

Accueil du B737-800

sur l'aéroport
de **Béziers-Cap d'Agde**



Antoine **Blin**
Maud **Greco-Ciman**
Clotilde **Leclercq**
Adrien **Quenard**



Janvier 2009

INTRODUCTION

Il est d'actualité pour l'aéroport de Béziers – Cap d'Agde, tout récemment renommé, de s'adapter aux nouveaux marchés.

En effet, suite aux travaux de 2007 et notamment à une élongation de piste, l'aéroport dispose désormais d'un statut d'aéroport international à trafic commercial régulier et a réalisé ses premiers objectifs en accueillant la reine des compagnies Low-cost, Ryanair. Etant en pleine croissance, il présente désormais un intérêt certain pour les compagnies. Intérêt qui pourrait amener une compagnie à souhaiter exploiter un B737-800, déjà utilisé sur l'aéroport par Ryanair, pour atteindre des destinations plus lointaines et plus prometteuses.

En vue de cela, il est donc nécessaire de décrire l'agrandissement de la piste existante et les aménagements à réaliser, compte tenu des exigences opérationnelles et de la réglementation en vigueur.

SOMMAIRE

I. Présentations générales	pg 04
1. La ville de Béziers	pg 04
2. L'aéroport de Béziers – Cap d'Agde en Languedoc	pg 05
3. L'avion : le B737-800 avec winglets	pg 08
II. Diagnostics de l'infrastructure existante	pg 13
1. Exploitation des infrastructures existantes	pg 13
2. Etude de marché	pg 24
III. Etude opérationnelle	pg 29
1. Détermination du QFU préférentiel	pg 29
2. Choix de la température	pg 31
3. Détermination de la longueur de piste nécessaire	pg 32
IV. Aménagements de la piste	pg 37
1. Perte de longueur de piste due à l'alignement	pg 37
2. Bilan sur l'allongement de piste	pg 38
3. Possibilités d'extension	pg 38
4. Traitement des obstacles	pg 39
5. Protections de la piste	pg 43
6. Construction de la raquette	pg 46
V. Les infrastructures de l'aéroport	pg 48
1. La tour de contrôle	pg 48
2. Le SSLIA	pg 49
3. Le pélicandrome	pg 51
VI. Aménagement des voies de circulation et du parking	pg 53
1. Voies de circulation	pg 53
2. Parking et voie de desserte	pg 55
3. Mise en place de barrière anti souffle	pg 59
4. ACN / PCN du parking	pg 59
VII. L'accessibilité	pg 61
1. Balisage lumineux	pg 61
2. Balisage diurne	pg 65
3. Les panneaux de signalisation	pg 68

VIII. Implantation des aides de radionavigation	pg 71
1. Situation actuelle	pg 71
2. Catégorie de l'ILS	pg 73
3. Le PAPI	pg 78
4. Le VDF	pg 79
5. Mise en place d'un seuil décalé sur la piste 28	pg 80
IX. Aspect environnemental	pg 82
1. Péril aviaire	pg 82
2. Traitement des eaux	pg 82
3. Nuisances sonores	pg 83
X. Tableau récapitulatif des travaux à effectuer et des coûts	pg 85
XI. Modifications dans les publications aéronautiques	pg 86
XII. Cartes annexes	pg 87
1. Carte d'aérodrome	pg 88
2. Carte d'obstacles d'aérodrome	pg 90
3. Carte de stationnement	pg 91
4. Procédures d'approche (IAC)	pg 92
5. Plan d'ensemble au 1/10 000 ^e	pg 93
6. Vue globale de l'aéroport	pg 94
CONCLUSION	pg 95
BIBLIOGRAPHIE	pg 96

I. Présentations générales

1. La ville de Béziers

Béziers (en occitan, Besièrs [be'zjɛs]) est une commune française, située dans le département de l'Hérault et la région Languedoc-Roussillon.

Par sa population d'un peu plus de 70 000 habitants, Béziers est la seconde ville du département de l'Hérault et la quatrième de la région Languedoc-Roussillon.



La ville est située dans la plaine héraultaise, dominant l'Orb et le canal du Midi dans un site pittoresque.

Béziers bénéficie d'une situation géographique privilégiée. En effet, la ville se situe à 10 km des plages de sable fin de la Méditerranée et 30 km du Haut Languedoc et des massifs montagneux du Caroux (1090 mètres d'altitude), de l'Espinouse (1124m) et des monts de Lacaune dans le Tarn (1267m), faisant d'elle un point d'entrée idéal pour découvrir les attraits touristiques de la région.

- **Tourisme balnéaire** : la région possède plus de 200 km de plages, et une trentaine de stations balnéaires. Elle est également au 1er rang européen en tant que destination naturaliste.
- **Tourisme « vert »** : à moins d'une heure de Béziers, se situent les monts du Caroux, du Somail ou de l'Espinouse pour des activités telles que la randonnée, l'escalade, le rafting...
- **Tourisme viticole** : la viticulture locale grâce au terroir et à l'ensoleillement exceptionnel, jouit d'une excellente notoriété. Bénéficiant d'une superficie communale importante (9 548 hectares), Béziers est la commune la plus étendue du département de l'Hérault. Moins de la moitié de la superficie communale est urbanisée, le reste du territoire est composé d'espaces verts, de zones naturelles protégées et de zones agricoles (environ 2 000 hectares) où sont principalement plantées des vignes.
- **Tourisme « culturel »** : le canal du Midi, classé au patrimoine mondial de l'UNESCO, mais également 90 festivals ou manifestations diverses dont la célèbre Féria de Béziers au mois d'août.



Canal du Midi

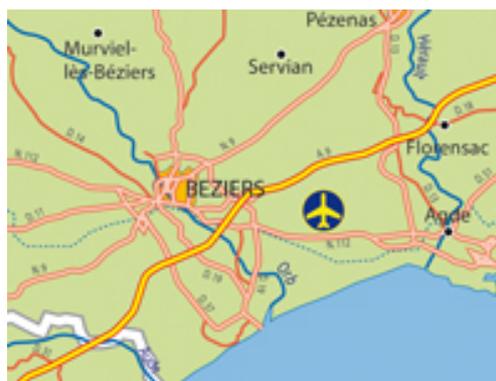


Affiche Féria 2008

La ville de Béziers, installée au cœur d'une région éminemment touristique, trouve sa propre place dans ce domaine. Béziers se tourne vers l'avenir à sa manière : en développant très fortement la diversification du tissu économique et les infrastructures d'accès (A 75, TGV vers l'Espagne, et l'agrandissement de l'aéroport,...)

[2. L'aéroport de Béziers - Cap d'Agde en Languedoc](#)

Situé sur l'arc méditerranéen, l'Aéroport de Béziers Cap d'Agde, créé et géré par la Chambre de Commerce et d'Industrie de Béziers Saint-Pons, bénéficie d'un environnement exceptionnel au cœur du vignoble biterrois, à quelques kilomètres des plus belles stations balnéaires du littoral et des premiers contreforts montagneux du Parc régional naturel du Haut Languedoc.



L'aéroport de Béziers - Cap d'Agde en Languedoc (code AITA : BZR, code OACI : LFMU) est un aéroport du département de l'Hérault, se trouvant en partie sur le territoire de la commune de Vias. Il se situe à 10 km à l'est de Béziers et à 10 km à l'ouest du Cap d'Agde, ce qui lui permet ainsi de desservir des villes telles que Béziers, le Cap d'Agde, Lamalou les Bains, Millau, Narbonne, Pézenas et Sète.

a. Situation économique

Créé en 1975, s'appuyant sur une équipe de 42 personnes, l'aéroport de Béziers accueille aujourd'hui près de 80 000 passagers.



Après un important chantier d'extension de ses installations effectué en 2007, où la longueur de piste a été portée à 2100 m et sa largeur à 45 m, l'aéroport, jusque là dénommé « Béziers - Vias » ou « Béziers - Agde - Vias », est rebaptisé « Béziers - Cap-d'Agde en Languedoc ». Il obtient alors le statut d'aéroport international à trafic commercial régulier.

L'aéroport de Béziers Cap d'Agde en Languedoc propose désormais 3 liaisons internationales vers Bristol et Londres en Grande-Bretagne, opérées par la plus importante compagnie Low-cost Ryanair, et Odense au Danemark, concrétisant le plan de développement engagé depuis deux ans par la Chambre de commerce et d'industrie de Béziers Saint-Pons.

L'ouverture de la ligne régulière Ryanair entre Béziers et Bristol, depuis le 31 mars dernier, a très vite porté ses fruits : + 131% de touristes britanniques sur le territoire biterrois en avril 2008, par rapport à la même période de 2007.

D'où le calcul de Ryanair et l'enthousiasme de la région biterroise, quant à l'ouverture, du 19 juillet jusqu'au 25 octobre 2008, d'une nouvelle ligne estivale entre Londres Stansted et Béziers. Constatant le succès de cette ligne, Ryanair décida de lancer une nouvelle ligne entre Béziers et Londres Luton. Cette ligne qui a démarré le 27 octobre dernier, à raison de deux vols par semaine, permet désormais à Londres et à Béziers d'être reliés à l'année et sans interruption. Les visiteurs britanniques sont encore majoritairement originaires du bassin londonien, mais Gallois et habitants de la région de Bristol font une entrée en force.

