

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida
Institut d'aéronautique
Département de la navigation aérienne
Option : opérations aériennes



Mémoire de Fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en Aéronautique



Réalisé par:

M^r BEDDEK AMINE

Promoteur :

M^r DRIOUCHE MOULGUD

Promotion 2000-2001

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de terminer ma thèse .

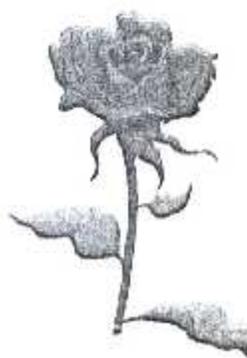
D'abord j'exprime toute ma gratitude à mon promoteur Mr Driouche Mouloud et à notre Directeur d'institut Mr Bergueul Said qui ont bien voulu diriger ce travail et qui tout au long de la recherche , m'ont guidé par leurs précieux conseils .

Ensuite , je remercie vivement mes parents et ma sœur pour leur aide morale et pratique.

Enfin je dit merci à nos enseignants et je leur dédie respectueusement ce modeste travail en espérant être digne de la confiance qu'ils ont investie en nous , puissions nous être à la hauteur de leurs espérance et comme la bien dit GEORGES DUHAMEL :

« un enfant qu'on enseigne est un homme qu'on gagne »

Tous méritent mes sincères remerciements



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère, à qui je dois mon existence et mon honnêteté.

A mon père , à qui je dois mon intelligence et ma fierté.

A ma sœur ,à qui je dois la naïveté et la complicité.

A mes grand -,mères :Paternelle et Maternelle,qui sont dans mon cœur ;comme si elles ne m'ont jamais quitté.

A mon oncle Djamel et sa petite famille.

A toute la famille BEDDEK de proche ou de loin .

A Brahem, Morad, Adlane, Salim, mohamed , Djalel , Aboubaker, Hacene à qui j'adresse de tendres pensées .

A Dida ,à qui je dois la véritable amitié.

A mes enseignants de la crèche à la faculté , à qui je dois mes capacités.

A ma promotion 2000-2001(option opérations aériennes).

A mon pays ,l'Algérie pour qui je souhaite gaieté, liberté et prospérité.....

....Amine....

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I : Rappel théorique et présentation du manuel weight and balance	
I-1 Généralités	3
I-2 Définitions et Abréviations	4
I-3 Devis de centrage	15
I-3-1 Rappels	15
I-3-2 Définition et expression du centrage	15
I-4 Présentation du manuel weight and balance	25
Chapitre II : Manière de construction d'une feuille de centrage	
II-1. Documentation de masse et centrage	29
II-1 -1 Contenu de la documentation de masse et centrage	29
II-1-2 Changement de dernière minute	30
II-2 Méthodes, procédures et responsabilité concernant la préparation et l'acceptation du devis de masse et centrage	30
II-3 Systèmes informatisés	31
II-4 Description de la feuille de centrage (Load and Trim Sheet)	32
II-5 Exemple d'une feuille de centrage d'un BOEING 737 - 800	33
II-6 Manière de construction de la feuille de centrage du Boeing 737-800	34
II-7 Organigramme du logiciel	51
Chapitre III : Présentation du logiciel	
III-1- Les entrées du programme	54
III-2- Les sorties du programmes	58
Conclusion	60

INTRODUCTION

Le monde de l'aéronautique comme tout autre domaine et depuis longtemps, cherche toujours à améliorer ses services en construisant des appareils et matériaux d'exploitation plus rapides et plus efficaces. Et pour cela, les exploitants et les constructeurs font de plus en plus appel à l'outil informatique. A cet effet, les plans de chargement et de centrage n'ont pas échappé à cette règle ; donc l'automatisation de ces derniers est devenue un impératif, car on ne peut pas envisager une exploitation rationnelle d'un avion sans assurer une marge de sécurité importante et minimiser les risques d'erreurs.

Dans notre étude, nous essayerons de trouver une solution à la problématique de ces plans de chargement et de centrage en concevant la feuille de centrage et le logiciel informatique qui calcule le centrage d'un Boeing 737 - 800 et qui analyse automatiquement les résultats. (l'automatisation du centrage du Boeing 737-800) ; pour cela, nous adopterons la démarche suivante :

C'est ainsi que dans un premier temps, nous nous proposons de vous présenter les données théoriques de base nécessaires à la compréhension du processus .

Le premier chapitre de notre travail portera sur des rappels théoriques intéressants le centrage, et nous profiterons de cette étape pour présenter le manuel weight and balance .

Nous articulerons la deuxième phase sur la manière de construction d'une feuille de centrage et nous tenterons d'en déduire l'organigramme du logiciel de calcul.

Cette étape empirique et pratique nous permettra de passer à un troisième chapitre dans lequel nous ferons d'une manière détaillée la présentation du logiciel avec des essais et des exemples avec des bases de données .

En conclusion , nous ferons les déductions nécessaires à l'application d'un centrage optimal en vue de minimiser les risques d'erreurs par une méthode graphique nous permettant de vérifier le centrage et de l'insérer dans les limites certifiées par le constructeur .

Chapitre I

**Rappel théorique et présentation
du Manuel weight and balance**

I-1 Généralités

- a) - L'exploitant doit s'assurer que, quelle que soit la phase de l'exploitation, le chargement, la masse et le centrage de l'avion sont conformes aux limites spécifiées dans le manuel de vol approuvé ou le manuel d'exploitation : si celui-ci est plus restrictif.
- b) - L'exploitant doit établir la masse et le centrage de tout avion sur la base d'une pesée réelle préalablement à la mise en service, puis à intervalles de 4 ans si les masses individuelles avion sont utilisées et de 9 ans si les masses de flotte sont utilisées .
- ▮ les effets cumulés des modifications et des réparations sur la masse et le centrage doivent être pris en compte et dûment renseignés. De plus, les avions doivent faire l'objet d'une nouvelle pesée si l'effet des modifications sur la masse et le centrage n'est pas connu de manière exacte.
- c) - L'exploitant doit déterminer la masse de tous les éléments d'exploitation et des membres d'équipage inclus dans la masse de base, par pesée ou par utilisation des masses forfaitaires. L'influence de leur position dans l'avion sur le centrage doit être déterminée.
- d) - L'exploitant doit établir la masse de la charge marchande y compris tout ballast, par pesée réelle ou déterminer la masse marchande par référence à des masses forfaitaires des passagers et des bagages.

e) – L'exploitant doit déterminer la masse de la charge en carburant sur la base de la densité réelle ou, si celle-ci n'est pas connue, d'une densité standard calculée conformément à une méthode décrite dans le manuel d'exploitation.

I-2 Définitions et Abréviations

1 -Masse à vide équipée : Masse à vide à laquelle s'ajoute la masse des éléments suivants correspondant à l'armement minimal valable pour tout vol :

- La quantité normale d'huile.
- L'armement commercial comprenant les sièges, banquettes et panneaux.
- Les fluides vidangeantes.
- Le matériel de sécurité et de sauvetage permanent et en particulier (canots, équipements de survie, etc. ...).
- les unités de chargement vides (palettes et conteneurs) si elles ne sont pas incluses dans le chargement.
- La documentation de bord.

2 - Masse de base (DOW) : Définit comme la masse totale de l'avion prêt pour un type spécifique d'exploitation, ne comprenant pas le carburant utilisable ni la charge marchande. Cette masse inclus des éléments tels que :

- Equipage et bagage de l'équipage.
- Commissariat et équipement amovibles du service passagers.
- Eau potable et produits chimiques pour toilettes.
- Le lot de bord occasionnel (pièces de rechange et outillage).

3 - Masse maximale sans carburant (MZFW) : C'est la masse maximale admissible de l'avion sans carburant utilisable.

📄 La masse du carburant contenu dans certains réservoirs particuliers doit être incluse dans la masse sans carburant lorsque cela est explicitement mentionné dans les limitations du manuel de vol.

4 - Masse maximale de structure au décollage (MTOW) : Définit comme la masse maximale totale de l'avion autorisée au début du roulement au décollage.

5 - Masse maximale de structure à l'atterrissage (MLW) : C'est la masse maximale totale de l'avion autorisée à l'atterrissage en conditions normales.

6 - Masse en opérations : Elle comprend :

- La masse de base.
- La correction à apporter à la masse à vide équipée en fonction de la ligne à exploiter.
- La masse de carburant au décollage.

7 - La charge marchande (TL) : C'est la masse totale des passagers, bagages et fret, y compris toute charge non commerciale. On l'appelle aussi (trafic Load).

8 - Masse de l'équipage : L'exploitant doit utiliser les valeurs suivantes afin de déterminer la masse de base :

- Les masses réelles, comprenant tous les bagages, de l'équipage.
- Ou des masses forfaitaires avec bagages à main, de 85 kg pour les membres d'équipage de conduite et de 75 kg pour les membres de l'équipage de cabine.

- Ou d'autres masses forfaitaires considérées comme acceptables par l'autorité

☞ L'exploitant doit corriger la masse de base afin de prendre en compte tout bagage supplémentaire. La position des bagages supplémentaires doit être prise en compte dans l'établissement du centrage de l'avion.

9 - Masse des passagers et des bagages :

9.1.- Généralité :

L'exploitant doit calculer la masse des passagers et bagages enregistrés, soit sur la base de la masse réelle constatée par pesée de chaque passager et de chaque bagage, soit sur la base des valeurs forfaitaires de masse spécifiées dans les tableaux 1 à 3 ci-dessous, sauf lorsque le nombre de sièges passagers disponibles est inférieur à 10.

Dans le tels cas, la masse des passagers peut être établie par une déclaration verbale de chaque passager, ou pour son compte, et en ajoutant une constante prédéterminée tenant compte des bagages à main et des vêtements.

☞ Lorsqu'on demande sa masse (poids) à chaque passager sur les avions de moins de 10 sièges passagers, des constantes spécifiques devaient être ajoutées pour tenir compte des bagages à main et des vêtements. Ces constantes devaient être déterminées par l'exploitant sur la base d'étude pertinentes pour son réseau propre, etc... Et ne devait pas être inférieures à :

- a - 4 kg pour les vêtements.
- b - 6 kg pour les bagages à main.

Le personnel embarquant les passagers sur ce principe devait évaluer la masse déclarée du passager et la masse des vêtements et des bagages à main afin de vérifier qu'elles sont raisonnables. Ce personnel devait avoir reçu une formation sur l'évaluation de ces masses. Si nécessaire, la masse déclarée et les constantes spécifiques devraient être augmentées pour éviter les erreurs grossières. La procédure spécifiant dans quelles conditions choisir les masses réelles ou les masses forfaitaires et la procédure devant être suivie en cas de déclaration orale doivent être incluses dans le manuel d'exploitation.

Si la masse réelle des passagers est déterminée par pesée l'exploitant doit s'assurer que leurs effets personnels et bagages à main sont inclus. La pesée doit être effectuée immédiatement avant l'embarquement et dans un endroit voisin.

Si la masse des passagers est déterminée sur la base des masses forfaitaires, les masses forfaitaires spécifiées dans les tableaux 1 et 2 ci-après doivent être utilisées. Les masses forfaitaires comprenant la masse des bagages à main et la masse des bébés de moins de 2 ans portés par un adulte sur un même siège passager.

Les bébés occupant une place entière doivent être considérés comme des enfants dans le cadre de ce paragraphe.

9-2- Valeurs de masse pour les passagers – 20 sièges ou plus :

Lorsque le nombre total de sièges passagers disponibles à bord d'un avion est de 20 ou plus, les masses forfaitaires hommes et femmes du **tableau 1** s'appliquent. Comme option, dans le cas où le nombre total de sièges passagers est supérieur ou égal à 30, les masses « tous adultes » sans distinction de sexe du **tableau 1** sont applicables.

☞ Dans le tableau 1, un charter vacances est un vol charter uniquement considéré comme un élément d'une formule voyage de vacances. Les valeurs de masses pour les charters vacances restent applicables tant que pas plus de 5 % des sièges passagers installés dans l'avion sont utilisés pour le transport non commercial de certaines catégories de passagers.

NB : Un vol charter uniquement considéré comme un élément d'une formule voyage de vacance » est un vol où plusieurs affréteurs pour le transport de passagers qui voyagent, tout ou partie par air, sur un tour, ou voyage circulaire, pour raison de vacances. Les catégories de passagers tels que les passagers compagnies, personnel des agences de voyage, représentant de la presse, officiels des autorités de l'espace économique européen, etc ; peuvent être inclus dans l'allègement de 5 % sans pour autant interdire l'utilisation des valeurs de masses pour les charters vacances.

Tableau 1

Sièges passagers	20 et plus		30 et plus tous adultes
	Homme	Femme	
Tous vols sauf charters vacances	88 kg	70 kg	84 Kg
Charters vacances	83 kg	69 kg	76 Kg
Enfants	35 kg	35 kg	35 Kg

9-3-valeurs de masse pour les passagers – 19 sièges ou moins :

Tableau 2

Siège passagers	1 à 5	6 à 9	10 – 19
Homme	104 Kg	96 Kg	92 Kg
Femme	86 Kg	78 Kg	74 Kg
Enfants	35 Kg	35 Kg	35 Kg

Lorsque le nombre total de siège passagers disponibles à bord d'un avion est de 19 ou moins, les masses forfaitaires du **tableau 2** s'appliquent.

Sur des vols pour les quels aucun bagage à main n'est transporté à bord de la cabine ou pour lesquels les bagages à mains sont pris en compte séparément, 6 kg peuvent être déduits des masses homme et femme ci-dessus. Des articles tel qu'un manteau, un parapluie, un petit sac à main ou un porte-monnaie, de la lecture ou un petit appareil photographique ne sont pas considéré comme des bagages à main dans le cadre de ce paragraphe.

