vols.

Tableau5-4 : Les données du 7T VCS dans la ligne ALG-TLM

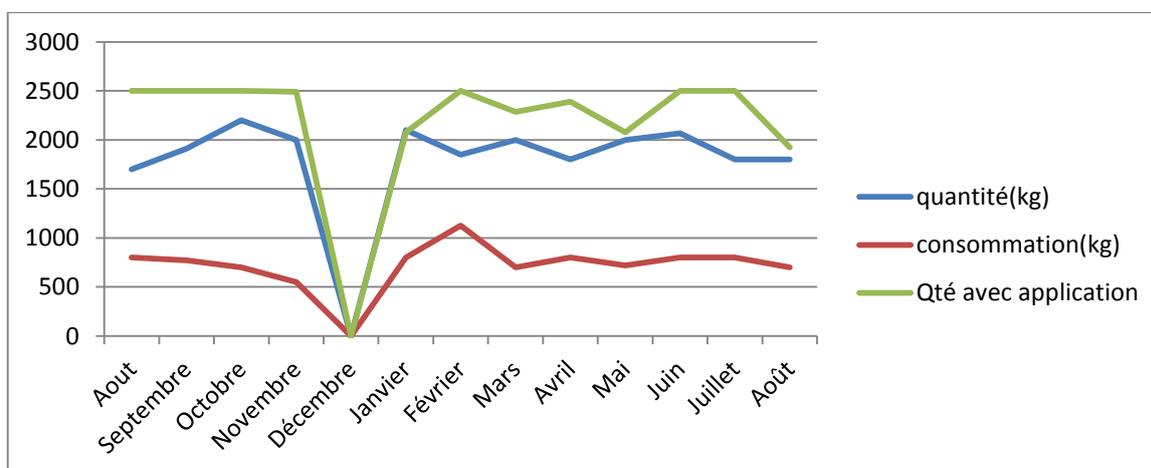
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	1	2	2	4	0	2	4	3	3	5	3	1	1
Quantité moyennes Au départ(Kg)	1700	1910	2200	2000	0	2100	1850	2000	1800	2000	2067	1800	1800
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	2500	2500	2500	2490	0	2078	2500	2286	2390	2078	2500	2500	1924
Consommation Moyenne	800	770	700	550	0	800	1125	700	800	720	800	800	700
Les valeurs exceptionnelles	0	0	0	La valeur : 0 kg	0	500	2000	0	0	0	0	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a: 776kg;

La quantité moyenne annuelle au départ est de: 1910 kg;

Le gain annuel supplémentaire est ;

39770 DA



Graph 5-4 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ALG- TLM

5.2.3 AAE-HME (Annaba vers Hassi Messaoud)

Le nombre annuel des vols des 3 types d'appareils, pour l'année 215/2016 est de : 57 vols ;

5.2.3.1 Statistiques avec le Boeing 737-800 7T VCA

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCA est de : 12 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCB est de : 12 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCC est de : 11 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCD est de : 14 vols.

Tableau 5-5 : Les données du 7T VCA dans la ligne AAE-HME

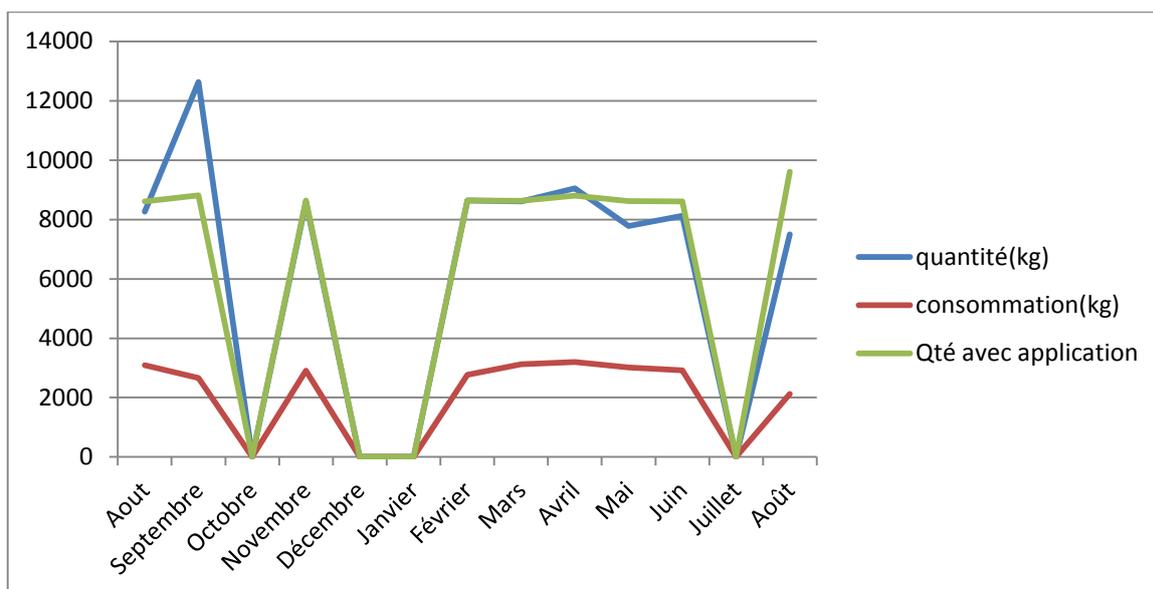
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	2	1	0	2	0	0	2	1	1	1	1	0	1
Quantité moyennes Au départ (Kg)	8260	8630	0	8590	0	0	8640	8610	8050	7780	8120	0	7500
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	8605	8816	0	8646	0	0	8642	8631	8805	8619	8611	0	9605
Consommation Moyenne	3090	2660	0	2905	0	0	2770	3120	3200	3020	2920	0	2120
Les valeurs exceptionnelles	3150	0	0	0	0	0	0	3120	0	0	0	0	2120

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 8755 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 2875 kg ;

Le gain annuel supplémentaire est :

6764 DA



Graphe 5-5 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne AAE-HME

5.2.3.2 Statistiques avec le Q400 7T VCL

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCL est de : 0 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCM est de : 0 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCN est de : 0 vols;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCO est de : 0 vols.

5.2.3.3 Statistiques avec le Q200 7T VCS

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCS est de : 2 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCR est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCQ est de: 3 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Annaba et Hassi Messaoud avec le 7T VCP est de: 3 vols.

Tableau 5-6 : Les données du 7T VCS dans la ligne AAE-HME

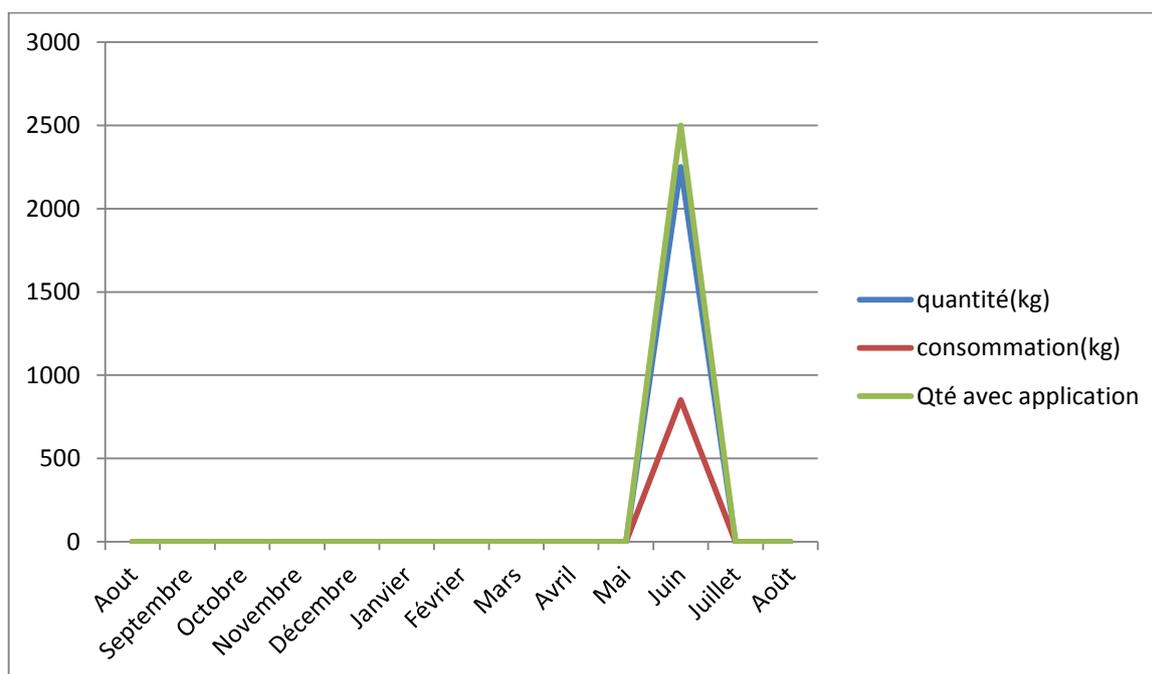
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Quantité moyennes Au départ(Kg)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2250	0	0
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2500	0	0
Consommation Moyenne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	850	0	0
Les valeurs exceptionnelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 2250kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 850 kg ;

Le gain est de :

650 DA



Graph 5-6 :La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne AAE-HME

5.2.4 ALG-ORA (Alger vers Oran)

Le nombre annuel des vols des 3 types d'appareils, pour l'année 215/2016 est de : 321 vols ;

5.2.4.1 Statistiques avec le Boeing 737-800 7TVCA

A noter que :

-Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCA est de : 41 vols ;

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCB est de : 52 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCC est de : 61 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCD est de : 55 vols.