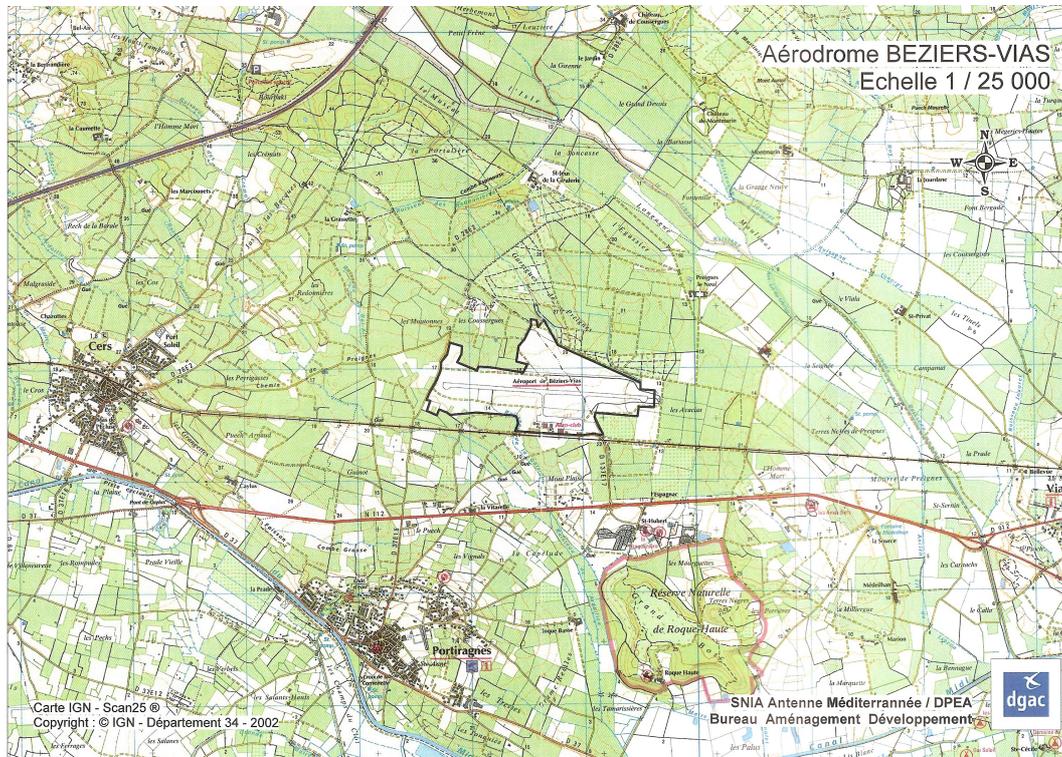
Mais l'arrivée de ces nouveaux touristes nécessite des adaptations et des efforts continus des conditions d'accueil : il faut plus de personnes qui parlent anglais par exemple. La CCI, avec le soutien du Département et du Comité départemental de tourisme (CDT), a mis en place des circuits touristiques en car. Le Département finance également la rénovation de l'hôtellerie de plein air, la mise aux normes des hôtels-restaurants et le CDT assure une prospection auprès de toute la clientèle anglaise avec l'édition d'une newsletter à l'attention des passagers.

Bien entendu, l'aventure ne s'arrête pas là : la Chambre de Commerce et d'Industrie de Béziers Saint-Pons projette la création de nouvelles liaisons annuelles européennes d'ici à 2012, générant un trafic de 230 000 passagers et des retombées économiques de l'ordre de 200 millions € par an pour les professionnels.

Vecteur d'échanges et de retombées économiques, l'aéroport réalise ainsi sa vocation première : celle du développement économique, de l'amélioration de notre qualité de vie et d'un positionnement plus ambitieux de notre territoire sur la carte des régions européenne.

b. Position des villes à proximité de l'aéroport

L'aéroport de Béziers est situé à proximité de trois villages : Vias, Cers et Portiragnes.



Le village de Vias se trouve à 3,8 km à l'est de l'aéroport et celui de Portiragnes est à 1,5 km au sud. Ces deux villages se situent à l'extérieur des zones du projet de plan d'exposition au bruit. Ils ne subiront donc aucune gêne sonore.

Par contre quelques habitants de la commune de Cers, située à 2,3 km à l'ouest de l'aéroport, et en particulier ceux résidant à Port Soleil, se plaignent du bruit.

c. Infrastructures existantes

L'aéroport de Béziers Cap d'Agde dispose d'installations modernes et adaptées aux appareils de classe C (et inférieur), permettant aux compagnies aériennes de l'exploiter dans d'excellentes conditions commerciales et opérationnelles.

Equipements commerciaux

- Une aérogare de 1300 m² avec patio central paysagé (capacité annuelle de traitement : 100 000)
- Halls Départ et Arrivée
- Une salle d'embarquement
- Deux comptoirs ventes compagnie
- Trois comptoirs d'enregistrement
- Tapis bagages
- Connexion Wi-Fi

Equipements techniques

- Contrôle sûreté bagages de soute et bagages à main
- Contrôle transfrontalier
- Douanes et gendarmerie
- Service SSLIA Niveau 7
- VFR nuit – IFR
- Lutte aviaire : groupe B
- Piste :
 - Dimensions : 2000 m x 45 m
 - Orientation : 10/28
 - Nature du revêtement : bitume78 (chaussée souple) - Résistance PCN : 47/F/C/X/T
- Aides à l'atterrissage : ILS Cat. I au QFU 10
- Balisage lumineux : HI - PAPI - AVASIS - Balisage d'approche - Feux à éclats
- Surface totale parking avion : 11 000 m² : 6 000 m² (lourd) et 5 000 m² (léger)
- Société pétrolière : Air BP
- Avitaillement camion 17 m³
- 4 Postes avitaillement fixes : Jet A1 et Avgas
- Station météo
- Surface hangars aéronefs : 2 000 m² (avions légers)

3. L'avion : le B737-800 avec winglets

a. Historique

Le programme d'étude B737 a été lancé par Boeing en 1958 en vue de construire un biréacteur court/moyen-courrier capable de compléter la gamme existante pour le transport de passagers.

Les deux premières gammes de 737, le -100 et le -200, étaient des avions utilisant des techniques qui dataient du début des années cinquante et qui devaient beaucoup au 707, ce qui explique le gros diamètre de son fuselage.

Aujourd'hui les B737-100 & 200 ont pratiquement disparu du ciel européen en raison de leur fort niveau sonore.

A partir de 1981, Boeing commença à construire des appareils plus spacieux et bien plus silencieux et modernes. La série -300 inaugura l'installation des moteurs CFM-56, produits conjointement par Général Electric et la SNECMA, sur cette classe d'appareils. D'un diamètre bien supérieur au Pratt & Whitney JT8D qui équipait les -100 et -200, le CFM-56 avait une garde au sol beaucoup trop basse pour un appareil au train aussi court.

Du coup, quelques ingéniosités techniques ont été utilisées pour contourner ce problème :

- les accessoires du moteur ont été placés sur les côtés pour gagner de la hauteur ;
- la partie inférieure et la lèvre de la nacelle ont été aplaties ;
- les moteurs furent installés plus en avant et inclinés de 5° de manière à orienter le flux d'air chaud sortant vers le sol, avec pour conséquence de réduire l'échauffement de la cellule voisine et en plus, d'apporter une "assistance vectorielle" pour le décollage. De plus le CFM-56 avait un rendement supérieur de 20%.



B737-300 d'AirOne - Motorisation CFM-56

Au cours de la production, de nombreux changements ont été apportés à la série Classic (-300, -400, -500) pour lui permettre d'accompagner l'évolution technologique des ses concurrents.

Voici les principaux changements :

- extinction automatique du feu de parking avec la rétraction du train ;
- système automatique de pressurisation de la cabine (DCPCS) ;
- nouvelles options radios et coms (VHF3, HF, SELCAL, ACARS et T-CAS) ;
- intégration d'EFIS pour afficher les paramètres moteurs ; Le dernier avion de la Classic Séries a été livré en février 2000.

Avec la concurrence accrue de la Famille A320 d'Airbus, Boeing s'est vu obligé de revoir ces plans pour une nouvelle génération de 737 techniquement évoluée et capable de répondre aux nouvelles exigences du transport commercial.

En 1993, Boeing lança le programme 737-X, qui déboucha sur la Next Génération (-600, -700, -800, -900, BBJ, BBJ2...). Les principales évolutions furent les suivantes :

- nacelles redessinées et ailes rallongées ;
- nouveau dispositif hypersustentateur avec un repositionnement des flaps et slats ;
- nouveau cockpit avec de nombreux EFIS.

La différence majeure entre toutes les versions de la Next Génération réside essentiellement dans la longueur du fuselage.

C'est, en 2004, l'avion de ligne le plus vendu au monde, avec un total de plus de 1 200 Boeing 737 de troisième génération vendus dans le monde entier, et plus de 4 300 au total.

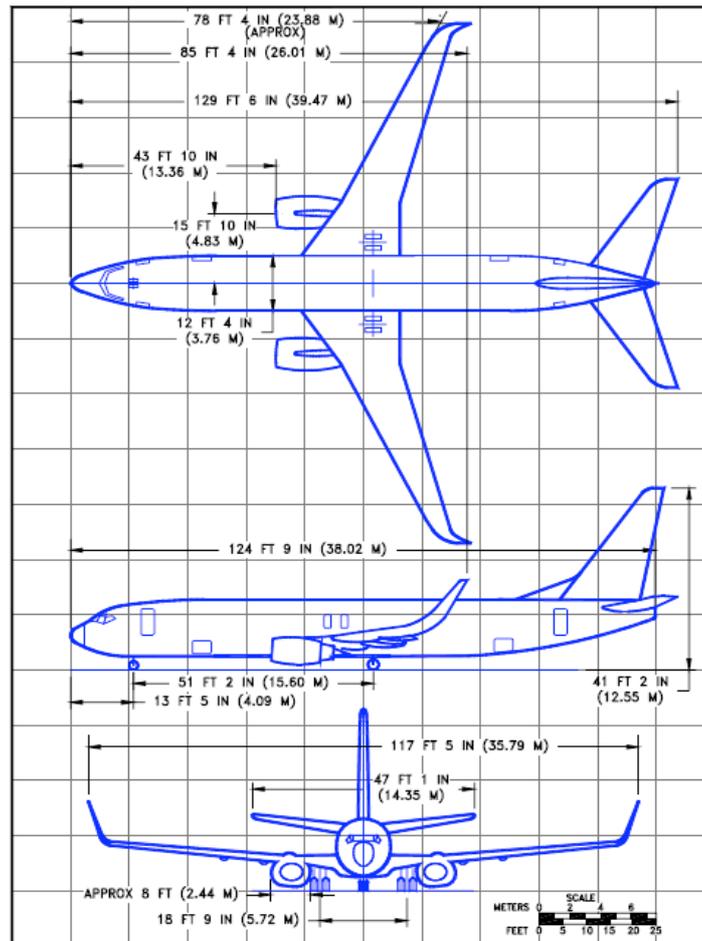
Pour notre étude nous allons dimensionner l'aéroport pour recevoir un 737-800 avec winglets. Son premier vol a été effectué le 31 juillet 1997.

b. Caractéristiques

Il possède un range de 3700 NM.

Dimensions :

L'Airport planning nous fournit les principales dimensions caractéristiques de notre avion :



Dimension du B737-800 (source : Airport planning B737)

Nous pouvons alors extraire les informations qui nous seront nécessaires dans le cadre de notre étude :

Longueur	39,47 m
Hauteur	12,55 m
Envergure	35,79 m

Tableau des dimensions (source : Airport planning B737)

Il s'agit de l'avion de classe C d'envergure la plus pénalisante.