9-4-Valeurs de masse pour les bagages :

Lorsque le nombre totale des sièges passagers disponibles à bord d'un avion est de 20 ou plus, les valeurs forfaitaires de masse données par le **tableau 3** ci-après, sont applicables à chaque bagage enregistré, pour les avions de 19 sièges passagers ou moins, la masse réelle de chaque bagage enregistré déterminée par pesée doit être utilisée.

☞ Dans le cadre du tableau 3 :

Type de vol	Masse forfaitaire bagage
Domestique	11 Kg
Dans les limites de la région européenne	13 Kg
Intercontinental	15 Kg
Tout – autre	13 Kg

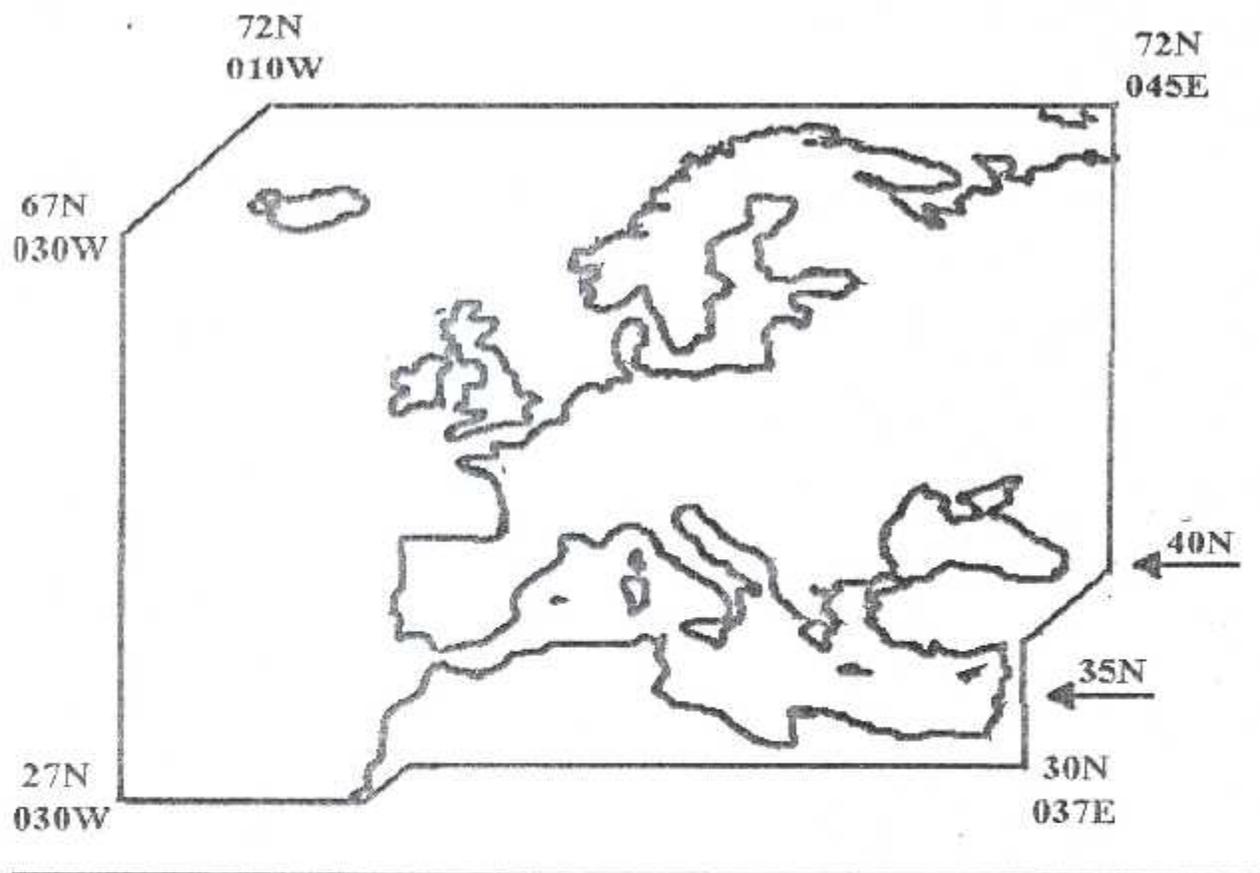
Tableau 3 : 20 sièges ou plus

N.B :

- a) - Un vol domestique est un vol ayant son origine et sa destination à l'intérieur des frontières d'un même état.
- b) - Les vols dans les limites de la région européenne sont les vols, autres que les vols domestiques, ayant leur origine et leur destination dans la zone délimitée par les points suivants :

N 7200	E 04500
N 4000	E 04500
N 3500	E 03700
N 3000	E 03700
N27000	W 00600
N27700	W 00900
N 27700	W 03000
N 2700	W 03000
N7200	W 01000
N 7200	E 04500

Comme indiqué sur le schéma suivant :



- Région – Européenne -

c) - Et les vols intercontinentaux, autres que les vols dans les limites de la Région européenne, sont les vols autres que les vols domestiques ayant leur origine et leur destinations dans des continents différents.

10 - Index de base : C'est l'index qui correspond à une configuration de masse de base déterminée.

11 - Configuration maximale approuvée en siège passagers : Pour un avion donné, on détermine le nombre maximum de passagers qu'il est possible de transporter, selon une configuration approuvée par l'autorité et spécifiée dans le

manuel UTI. Les sièges de structure réservés à l'équipage de conduite, au poste de pilotage, à l'équipage de cabine, et à l'usage de l'exploitant, ne sont pas pris en compte.

12 - Charge commerciale ou payload (PL) : C'est la masse totale de charge payante (pax, Frêt , courrier postal).

13 - Changement de dernière minute (LMC) : Toute modification de dernière minute qui implique un changement dans la masse de l'avion et son centrage, mais qui nécessite pas pour autant de faire de nouveaux devis de masse et de centrage, quand ces modifications de dernière minute restent à l'intérieur des limites autorisées par le manuel UTI.

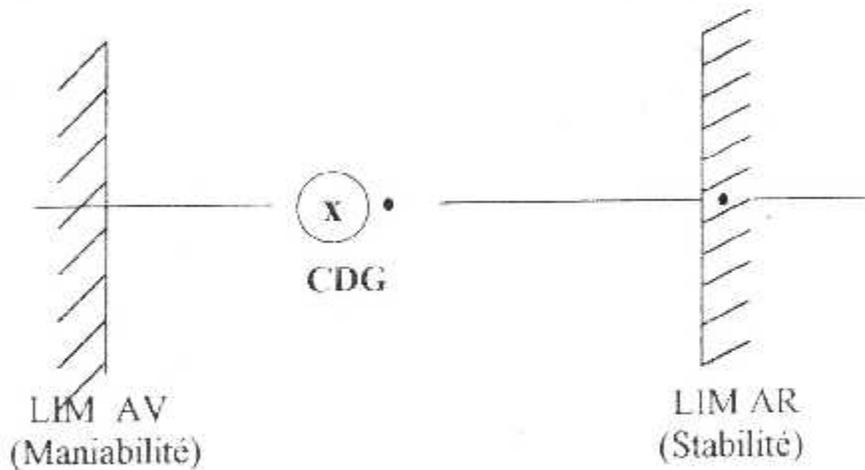
14 - Limites certifiées du centre de gravité (CG) : Les limites entre lesquelles le centre de gravité de l'avion peut se trouver, correspondent aux positions extrêmes du centre de gravité pour lesquelles l'avion a été certifié. L'usage de la plage complète des positions possibles du centre de gravité présume que la position du centre de gravité a été calculée sans aucune erreur.

15 - Enveloppe opérationnelle de centrage : C'est l'enveloppe de centrage utilisable en exploitation. Celle-ci est plus restreinte que l'enveloppe certifiée pour tenir compte et compenser les erreurs et écarts tels que les différences existantes entre les masses forfaitaires et les masses réelles des passagers, les erreurs dues à l'utilisation du même moment de centrage pour plusieurs rangées de sièges, les écarts de répartition des bagages et du fret dans les différents compartiments, ainsi que la méconnaissance de la masse réelle des bagages, les écarts de centrage causés par la position des train et des volets, les écarts causés en vol par les déplacements de l'équipage de cabine et des équipements mobiles des galley, les écarts dus aux procédures d'utilisation du carburant, etc...

I-3 Devis de centrage :

I-3-1 Rappels : On a vu dans le cours d'aérodynamique que pour des considérations :

- a) **De stabilité** , le centre de gravité CDG de l'avion devait être en avant du foyer F de l'avion complet , c'est à dire le point neutre qui détermine ainsi la limite arrière .
- b) **De maniabilité** , le centre de gravité CDG ne devait pas dépasser une limite avant imposée par la butée haute de la gouverne de profondeur.



I-3-2 Définition et expression du centrage :

I-3-2-1 Définition :

Centrer un avion c'est :

Repérer la position du centre de gravité CDG.

Vérifier que celui -ci se trouve dans les limites admises , donc : Le centrage est une caractéristique importante de l'avion ; longitudinalement il doit être maintenu entre une limite avant et une limite arrière.

1-3-2-2 Expression du centrage d'un avion :

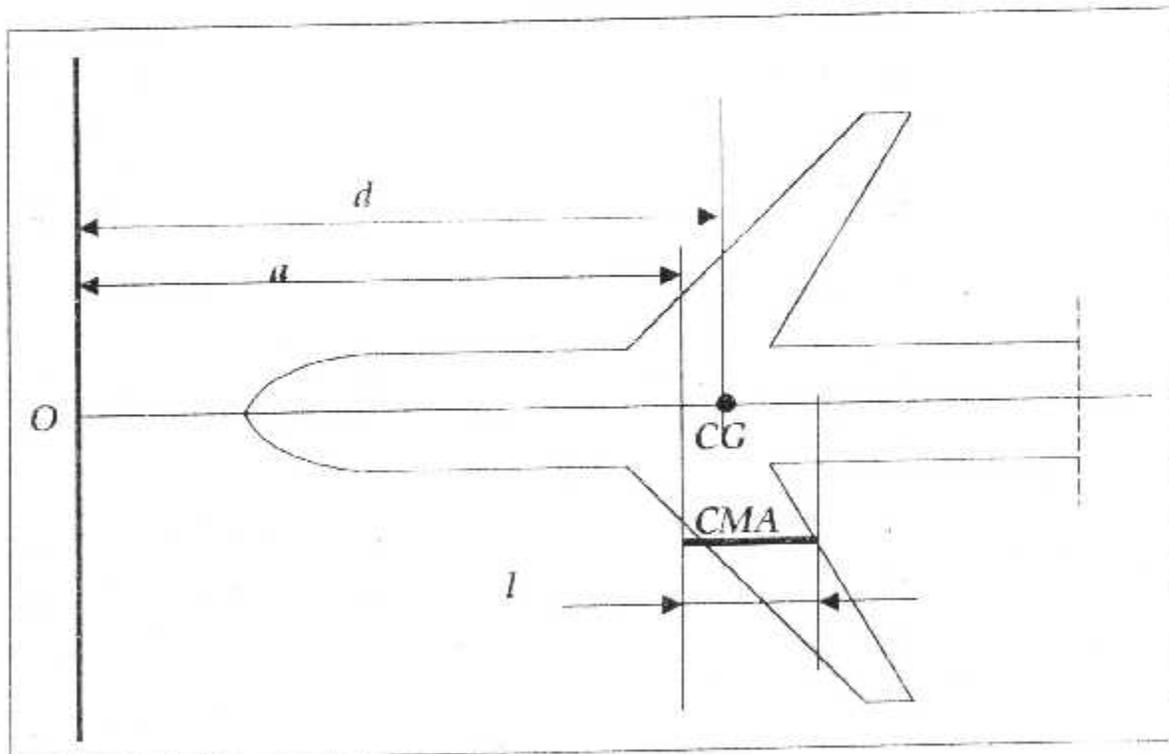
Le centrage est une caractéristique importante de l'avion ; il doit être maintenu longitudinalement entre une limite avant et une limite arrière.

La position en hauteur du centre de gravité n'a généralement pas d'influence.

Le constructeur définit une corde moyenne de l'aile CMA ou MAC « Mean Aérodynamique Chord ».

Le centrage sera en pourcentage de cette CMA qui sera repérée par rapport à une origine O situé en général, en avant du nez de l'avion.

- Repère utilisé localiser le centrage longitudinal :



a et l permettent la détermination du corde moyenne de référence.

Par exemple pour l'A310-200, le nez de l'appareil est à 6.3825 m de l'origine.

Et le CMA mesure $l=5.8287$ m, et $a=25.2132$ m

- De façon à s'affranchir des différents systèmes d'unités de longueur, on exprime la position du centre de gravité en pour-cent de RC, soit :

$$\text{Centrage : } C\% = 100 \frac{d-a}{l} \dots \dots \dots (3)$$

Les limites de centrage sont de la même façon exprimées en pourcentage de la corde de référence (MAC).