Tableau 5-7 : Les données du 7T VCA dans la ligne ALG-ORA

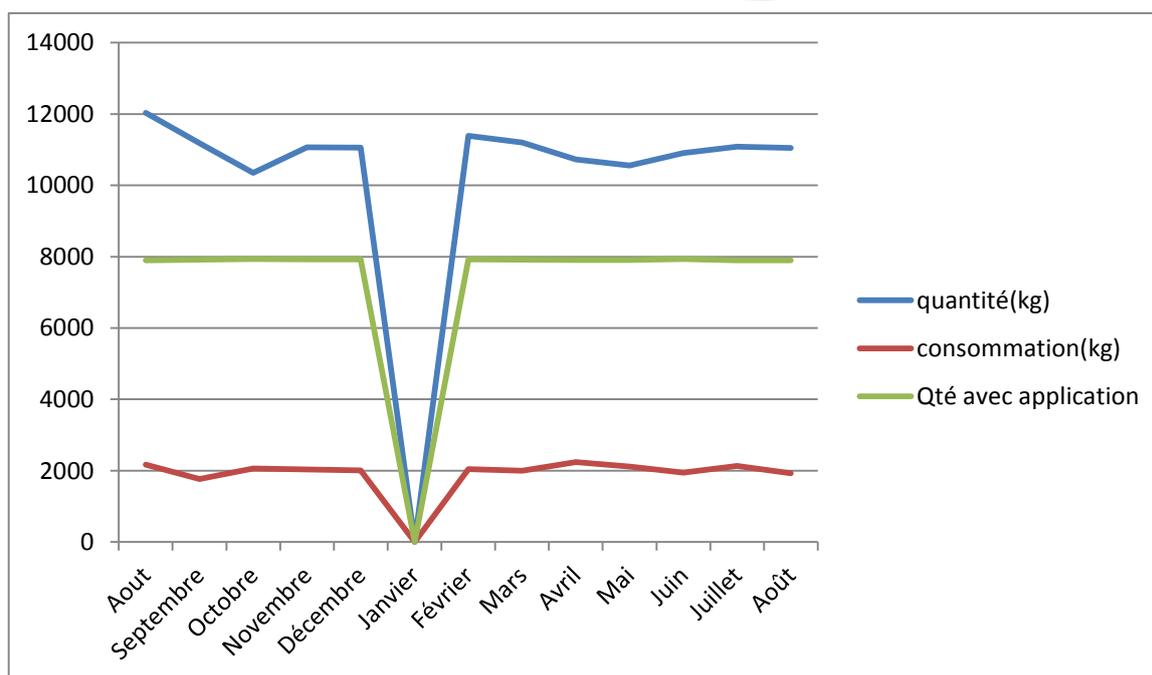
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	J a	Fevr	Mars	Avri l	Mai	Juin	Juille t	Aout
Nbre de vols	1	3	8	3	5	0	5	1	2	5	3	4	1
Quantité moyennes Au depart*10	1203	1118	1035	1106	1105	0	1139	1120	1073	1055	1090	1108	1105
Qté Moy *10 chargée au départ avec l'application(K)	790.2	791.7	792.9	7925	792.8	0	792.3	791.7	791.1	790.8	792.9	790.0	790.0
Consommation Moyenne	2170	1763	2061	2033	2010	0	2040	2000	2245	2112	1947	2133	1930
Les valeursexception nelles	2170	830	2260 2270	2250	2160 2100	0	2420	0	2280 2200	0	0	2420	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 2031 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 10914 kg ;

En remarquant que notre quantité même avec emport est inferieure a celle de Tassili donc, on va noter une perte financière de **31847 DA** (la différence de prix n'est pas importante elle est égale a .25 DA).

31847 DA



Graphe 5-7 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ALG-ORA

5.2.4.2 Statistiques avec le Q400 7T VCL

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCL est de : 3 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCM est de : 2 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCN est de : 2 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCO est de : 5 vols.

Tableau 5-8 : Les données du 7T VCL dans la ligne ALG-ORA.

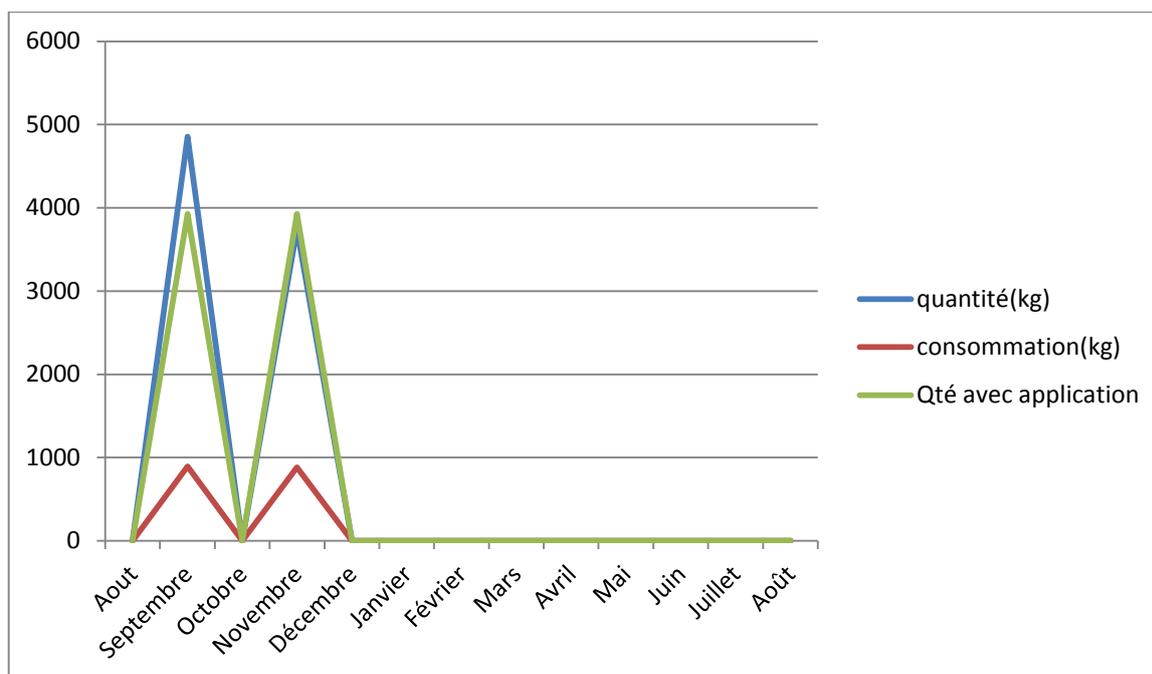
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantité moyennes Au départ(Kg)	0	4855	0	3743	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	0	3926	0	3926	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consommation Moyenne	0	895	0	883	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Les valeurs exceptionnelles	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 4188 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 889kg ;

En remarquant que notre quantité même avec emport est inférieure a celle de Tassili donc, on va noter une perte financière de **91.5 DA**, qui n'est pas vraiment significative vue la différence de prix n'est pas importante, elle est égale a .25 DA.

91.5 DA



Graph 5-8 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCL dans la ligne ALG-ORA

5.2.4.3 Statistiques avec le Q200 7T VCS

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCS est de : 29 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCR est de : 24 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCQ est de : 27 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Oran avec le 7T VCP est de : 20 vols.