Masses :

De la même manière que pour les dimensions, l'Airport Planning nous donne un tableau détaillé des différentes masses du 737-800. Nous prenons alors celles qui nous intéressent :

Masse de Base	41,413 t
Masse Maxi Sans Carburant	62,732 t
Masse Maxi de Structure au Décollage	79,016 t
Masse Maxi de Structure à l'Atterrissage	66,361 t
Charge Marchande Maximale	21,319 t

Tableau des masses (source : Airport planning B737)

c. Motorisation

Boeing propose 3 motorisations pour le B737-800 :

CFM56-7B24	24000 lbf
CFM56-7B26	26400 lbf
CFM56-7B27	27300 lbf



Moteur CFM56-7B26

Notre étude sera menée avec le CFM56-7B26.

Le Mach Maxi Opérationnel est de 0.80 à une altitude de croisière de 35 000 ft et avec une poussée de 5480 lbf.

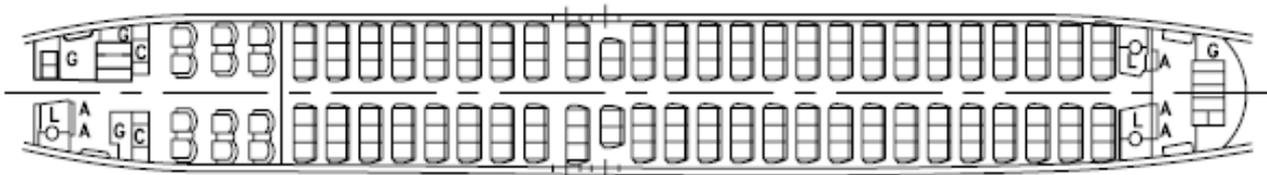
d. Aménagement à bord



Cockpit du B737-800

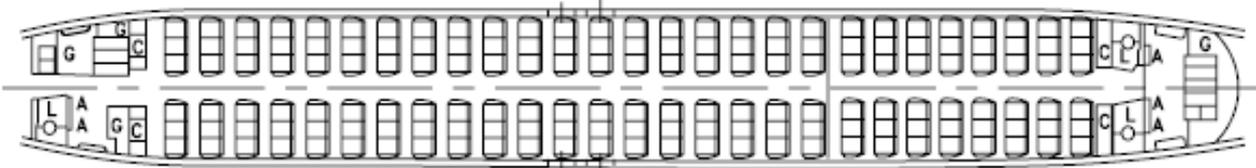
Le B737-800 dispose de trois aménagements à bord :

- Une première configuration mixte disposant de 160 sièges passagers (dont 12 de première classe) :



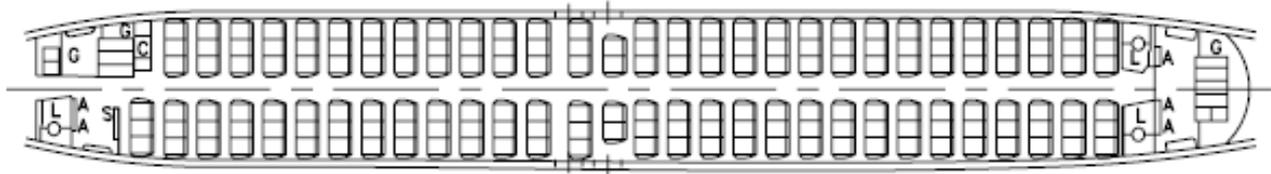
(Disposition des sièges passagers (source : Airport Planning B737))

- Une seconde configuration mixte disposant de 162 sièges passagers (dont 108 de business class)



(Disposition des sièges passagers (source : Airport Planning B737))

- Une configuration tout éco disposant de 175 ou de 184 sièges passagers (selon leurs tailles).



(Disposition des sièges passagers (source airport planning B737))

A	Sièges pour équipage
C	Rangements
G	Cuisinette
L	Toilettes

Légende pour l'aménagement intérieur (source : Airport Planning B737)

II. Diagnostics de l'infrastructure existante

1. Exploitation des infrastructures existantes

Il est nécessaire, avant d'effectuer des projets d'agrandissement, d'évaluer les possibilités d'accueil et d'exploitation du Boeing 737-800. Ainsi nous aurons une meilleure connaissance des travaux à réaliser et de ce que notre avion peut réaliser en l'état actuel des choses.

Il se trouve que la compagnie Ryanair exploite déjà des Boeing 737-800 sur cet aéroport, ce qui indique que l'exploitation est possible, mais n'est toutefois pas une garantie de respect de toutes les exigences réglementaires. De plus, l'avion n'est pas exploité au mieux de ces capacités.

a. Des aménagements récents :

Afin de permettre l'accueil de la compagnie Ryanair et de ces B737, l'aéroport a dû investir 9,1 M€, aidé de l'Etat et des Collectivités locales partenaires. Cela lui a permis de réaliser, sur une période d'un mois et demi marquée d'une interruption des vols de trois semaines, les travaux suivants :

- allongement de 1800 m à 2100 m
- élargissement de 30 m à 45 m
- renforcement de la piste actuelle
- extension du parking avions de 3600 m² supplémentaires
- création de 7 bassins de rétention d'eau de 55000 m³ au total
- travaux de voiries (chemins et accès communaux)
- agrandissement de la salle d'embarquement et de la salle d'arrivée bagages/passagers de 80 m² chacune
- l'agrandissement de la salle d'embarquement et de la salle d'arrivée bagages/passagers de 80 m² chacune, l'installation des moyens de contrôles douaniers et de police aux frontières et la mise en place d'un nouveau tapis bagages dans l'aérogare.

Ceci rend l'aéroport apte à accueillir des vols internationaux et donc exploitable par des compagnies, Low-cost notamment. Dans le cadre de notre étude, ces travaux essentiels sont une bonne base de développement.

b. Accueil du B737-800 sur la piste

L'aéroport de Béziers possède donc désormais une piste 10/28 classique (TODA=TORA=ASDA) avec pour distance déclarées :

TODA=2050m
ASDA=2050m
TORA=2000m
LDA =2000m

Cependant, cette déclaration découle d'un compromis entre les besoins de la compagnie Ryanair et les exigences du voisinage : les habitants ne voulaient pas d'une piste de plus de 2000m alors que 2050m étaient nécessaires pour l'exploitation. Les raquettes sont donc utilisées pour l'exploitation (comme CWY ou SWY de 50m) mais la piste déclarée mesure 2000m.

La largeur de la piste est de 45 m, ce qui permet d'accueillir les avions de code C (dont la longueur de référence est supérieure à 1800m).

La piste est du type : 47 F/C/X/T. Le détail est donné dans le tableau ci-dessous :

PISTE : 47 F/C/X/T	
PCN	47
Nature de la chaussée	F : Souple
Catégorie de résistance du sol support	C : faible (4<CBR<8 ; 25<Kc<60)
Limite de pression de gonflage des pneumatiques.	X : moyenne limite : 1,5Mpa
Base d'évaluation du PCN	T : technique

Si l'on souhaite exploiter le B737-800 à sa masse maximale au décollage qui est de 79,243 t, le tableau ci-dessous indique que l'ACN est de 50 et que la pression de gonflage des pneumatiques est de 1,41Mpa :

AIRCRAFT MODEL	ALL-UP MASS/ OPERATING MASS EMPTY LB (KG)	LOAD ON ONE MAIN GEAR LEG (%)	TIRE PRESSURE PSI (MPa)	ACN FOR RIGID PAVEMENT SUBGRADES – MN/m ³				ACN FOR FLEXIBLE PAVEMENT SUBGRADES – CBR			
				HIGH 150	MEDIUM 80	LOW 40	ULTRA LOW 20	HIGH 15	MEDIUM 10	LOW 6	ULTRA LOW 3
737-800	174,700 (79,242) 91,300 (41,413)	46.79	204 (1.41)	49 23	52 24	54 25	56 27	43 20	45 21	50 22	55 26

Si la pression de gonflage des pneumatiques est en dessous de la limite, ce n'est pas le cas de l'ACN (50) qui est supérieure au PCN (47). Le chapitre 8 (8-5-2) indique la méthode à utiliser en cas de dépassement du PCN.

Nous avons

$$PCN < ACN < 1,1 PCN \quad (47 < 50 < 51,7)$$

Or, la réglementation indique que, dans ce cas, l'avion peut être autorisé sous réserve que le nombre annuel n de mouvements réels en surcharge n'excède pas 5 % du total annuel des mouvements réels contenus dans le trafic de référence Nr.

N'ayant pas une connaissance exacte de ce trafic de référence, qui de plus est déjà en partie constitué de B737-800, nous ne pouvons en déduire dans quelle mesure on peut exploiter l'avion. Il est donc nécessaire d'effectuer des calculs complémentaires.

Le PCN étant affecté du code T (détermination technique), on procède en calculant la charge admissible P₀ :

$$P_0 = m + (M - m) * \frac{PCN - ACN_{min}}{ACN_{max} - ACN_{min}}$$

Dans laquelle :

- M est la masse maximale au roulage = 79,016t (p.12 de l'Airport Planning)
- m est la masse a vide en ordre d'exploitation = 41,413t
- $ACN_{min} = 23$.
- $ACN_{max} = 50$.

On a également besoin de la valeur de P', charge réelle prévue pondérée P' pour chaque aire concernée. Puisque l'on étudie la piste, on a $P' = 79,016t$.

Ce qui nous permet de connaître le nombre de mouvements équivalents :

$$10^{5 \cdot (P' / P_0 - 1)} = 1,9$$

On obtient 1,9 ce qui signifie qu'un mouvement de notre avion correspond à environ deux mouvements d'un avion non critique, en terme d'usure de la piste.

Sachant qu'une piste est dimensionnée pour supporter 10 mouvements critiques par jours pendant 10 ans, voyons dans quelle mesure nous pouvons exploiter un B737-800.

Etant donné qu'il n'y a pas de taxiway, une rotation correspond à 3 passages, ce qui équivaut à 2 passages à la masse maximale. Ce qui, d'après les calculs précédents, représente environ 4 passages. On est donc limité à 2 rotations par jour avec cet avion.

Il est plus intéressant de visualiser cela sur une échelle annuelle car l'avion est destiné à une utilisation plus forte en saison estivale, les fréquences varient au cours de l'année.

Imaginons que l'avion est amené à effectuer 2 rotations par jours de juin à septembre, 3 rotations par semaine le reste de l'année (ces hypothèses sont volontairement les plus contraignantes). Ce qui nous donne un total de 344 rotations, soit 688 mouvements à la masse maximum et donc 1308 mouvements équivalent. Nous sommes donc sous la limite pour laquelle la piste est dimensionnée, celle des 3650 vols par an.

Si de plus à l'avenir cela devient limitatif, l'installation d'un taxiway permettra de diviser par deux le nombre de mouvements équivalents et donc de doubler le nombre de rotations réalisables.

On peut donc conserver le PCN actuel de piste (= 47) à condition de respecter les fréquences limites.

c. Rayon d'action à partir de Béziers

Il s'agit ici d'évaluer les possibilités de vols avec les distances de pistes déclarées actuelles, afin de voir dans quelle mesure l'agrandissement est utile.