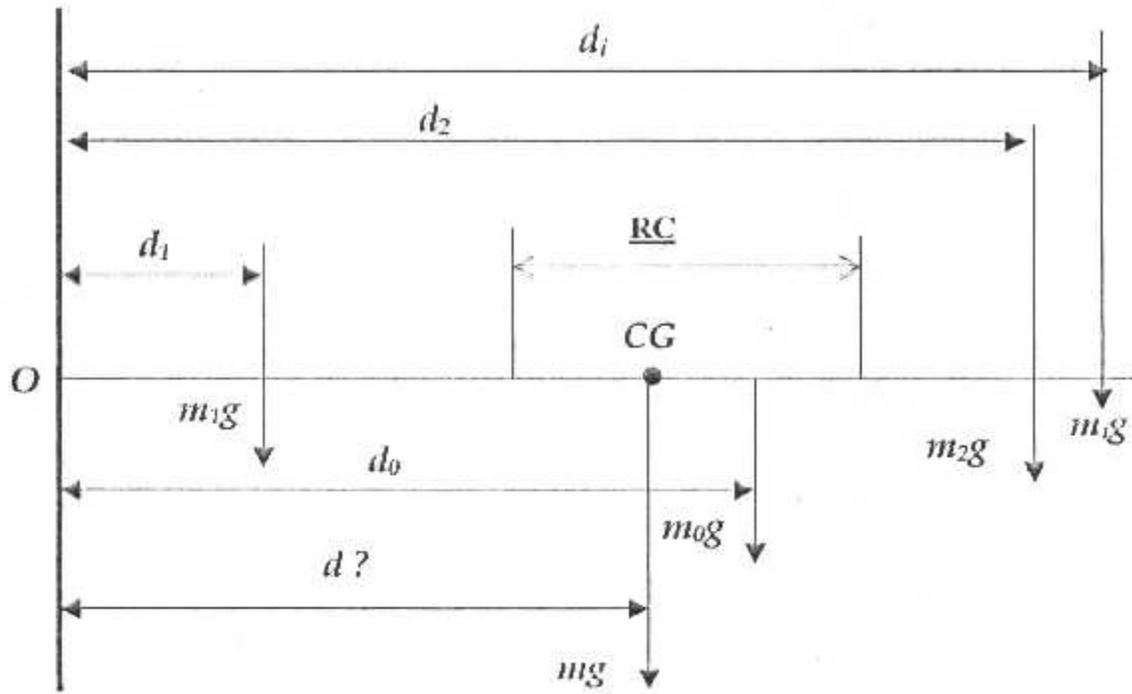
1-3-2-3 Méthode de calcul du centrage :

Avant sa mise initiale en exploitation, un avion doit être pesé et la position de son centre de gravité déterminée, ces valeurs sont mentionnées dans une fiche de pesée.

L'aménagement de l'avion lors de la pesée, doit être précisé dans une annexe à la fiche de pesée, la masse et le centrage associés doivent être rectifier périodiquement.

L'intervalle maximal entre deux pesées consécutives doit être défini par l'exploitation, en établissant un programme de rotation tel que chaque avion soit pesé à un intervalle n'excédant pas neuf (9) ans.

Soit m_0 la masse de l'avion à vide et m_i les masses qui sont chargées à bord à des distances d_i de l'origine O.



Il suffit d'écrire que le moment par rapport à O de la force totale mg est égale à la somme des moments par rapport à O de toutes les forces massiques $m_i g$ soit :

$$M_O^t(mg) = \sum_{i=0}^n M_O^t(m_i g) \quad , \quad \text{avec} \quad m = \sum_{i=0}^n m_i \dots\dots\dots(4)$$

$$\Rightarrow \quad mgd = \sum_{i=0}^n m_i g d_i$$

D'où : $d = \sum_{i=0}^n \frac{m_i d_i}{m}$

Comme on a : $C\% = 100 \frac{d - a}{l}$

Donc :

$$C\% = 100 \frac{-a + \sum_{i=0}^n \frac{m_i d_i}{m}}{l} \dots\dots\dots(5)$$

I-3-2-4 METHODE DE DETERMINATION DU CENTRAGE EN EXPLOITATION

1-Principe :

Le moment dû à une masse m_i placée à une distance d_i d'une origine O est une variable indépendante de tout paramètre extérieur est égale à $m_i g d_i$. Or les sièges, les soutes sont situés à des distances connus et invariables d'une origine O. Le moment dû à une masse fixée (100kg en soute, ou 1 passager de 80kg par siège) sera une quantité invariable pour une soute est un rang de sièges ; par conséquent son calcul peut être fait une fois pour toute, seule la somme des moments sera à effectuer.

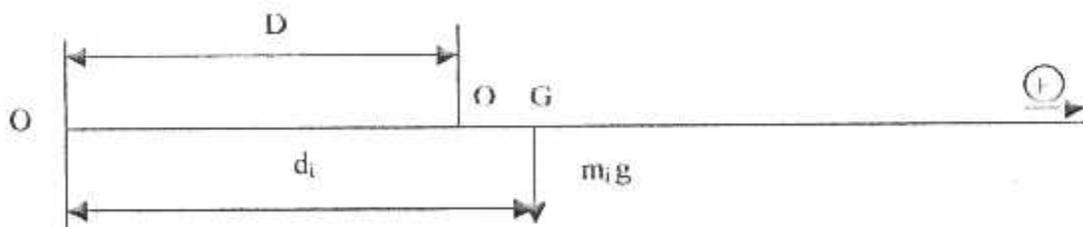
La détermination du centrage se fera ensuite d'une façon simple.

2-Methode de l'index :

a) Calcul des variations d'index ΔI

L'index désigne la valeur du moment dû à une masse.

Si nous avons une masse donnée placée à une distance fixée on peut en calculer le moment.



jusqu'à maintenant nous avons pris pour origine du calcul des moments l'avant de l'avion O. pour avoir des chiffres moins important en général on prend une origine O' située à une distance D de O, nous aurons par conséquent des moments positifs et négatifs.

$$M'_{(m_i, \vec{g})} = \overline{O'G_i} \times m_i \cdot g = (\overline{O'O} + \overline{OG_i}) m_i \cdot g = (-D + d_i) m_i \cdot g.$$

Prenons l'exemple de la CARAVELLE III ou D = 15,828 m

Si nous avons 100 kg à 20 m de O :

$$(-D + d_i) \times m_i \cdot g = (-15,828 + 20) \times 100 \times 9,81 = + 4098,732 \text{ N} \times \text{m}$$

on voit que ce chiffre est important et peu facile à manipuler on le divise en général par un chiffre B et la variation d'index.

$$\Delta I_{(m_i)} = \frac{(-D + d_i)}{B} \times m_i \cdot g$$

Pour la CARAVELLE III on a pris B = 1000 g :

$$D'ou \Delta I = \frac{(-15,828 + 20)}{1000 \text{ g}} \times 100 \text{ g} = +0,417$$

b) Calcul de l'index I

Pour calculer l'index I, il suffit d'ajouter algébriquement tous les ΔI . Néanmoins pour éviter d'avoir des nombres négatifs on fait précéder la somme des ΔI d'un nombre A suffisamment grand, l'index I est alors égal à :

$$I = A + \sum \Delta I_{(m_i)}$$

ΔI en étant l'expression d'un moment, la somme de tous ces moments $\sum \Delta I$ est égal au moment dû à la masse totale, d'où l'expression de l'index pour un avion de masse m

$$I = A + \Delta I(m) \quad \text{avec} \quad \Delta I(m) = \sum_{i=0}^n \frac{\Delta I}{(m_i)}$$

$$\Delta I(m) = \frac{-D + d}{B} \times mg$$

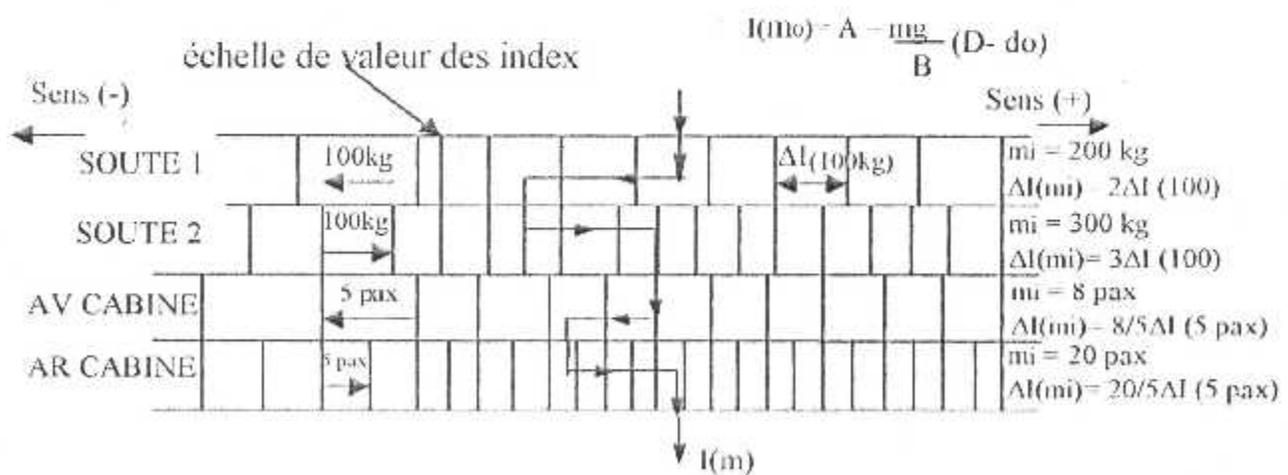
Soit
$$I = A - \frac{mg}{B} (D - d)$$

Pour la **ATRACELLE III** $A = 50$
 Avec $D = 15,828 \text{ m}$
 $B = 1000g$

L'expression de l'index est :

$$I = 50 - m (\text{tonnes}) (15,828 - d)$$

e) Présentation du calcul de l'index sur la feuille de centrage



Les $\Delta I(m_i)$ par exemple , pour 100 kg en soute ou 5 passagers en cabine sont calculés et représentés comme ci –dessus . La flèche indique si c'est un moment négatif ou positif .

Il suffit donc d'entrer par l'index de la masse à vide , d'ajouter algébriquement les ΔI pour obtenir l'index $I(m)$ correspondant à la masse totale m .

d) Détermination du centrage à partir de l'index I(m)

Nous avons $I(m) = A - \frac{mg}{B} (D-d)$

Et $C \% = 100 \frac{d-A}{g} \Leftrightarrow d = \frac{gC \%}{100} - a$

Soit

$I(m) = A - \frac{mg}{B} \left(D - \frac{gC \%}{100} - a \right)$
--

A, V, D, g et a étant des paramètres constant, l'équation $I(m)$ représente un faisceau de droite de par mètre $C\%$ d'où le graphe :

VERSIONS		94Y		
Zones cabine		avant	centre	arrière
NOMBRE DE PASSAGERS EN CLASSE TOURISTE	5	1	2	2
	10	2	4	4
	15	4	6	5
	20	4	9	7
	25	5	11	9
	30	6	13	11
	35	7	15	13
	40	9	17	14
	45	10	19	16
	50	11	21	18
	55	12	23	20
	60	13	25	22
	65	14	28	23
	70	15	30	25
	74	16	31	27
	75	16	32	27
	80	17	34	29
	85	18	36	31
	90	19	38	33
94	20	40	34	

EXEMPLE

50 passagers : 11 avant, 21 centre, 18 arrière

- Quantité de carburant embarquée

obtenu après élaboration du plan de vol technique.

I-4 PRÉSENTATION DU MANUEL WEIGHT AND BALANCE

Le manuel weight and balance est un document délivré par Boeing-Industrie, et qui est utilisé par la compagnie AIR –ALGERIE .

- ↳ Les données présentées dans ce manuel sont conformes aux règlements de la FAR (Fédéral Aviation Régulation) partie 25 ; et ont été prévues dans le but d'établir le modèle de masse et de centrage du Boeing

737- 800

- ↳ Ce manuel présente toutes les informations de masse et de centrage nécessaire pour assurer les différentes opérations de l'avion sans encourir de danger .

De plus, l'information est fournie pour permettre à l'opérateur d'organiser toutes les procédures de chargement de tel manière que la charge utile (charge marchande) maximale soit distribuée efficacement sans risque pour tout type d'opérations

- ↳ Ce manuel de poids et de centrage est organisé suivant l'association du transport de l'air (ATA), et il contient principalement 2 chapitres importants :

Le chapitre 1, intitulé : Contrôle :

La partie contrôle contient toutes les données de poids et de centrage en rapport avec l'avion spécifié.

Les données présentée dans ce chapitre sont modulaires avec des groupes d'informations reliées et fournies dans des paquets identifiés .

En résumé , le chapitre contrôle contient 7 sous chapitres :

-Sous chapitre 1 : généralités

Le sous chapitre généralité est divisé lui même en 7 parties

* **1^{ère} partie : Informations générales :** Cette partie contient :

- a- Définition des masses avions et centrage.
- b- Des abréviations .
- c- Les facteurs de conversion .

* **2^{ème} partie : Les dimensions avion :** Cette partie explique les arrangements généraux et les dimensions primaires et fondamentale de l'avion .

* **3^{ème} partie : Système de référence d'équilibre concernant le centrage :**

Cette partie définit :

The balance arm /body station (la variation d'index) sachant que l'index est une valeur d'un moment due à une masse. Ainsi on définit la corde aérodynamique moyenne ; de plus on définit d'autre choses comme le body Buttock line et le water ligue etc

* **4^{ème} partie : Les facteurs affectant la performance et définition des limites opérationnelles :** Cette partie nous détaille le poids opérationnel et les exigences du centre de gravité

* **5^{ème} partie : Poids certifié et limites de centre de gravité .**

* **6^{ème} partie :** Concernant le take off horizontal stabiliser trim setting (la position du Stabiliser Trim au décollage)

* **7^{ème} partie :** landing gear and flap mouvement balance effect (l'influence du mouvement des train d'atterrissage et des volets sur le centrage.

-Sous chapitre 2 : Carburant :

Dans cette partie ,on parle de l'emplacement des réservoirs de carburant dans l'avion et on définit aussi les différentes valeurs de la variation d'index en fonction des quantités de carburant embarqués et cela sous forme de tableau.

-Sous chapitre 3 : Fluides :

Cette partie nous permet de savoir la variation d'index en fonction de la catégorie et du volume du fluide utilisé dans chaque moteur de l'avion .