Tableau 5-9 : Les données du 7T VCS dans la ligne ALG-ORA

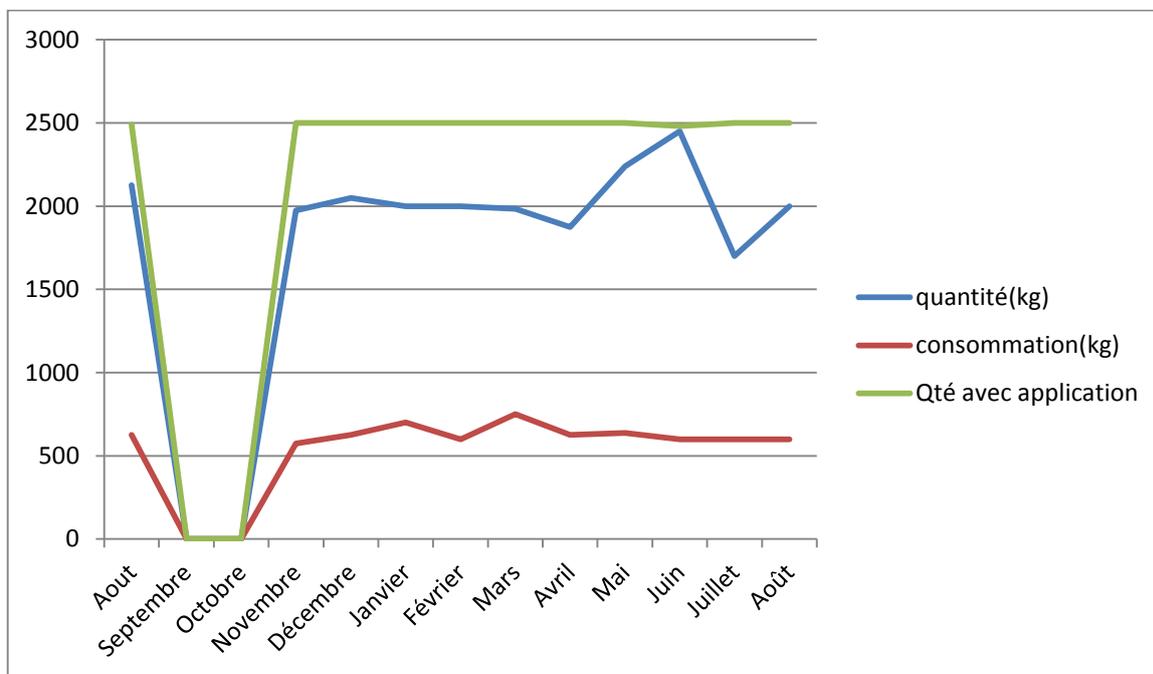
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	2	0	0	4	4	1	3	6	2	4	1	1	1
Quantité moyennes Au départ(Kg)	2125	0	0	1975	2050	2000	2000	1983	1875	2238	2450	1700	2000
Qté Moy chargée au départ avec l'application(Kg)	2490	0	0	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2480	2500	2500
Consommation Moyenne	625	0	0	575	625	700	600	750	625	638	600	600	600
Les valeurs exceptionnelles	0	0	0	0	700	700	0	700 1300 700	700	700	0	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 642kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 2038 kg ;

En remarquant que notre quantité même avec emport est supérieure a celle de Tassili donc (une quantité optimale, qui n'est pas encore atteinte, et qui peut nous faire gagner de l'argent encore), on va noter un gain financier de **3344 DA** (la différence de prix n'est pas importante elle est égale a .25 DA).

3344 DA



Graph 5-9 : La quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ALG-ORA

5.2.5 ALG-AAE (Alger vers Annaba)

Le nombre annuel des vols des 3 types d'appareils, pour l'année 215/2016 est de : 106 vols ;

5.2.5.1 Statistiques avec le Boeing 737-800 7T VCA

A noter que :

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCA est de : 27 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCB est de : 28 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCC est de : 20 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCD est de : 27 vol.

Tableau5-10 : Les données du 7T VCA dans la ligne ALG-AAE

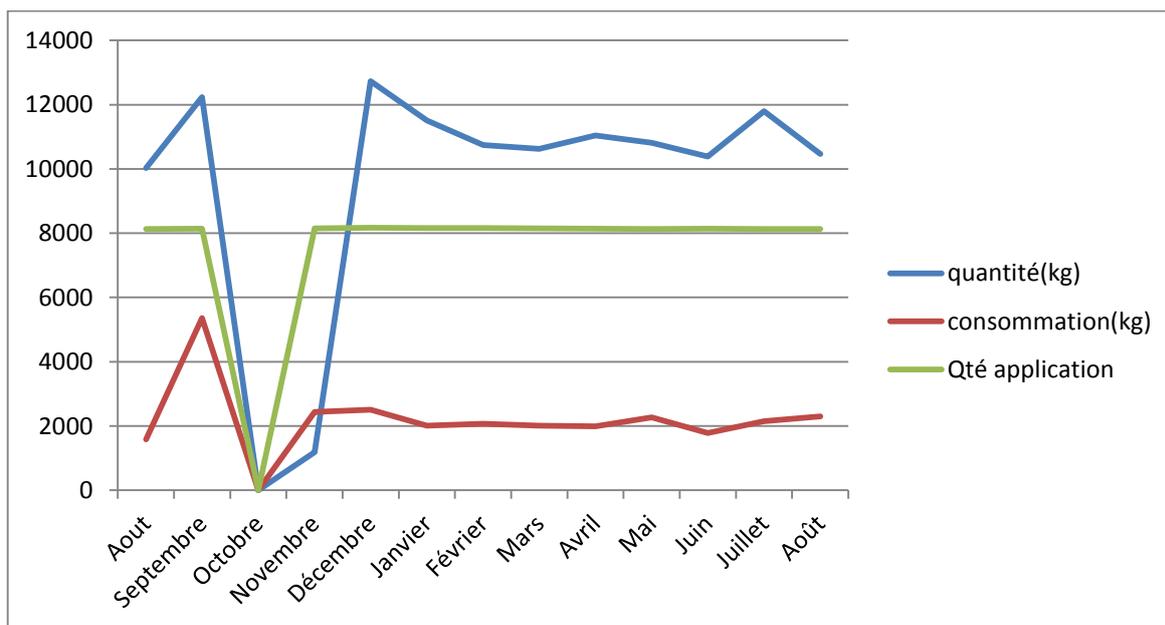
mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
Nbre de vols	3	3	0	3	3	3	2	1	1	2	2	2
Quantité moyennes Au départ	10027	12233	0	11083	12730	11507	10745	10620	11040	10815	10390	11800
Quantité moyennes Au depart avec application	8129	8142	0	8150	8166	8163	8162	8151	8140	8130	8139	8132 8128
Consommation Moyenne	1583	5357	0	2440	2507	2010	2070	2010	1990	2270	1785	2155
Les valeurs exceptionnelles	2050	12060 2030	0	2040 2390	2110 3120	2220 2050	0	0	0	2310	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 2414kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 11187 kg ;

La perte Financière est estimée a :

48043 Da



Graphe 5-10 La quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ALG- AAE

5.2.5.2 Statistiques avec le Q400 7T VCL

A noter que:

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCL est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCM est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCN est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCO est de : 2 vols .

5.2.5.3 Statistiques avec le Q200 7T VCS

A noter que:

- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCS est de : 0 vols ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCR est de : 1 vol ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCQ est de : 1 vol ;
- Le nombre de vols réalisé entre Alger et Annaba avec le 7T VCP est de : 0 vol.

5.3 Conclusion

Dans les statistiques des vols de Tassili Airlines, nous avons noté des gains supplémentaires par rapport à la quantité chargée réelle au départ, tellement ces dernières n'étaient pas optimales, et cela veut dire que si la compagnie a chargé juste un peu plus pour atteindre les valeurs de quantité chargée obtenues de notre application, on aurait pu marquer un gain de plus.

Nous avons noté aussi des cas où le carburant est chargé d'une manière excessive qui dépasse même la quantité optimale calculée que ce soit par le jet planner ou bien notre application et cela provoque des pertes financières.

La compagnie Tassili Airlines peut bénéficier de l'emport carburant dans d'autres côtés, tout en gardant les pertes financières minimales, par exemple charger le plus de carburant en naviguant vers une place isolée pour éviter d'éventuels fuel break.

Noter bien que les valeurs réelles de quantité au départ incluent en générale une quantité supplémentaire chargée par les commandants de bord, presque Tassili n'intègre pas encore l'emport carburant dans sa politique.

CONCLUSION GENERALE

L'emport de carburant est une stratégie qui a pour objectif : l'optimisation de tous les paramètres opérationnels, en relation directe ou indirecte avec la consommation, et gestion de l'utilisation carburant, afin de rendre un vol plus rentable et plus économique.