Les lignes déjà exploitées à partir de l'aéroport, notamment celles de Ryanair, donnent une bonne idée des possibilités, comme on peut le voir sur le schéma suivant :



Destinations au départ de Béziers (source : site de l'aéroport de Béziers)

Les villes de Londres et de Bristol son situées à environ 540Nm de Béziers.

Rappelons que les distances déclarées sont, quelques soit le QFU choisit:

TORA = LDA = 2000 m, ASDA = TODA = 2050 m.

De plus, la piste est à une altitude très proche du « sea-level » (56ft).

Etant donné la météo aux alentours de Béziers, les conditions d'exploitation sont, sauf exception qui pourrait nécessiter des limitations de masse : piste sèche, T(STD) ou T(STD+15°C) (voir partie Etude Opérationnelle).

Etudions les limitations en masse admissible au décollage en fonction de la distance disponible. Notons que, dans la configuration actuelle des pistes, il n'est pas nécessaire de retirer la distance d'alignement de l'avion car les seuils des pistes ne sont pas situés sur les raquettes.

Les graphiques présents dans l'Airport Planning (p.62 et 63) indiquent :

	Motorisation CFM56-7B26
Masse Max. à T(STD)	73,4545 t
Masse Max. à T(STD+15°C)	71,81 t

Nous étudions de même les distances nécessaires à l'atterrissage à masse maximale de structure à l'atterrissage (66,361t), nous obtenons à l'aide des graphiques p.91 à p.93 de l'Airport Planning le tableau suivant :

	FLAPS 15	FLAPS 30	FLAPS 40
Piste sèche :	1884m	1753	1635m
Piste mouillée :	2174m	2002m	1890m

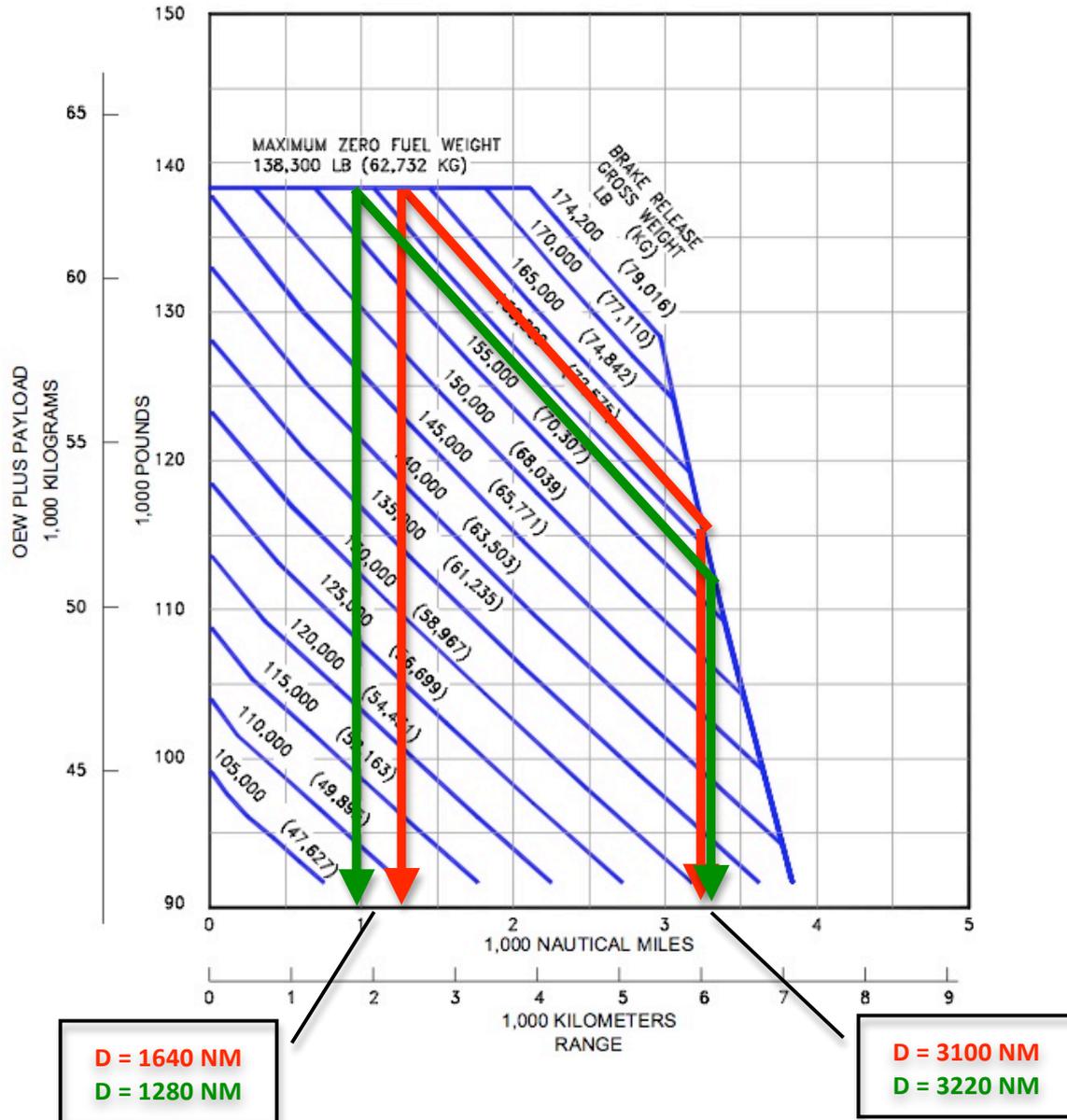
Si l'on se place en configuration FLAPS 40, on peut atterrir à la masse maximum dans toutes les conditions. Ce qui peut également se faire, quelle que soit la configuration d'atterrissage, si la piste est sèche.

La limitation vient du décollage puisque la masse maximale du B737-800 au décollage est de 79,016t, on ne peut utiliser la piste que sous contrainte de limitation de masse au décollage. Voyons dans quelle mesure cela restreint l'utilisation :

Réduction / masse max au décollage (en %)	
Masse Max à T(STD)	7,04%
Masse Max à T(STD+15°C)	9,12%

Ces valeurs ne dépassent pas 10%, elles restent donc intéressantes pour les compagnies.

Déterminons les rayons d'action à partir de Béziers à l'aide des diagrammes de Payload/Range en considérant les charges offertes maximales et minimales.



Courbe Payload/range pour le B737-800 avec winglets (source : Airport Planning)

On se rend donc compte qu'avec cette longueur de piste, nous avons :

- pour une masse max de 73,454 t, un rayon d'action appartenant à (1640 NM, 3100 NM).
- pour une masse max de 71,81 t, un rayon d'action appartenant à (1280 NM, 3220 NM).

d. Critique des infrastructures existantes :

A partir des photos fournies, nous pouvons dénoter un certain nombre de points non conformes. Cependant, nous avons remarqué que ces photos sont antérieures aux travaux de 2007, qui ont réglés un certain nombre de problèmes.

Listons les différentes critiques.

Marquage de seuil :



Sur cette photo on visualise l'ancienne piste, dont la largeur était de 30m, on devrait avoir 8 bandes, or il n'y en a que 6. Désormais, elle a été portée à 45m, il faut donc 12 bandes.

SWY sur la raquette :



Comme on peut le constater, les raquettes sont utilisées comme STOPWAY (SWY), or un SWY doit répondre à la définition suivante :

« On appelle prolongement d'arrêt une partie de terrain coaxiale à la piste, adjacente à l'une de ses extrémités, de même largeur que celle de la piste et aménagée de façon à permettre à un aéronef roulant au sol et venant à dépasser occasionnellement l'extrémité de la piste en fin d'une manœuvre de décollage interrompue, dite d'accélération arrêt, de pouvoir le faire sans subir de dommages ».

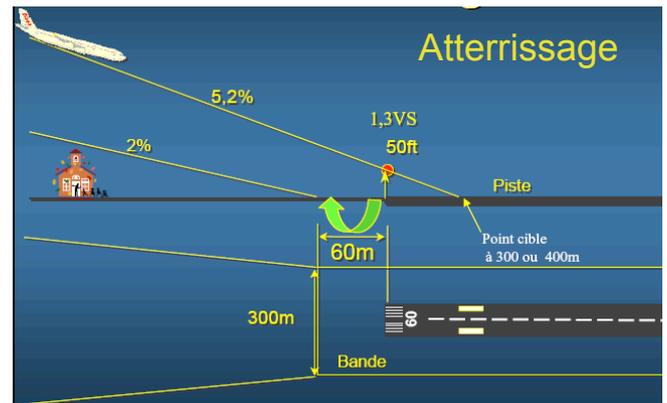
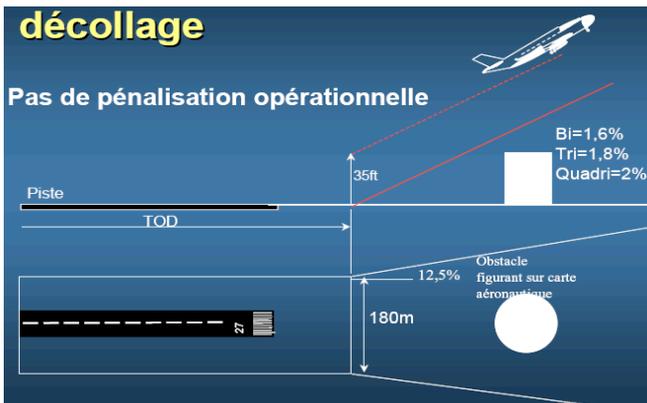
Ainsi, une raquette fait l'objet d'une utilisation régulière et ne peut servir de SWY.

Obstacles :

- ◆ La forêt des Acacias.

Il s'agit d'une zone protégée possédant des arbres très hauts située à 750 m de l'extrémité de piste. Il faut donc y faire attention lors de l'exploitation de l'aéroport, et notamment lors du décollage piste 10 et de l'atterrissage piste 28. Ce bois s'étend sur 250 m et possède des arbres culminant jusqu'à 13,5 m.

Réglementairement, il faut respecter une pente de survol des obstacles égale à 1,6% lors du décollage pour un biréacteur (ou 2% pour l'atterrissage en déplaçant le seuil de 60 m) :



A l'aide de la *carte d'obstacles d'aérodrome*, nous pouvons calculer les pentes que nous permettent de faire chacun des obstacles les plus contraignants :



Carte d'obstacles d'aérodrome (source : STAC)

Obstacle n°6

Il est situé à 780 m du seuil de piste et a une hauteur de 13,5 m par rapport à la hauteur de la piste (= 12,5 m).