-Sous chapitre 4 : Personnel :

Cette partie parle de l'emplacement des passagers dans l'avion ainsi l'emplacement et le mouvement de l'équipage on définit aussi , la variation d'index en fonction :

- ↳ Du nombre de passagers
 - ↳ Leurs classe
 - ↳ Leurs numéro de ranger
- } et cela sous forme de table aux

-Sous chapitre 5 : cargo :

Dans cette partie on définit les valeurs maximales de la charge marchande qu'on peut distribuer efficacement dans les soutes; de plus on définit les valeurs de variation d'index en fonction de la quantité de charge marchande distribué dans les soutes de l'avion .

On nous parle aussi dans cette partie des compartiments de la cargaison et du poids admissible maximale , de plus on définit les emplacements générales des soutes , ainsi les sections transversales des soutes cargo et leurs volume .

-Sous chapitre 6 : grounds opérations (les opérations au sol) :

Dans cette partie , on nous parle de l'enveloppe opérationnelle et des opérations qui s'effectuent au sol par exemple : la pesée des avions.

-Sous chapitre 7 : exemples :

Le chapitre 2 , intitulé : Rapport avion :

Ce chapitre , on le trouve lui même dans un autre document ,lequel contient lui aussi des informations et des données concernant la masse et le centrage en rapport avec l'avion spécifié .

Cette étape de notre analyse théorique terminée , il s'agira pour nous d'entamer dans le chapitre suivant les modalités pratiques pouvant permettre à un spécialiste du domaine la construction d'une feuille de centrage .

Chapitre II



Manière de construction d'une feuille de centrage

II-1. Documentation de masse et centrage :

L'exploitant doit établir avant chaque vol, une documentation de masse et centrage spécifiant la charge et sa répartition. La documentation de masse et centrage doit permettre au commandant de bord de déterminer que le chargement et sa répartition sont tels que les limites de masse et centrage de l'avion ne sont pas dépassées. Le nom de la personne chargée de préparer la documentation de masse et centrage doit figurer sur le document. La personne chargée de superviser le chargement de l'avion doit confirmer par signature que le chargement et sa répartition sont conformes à la documentation de masse et centrage.

Ce document doit être jugé acceptable par le commandant de bord, son acceptation étant indiquée par contre signature ou équivalent.

II-1 -1 Contenu de la documentation de masse et centrage : Elle doit contenir les informations suivantes :

- a. Immatriculation et type de l'avion
- b. Numéro de vol et date
- c. Identité du commandant de bord.
- d. Identité de la personne qui a préparé le document.
- e. Masse de base et centrage correspondant de l'avion.
- f. Masse du carburant au décollage et masse du carburant d'étape
- g. Masse des produits consommables autre que le carburant
- h. Composition du chargement comprenant passagers, bagages fret et ballast.
- i. Masse au décollage, masse à l'atterrissage et masse sans carburant.
- j. Répartition du chargement.
- k. Positions applicables du centre de gravité de l'avion.
- l. Limites des valeurs de masse et de centrage.

📄 Sous réserve de l'approbation de l'autorité, l'exploitant peut ne pas indiquer certaines de ces informations sur la documentation de masse et centrage.

II-1-2 Changement de dernière minute : Dans le cas d'un changement de dernière minute après établissement de la documentation de masse et centrage, ce changement doit être porté à la connaissance du commandant de bord et inscrit sur la documentation de masse et centrage. Les modifications maximales tolérées en modifications de dernière minute sur le nombre de passagers ou la charge admise en soute doivent être spécifiées dans le manuel d'exploitation, si ce nombre est dépassé, une nouvelle documentation de masse et centrage doit être préparée.

II-2 METHODES, PROCEDURES ET RESPONSABILITE CONCERNANT LA PREPARATION ET L'ACCEPTATION DU DEVIS DE MASSE ET CENTRAGE :

Pour chaque vol, un devis de centrage doit être préparé en plusieurs exemplaires. Une copie doit être transportée à bord de l'avion, et l'autre doit être conservée par l'escale de départ telle qu'elle a été acceptée par le commandant de bord, et rester disponible à cette escale pour une durée d'au moins 3 semaines.

Ce devis (ou feuille) de masse et de centrage peut être préparé ou rempli aussi bien à la main qu'à l'aide d'un système informatise, à condition d'utiliser un formulaire adéquat, approuvé par l'autorité, afin de déterminer la masse et la position du centre de gravité de l'avion. Il doit contenir toutes les informations relatives à tous les articles embarqués à bord, la position qu'ils occupent et leur masses identifiées individuellement, y compris les quantités de carburant, et si les

valeurs de masses qui ont été utilisées sont des valeurs forfaitaires ou des valeurs réelles.

II-3 SYSTEMES INFORMATISES :

 Lorsque les données de masse et centrage sont générées par un système informatisé de masse et centrage, l'exploitant doit vérifier l'intégrité des données ainsi obtenues. Il doit établir un système permettant de vérifier que les modifications des données d'entrée sont intégrées sans erreur dans le système et que le système fonctionne correctement de manière continue en contrôlant les données de sortie du système à des intervalles ne dépassant pas 6 mois.

II-4 DESCRIPTION DE LA FEUILLE DE CENTRAGE

(Load and Trim Sheet)

La feuille de centrage est le document qui résume tous les éléments de la préparation du vol; cette feuille est établie au minimum, en deux exemplaires avant chaque vol :

- a. Un exemplaire dans la sacoche de bord.
- b. Un exemplaire conservé au sol par la compagnie aérienne à la disposition des services compétents.

 Ce document doit être obligatoirement contresigné par le commandant de bord.

Le remplissage de cette feuille exige la connaissance des données suivantes :

- L'index de base de l'avion : à lire dans le manuel d'utilisation.
- Les charges en soute et répartitions
- Les charges en cabines et répartitions : on trouve un tableau dans le manuel d'utilisation chapitre chargement et centrage.
- la quantité de carburant embarquée : obtenue après l'élaboration du plan de vol technique.

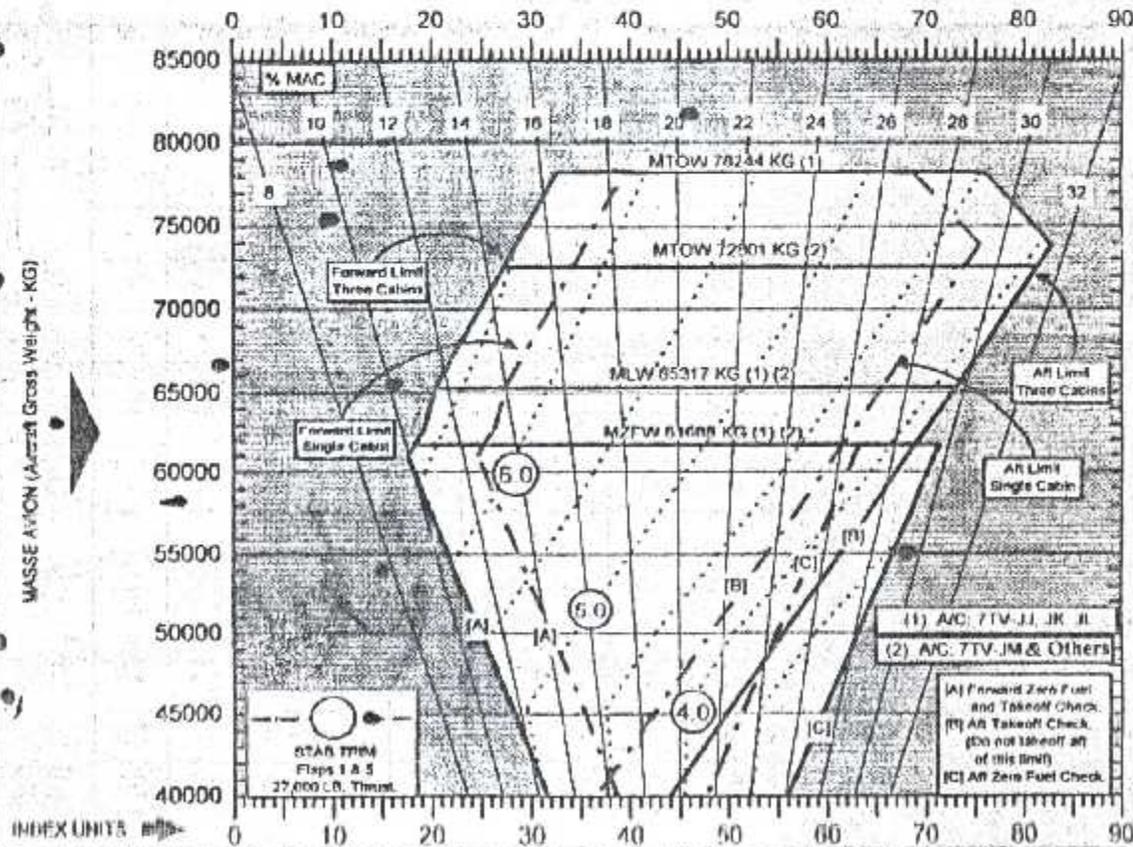
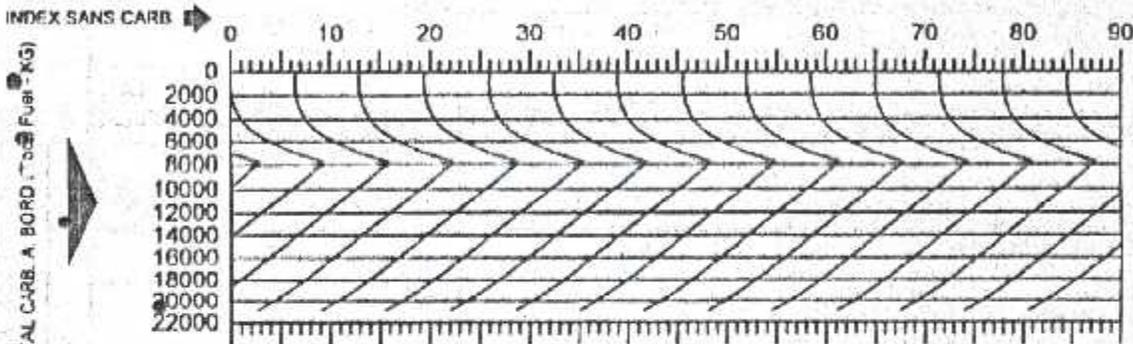
**II-5 Exemple d'une feuille de centrage d'un BOEING
737 – 800
(Compagnie AIR – ALGERIE)**

FEUILLE DE CENTRAGE

BOEING 737-800

INDEX DE BASE (Basic Index) + CORRECTION EVENTUELLE = INDEX DE BASE CORRIGE (Dry Operating Index)

COMPARTIMENT	ACTUAL	10	20	30	40	50	60	70	80	90	PITCH	
DRY OPER (1000)		No Index Change										
PASS COVER	SINGLE CABIN MAX 182 PAX FWD CABIN MAX 48 PAX	No Index Change										5 PAX
	MID CABIN MAX 80 PAX	No Index Change										
	AFT CABIN MAX 54 PAX	No Index Change										5 PAX
CARGO	FWD HOLD 1 MAX 1550 KG											200 KG
	AFT HOLD 4 MAX 4650 KG											200 KG



FLAPS	STAB TRIM FOR TAKEOFF	PREPARE PAR	APPROUVE PAR
-------	-----------------------	-------------	--------------

DOA-S/D EXP.

DO43A680-ALG1C

IMP. AH

II-6 MANIERE DE CONSTRUCTION DE LA FEUILLE DE CENTRAGE DU BOEING 737-800(AIR ALGERIE) :

La feuille de centrage du Boeing 737-800 , contient 4 partie essentielles :

-1^{ère} partie : Sous forme de 3 cases indiquant successivement les valeurs suivantes :

- 1- L'index de base
- 2- La correction éventuelle
- 3- L'index de base corrigé

Ces valeurs sont calculées dans le département de traitement & exploitation de compagnie AIR-ALGERIE puis elles sont mises dans des tableaux .

→ L'ensemble de ces tableaux constitue un document appelé AHM⁰⁵⁰ : AIROPORT HANDLING MANUAL .

→ L'AHM contient toutes les informations et données nécessaire de poids et de centrage en rapport avec l'avion spécifié .

1)⇔ Les valeurs de l'index de base sont données à partir du tableau de masse et index de base version 162y (nombre maximum de passagers en classe économique).

Dans notre étude , on a choisi comme exemple le Boeing 737-800 de la compagnie AIR-ALGERIE.

→ Les valeurs de masse et index de base sont données dans le tableau suivant:

AVION 337-800	Masse de base (KG)	Index de base
7 T- VJJ	42087	47,72
7 T- VJK	41726	45,92
7 T- VJL	41759	45,52
7 T- VJM	41721	45,82

Comme en le constate , le Boeing 737-800 existe sous forme de 4 série immatriculées :7 T-VJJ ou 7 T-VJK ou 7 T-VJL ou 7 T-VJM.

Chaque série a sa propre valeur de masse de base et index de base .

2)⇒ Calcul des valeurs de la correction éventuelle :

La valeur de la correction éventuelle de l'index de base existant change en fonction du nombre de PNT et de PNC dans l'avion .

Ces valeurs sont données à partir d'un tableau .

Ce tableau résume l'influence d'index pour PNT/PNC .

Généralement , le Boeing 737-800 de la compagnie AIR-ALGERIE effectue tous ses vols avec 2 PNT et 6 PNC :

- 2PNT occupant 2 sièges et pilote commandant de bord .
- 2PNC occupant 4 banquettes avant (Forward attendant) .
- 4PNC occupant 2 banquettes arrière (After attendant) .

→ Le vol se fait toujours avec les 2PNT .

→ Si le vol se fait avec 6 PNC => la correction d'index de base = 0 .