Nous avons commencé notre étude en essayant de rassembler les paramètres, ainsi que les différents intervenants qui influent sur la consommation de carburant, en suite nous avons vu de quelle manière est ce que ces derniers influent sur la consommation, et enfin quelques méthodes pour l'optimisation et réduction de consommation.

L'emport carburant doit être rigoureusement étudié pour assurer une rentabilité financière, car il ne suffit pas que d'avoir le prix du carburant a la destination inferieur a celui de départ.

Plusieurs recherches sur le sujet en question ont été faite à partir de différentes documentations officielles, basées sur des calculs organisés et assistés par des logiciels informatiques adéquats, permettant a la fois : l'optimisation de la gestion carburant, et de permettre une meilleure rentabilité financière pour la compagnie aérienne.

La mise à jour encaissée des prix au départ tout comme destination dans la base de données du programme est indispensable, afin de couvrir les différents couts secondaires.

Notre application est conçue à base du langage Delphi a cause de sa rapidité d'exécution.

Enfin nous pouvons dire que les objectifs tracés dans notre travail à propos de l'étude financière de l'emport carburant sont atteints, vue que dans plusieurs lignes aériennes dans le pays, et voir même dans l'international, cet emport peut être une stratégie très rentable, et qui peut gonfler les bilans financiers annuels da la compagnie Tassili Airlines , et aussi notre étude a démontré que dans certaines lignes aériennes, la ou le carburant su charge d'une manière incontrôlée engendre des pertes financières pour la compagnie aussi.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] By julien Bottenmuller, «Pourquoi-les-avions-volent-ils-si-haut », Article du la compagnie aérienne, technique. Paris, 2 avril 2014 ;
- [2] JAR OPS1, « Préparation du vol». Module opérations aérienne, Europe 1 avril 1998 ;
- [3] MrM. Driouche, Enseignant et doctorant à l'institut d'aéronautique, « polycopie du cour opérations aériennes, limitation du structure», Blida, 2010-2011 ;
- [4] Daroui Hala avec ABBAD sarah yasmine, «L'emport carburant au niveau de Tassili Airlines ». Mémoire fin d'étude. Université SAAD DAHLEB BLIDA, 2016-2017 ;
- [5] « Fuel conservation and Operations newsletter», January-March 1986;
- [6] Ecole Nationale De L'aviation Civile « Cours d'Exploitation technique des avions de transport publique», TOULOUSE, Février 2005 ;
- [7] Daniel cauvin « Aérodynamique, Mécanique de vol », Institut d'aéronautique jean mermoz, Mai 2009 ;
- [8] Messaoudi fatma zohra «économie et optimisation carburant ». mémoire fin d'étude. Université SAAD DAHLEB BLIDA, 2008-2009 ;
- [9] Airbus « getting to gips with weight and balace», Flight operation assistance, and line support;
- [10] Bencheikh «Cours de la navigation aériennes» Navigation aérienne, Blida 2010 ;
- [11] Boeing, «B737 NG Flight Crew Training Manual », Washington, le 30juin 2015;
- [12] LAKHDARI Donia et SALHI Manel, « la politique carburant». Mémoire fin d'étude, université SAAD DAHLEB BLIDA, promotion 2012 ;
- [13] AIRBUS - « Atelier sur les mesures opérationnelles» O.A.C.I, Montréal, 20-21 septembre 2006 ;
- [14] AIRBUS « Flight crew operating manual » Aéroflot, Russian Airlines, 2.05.10;
- [15] Commandant vilain Bernard «Les limites d'utilisation» groupe demos le 09/09/2008 :

- [16] ZAGHA Karim avec LAIOUER Azzedine «Elaboration d'un logiciel pour le calcul de masse et centrage ». mémoire fin d'étude. Université SAAD DAHLEB Blida 2010 ;
- [17] Commandant vilain Bernard «Masse et centrage» groupe demos le 09/09/2008 ;
- [18] Service des es hydrocarbures «fuel density » Naftal, Alger le 08/03/2018 ;
- [19] RAFIK BELLOUTI-« COURS SECURITE AERIENNE MASTER II OPS/EXP » I.A.E.S.BLIDA AVRIL 2016 ;
- [20] Walter J. Lesinski « TANKERING FUEL: A Cost Saving Initiative » AIR FORCE INSTITUTE OF TECHNOLOGY.USA. May 2011;
- [21] Jonathan Brynhagen, Martin Lindgren « fuel tankering »LUNDS UNIVERSITET, Turquie Avril 2012;
- [22] JAR OPS1, « Préparation du vol».module opérations aérienne, Europe 1 avril 1998 ;
- [23] https://fr.wikipedia.org/wiki/Tassili_Airlines consulté le 24/03/2018 , revu le 19/06/2018.
- [24] GLIGLI, « Masse et centrage». Module C préparation du vol, 21 juillet 2008.
- [25] Maurice gindiensperger « DELPHI 7 INITIATION », version 5 point 1 ;
- [26] « Delphi first approche », Faculté des sciences économiques et de gestion, LYON 1999,2000 ;
- [27] « Aeroplane operating Manual », Bombardier , Canada,2012

LES ANNEXES

La différence de temps ΔT qui est due a la surcharge:

On a réalisé une expérience avec le jet planner pour les 3 types que possède Tassili Airlines a savoir le Boeing737-800, le Q400 et le Q200, le poids de l’XTR, tout en vérifiant son impacte sur le retard causé dans le temps de vol, et on a obtenu les résultats suivants :

B737-800:

DEST	DAUH	E. FUEL	A. FUEL	E. TIME	NM	NAM	FL
R.R.		000221		00/05			
ALT	DAUG	001228		00/30	0149	0152	180
HOLD		001200		00/30			
XTR		000000		00/00	SIGN	CDB
TOF		005198		02/02	TRK	ALGHME	
TAXI		000150	CORR.	+ / -			
BLOCK		005348		02/02	BLOCK	FUEL

FL 310

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0017KGS

ALT AIRPORT	CIE NAME	COST INDEX
BLOCK	NUMERO B/L.	
CMD (-)	QUANTITY	
MAX B/O		

	E. WT	CORR.	OP. LIMIT	STRUC.	REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC	043084				
EPLD	010120				
EZFW	053204		ZFW	062731 /	
TOF	005198				

On a augmenté le poids jusqu’à 6000 kg de plus et on a vu le résultat dans la figure ci-dessous :

DEST	DAUH	E. FUEL	A. FUEL	E. TIME	NM	NAM	FL
R.R.		000227		00/05			
ALT	DAUG	001292		00/30	0149	0152	180
HOLD		001200		00/30			
XTR		000000		00/00	SIGN	CDB
TOF		005280		02/02	TRK	ALGHME	
TAXI		000150	CORR.	+ / -			
BLOCK		005520		02/02	BLOCK	FUEL

FL 310

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0018KGS

ALT AIRPORT	CIE NAME	COST INDEX
BLOCK	NUMERO B/L.	
CMD (-)	QUANTITY	
MAX B/O		

	E. WT	CORR.	OP. LIMIT	STRUC.	REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC	043084				
EPLD	016120				
EZFW	059204		ZFW	062731 /	
TOF	005280				

Remarque: pour chaque 6 T de surplus, on a un retard de moyenne de 1 mn ;

LES ANNEXES

Q400:

```

      E.FUEL  A.FUEL  E TIME  NM    NAM    FL
DEST  DAUH  001111  . . . . .  01/21  0370  0287  250
R.R.   . . .  000067  . . . . .  00/05
ALT   DAUG  000534  . . . . .  00/41  0149  0152  180
HOLD  . . .  000600  . . . . .  00/45
XTR   . . .  000000  . . . . .  00/00  SIGN  CDB  . . . . .
TOP   . . .  002312  . . . . .  02/52  TRK  ALGHME
TAXI  . . .  000070  CORR.    + / -
BLOCK . . .  002382  . . . . .  02/52  BLOCK FUEL . . . . .

FL 250

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0019KGS

ALT AIRPORT . . . . . CIE NAME . . . . . COST INDEX . . . . .
BLOCK . . . . . NUMERO B/L. . . . .
CMD (-) . . . . . QUANTITY . . . . .
MAX B/O . . . . .

      E. WT  CORR.    OP. LIMIT  STRUC.  REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC  018132 . . . . .
EPLD   002000 . . . . .
EZFW   020132 . . . . . ZFW . . . . . 025855 / . . . . .
```