Calcul de la pente de montée :

$$\frac{100 \cdot 13,5}{780} = 1,73\%$$

Calcul de la pente de descente :

$$\frac{100 \cdot 13,5}{780 - 60} = 1,8\%$$

Ainsi, une pente de 1,73% est nécessaire afin de franchir cet obstacle lors du décollage. A l'atterrissage, nous passons l'obstacle avec une pente de 1,8%, ce qui est donc conforme à la réglementation. Par contre au décollage, il faut une pente réglementaire de 1,6% pour un bimoteur. Celle-ci n'est pas atteinte dans la situation actuelle ; il faudrait alors élaguer cet arbre de 1,1 m.

Obstacle n°2

Il est situé à 515 m du seuil de piste et a une hauteur de 8,5 m par rapport à la piste.

Calcul de la pente de montée :

$$\frac{100.8,5}{515} = 1,65\%$$

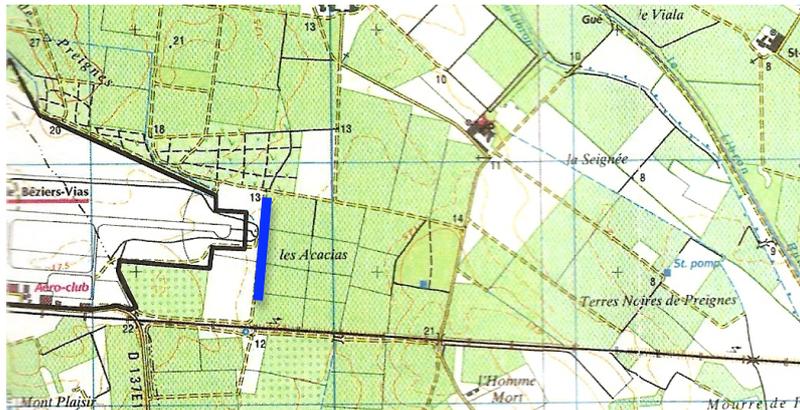
Calcul de la pente de descente :

$$\frac{100.8,5}{515 - 60} = 1,87\%$$

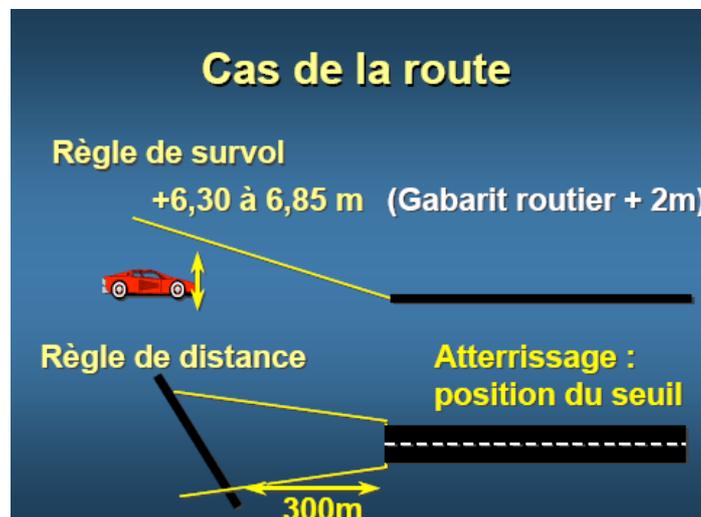
Cet obstacle est moins limitatif que le précédent au décollage et ne contraint pas l'atterrissage. Ainsi, il faudrait l'élaguer de 0,3 m afin de permettre le décollage avec une pente de 1,6%.

◆ Le chemin agricole

Il s'agit d'un chemin permettant aux agriculteurs d'accéder à leur parcelle de terrain. Il se situe directement aux limites de démarcation de l'aéroport, soit à 130 m du seuil Est de la piste (représenté en bleu sur le schéma suivant) :



Nous savons par ailleurs qu'il existe réglementairement des distances de survols de ces routes à respecter lors de l'atterrissage et du décollage.



Ainsi, comme le montre cette illustration, il faut réglementairement une distance de 300 m séparant le seuil de piste de la route. Notre aéroport ne remplit donc pas la règle de distance.

Par ailleurs, on peut supposer que cette route est fréquentée par des tracteurs (pour l'accès aux champs), de gabarit d'environ 4,40 m. Par ailleurs, ce tracteur va créer un flux d'air au dessus de lui, un tiroir d'air, qui risque de perturber l'avion. Ainsi, il faut prendre une marge de 2 m sur ce gabarit. La route est donc considérée comme un obstacle de 6,40 m de hauteur.

Calculons alors la pente de survol dans ce cas :

$$\frac{100.6,4}{130} = 4,92\%$$

Ainsi, cette règle de survol n'est pas non plus respectée.

Cependant, dans la mesure où la carte qui nous est fournie ne prend pas en compte les travaux de 2007, ce chemin ne devrait déjà plus exister, ce qui rend donc notre aéroport conforme concernant ses études. On rencontre la même situation avec une route de campagne à l'ouest de notre piste, que l'on trouve sur nos cartes au 1/25 000^e et 1/10 000^e mais qui n'existe plus.

Balisage :



Le balisage est caché par la végétation, il faut mettre en place un meilleur entretien et faire en sorte de rendre le balisage plus visible.

Impact de foudre et usure de la piste :



Les photos montrent une usure de la piste sur certaines zones, notamment au bord et près de la raquette due à des impacts de foudre. Cependant, ces problèmes sont localisés et ne justifient pas de refaire une partie de la piste.

e. Documentation contradictoire :

Avant d'aller plus en avant dans la réalisation de notre allongement de piste, il est nécessaire de remarquer que certains documents du dossier présentent la piste dans sa version avant les travaux de 2007, lorsqu'elle mesurait 1800 m de long et 30 m de large. Or notre étude intervient après ces travaux et se base donc sur la piste de 2000 m (2100 m d'un bout de raquette à l'autre) et de largeur 45m. Seule la carte d'aérodrome présente la bonne longueur de piste (mais l'ancienne largeur) ainsi que la carte d'obstacle d'aérodrome.

Illustrons ceci à l'aide de l'exemple de la carte intitulé « Aérodrome Béziers – Vias » (ce qui est l'ancien nom de l'aéroport) à l'échelle 1/25 000 :



Il a donc fallu corriger ces problèmes afin de partir sur de bonnes bases. En comparant les différentes cartes du dossier, nos mesures indiquent que les travaux de 2007 ont consisté à agrandir la piste de 250 m du côté du seuil 28 (Est) et de 50 m du côté du seuil 10 (Ouest), afin de porter la distance de la piste à 2100 m (du bout de la raquette seuil 10 jusqu'au bout de la raquette seuil 28). Nous avons donc entamé notre étude par la réactualisation des cartes.

2. Etude de marché

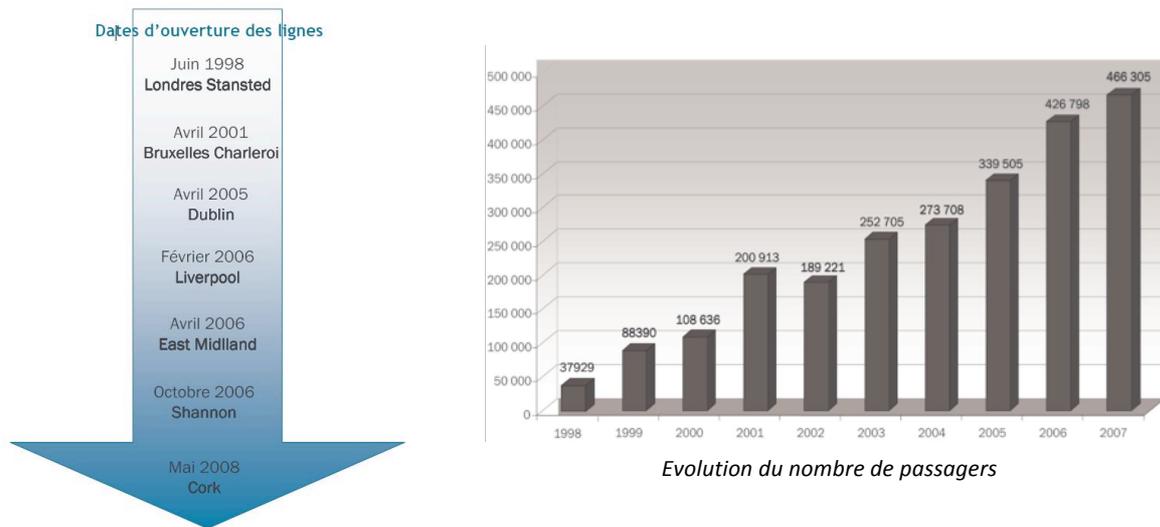
Lancé à la conquête d'un nouveau marché, celui des Low-cost, avec ses récents travaux, l'aéroport de Béziers a des capacités de développement intéressantes. En effet, il est situé dans une région dynamique et touristique (à proximité de Montpellier, Toulouse, ...), longé par une ligne SNCF qui pourrait peut-être à terme le desservir et peu contraint par l'urbanisation alentours. Cependant, avant de créer une nouvelle ligne et d'utiliser cet aéroport, une compagnie se doit d'estimer si cela va lui être profitable. Nous allons essayer d'évaluer l'avenir possible de « Béziers - Cap-d'Agde en Languedoc » en vue de la conjoncture actuelle.

a. Le Low-Cost : un facteur de développement

Facteur de développement inéluctable, les compagnies Low-cost représentent une dynamique forte pour le transport aérien et sont devenues un atout indispensable des plates-formes aéroportuaires.

Pour donner une idée de leur impact, nous prendrons l'exemple de l'aéroport « Carcassonne en Pays Cathare ». Cet aéroport a subi une forte évolution depuis l'accueil de Ryanair, évolution que l'on peut s'attendre à retrouver sur l'aéroport voisin de Béziers.

Pour visualiser la croissance de cet aéroport, mettons en parallèle les ouvertures de lignes de Ryanair et l'évolution du nombre de passagers transportés par année :



La progression est flagrante, illustrons la par les chiffres de 2007 : 466305 passagers sur la période, soit une progression du trafic passager de 9,3% par rapport à 2006, pour un taux de remplissage moyen de 78,67%.

Les chiffres économiques permettent de mesurer l'ampleur de l'impact puisque l'on constate un impact économique global de 507M€ (Impact économique direct = 11,2 M€, Impact économique indirect 199 M€).

On constate donc l'apport bénéfique que constitue l'accueil d'une compagnie Low-cost sur une plateforme similaire à celle de Béziers.