→ Si le vol se fait avec moins de 6 PNC => il y'a une correction d'index de base .

→ Cette correction est donnée à partir du tableau suivant :

Elément	Emplacement	Variation d'index
2	Siège CDB et pilote	- 2,8
1	Siège 1 ^{ère} observation	- 1,4
1	Siège 2 ^{ème}	- 1,4
1	Banquette avant FWD attendant	- 1,0
2	Banquette avant FWD attendant	- 2,0
3	Banquette avant FWD attendant	- 3,0
4	Banquette avant FWD attendant	- 4,0
1	Banquette arrière AFT attendant	+ 1,0
2	Banquette arrière AFT attendant	+ 2,0

▪ Influence INDEX POUR PNT/PNC .

3)⇒ Calcul des valeurs de l'index de base corrigé :

→ L'index de base corrigé = l'index de base + la correction éventuelle .

EXP : 6PNC $\xrightarrow{-1 \text{ PNC}}$ 5PNC

L'index de base : l'index de base - la variation d'index d'1 PNC.

→ 1PNC (occupant une banquette avant) => la variation d'index $\Delta = -1$
sachant qu'il existe 4PNC (FW attendant).

→ 1PNC (occupant une banquette arrière) => la variation d'index $\Delta = +1$
sachant qu'il existe 2 PNC (AFT attendant).

Si on prend :

K : Nombre de PNC occupant les banquettes avant cabine (Foward attendant)

Et

L : Nombre de PNC occupant les banquettes arrière cabine (After attendant)

$K=0 \Rightarrow 4$ (K varie de 0 PNC à 4PNC).

$L=0 \Rightarrow 2$ (L varie de 0 PNC à 2PNC).

Donc l'index de base corrigé : = l'index de base + (4-K)-(2-L).

Exp : si $\left. \begin{array}{l} k=0 \\ L=0 \end{array} \right\} \Rightarrow$ pas de PNC \Rightarrow vol d'essaiie (contrôle)

Donc l'index de base corrigé = l'index de base +2

- La 2^{ème} partie :

Dans cette zone , on répartie uniformément les passagers et les bagages dans l'avion ; de plus, à partir d'une échelle d'index , on peut calculer le pas et le déplacement dans les zones de charges 0A ,0B ,0C et les soutes 1 et 4 .

1- Répartition informe des passagers économiques :

→Le tableau ci dessous établi selon une loi de répartition uniforme permet , pour un nombre donné de passagers de classe économique de déterminer le nombre de passagers à prendre en compte dans chaque zone de charge de la cabine .

nterior Configuration	Cabine Cabin	Nombre de passagers en classe économique								
		MAX	20	40	60	80	100	120	140	160
18C/144Y (divider after row # 3)	Avant cabine	30	4	8	12	17	20	25	29	-
	Centre cabin	60	8	17	25	33	42	50	58	-
	Arrière cabine	54	8	15	23	30	38	45	53	-
24C/138Y (divider after row # 4)	Avant cabine	24	3	7	10	14	17	21	-	-
	Centre cabin	60	9	17	26	35	44	52	-	-
	Arrière cabine	54	8	16	24	31	39	47	-	-
30C/132Y (divider after row # 5)	Avant cabine	18	3	8	8	11	14	16	-	-
	Centre cabin	60	9	18	27	36	45	55	-	-
	Arrière cabine	54	8	17	25	33	41	49	-	-
36C/126Y (divider after row # 6)	Avant cabine	12	2	4	5	8	9	11	-	-
	Centre cabin	60	10	19	29	38	48	57	-	-
	Arrière cabine	54	8	17	26	34	43	52	-	-
42C/114Y (divider after row # 7)	Avant cabine	6	1	2	3	4	5	6	-	-
	Centre cabin	60	10	20	30	40	50	60	-	-
	Arrière cabine	54	9	18	27	36	45	54	-	-
48C/114Y (divider after row # 8)	Avant cabine	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Centre cabin	60	11	21	32	42	53	-	-	-
	Arrière cabine	54	9	19	28	38	47	-	-	-
162Y (divider after row # 8)	Avant cabine	48	6	12	18	23	30	35	42	48
	Centre cabin	60	7	15	22	30	37	44	52	59
	Arrière cabine	54	7	13	20	27	33	40	47	53

II - Calcul du pas dans chaque zone de charge :

Boeing Industrie , a envoyé une note de service à la compagnie AIR-ALGERIE pour informer sont PNT que le poids d'1 passager est estimé à 80KG au lieu de 75 KG pour les nouveaux Boeing 737-800 ,et cela pour ce rapprocher à la réglementation JAR-OPS qui estime le poids d'un passager a 84 kg.

→ Donc nos calculs se feront avec la nouvelle pesé qui est égale à 80 kg.

*⇒ Si on a une réparation de passagers (single cabine) :

L'index ne change pas ⇒ la variation d'index = 0 et le pas = 0.

*⇒ Si on a une réparation de passagers (Three Cabine 0A ,0B,0C) :

⇒ le pas = 5

⇒ On calcul la variation d'index par 5 pax :

1) le pas dans la zone 0A :(La variation d'index par kg dans la zone 0A = (la variation d'index par kg dans la zone 0A) x 5 x 80 kg .

2) Le pas dans la zone 0B -(la variation d'index dans la zone 0B par kg) x 5 x 80 kg=0 car la variation d'index par kg dans la zone 0B = 0.

3) Le pas dans la zone 0C =(la variation d'index par kg dans la zone 0C) x 5 x 80 kg.

N-B : Les valeurs de la variation d'index par kg dans les 3 zones 0A, 0B, 0C ont été prises à partir du tableau ci dessous qui se trouve dans l'AGM 050 de AIR-ALGERIE .

	Class /cabin section	Length of arm from reference station		Index influence	
		+/-	inch	+/-	Per 1 kg
0A	FWD cabin	-	310	-	0,00885
0B	MID cabin		0	+	0,0000
0C	AFT cabin	+	295,7	+	0,00845

-Classe /cabin -section
-AHM 050

Remarque :
$$\text{index} = \frac{\text{weight} \times (\text{B.A} - \text{Index Datum B.A})}{C} + K$$

A partir du manuel weight and balance .

→ On ce qui concerne les soutes :

Le Boeing 737-800 possède 2 soutes :

-La soute 1 : Forward hold 1

-La soute 4 : After hold 4

→ Dans la soute 1 : le pas = 200kg

→ Le pas dans la soute 1 = (la variation d'index par kg dans la soute 1) x 200 kg

→ Dans la soute 4 : le pas = 200kg

→ Le pas dans la soute 4 =(la variation d'index par kg dans la soute 4) x 200kg .

N-B : Les valeurs de la variation d'index par kg ont été prises à partir du tableau ci dessous qui se trouve dans l'AHM050 de AIR-ALGERIE

Compartment Number	Description	Maximum capacity		+/-index value per 1kg	
		Gross weight	Volume		
1		3558(kg)	672	-	0,00851
4		4850(kg)	883	+	0,00699

-Detail for compartment TRIM - AHM 050 -

III- Calcul du déplacement dans les différentes zone de charge :

→ Répartition three cabin →

- 1) Le déplacement dans la zone 0A = (la variation d'index par kg dans la zone 0A) x 80 kg (poids d'un pax).
- 2) Le déplacement dans la zone 0B = 0 car : la variation d'index /kg dans la zone 0B = 0 .
- 3) Le déplacement dans la zone 0C = (la variation d'index par kg dans la zone 0C) x le nombre de passagers dans la zone 0C x 80 kg (le poids d'un pax).
- 4) Le déplacement dans la soute 0 = (la variation d'index par kg dans la soute 1) x le poids des bagages dans la soute 0.
- 5) Le déplacement dans la soute 4 = (la variation d'index par kg dans la soute 4) x le poids de bagages dans la soute 4 .

Remarque:

- signe (+) => le déplacement vers la droite.
- signe (-) => le déplacement vers gauche .

- Les valeurs de la variation d'index /kg dans les zones 0A ,0B ,0C Hold 4 sont les même valeurs mentionnées dans les tableaux précédent de l'AIM - 50 (AIR ALGERIE) qu'on a utilisé pour le calcul du pas .

• 3^{ème} partie :

Les graphes de la troisième partie présentent la variation d'index en fonction de la quantité de carburant totale embarquée à bord de l'avion .

Cette partie a été faite à partir d'un tableau : ' Fuel Curve Plotting Data ' par méthode d'interpolation .

→ Les tables :

Table : Fuel Curve Plotting Data

INCREMENTAL FUEL LOAD KG	FUEL VOLUME ^[a] U.S.GALLON	FUEL BALANCE ARM IN	DELTA INDEX
250	82.3	652.4	0.0
500	164.5	656.7	0.0
750	246.8	656.7	0.0
1000	329.1	657.1	0.0
1250	411.3	657.8	0.0
1500	493.6	658.4	0.0
1750	575.8	659.2	0.0
2000	658.1	659.9	0.1
2250	740.4	660.6	0.1
2500	822.6	661.3	0.2
2750	904.9	662.0	0.3
3000	987.2	662.9	0.4
3250	1069.4	663.6	0.5
3500	1151.7	664.6	0.6
3750	1234.0	665.8	0.8
4000	1316.2	667.2	1.0
4250	1398.5	668.5	1.2
4500	1480.8	670.0	1.5
4750	1563.0	671.6	1.8
5000	1645.3	673.3	2.1
5250	1727.5	675.1	2.5
5500	1809.8	677.0	2.9
5750	1892.1	679.1	3.4
6000	1974.3	681.2	3.9
6250	2056.6	683.4	4.5
6500	2138.9	685.7	5.1
6750	2221.1	688.2	5.8
7000	2303.4	690.7	6.5
7250	2385.7	693.3	7.3
7500	2467.9	696.2	8.1

Table : Fuel Curve Poltting Data (continued)

INCREMENTAL FUEL LOAD KG	FUEL VOLUME ^[a] U.S.GALLON	FUEL BALANCE ARM IN	DELTA INDEX
7750	2550.2	699.2	9.1
7828	2576.0 ^[b]	700.2	9.4
8000	2632.4	698.3	9.1
8250	2714.7	695.8	8.8
8500	2797.0	693.0	8.4
8750	2897.2	690.6	8.1
9000	2961.5	688.1	7.7
9250	3043.8	685.8	7.3
9500	3126.0	683.6	6.9
9750	3208.3	681.6	6.5
10000	3290.6	679.6	6.1
10250	3372.8	677.7	5.7
10500	3455.1	675.9	5.3
10750	3537.3	674.3	4.9
11000	3619.6	672.7	4.5
11250	3701.9	671.2	4.1
11500	3784.1	669.7	3.7
11750	3866.4	668.4	3.4
12000	3948.7	667.0	3.0
12250	4030.9	665.8	2.6
12500	4113.2	664.6	2.3
12750	4195.5	663.5	1.9
13000	4277.7	662.4	1.5
13250	4360.0	661.4	1.2
13500	4442.3	660.4	0.8
13750	4524.5	659.4	0.4
14000	4606.8	658.5	0.1
14250	4689.0	657.6	-0.3
14500	4771.3	656.8	-0.6
14750	4853.6	655.9	-1.0
15000	4935.8	655.2	-1.3

Table : Fuel Curve Plotting Data (continued)

INCREMENTAL FUEL LOAD KG	FUEL VOLUME ^[a] U.S.GALLON	FUEL BALANCE ARM IN	DELTA INDEX
15250	5018.1	645.4	-1.7
15500	5100.4	653.7	-2.0
15750	5182.6	653.0	-2.4
16000	5264.9	652.3	-2.7
16250	5347.2	651.6	-3.1
16500	5429.4	650.9	-3.5
16750	5511.7	650.3	-3.8
17000	5593.9	649.7	-4.2
17250	5693.9	649.1	-4.5
17500	5676.2	648.5	-4.9
17750	5758.5	648.0	-5.2
18000	5840.7	647.4	-5.6
18250	5923.0	646.9	-5.9
18500	6005.3	646.3	-6.3
18750	6087.5	645.7	-6.7
19000	6169.8	645.2	-7.1
19250	6252.1	644.5	-7.5
19500	6334.3	644.1	-7.9
19750	6416.6	643.5	-8.4
20000	6498.58	643.0	-8.7
20250	6581.1	642.4	-9.2
20500	6663.4	641.8	-9.7
20750	6745.6	641.3	-10.1
20893	6827.9	640.9	-10.4

• 4^{ème} partie :

Cette dernière partie est consacrée pour l'enveloppe opérationnelle du Boeing 737-800 répartition 162 Y (162 passagers économique).