On a augmenté le poids jusqu'à 5000 kg de plus, et on a vu le résultat dans la figure ci-dessous :

```

      E.FUEL  A.FUEL  E TIME  NM    NAM    FL
DEST  DAUH  001214  . . . . .  01/23  0370  0287  250
R.R.   . . .  000073  . . . . .  00/05
ALT   DAUG  000581  . . . . .  00/40  0149  0152  180
HOLD  . . .  000653  . . . . .  00/45
XTR   . . .  000000  . . . . .  00/00  SIGN  CDB  . . . . .
TOP   . . .  002521  . . . . .  02/52  TRK  ALGHME
TAXI  . . .  000070  CORR.    + / -
BLOCK . . .  002591  . . . . .  02/52  BLOCK FUEL . . . . .

FL 250

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0018KGS

ALT AIRPORT . . . . . CIE NAME . . . . . COST INDEX . . . . .
BLOCK . . . . . NUMERO B/L. . . . .
CMD (-) . . . . . QUANTITY . . . . .
MAX B/O . . . . .

      E. WT  CORR.    OP. LIMIT  STRUC.  REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC  018132 . . . . .
EPLD   007000 . . . . .
EZFW   025132 . . . . . ZFW . . . . . 025855 / . . . . .
```

Remarque: pour chaque 5 T de surplus, on a un retard de moyenne de 1 mn ;

LES ANNEXES

Q200:

```

DEST  DAUH  000737  . . . . . 01/22  0370  0287  250
R.R.   000041  . . . . . 00/05
ALT   DAUG  000289  . . . . . 00/41  0149  0152  160
HOLD   000375  . . . . . 00/45
XTR    000000  . . . . . 00/00  SIGN  CDB  . . . . .
TOF    001442  . . . . . 02/53  TRK  ALGHME
TAXI   000050  CORR.   + / -
BLOCK  001492  . . . . . 02/53  BLOCK  FUEL  . . . . .

FL  250

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0008KGS

ALT AIRPORT . . . . . CIE NAME . . . . . COST INDEX . . . . .
BLOCK . . . . . NUMERO B/L. . . . .
CMD (-) . . . . . QUANTITY . . . . .
MAX B/O . . . . .

E. WT  CORR.  OP. LIMIT  STRUC.  REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC  011060  . . . . .
EPLD  000000  . . . . .
EZFW  011060  . . . . . ZFW . . . . . 014515 / . . . . .

```

On a augmenté le poids jusqu'à 1000 kg de plus, et on a vu le résultat dans la figure ci-dessous :

```

DEST  DAUH  000745  . . . . . 01/23  0370  . . . . . 250
R.R.   000041  . . . . . 00/05
ALT   DAUG  000301  . . . . . 00/40  0149  0152  160
HOLD   000375  . . . . . 00/45
XTR    000000  . . . . . 00/00  SIGN  CDB  . . . . .
TOF    001462  . . . . . 02/53  TRK  ALGHME
TAXI   000050  CORR.   + / -
BLOCK  001512  . . . . . 02/53  BLOCK  FUEL  . . . . .

FL  250

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0011KGS

ALT AIRPORT . . . . . CIE NAME . . . . . COST INDEX . . . . .
BLOCK . . . . . NUMERO B/L. . . . .
CMD (-) . . . . . QUANTITY . . . . .
MAX B/O . . . . .

E. WT  CORR.  OP. LIMIT  STRUC.  REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC  011060  . . . . .
EPLD  001000  . . . . .

DEST  DAUH  000772  . . . . . 01/25  0370  . . . . . 250
R.R.   000040  . . . . . 00/05
ALT   DAUG  000323  . . . . . 00/39  0149  0152  160
HOLD   000375  . . . . . 00/45
XTR    000000  . . . . . 00/00  SIGN  CDB  . . . . .
TOF    001510  . . . . . 02/55  TRK  ALGHME
TAXI   000050  CORR.   + / -
BLOCK  001560  . . . . . 02/55  BLOCK  FUEL  . . . . .

FL  250

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:  KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0016KGS

ALT AIRPORT . . . . . CIE NAME . . . . . COST INDEX . . . . .
BLOCK . . . . . NUMERO B/L. . . . .
CMD (-) . . . . . QUANTITY . . . . .
MAX B/O . . . . .

E. WT  CORR.  OP. LIMIT  STRUC.  REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC  011060  . . . . .
EPLD  003000  . . . . .

```

Remarque: pour chaque 1 T de surplus, on a un retard de moyenne de 1 mn ;

Description du langage de la programmation



Delphi est un environnement de développement de type RAD (Rapid Application Development), basé sur le langage Pascal. Il permet de réaliser rapidement et simplement des applications Windows ;

Cette rapidité et cette simplicité de développement sont dues à une conception visuelle de l'application. Delphi propose un ensemble très complet de composants visuels prêts à l'emploi incluant la quasi-totalité des composants Windows (boutons, boîtes de dialogue, menus, barres d'outils...) ainsi que des experts permettant de créer facilement divers types d'applications et de bibliothèques ;

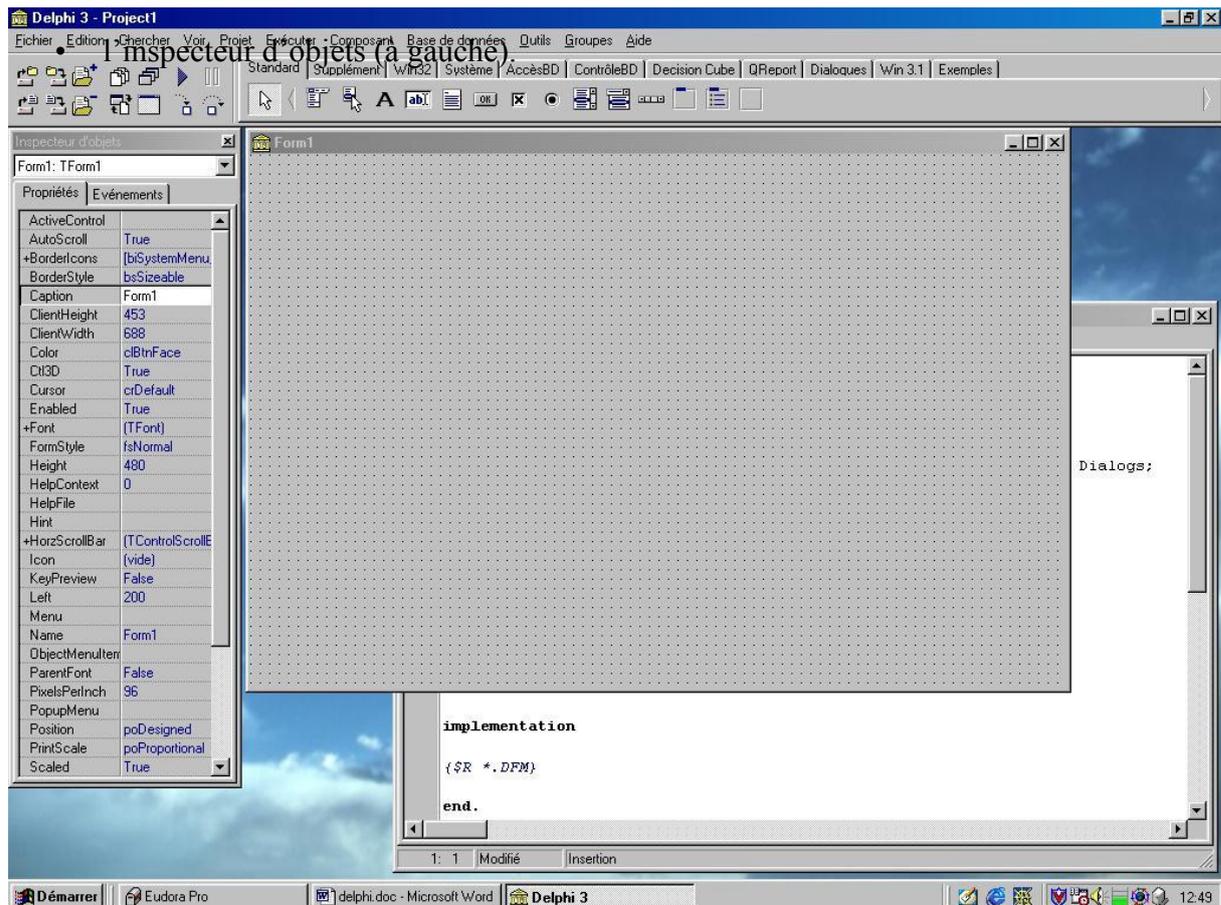
Pour maîtriser le développement d'une application sous Delphi, il est indispensable d'aborder les trois sujets suivants :

- ❖ Le langage Pascal et la programmation orientée objet ;
- ❖ l'Environnement de Développement Intégré (EDI) de Delphi ;
- ❖ Les objets de Delphi et la hiérarchie de classe de sa bibliothèque.