Selon Jean-Michel Duplaa, conseiller général de Béziers 4, les avantages du trafic Low-cost sur un aéroport comme Béziers – Cap d'Agde qui ont amenés le département à soutenir le projet sont :

- L'achat des billets sur Internet à des tarifs très bons marchés.
- Le taux de rotation très rapide. "Ici on descend de l'avion, et dans les 5 min qui suivent, on est dans sa voiture, prêt à partir."

b. Les travaux de 2007, la réussite de 2008

Au départ, une inquiétude : celle de voir l'aéroport de Béziers-Cap d'Agde disparaître, faute de rentabilité. D'où l'idée de la CCI (Chambre de Commerce et d'Industrie) Béziers Saint-Pons, il y a deux ans, d'entreprendre des travaux d'un montant de 9,1 M€ afin d'être en mesure d'accueillir les avions de compagnies Low-cost, dont on a constaté l'apport bénéfique. En effet, pour recevoir des vols internationaux, il fallait une piste plus longue et il était nécessaire d'aménager la salle d'embarquement, le tapis de bagages, etc.

Comme nous l'avons déjà vu lors de la présentation de l'aéroport, suite à ces travaux, l'aéroport dispose d'un statut international à trafic commercial régulier.

Ce statut lui a permis d'accueillir la compagnie Ryanair, à la plus grande satisfaction du Président de la CCI de Béziers Daniel Galy, qui indique que :

« L'aéroport et ses partenaires sont très satisfaits du lancement des lignes internationales et tout particulièrement des performances de la compagnie Ryanair qui permettent à l'aéroport d'enregistrer une bonne croissance de son trafic ».

Satisfaction bien fondée puisque avec le lancement des deux premières liaisons internationales de Ryanair sur Bristol le 30 mars et sur Londres le 19 juillet, l'aéroport de Béziers Cap d'Agde en Languedoc a transporté plus de 35 000 passagers anglais sur la saison Été 2008 (avril à octobre) et 50 000 sur l'année. Grâce à ces résultats, le trafic de la plate-forme a ainsi augmenté de près de 120% sur l'année, passant de 32000 en 2007 (lignes Paris et Bastia uniquement) à près de 80 000 en 2008.

Ainsi, les lignes sur Londres (78% de coefficient de remplissage sur l'été) et sur Bristol (75 % sur la même période) se sont très bien comportées pour leur première saison d'exploitation. Ryanair y a vu des signes encourageants ainsi qu'un vrai potentiel en maintenant ces deux liaisons vers la Grande-Bretagne toute l'année.

Il faut enfin souligner les bons résultats enregistrés par la liaison Airborne/Cimber Air sur le Danemark qui a obtenu 88% de remplissage, transportant près de 2000 passagers à raison d'un seul vol par semaine de fin mai à mi-octobre 2008.

c. Projets et prévisions

Les perspectives sont également très positives pour la prochaine saison Été 2009 puisque Ryanair a d'ores et déjà ouvert à la vente 3 lignes vers : Bristol, Londres Luton (lancée le 27 octobre dernier) mais également Londres-Stansted, qui est relancée à raison de 3 vols par semaine. Ceci porte déjà à 8 le nombre de rotations hebdomadaires opérées par Ryanair dès fin mars 2009.

De plus, forte de ces résultats, la compagnie Airborne/Cimber Air souhaite lancer une 2ème fréquence par semaine le dimanche et étendre la période des vols de début mai à fin octobre.

Pour Daniel Galy, « les perspectives de l'été 2009 reflètent parfaitement notre volonté de faire de Béziers Cap d'Agde un aéroport Low-cost, avec une place centrale pour la compagnie Ryanair dans le développement projeté pour les prochaines années. »

Les prévisions de trafic de l'aéroport s'établissent ainsi à 120 000 passagers en 2009 (hors ligne sur Paris) et à 250 000 en 2012, pour des retombées économiques de plus de 100 millions d'euros par an pour les professionnels.

L'aéroport poursuit par ailleurs sa prospection à l'échelle européenne en vue d'accueillir d'autres opérateurs Low-cost mais le contexte de crise économique a rendu les discussions plus difficiles au cours des derniers mois. L'accueil d'une 2ème compagnie Low-cost reste toutefois un objectif majeur à moyen terme.

Ce qui permettrait peut-être d'attendre les chiffres annoncés par deux études réalisées par des Cabinets spécialisés AD Little et AID et qui attribuent à Béziers un potentiel de trafic estimé à 350 000 passagers dans l'hypothèse d'une exploitation de six nouvelles dessertes à l'échelle européenne. Cette hypothèse prévoit que les six dessertes soient localisées dans le nord de l'Europe et issues des principaux bassins d'origine des touristes imports du biterrois : Angleterre (Londres, Manchester/Liverpool), Allemagne (Stuttgart, Munich, Frankfort, Hambourg), Hollande (Amsterdam, Rotterdam).

Les retombées économiques pourraient générer sur l'économie locale un impact estimé à 300 millions d'euros et à la création de près de 2000 emplois directs et indirects.

d. Des partenaires dynamiques :

Dans sa course au développement, l'aéroport de Béziers bénéficie du fort soutien de ses partenaires et notamment de sa région. Ces derniers ont déjà témoigné de ce soutien lors des récents travaux puisqu'ils y ont participé à la hauteur de plus de 50%. Le tour de table de ces aménagements permet de prendre connaissance de ces partenaires et de leur importance. Le montant de 9,1 M€ a été financé de la manière suivante :

- CCI Béziers : 4,25 ME
- Etat : 1,25 ME
- Conseil général de l'Hérault : 1,365 ME
- Communauté d'agglomération Béziers Méditerranée : 1,12 ME
- Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée : 0,9 ME
- Communauté de Communes La Domitienne : 0,23 ME.

La Région se veut le chef de file de la politique aéroportuaire du Languedoc-Roussillon.

Ayant constaté que le transport aérien en Languedoc-Roussillon se caractérise par une forte dispersion, puisque cinq sites de taille moyenne se répartissent sur le territoire : Montpellier, Béziers, Nîmes, Carcassonne et Perpignan, la région veut créer une stratégie aéroportuaire globale sur l'ensemble du Languedoc-Roussillon. En 2007, le trafic aérien régional a, par ailleurs, enregistré une diminution d'un peu moins de 2,2 %. Il subit de plein fouet la concurrence des plates-formes voisines comme Toulouse (6 162 228), Marseille (6 115 943) ou Lyon (6 752 333) et peinent à rivaliser avec eux. En favorisant la synergie entre les différents sites, la Région donne ainsi au Languedoc-Roussillon les moyens de concurrencer les métropoles qui l'entourent.

Cette volonté apparaît également dans le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire (SRADT), rédigé par la Chambre Régionale de Commerce et d'Industrie Languedoc-Roussillon. Il apparaît dans les « Objectifs Sud de France 2030 » le souhait de « développer les services aériens en définissant une stratégie aéroportuaire régionale permettant d'améliorer qualitativement et quantitativement l'offre ».

e. Des destinations touristiques prometteuses

On a pu quantifier l'intérêt de la toute récente plateforme Low-cost européenne qu'est Béziers – Cap d'Agde. Avant de se lancer dans la prochaine étape de son développement, il faut étudier les marchés qu'il reste à conquérir. Le tourisme étant clairement la clef de voute de ce développement, nous souhaitons nous intéresser à des vols saisonniers de type charter à destination de l'Afrique.

Les destinations charters dépendent du besoin de l'affrèteur. Cependant, durant la saison estivale, les principales lignes charters au départ de France sont : la Tunisie, le Maroc, l'Espagne (Baléares, Canaries, Malaga), la Croatie, la Grèce, la Turquie, l'Egypte et de manière générale les grandes destinations touristiques du pourtour méditerranéen. Ces dernières années ont vu apparaître l'émergence de destinations long-courrier comme la République Dominicaine, Cuba, le Kenya et le Sénégal.

Prenons l'exemple de Dubaï qui est pour beaucoup une destination d'avenir en plein boom touristique grâce aux nombreux projets réalisés ces dernières années : de nombreux hôtels de luxe et ultramodernes en ville et sur la plage, un terminal pour les bateaux de croisière, etc. En 2007, 70 millions de passagers ont atterri à Dubaï, dont environ 5 millions de français. De nombreux Tour Operator se sont positionnés sur ce marché, comme Sierra Mar, Kuoni, Hotelplan, Imholz et les tours opérateurs spécialistes comme Stohler Tours, Holiday Maker, etc.

Pour s'intégrer dans ce marché et accueillir une compagnie charter, l'aéroport de Béziers doit faire l'objet d'une étude d'élongation de piste, la situation actuelle ne permettant pas d'attendre des destinations comme Dubaï, qui est à 2700 NM.

III. Etude opérationnelle

1. Détermination du QFU préférentiel

Afin de déterminer le QFU préférentiel d'un aérodrome, il faut prendre en compte son environnement topographique. Nous allons donc étudier les différents dangers à la navigation aérienne se trouvant au voisinage de cet aéroport ainsi que l'urbanisation de ses alentours.

a. Météo

Un avion doit atterrir et décoller en ayant un vent de face afin d'optimiser ses performances aérodynamiques. Le vent est donc un facteur primordial dans le choix de l'orientation d'une piste sur un aéroport. Il nous faut alors étudier de manière minutieuse l'orientation des vents dominants afin de déterminer le QFU préférentiel de la piste. La station météorologique la plus proche de Béziers est celle de Montpellier, nous considérerons ainsi que ces deux villes sont affectées par les mêmes conditions météorologiques.

Voici donc un relevé météorologique de cette station nous montrant une moyenne au cours des années 1961 à 1990 des pourcentages des vents pour une direction et une vitesse données.

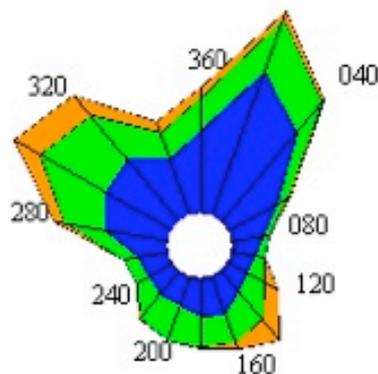


Tableau récapitulatif (en %)

dir	2-4	5-8	>8	total
020	7.81	2.88	0.45	11.15
040	5.95	1.99	0.12	8.06
060	2.92	0.67	0.00	3.59
080	1.49	0.43	0.00	1.93
100	1.23	0.37	0.05	1.66
120	1.07	1.06	0.80	2.95
140	1.43	1.83	1.42	4.68
160	2.08	1.45	0.44	3.98
180	1.94	1.51	0.09	3.55
200	1.53	1.88	0.03	3.45
220	1.57	1.56	0.05	3.20
240	1.43	0.69	0.01	2.14
260	1.59	0.72	0.07	2.39
280	3.19	2.23	0.40	5.83
300	3.91	3.88	1.50	9.30
320	4.20	2.87	1.35	8.44
340	3.07	1.43	0.62	5.13
360	4.24	1.72	0.54	6.50
total	50.73	29.26	8.02	88.03

Fréquence des vents < 2 m/s = 12%

Sur cette rose des vents, on se rend compte que les vents dominants arrivent de la direction 20° avec une force de 11,15 m/s (Soit 21,66 kts) ainsi que du 300° avec une force de 9,30 m/s (Soit 18 kts).