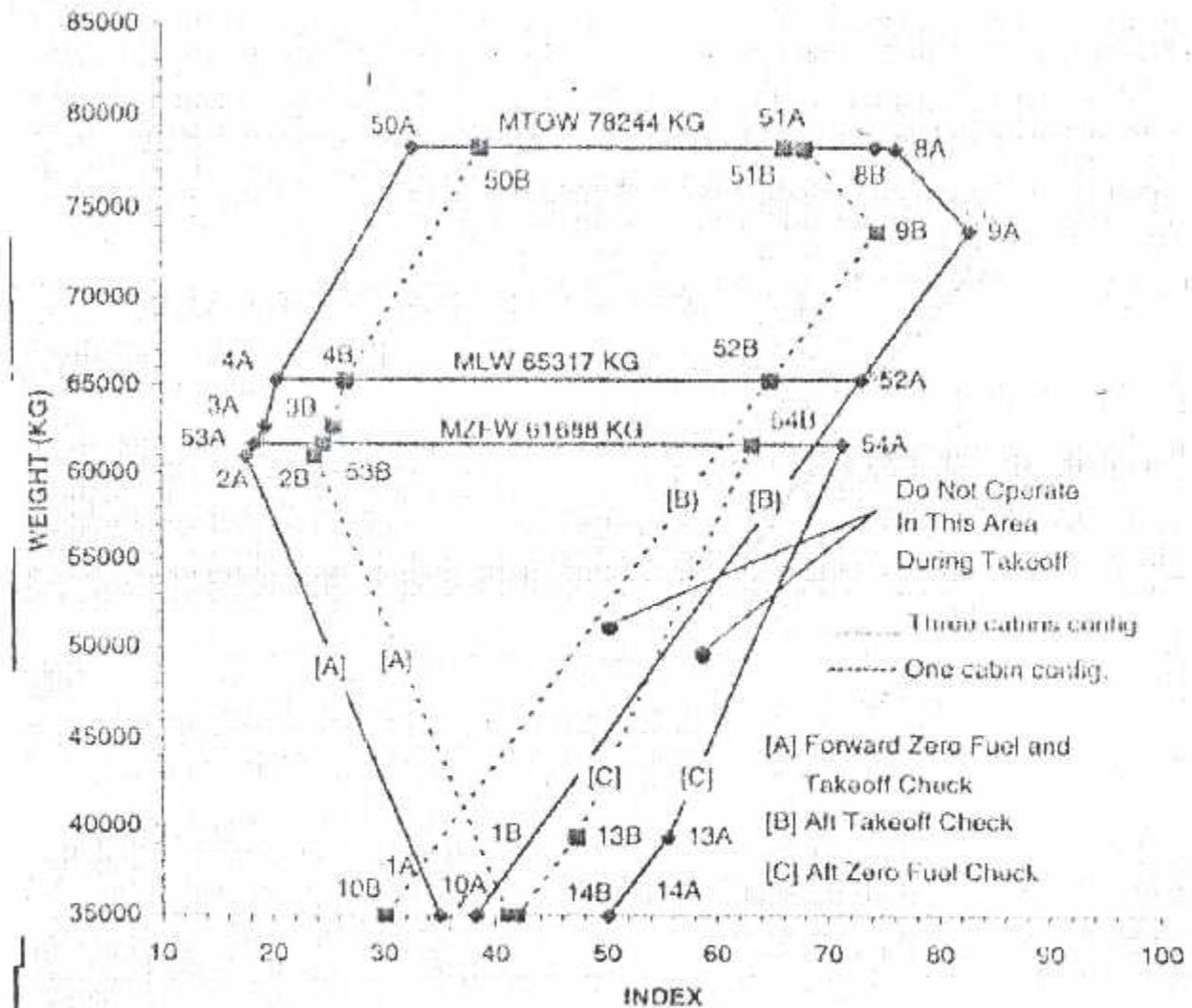


FIGURE A-2: Air Algérie Final Operational Limits

TABLE : Development of final operational Check

PRELIMINARY OPERATIONAL CHECK GRID			AIR ALGERIE FINAL OPERATIONAL CHECK GRID							
Point	Weight KG	Index (1)	THREE CABINS				ONE CABIN			
			POINT	WEIGHT KG	SEATING VARIATION INDEX (2)	FINAL OPS. INDEX (=1+2)	POINT	WEIGHT KG	SEATING VARIATION INDEX (3)	FINAL OPS. INDEX (=1+3)
FORWARD TAKEOFF CHECK										
1	35000	26.1	1A	35000	8.9	35.0	1B	35000	15.1	41.2
2	60966	8.7	2A	60966	8.9	17.6	2B	60966	15.1	23.8
3	62731	10.4	3A	62731	8.9	19.3	3B	62731	15.1	25.5
4	65317	11.5	4A	65317	8.9	20.4	4B	65317	15.1	26.6
50	78244	23.7	50A	78244	8.9	32.6	50B	78244	15.1	38.8
5	78417	23.9	-	-	-	-	-	-	-	-
6	79015	35.8	-	-	-	-	-	-	-	-
AFTER TAKEOFF CHECK										
7	79015	62.4	-	-	-	-	-	-	-	-
51	78244	81.5	51A	78244	-7.6	73.9	51B	78244	-15.8	65.7
8	78149	83.8	8A	78149	-7.6	76.2	8B	78149	-15.8	68.0
9	73819	90.4	9A	73819	-7.6	82.8	9B	73819	-15.8	74.6
52	65317	80.7	52A	65317	-7.6	73.1	52B	65317	-15.8	64.9
10	35000	45.9	10A	35000	-7.6	38.3	10B	35000	-15.8	30.1
FORWARD ZERO FUEL CHECK (LANDING WEIGHT <= 65317 KG)										
1	35000	26.1	1A	35000	8.9	35.0	1B	35000	15.1	41.2
2	60966	8.7	2A	60966	8.9	17.6	2B	60966	15.1	23.8
53	61688	9.4	53A	61688	8.9	18.3	53B	61688	15.1	24.5
3	62731	10.4	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLE : Development of final operational Check (Continued)

PRELIMINARY OPERATIONAL CHECK GRID			AIR ALGERIE FINAL OPERATIONAL CHECK GRID							
			THREE CABINS				ONE CABIN			
Point	Weight KG	Index (1)	POINT	WEIGHT KG	SEATING VARIATION INDEX (2)	FINAL OPS. INDEX (=1+2)	POINT	WEIGHT KG	SEATING VARIATION INDEX (3)	FINAL OPS. INDEX (=1+3)
FORWARD ZERO FUEL CHECK (LANDING WEIGHT > 65317 KG)										
1	35000	26.1								
15	43327	20.5								
16	44198	38.8								
17	46696	37.5								
18	49860	32.4								
19	52360	28.8								
20	54860	25.2								
21	55360	21.4								
22	58515	19.6								
23	58860	20.7								
24	59860	23.3								
25	60860	25.2								
26	61860	26.5								
27	62731	27.2								
AFTER ZERO FUEL CHECK										
11	62731	79.1	-	-	-	-	-	-	-	-
12	62445	79.5	-	-	-	-	-	-	-	-
54	61688	79.0	54A	61688	-7.6	71.4	54B	61688	-15.8	63.2
13	39396	63.1	13A	39396	-7.6	55.5	13B	39396	-15.8	47.3
14	35000	57.	14A	35000	-7.6	50.1	14B	35000	-15.8	41.9

- **Remarque :**

Développement of final operational I check

= preliminary opérational gird + seating variation index .

: l'enveloppe opérationnelle = l'enveloppe structurale + la variation d'index

N.B :

- 1) L'enveloppe structurale est donnée par le constructeur .
- 2) La variation d'index (seating variation index) = la variation d'index en fonction des passagers embarqués + la variation d'index en fonction de la quantité de carburant embarquée dans les réservoirs de l'avion + la variation d'index en fonction du nombre de PNC + la variation d'index en fonction des trains d'atterrissage.....

3) Formule : détermination du centrage à partir de l'index :

$$\text{Index} = \frac{\text{weight} \times (\text{B.A} - 658,3)}{35000} + 45$$

$$\text{B.A} = \frac{\% \text{ mac} \times 155,8}{100} + 627,1$$

$$\text{Index} = \frac{\text{weight} \times \left[\left(\frac{\% \text{ mac} \times 155,8}{100} + 627,1 \right) - 658,3 \right]}{35000} + 45$$

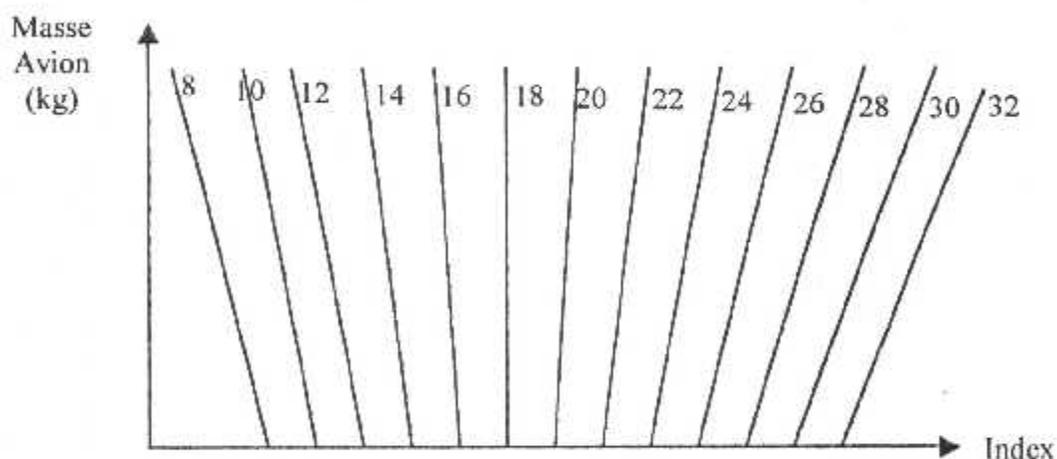
=>

$$\text{weight} = \frac{(\text{index} - 45) \times 35000}{\left(\frac{\% \text{ mac} \times 155,8}{100} + 627,1 \right) - 658,3}$$

Exemple : On remplace % mac par 8 (voir la feuille de centrage partie enveloppe) donc :

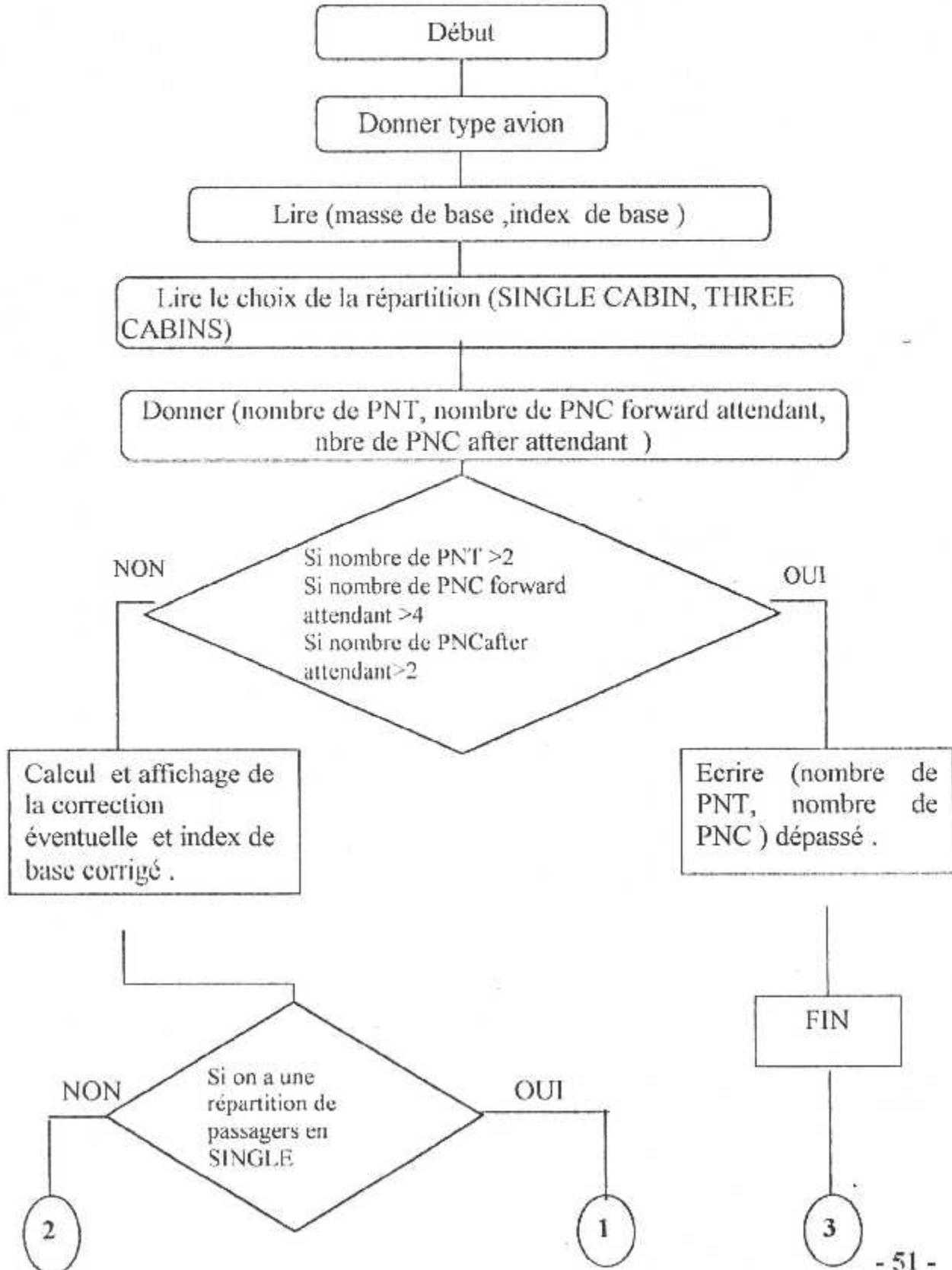
$$\text{weight} = \frac{(\text{index} - 45) 3500}{\left(\frac{8 \times 155,8}{100} + 627,1 \right) - 658,3}$$