L'interface de Delphi

La figure ci-dessous représente l'interface typique de Delphi. Elle est composée de

- ❖ La barre de menus (en haut) ;
- ❖ La barre d'icônes (à gauche sous la barre de menus) ;
- ❖ La palette de composants (à droite sous la barre de menus) ;
- ❖ Le concepteur de fiche (au centre) ;
- ❖ L'éditeur de code (au centre sous le concepteur de fiche) ;



a) Conception de fiches : la palette des composants

Une fiche constitue l'interface (ou une partie de l'interface) d'une application. Pour concevoir une fiche, il suffit d'y insérer des contrôles (ressources Windows prêtes à l'emploi boutons de commande, listes, menus...) listés dans la palette des composants. Un clic sur le contrôle, puis un autre sur la fiche cible suffisent (un double clic insère le composant au milieu de la fiche active). La palette des composants réunit plusieurs volets. Les principaux sont listés ci-dessous ;

➤ Composants standards



LES ANNEXES

Contrôle	Nom Pascal	Description
Menu principal	MainMenu	Barre de menus
Menu surgissant	PopupMenu	Menu contextuel
Étiquette	Label	Zone d'affichage de texte non modifiable
Édition	Edit	Boîte d'édition permettant la saisie ou la modification d'une ligne de texte
Mémo	Memo	Boîte d'édition permettant la saisie ou la modification d'un texte de plusieurs lignes
Bouton	Button	Bouton de commande simple
Case à cocher	CheckBox	Sélection de choix entre plusieurs
Bouton radio	RadioButton	Sélection d'un choix entre plusieurs
Boîte de liste simple	ListBox	Liste [déroulante] d'éléments
Boîte de liste combinée	ComboBox	Liste déroulante d'éléments avec possibilité d'édition sans une boîte d'édition
Barre de défilement	ScrollBar	Ascenseur vertical ou horizontal
Boîte de groupe	GroupBox	Cadre conteneur de contrôles
Groupe de boutons radio	RadioGroup	Cadre conteneur de boutons radio
Volet	Panel	Volet conteneur de contrôles

Composants boîtes de dialogue

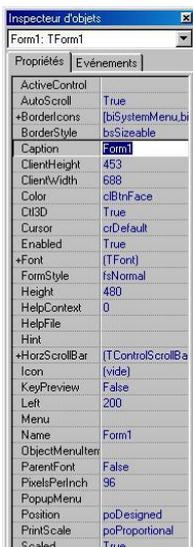


Boîte de dialogue	Nom Pascal	Description
Ouvrir	OpenDialog	Ouverture d'un fichier
Enregistrer sous	SaveDialog	Sauvegarde d'un fichier
Ouvrir image	OpenPicture	Ouverture d'un fichier image
Enregistrer image	SavePicture	Sauvegarde d'un fichier image
Fontes	FontDialog	Sélection d'une police de caractère
Couleurs	ColorDialog	Sélection d'une couleur dans la palette
Imprimer	PrintDialog	Impression d'un document
Configuration impression	PrinterSetupDialog	Paramétrage de l'imprimante
Recherche	FindDialog	Recherche d'une donnée
Remplacer	ReplaceDialog	Recherche et remplacement d'une donnée

L'inspecteur d'objets

Cet outil est dédié à la gestion des composants. La fenêtre de l'inspecteur contient deux volets :

- ❖ la liste des propriétés (attributs) du composant courant ;
- ❖ la liste des événements associés au composant courant.



Propriétés

Les noms des propriétés sont placés dans la colonne de gauche (dans l'ordre alphabétique), et les valeurs sur la ligne correspondante à droite.

Les propriétés dont le nom est précédé d'un + ont plusieurs niveaux imbriqués (ex. *Font*). Lorsqu'une propriété de ce type est « déroulée », le signe – apparaît à la place du signe +;

LES ANNEXES

Pour donner une valeur à une propriété, le plus simple est de remplacer sa valeur par défaut par une nouvelle valeur dans la boîte d'édition prévue à cet effet.

La propriété Name est particulièrement importante car elle permet d'accéder au composant depuis les programmes. Par défaut, Delphi lui confère une valeur peu explicite (ex. Form1, Button1...). Il est préférable d'utiliser des noms plus « parlants ».

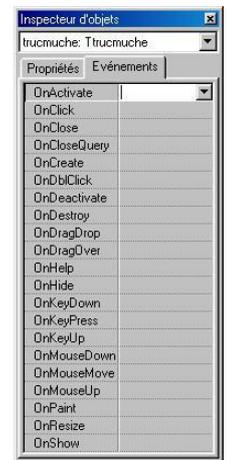
Les propriétés visibles dans l'inspecteur sont modifiables lors de la phase de conception. D'autres propriétés sont uniquement accessibles lors de l'exécution, grâce à du code source.

Événements

La colonne de gauche contient l'ensemble des événements associés à un composant donné. Ex. *OnClick*, commun à un grand nombre de composants, qui est activé lorsque l'utilisateur clique sur le composant;

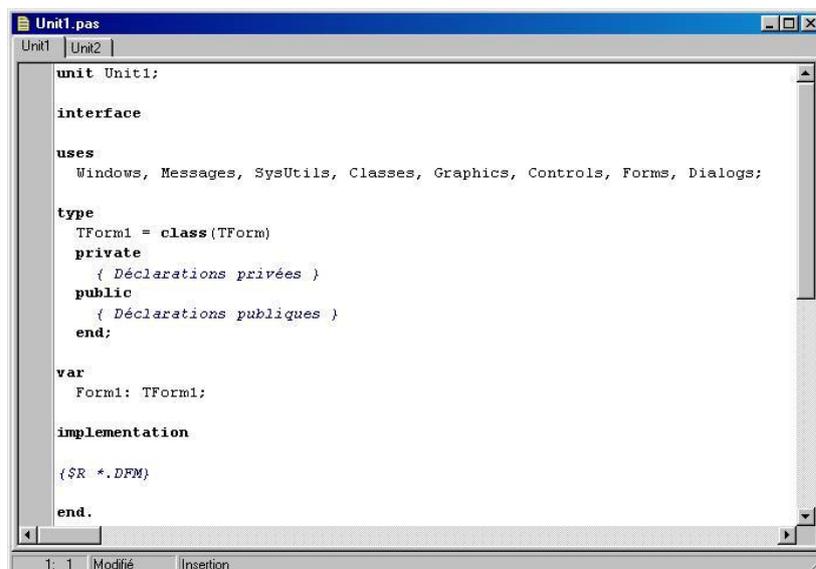
La colonne de droite consiste en une série de boîtes de listes combinées permettant d'associer un gestionnaire d'événements à l'événement correspondant (i.e., un ensemble d'instructions Pascal exécutées lorsque l'événement survient);

Sur un double clic sur une de ces boîtes, l'éditeur de code s'ouvre et le curseur se positionne à l'intérieur du gestionnaire d'événements (une procédure).



L'éditeur de code

Les fichiers de code source composant un projet sont rassemblés dans l'éditeur de code. À chaque fiche est associée une unité identifiée par un onglet situé en haut de la fenêtre de l'éditeur. L'éditeur permet de modifier le code Pascal de ces unités ;



Les menus

- ❖ Menu Fichier : création, ouverture, enregistrement...
- ❖ Menu Édition : annulation, copier, coller...
- ❖ Menu Chercher : chercher, remplacer...

LES ANNEXES

- ❖ Menu Voir : gestionnaire de projets, inspecteur d'objets, débogage...
- ❖ Menu Projet : compilation de code source, options de compilation...
- ❖ Menu Exécuter : exécution de programmes, débogage...
- ❖ Menu Composant : création de nouveau composant, configuration de la palette de composants...
- ❖ Menu base de données ;
- ❖ Menu Outils : options, utilitaires...
- ❖ Menu Aide : indispensable à utiliser sans modération...

Connexion aux bases de données

Delphi propose en standard des composants pour manipuler des bases de données et des tables relationnelles. Tous ces composants ont une base commune : le Borland DatabaseEngine (BDE), un noyau stable, complet et puissant ;

1. Les composants sources

Les composants sources permettent d'accéder à des bases de données. Ils sont accessibles dans l'onglet AccèsBD de la palette des composants.



NB : Ces composants sont « invisibles », i.e., non visuels. Ils apparaissent sur une fiche en mode création mais pas à l'exécution du programme.

a) Table

Le composant Table permet d'accéder aux données contenues dans une table relationnelle.