Force du vent	Direction	Fréquence
2-4 m/s	020 °	50,73 %
5-8 m/s	300 °	29,26 %
> 8 m/s	300 °	8,02 %

De plus, les vents en direction 020° ont une plus grosse fréquence, à hauteur de 50,73%. Il aurait ainsi été judicieux de placer la piste avec une orientation 20.

Seulement, la piste de Béziers est orientée à 100° et 280°. Ainsi, on peut dire que de n'importe quel côté que soit le QFU préférentiel, il y aura toujours le risque d'un vent de travers. Seulement, comme la force de ces vents reste relativement faible, il n'est pas nécessaire d'entreprendre des travaux de remplacement de piste, dans la mesure où ceci ne représente pas de risque majeur lors de l'atterrissage où du décollage et que les coûts engendrés sont conséquents.

On peut donc dire qu'en tenant compte des contraintes météorologiques, il n'y a pas de QFU préférentiel sur cette piste.

b. Les obstacles : la forêt des Acacias

Comme nous l'avons déjà évoqué dans la partie précédente lors du diagnostic de non-conformité de l'aérodrome, cette forêt protégée constitue une réelle menace pour les aéronefs à l'atterrissage et au décollage. En effet, en calculant les pentes de franchissements de ces obstacles, nous avons obtenu une pente de 1,73% permettant de franchir le point culminant de cette forêt. Cette pente n'est pas réglementaire (il aurait fallu une pente de 1,6%) dans le cadre du décollage d'un avion au QFU 10.

Cette forêt limite donc les bimoteurs en QFU 10 en enlevant 64 m de piste lors du décollage.

c. Le bruit provoqué

A 2,3 km de l'aéroport se trouve la commune du Cers. Ce village, et plus particulièrement le quartier de Port Soleil se trouve directement dans l'axe de piste de l'aéroport, et est ainsi touchée par les nuisances sonores dues au passage d'avions décollant et atterrissant. Ainsi, afin de réduire les nuisances sonores, on pourrait favoriser le décollage en piste 10 ainsi que l'atterrissage piste 28.

d. Pente de la piste

Nous pouvons calculer la pente de la piste à l'aide de la carte d'obstacle d'aérodrome. On se rend compte que la piste passe de 15,9 ft d'altitude à 12,5 ft pour l'autre extrémité, séparant ainsi de 2000 m les deux seuils de piste. Cela nous fait donc une pente de :

$$(15,9 - 12,5)/2000 = 0,0017$$

Soit une pente de **1,7 %**.

A la vue de sa faible valeur, elle ne sera pas un facteur déterminant dans le choix du QFU préférentiel de la piste.

e. Conclusion

Le phénomène le plus contraignant dans la détermination d'un QFU préférentiel est le vent. Or, on s'est aperçu qu'il n'y avait pas réellement de préférence à ce niveau. De plus, on se rend compte que l'atterrissage au QFU 28 et le décollage QFU 10 s'avèrent difficile du point de vue des obstacles.

Aussi, le décollage piste 28 ne serait pas un bon point pour le bruit occasionné sur la ville de Cers.

Ainsi, il n'y a pas réellement de QFU préférentiel sur cette piste dans la mesure où il existe des points de non conformité obligeant des seuils décalés des deux côtés.

Il faut cependant garder à l'esprit que ces obstacles ne sont pas irrémédiables et que la menace qu'ils génèrent pourra par la suite être réduite.

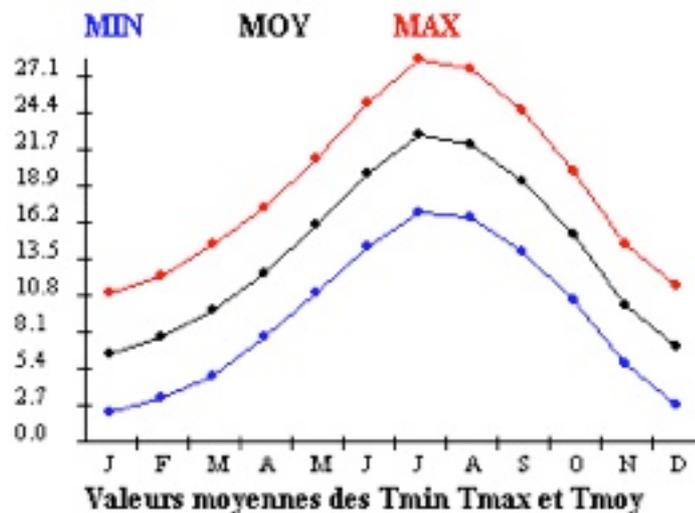
Par ailleurs, nous savons que cette piste est d'ores et déjà dotée d'un ILS pour permettre une approche de précision de catégorie I. au QFU 10.

Ainsi, nous pouvons dire qu'il sera préférable d'utiliser cette piste comme le QFU préférentiel.

Le QFU préférentiel de notre piste est donc le **QFU 10**.

2. [Choix de la température](#)

D'après les données météorologiques prises toujours du centre MET de Montpellier, nous avons un relevé des températures nous permettant de voir la valeur des températures moyennes au cours de la période 1961-1990.



D'après ces graphes, on se rend compte que la valeur moyenne des températures n'excède pas 28,4°. Les minima nous importent peu puisqu'une faible température n'est pas contraignante en terme de distance de décollage ou d'atterrissage.

Par ailleurs, l'airport planning ne nous propose que des abaques pour les températures standard (STD) et standard + 15° (STD+15°). Ainsi, dans le cas de notre étude opérationnelle, nous prendrons **T = STD + 15°** ; on sera alors sûrs de couvrir les cas les plus défavorables.

3. Détermination de la longueur de piste nécessaire

Afin de déterminer la longueur de piste dont nous avons besoin, il nous faut tout d'abord connaître la masse de l'avion au décollage, et donc la distance parcourue.

Dans la mesure où il résulte de l'étude de marché que notre objectif est de permettre l'ouverture d'une ligne charter de Béziers, nous allons ainsi rechercher les destinations susceptibles d'intéresser Ryanair ou d'autres compagnies Low-cost et/ou charter.

Pour connaître le rayon d'action sur lequel on pourra choisir nos destinations, nous avons tout d'abord fixé certains paramètres pour nos vols.

En effet, dans la mesure où nous nous destinons aux vols charters, nous avons choisi une configuration avion « tout économique » où il n'y a pas de première classe (c'est en général le cas pour des vols Charter).

Ainsi nous choisissons une configuration simple, possédant 175 sièges.

On peut maintenant déterminer la charge marchande. Le tableau suivant nous donne le poids à compter par passagers (prenant en compte les bagages à main) ainsi que le poids des bagages, dans le cadre d'un vol charter :

Sièges passagers	20 et plus		30 et plus Tous Adultes
	Homme	Femme	
Tous vols sauf charter vacances	88 kg	70 kg	84 kg
Charters vacances	83 kg	69 kg	76 kg

Masses forfaitaires passagers.

Type de vol	Par bagage
Domestique	11 kg
Dans les limites de la région européenne	13 kg
Intercontinental	15 kg
Tout autre	13 kg

Masses des bagages enregistrés

Nous prenons donc 76 kg pour le poids des passagers ainsi que 15 kg de bagages en soute, car les vols prévus sortent de l'Europe. Cela nous fait 91 kg par passagers.

D'autre part, nous avons choisi de ne pas embarquer de fret dans la mesure où les vols sont destinés en majorité pour des vols vacances ; transporter du fret s'avère donc inutile.

Nous totalisons donc comme charge marchande :

$$C/M = 175 * 91 = 15\,925 \text{ kg}$$

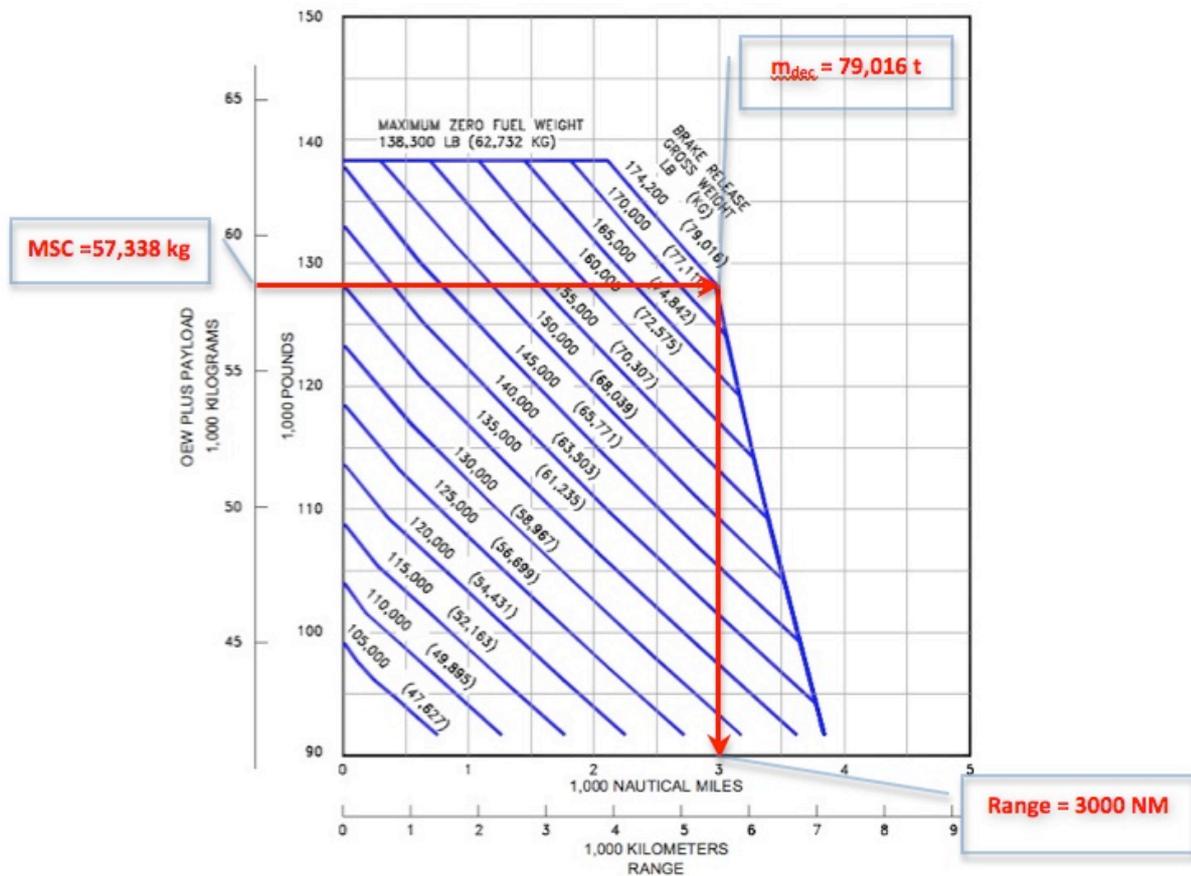
Connaissant cette charge marchande ainsi que la masse à vide, nous pouvons maintenant déterminer la masse sans carburant:

$$m_{\text{à vide}} = 41,413 \text{ t}$$

$$\rightarrow MSC = 41,413 + 15,925 = 57,338 \text{ t}$$

Notre but est donc de décoller avec une charge marchande de 15,925 t.