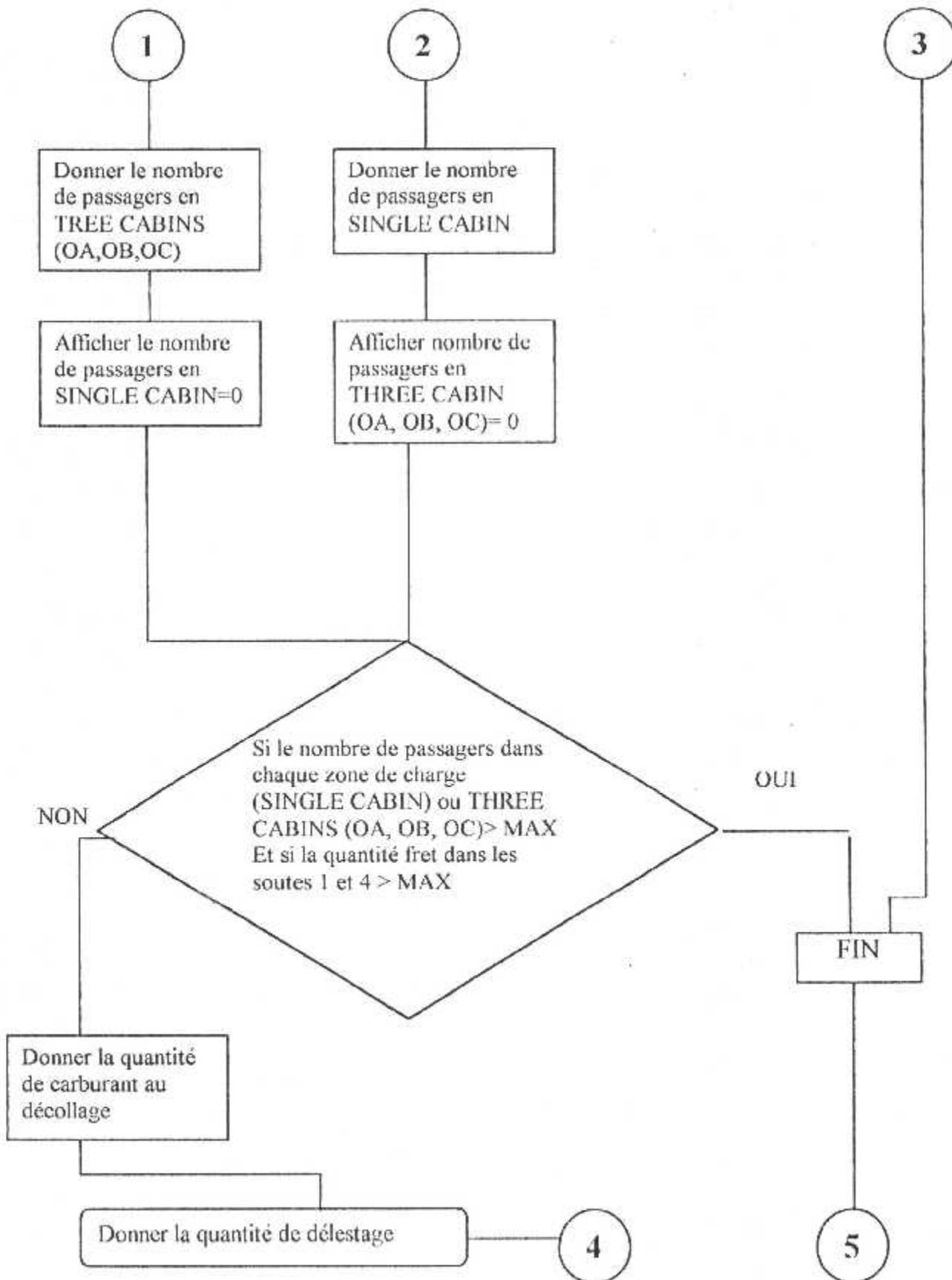
=> équation (8) de la droite qui présente l'index en fonction de la masse

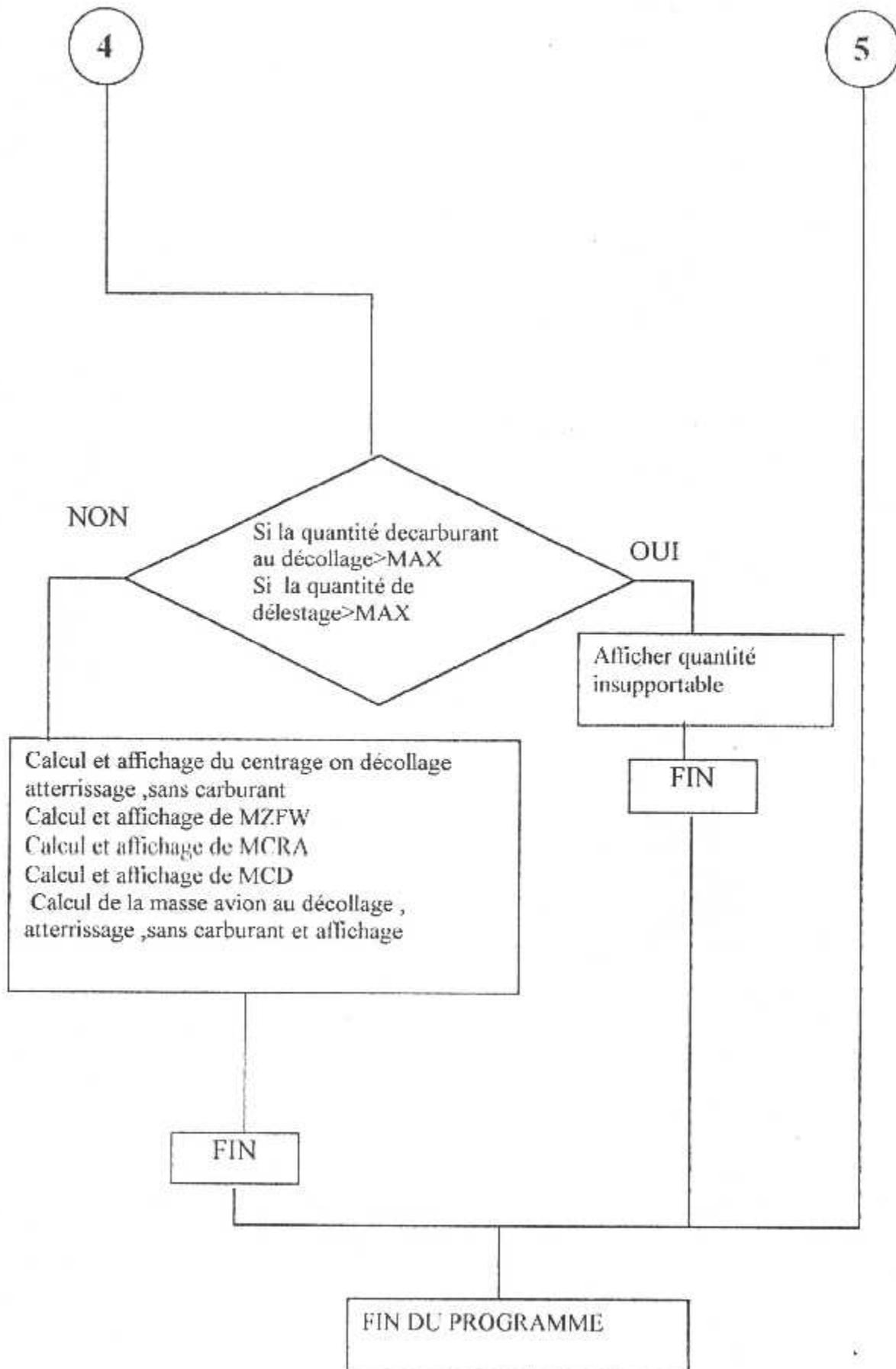


On remplace toujours %mac par (10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32) et on construit les droites de l'enveloppe opérationnelle .

ORGANIGRAMME DE LOGICIEL



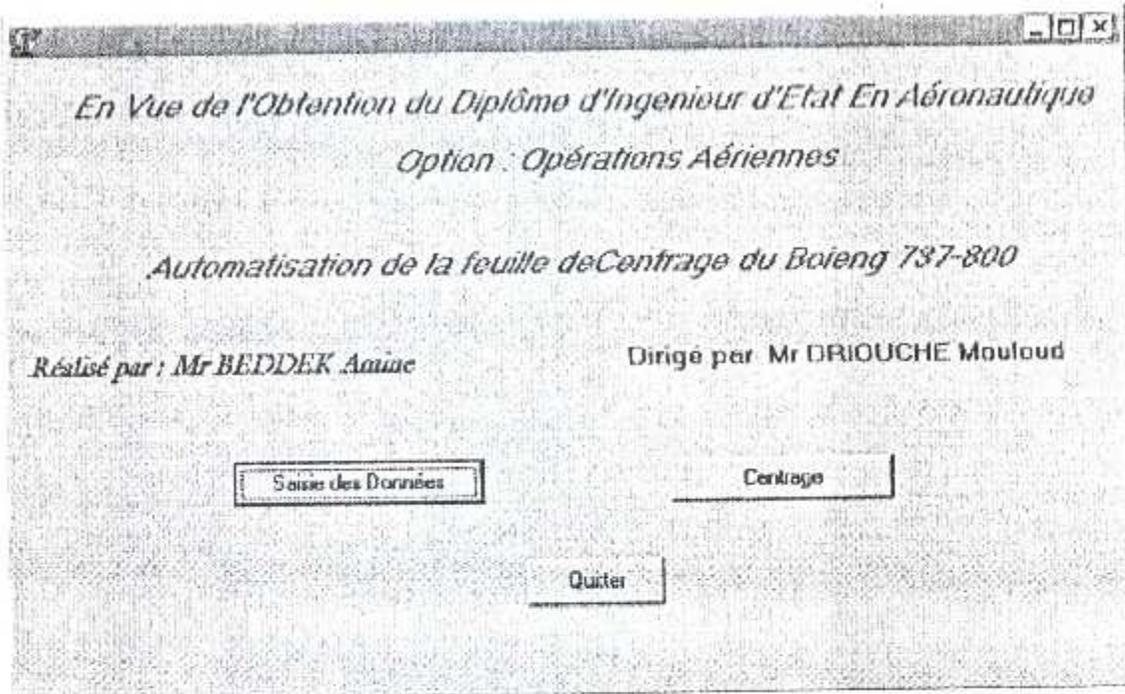




Chapitre III

Présentation du logiciel

Pour la réalisation de l'application, nous avons opté pour le logiciel de développement orienté objet DELPHI 5 et Dbase 5 pour la conception de la base de données.



III-1- Les entrées du programme :

Deux types de données sont prises en compte par le logiciel :

a- Données fixes caractérisant l'avion utilisé :

Ces données sont stockées de manière précise dans des tables désignant le matricule de l'avion B737-800 par la fenêtre ci dessous :

SAIGIE DES DONNEES B 727 BDD

Variations

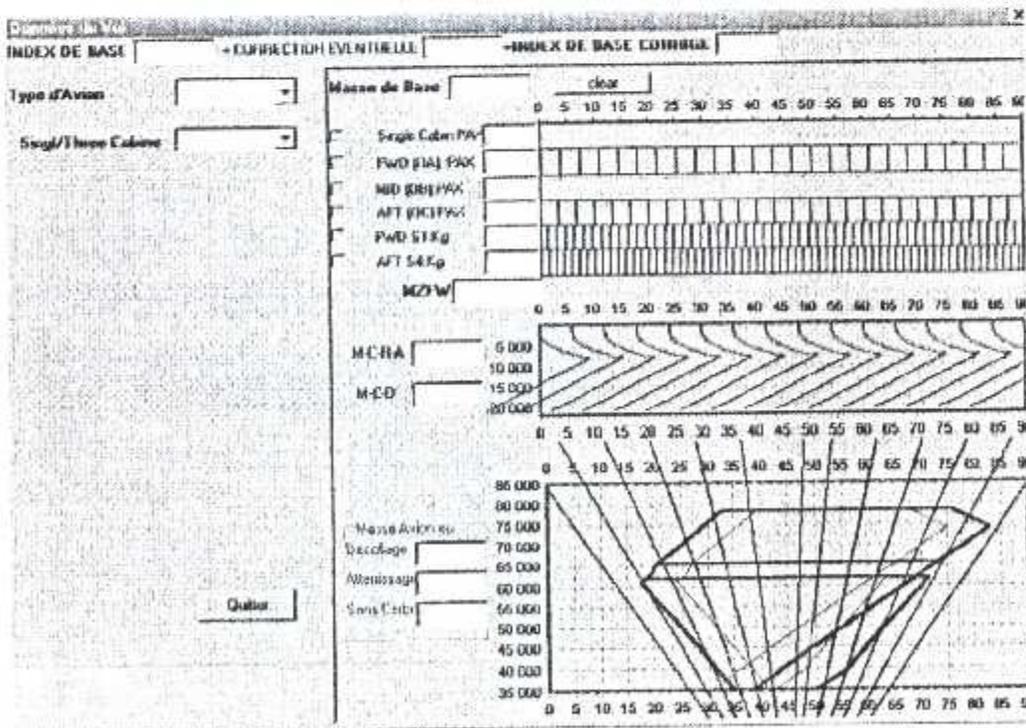
Influence d'Index :

Nom	7T-VJU	Par 1 PNC	1
Masse de base	42087	Par 1 PNT	1,4
Index de base	47,72	Zone OA	-0,00885
		Zone OB	0
		Zone OC	0,00845
		Soute 1	-0,00851
		Soute 4	0,00699

Fuel Curve Plotting DATA

Incrfuel	Indx	
252	0	
500	0	
750	0	

b- Données propres à chaque vol :