Propriétés principales ;

LES ANNEXES

Propriété	Description
Active	Ouvre ou ferme la table
DataBaseName	Nom de la base de données contenant la table
Exclusive	Empêche d'autres utilisateurs d'ouvrir la table si positionnée à true
MasterFields	Attributs de la table (détail) liés à une table maître
MasterSource	Source de données d'une table maître
ReadOnly	Autorise ou non l'utilisateur à modifier la table
TableName	Nom de la table

b) Query

Le composant Query (requête) permet d'effectuer une sélection sur une base de données. Il est identique au composant Table, mis à part la provenance des données ;

Propriétés principales

Propriété	Description
Active	Exécute ou non la requête
DataBaseName	Nom de la base de données interrogée
DataSource	Origine des valeurs à fournir aux paramètres de la requête
Params	Paramètres de la requête
SQL	Libellé de la requête SQL

c) Data Source

Le composant Data Source sert à visualiser les enregistrements d'une table ou d'une requête dans des composants visuels de Delphi. Tous ces composants BD visuels utilisent un composant Data Source comme source de données.

Propriété principale

Propriété	Description
DataSet	Indique le composant (Table ou Query) source des données

2. Formulaires basés sur des tables

a) Composants BD visuels

Une fiche Delphi sur laquelle apparaissent des données issues d'une base de données est conçue à partir de composants similaires aux composants classiques, les composants BD visuels, réunis dans l'onglet Contrôle BD de la palette des composants.



Composants BD principaux

Contrôle	Nom Pascal	Description
Texte BD	DBText	Texte non modifiable
Édition BD	DBEdit	Boîte d'édition d'une ligne
Mémo BD	DBMemo	Boîte d'édition multi-lignes
Image BD	DBImage	Image
Navigateur BD	DBNavigateur	Barre d'icônes pour la navigation dans la BD

b) Formulaires simples

Pour construire un formulaire simple, il suffit de suivre les étapes suivantes.

- ❖ Placer un composant Table sur la fiche ;
- ❖ Donner une valeur à la propriété Data base Name. Donner une valeur à la propriété TableName ;
- ❖ Ouvrir la table en positionnant la propriété Active à true ;
- ❖ Placer un composant DataSource sur la fiche ;
- ❖ Sélectionner la table créée à l'étape 1 dans la propriété DataSet ;

LES ANNEXES

- ❖ Ajouter sur la fiche autant de composants BD visuels que nécessaire pour afficher les données.
- ❖ Sélectionner le composant DataSource créé à l'étape 2 dans la propriété *Data Source* de chaque composant ;
- ❖ Sélectionner un champ de la table dans la propriété DataField de chaque composant.

Naviguer dans les données

La façon la plus simple de naviguer dans les données est d'utiliser le composant navigateur BD (DBNavigator). C'est un composant graphique représentant des boutons type magnéto-cassette qui permettent de passer d'un enregistrement à l'autre, de sauter en fin de table, etc.



Pour utiliser un navigateur BD, il suffit de l'ajouter à la fiche contenant les données et de donner une valeur à sa propriété Data Source.

d) Utilisation d'une grille

Il est possible de visualiser plus d'un enregistrement à la fois à l'aide du composant universel grille BD (DBGrid), qui permet d'obtenir une vue des données sous forme tabulaire. Ce composant s'adapte à la structure de la table référencée afin d'en montrer tous les champs.

Pour construire un formulaire basé sur une grille, il suffit de reprendre l'étape 1 et 2 du b), puis d'ajouter un composant grille et de donner une valeur à sa propriété Data Source.

Données d'entrées

Notre logiciel est composé de plusieurs bases de données sous forme des tableaux inclus toute informations des aéroports de départ et d'arriver, les caractéristiques des avions, le coefficient de transport

Le deuxième tableau est concerné par les lignes aériennes et les délestages de chaque ligne et le coefficient de transport de chaque type d'avion de chaque ligne aérienne.

Les relations entre masses réelles de l'avion et maximales

Les masses réelles de l'avion ne doivent jamais dépasser les masses maximales de structure avion :[17]

La masse réelle au décollage (au lâcher des freins) [Mdéc] \leq MMSD

La masse réelle à l'atterrissage [Matt] \leq MMSA

Nous avons aussi :

LES ANNEXES

$$M_{\text{déc}} = M_{\text{att}} + d ; \leftrightarrow \quad M_{\text{att}} = M_{\text{déc}} - d$$

En remplaçant la valeur de M_{att} dans [2-1] ; on aura :

La masse réelle au décollage (au lâcher des freins) $[M_{\text{déc}}] \leq M_{\text{MSA}} + d$

La masse réelle sans carburant $M_{\text{sc}} \leq M_{\text{MSC}}$

Nous avons aussi :

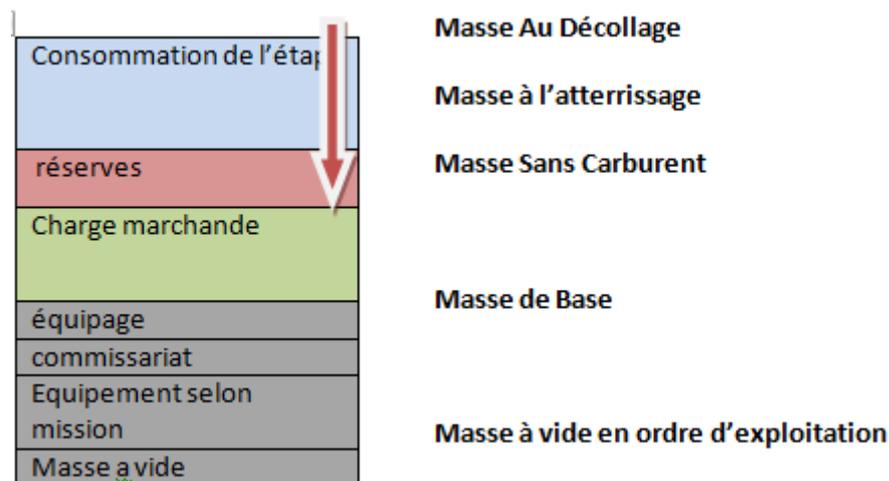
$$M_{\text{déc}} = M_{\text{sc}} + \text{QLF} \quad \leftrightarrow \quad M_{\text{sc}} = M_{\text{déc}} - \text{QLF}$$

En remplaçant la valeur de M_{att} dans [2-1] ,on aura :

La masse réelle au décollage (au lâcher des freins) $[M_{\text{déc}}] \leq M_{\text{MSC}} + \text{QLF}$
[5-2] ;

❖ La relation entre toutes les masses :

Pour réaliser un vol, nous allons charger en suite consommer durant le vol le carburant réglementaire suivant (la consommation du haut jusqu'au bas) [18] ;



La relation entre les masses de l'avion;

ORA-ALG (ORAN vers Alger)

Le nombre annuel des vols des 3 types d'appareils, pour l'année 215/2016 est de : 324 vols, juste a noter que pour cette ligne l'emport carburant n'est pas possible

Statistiques avec le Boeing 737-800 7T VCA

A noter que :

- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCA est de : 42 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCB est de : 50 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCC est de : 61 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCD est de : 54 vols .

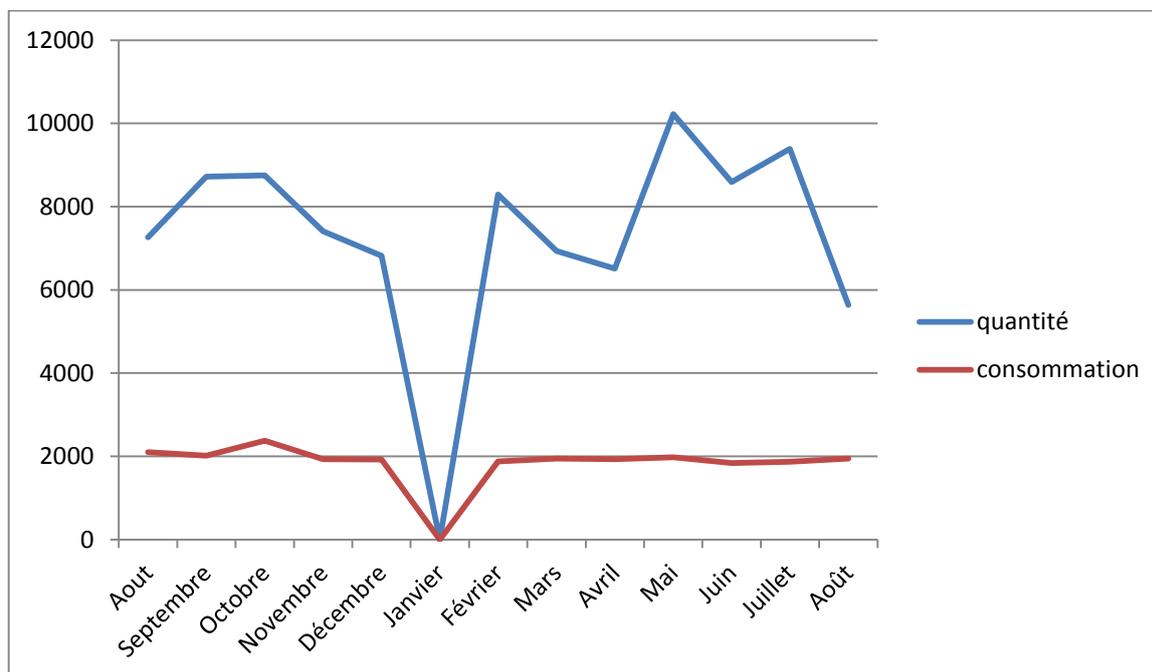
LES ANNEXES

Tableau des données du 7T VCA dans la ligne ORA-ALG ;

mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	1	3	6	4	5	0	5	1	2	5	3	4	1
Quantité moyennes Au départ	7260	8720	8748	7408	6816	0	8292	6930	6510	10224	8590	9385	5640
Consommation Moyenne	2110	2013	2378	1933	1920	0	1874	1950	1930	1974	1837	1868	1950
Les valeurs exceptionnelles	2110	2310	4000 3440 2150	2100	2020 2010	0	2090	0	2090	2030 2080 2120	0	2100	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 2005 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 8206 kg ;



Graphique de la quantité et consommation moyenne du 7T VCA dans la ligne ORA-ALG

Statistiques avec le Q400 7T VCL

A noter que :

- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCL est de : 4 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCM est de : 3 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCN est de : 2 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisé entre Oran et Alger avec le 7T VCO est de : 5 vols .

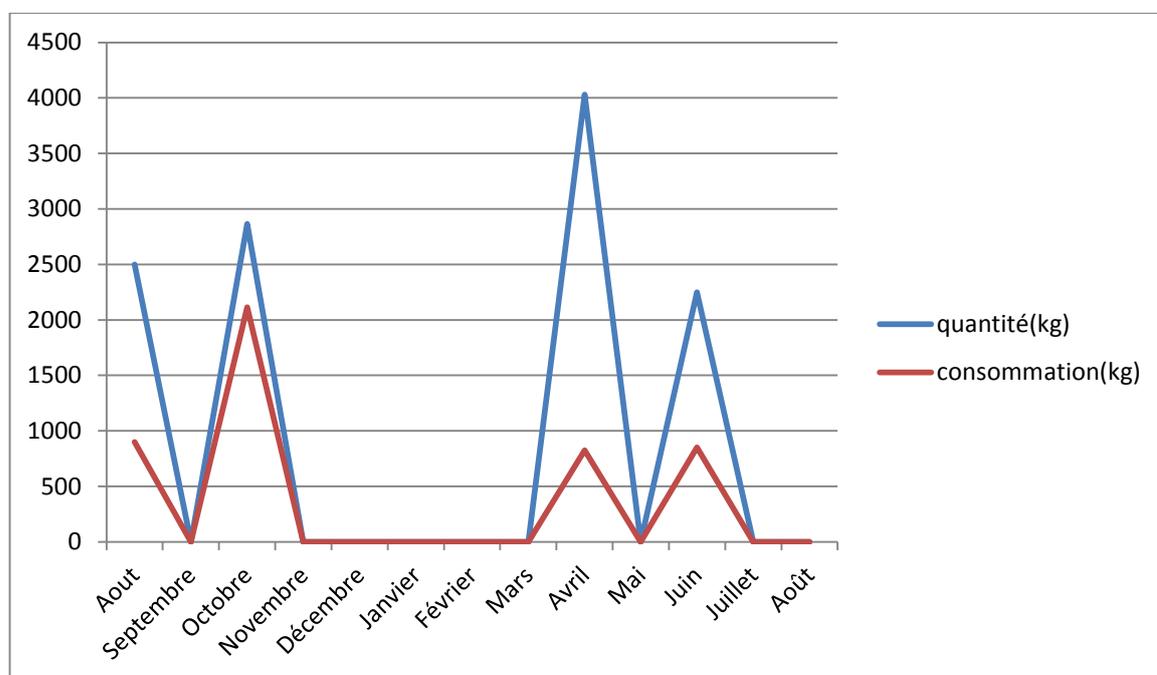
LES ANNEXES

Tableau des données du 7T VCL dans la ligne ORA-ALG;

mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Quantité moyennes Au départ	2500	0	2865	0	0	0	0	0	4030	0	0	0	0
Consommation Moyenne	900	0	2115	0	0	0	0	0	825	0	0	0	0
Les valeurs exceptionnelles	0	0	3095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 1280 kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 3432 kg ;



Graphe de la quantité et consommation moyenne du 7T VCL dans la ligne ORA-ALG

Statistiques avec le Q200 7T VCS

A noter que :

- ❖ Le nombre de vols réalisés entre Oran et Alger avec le 7T VCS est de : 30 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisés entre Oran et Alger avec le 7T VCR est de : 24 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisés entre Oran et Alger avec le 7T VCQ est de : 28 vols ;
- ❖ Le nombre de vols réalisés entre Oran et Alger avec le 7T VCP est de : 21 vols .

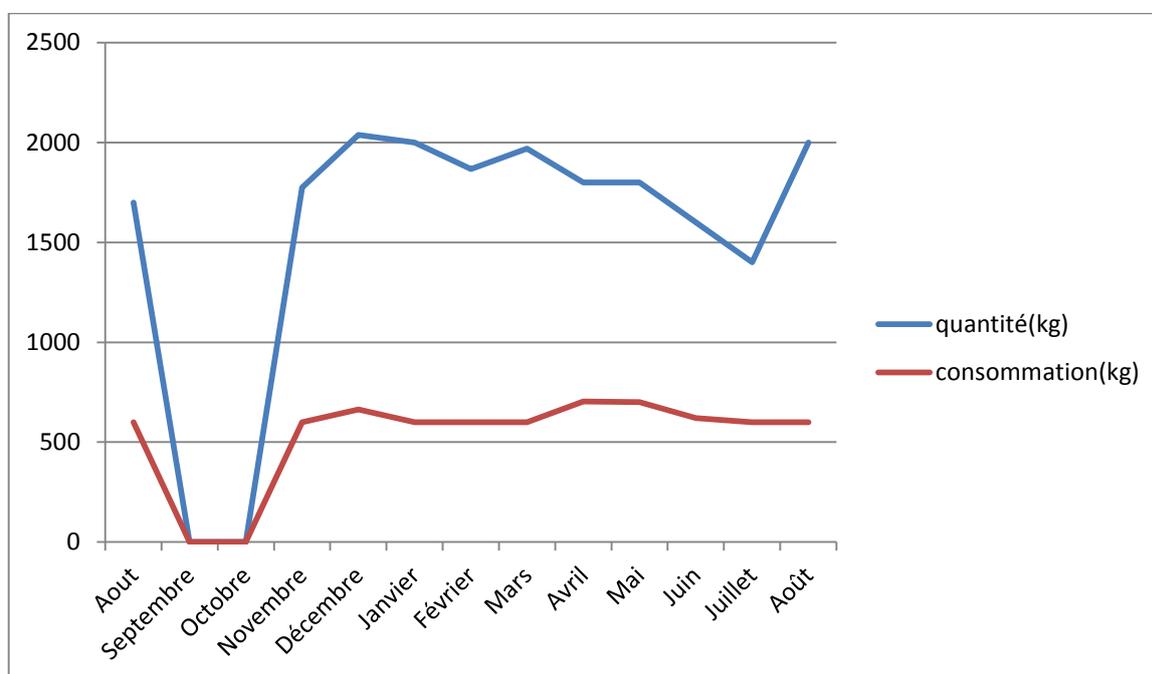
LES ANNEXES

Tableau des données du 7T VCS dans la ligne ORA-ALG ;

mois	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout
Nbre de vols	2	0	0	4	4	1	3	6	2	5	1	1	1
Quantité moyennes Au départ	1700	0	0	1775	2038	2000	1867	1970	1800	1800	1600	1400	2000
	600	0	0	600	663	600	600	600	703	700	620	600	600
Les valeurs exceptionnelles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La consommation moyenne dans l'année est égale a : 635kg ;

La quantité moyenne annuelle au départ est de : 834 kg. ;



Graphe de la quantité et consommation moyenne du 7T VCS dans la ligne ORA-ALG