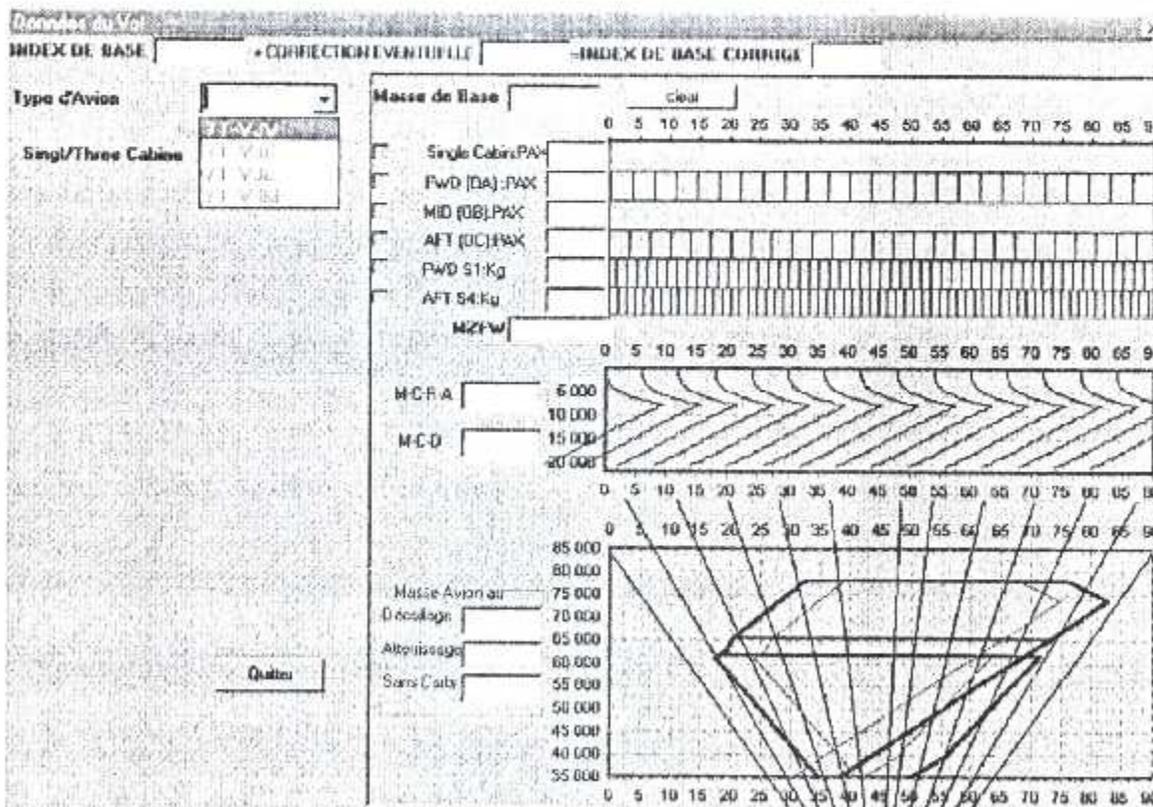
Ces données sont entrées directement par l'utilisateur sur une fiche, et dans des zones de textes, à côté de chacune une description.

Il est à noter que l'utilisateur peut modifier le chargement du fret ou le nombre des passagers ou la quantité de carburant à embarquer ou n'importe quelle donnée, sans changer les autres données. Ce qui est important c'est qu'il doit remplir toutes les zones de la fiche pour éviter les messages d'erreurs, et des messages d'avertissements apparaissent lorsqu'il dépasse une limite de l'une des données de vol.

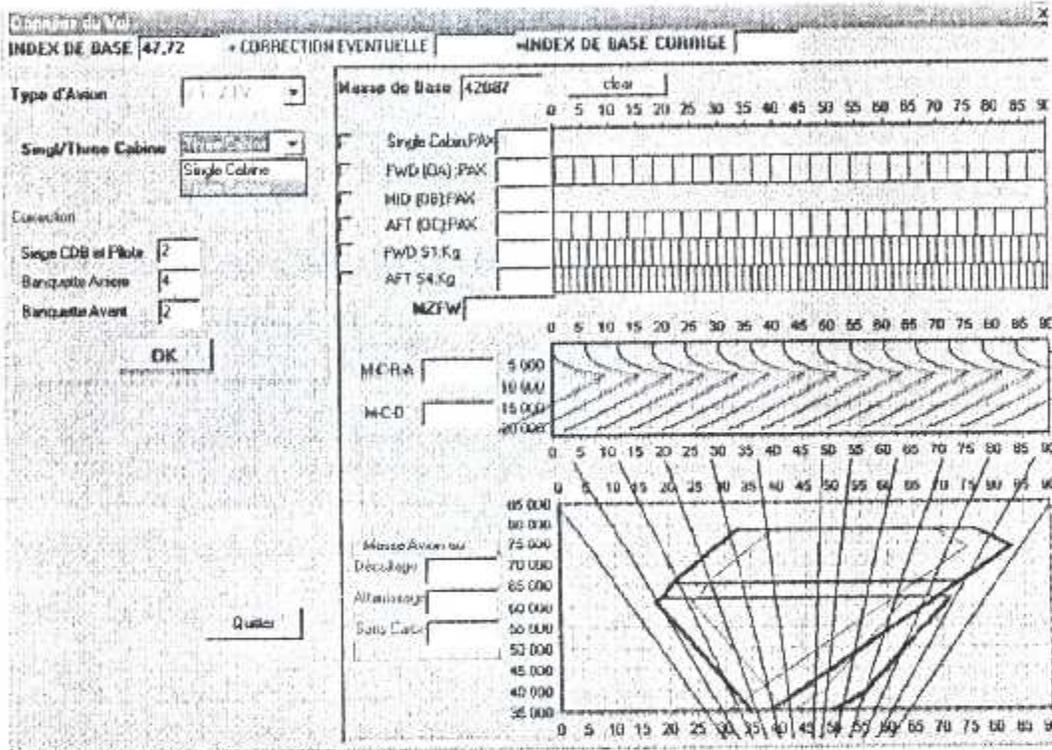
Données entrées à l'écran :

L'utilisateur doit préciser sur la fiche de centrage les données suivantes :

- Caractéristique de l'avion « l'immatriculation de l'avion » pour avoir la masse de base et l'index de base.



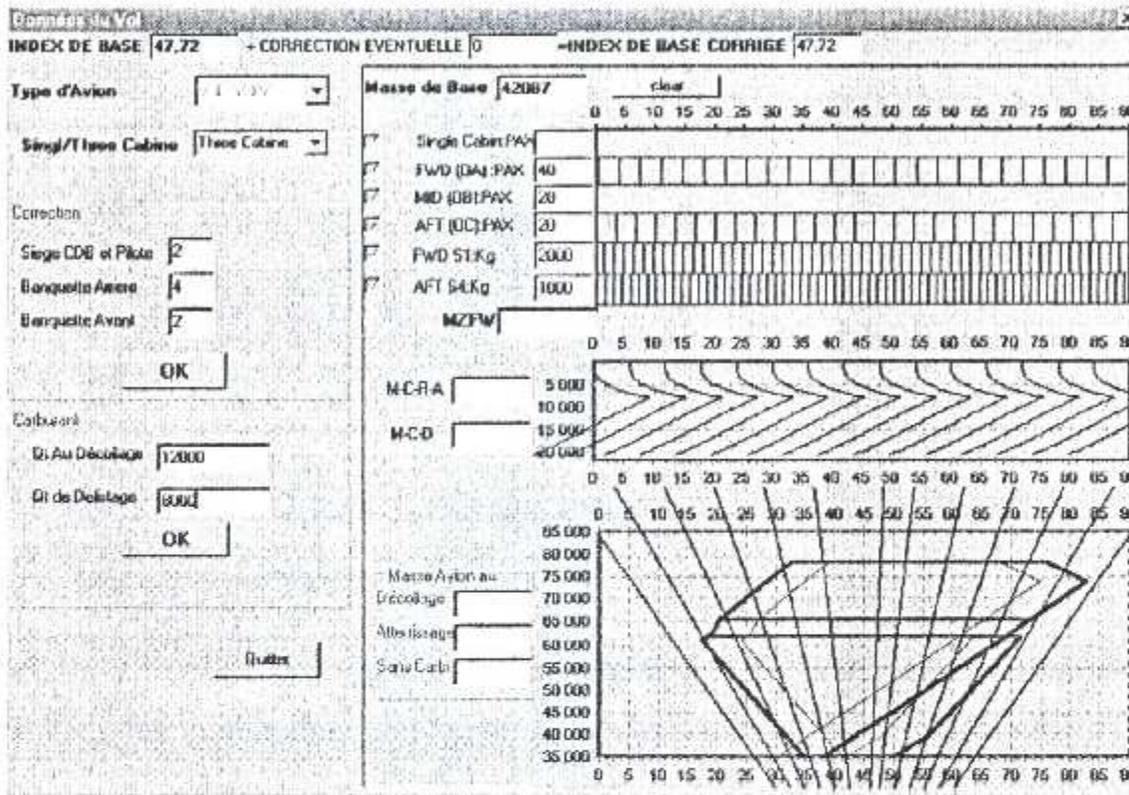
- Le choix de la répartition des passagers (Single cabin ou Three cabin) et l'influence d'index pour le personnel navigant « la correction éventuelle » de l'index de base.



- Des données sur le nombre de passagers dans les cabines « single cabin ou three cabin » selon le choix de la répartition.
- La masse de carburant au décollage et la quantité de délestage. Par la fiche ci dessous

NB : Les masses son données en Kilogrammes

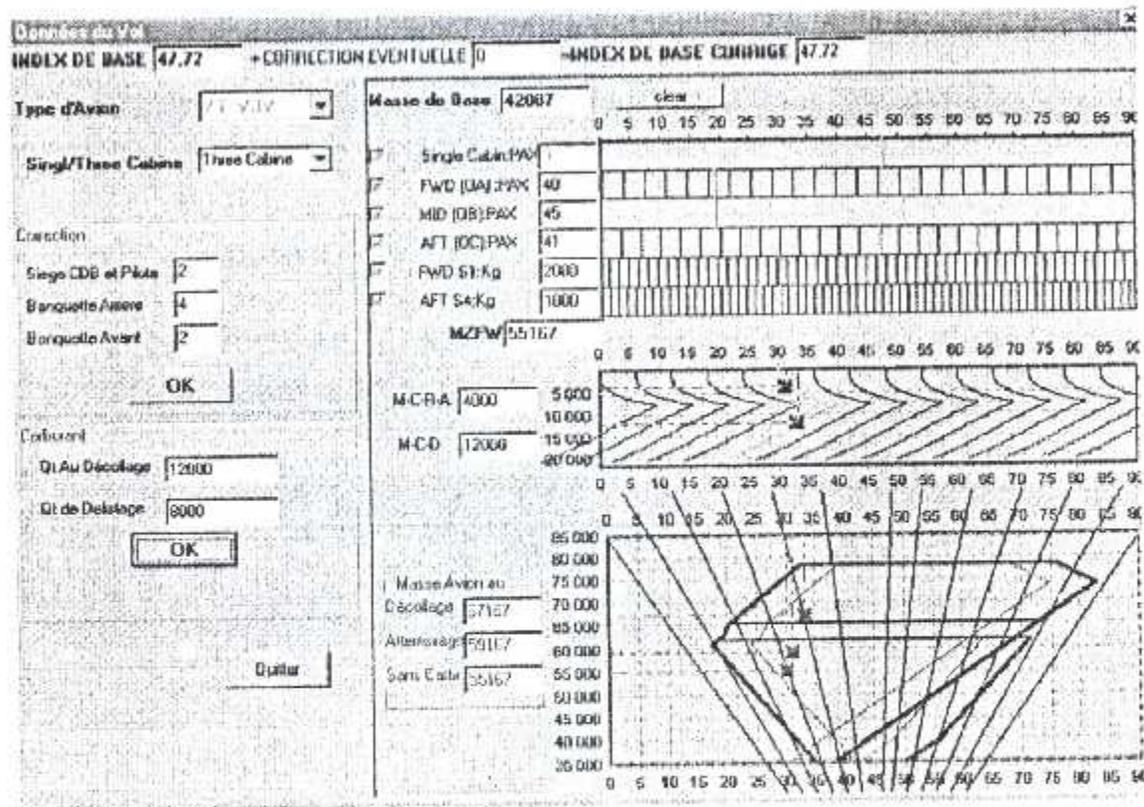
Le tableau de répartition des passagers par zone est établit de façon statistique par certaines compagnie aériennes.



III-2- Les sorties du programmes :

Les sorties du programme comme les entrées apparaissent sur la fiche de centrage, le logiciel indique en sortie et affiche :

- ✓ La valeur de l'index de base corrigé
- ✓ Le déplacement dans les différentes zones de charge (passagers, fret, carburant).
- ✓ La masse de carburant au décollage (MCD).
- ✓ La masse de carburant restant à l'atterrissage (MCRA).
- ✓ Les masses avions au : décollage , atterrissage et sans carburant.
- ✓ Le centrage au décollage à l'atterrissage et sans carburant.



CONCLUSION

La méthode informatisée de centrage du boeing 737-800 présentée dans cette étude répond aux objectifs recherchés :

- Etablir rapidement des solutions détaillées.
- Améliorer la précision des calculs.
- Diminuer les risques d'erreur.

Elle offre, par rapport aux méthodes actuelles conventionnelles les avantages suivants :

- Le calcul automatique et précis du centrage au décollage, à l'atterrissage et sans carburant.
- La visualisation du centrage.
- La vérification que les limites opérationnelles de centrage sont toujours respectées dans toutes les phases de vol.

Ce logiciel ne constitue qu'un petit progrès dans le domaine de l'informatisation des plans de chargement et de centrage des avions.

On peut envisager dans cette voie des multiples améliorations telles que : l'automatisation du centrage d'un groupe d'avions d'une compagnie aérienne ; de plus lorsque le centrage est en dehors des limites, la création d'une modification automatique de chargement de fret ou de passagers.

BIBLIOGRAPHIE

- Opérations aériennes tome I. limites d'utilisation (par M.Martin)
- Loading schedule substantiation for AIR ALGERIE by the BOEING COMPANY.
- Weight and balance control and loading manual model 737-8D6 (737-800 AIR ALGERIE).
- Manuel d'exploitation (AIR ALGERIE).
- Logiciel de programmation DELPHI 5 par la maison BORLAND.