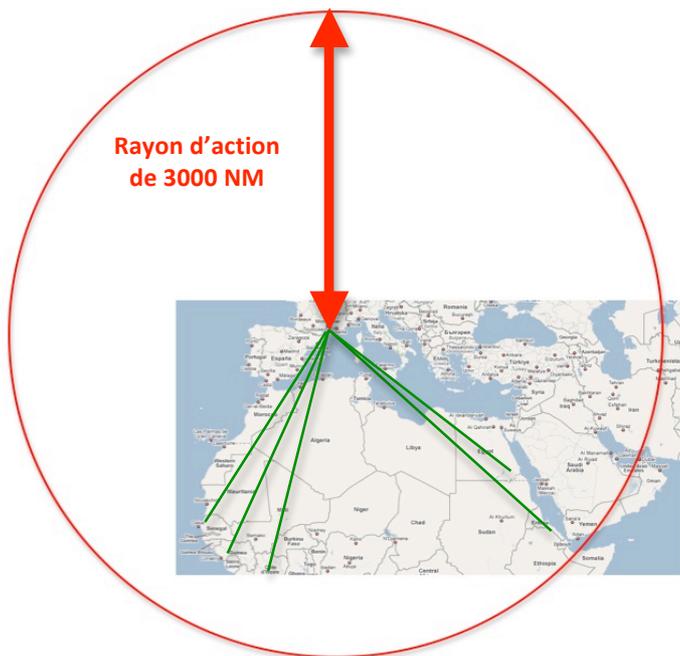
Afin de déterminer les destinations accessibles, nous pouvons utiliser le diagramme Payload/Range de l'avion disponible dans l'Airport Planning afin de voir les distances que l'on peut franchir à la masse maximale de décollage (MTOW : Maxi Take Off Weight). Pour pouvoir effectuer les vols dans toutes les conditions météorologiques, nous nous placerons dorénavant en conditions STD+15° sur une piste mouillée. Ce choix nous permettra également, lorsque les conditions sont bonnes (→ Piste sèche) d'emporter un peu de cargo supplémentaire.



Courbe Payload/Range (STD+15°, Piste mouillée)

Ainsi, pour pouvoir atteindre à masse maximale au décollage (= 79,016 t) avec une telle masse sans carburant, on obtient une distance franchissable de 3000 NM.

On peut donc tracer un rayon d'action partant de Béziers et s'étendant vers le sud (pour des destinations vacances) :

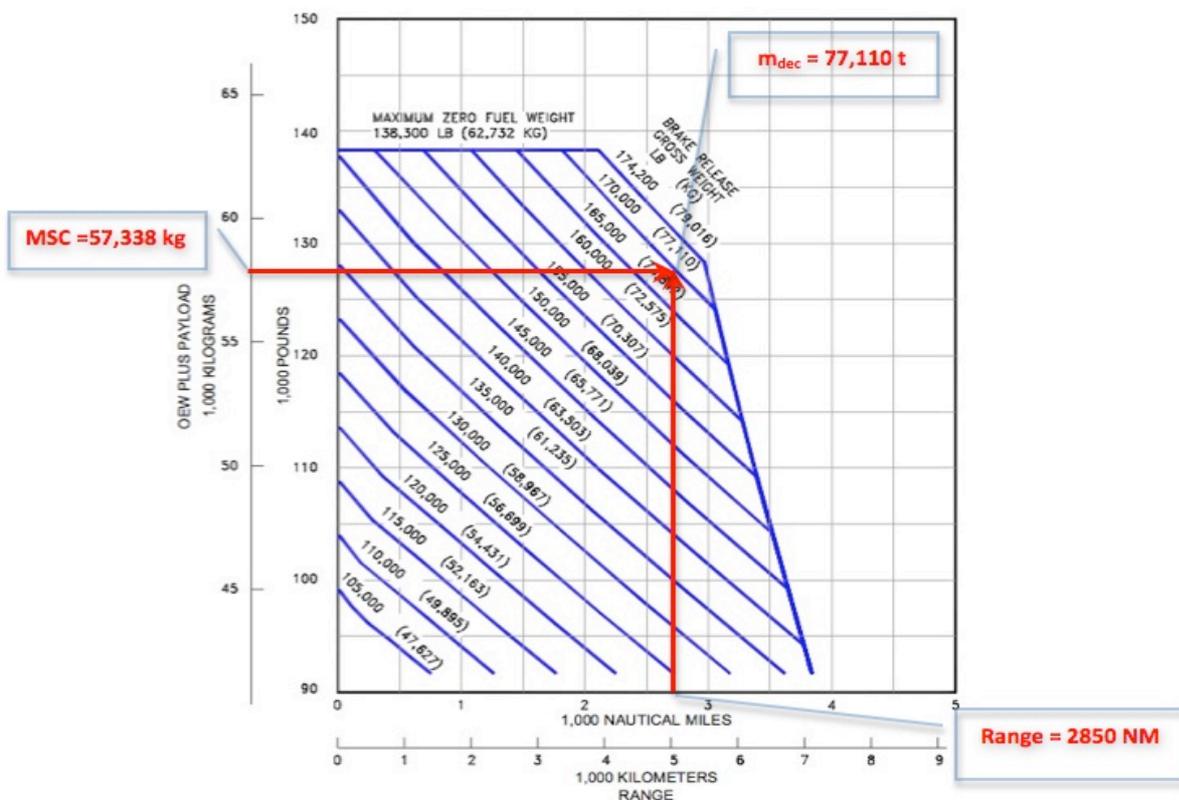


Destinations	Distance par rapport à Béziers
Canaries	1300 Nm
Louxor	1800 Nm
Bagdad	2015 Nm
Dakar	2025 Nm
Conakry	2220 Nm
Abidjan	2325 Nm
Dubaï	2850 Nm
Djibouti	2900 Nm
Kinshasa	2950 Nm

Tableau des destinations les plus lointaines

Parmi ces destinations accessibles, nous avons alors choisi de dimensionner notre piste pour un vol allant à Dubaï (Cet aéroport pouvant accueillir le 737-800). Nous prendrons donc comme distance franchissable **2850 NM**. Ce qui nous permet bien entendu d'atteindre des destinations plus proches.

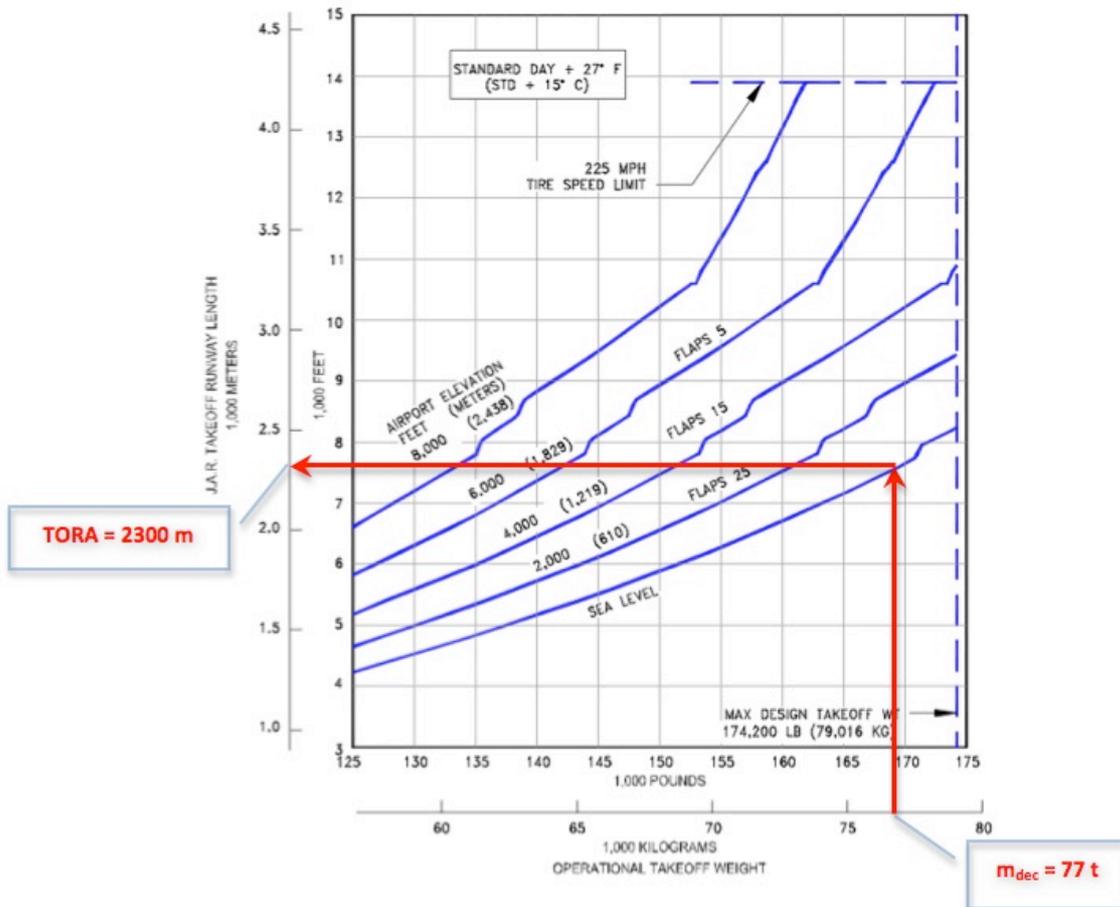
On peut ainsi tracer le diagramme Payload/range associée à cette distance afin de déterminer la masse au décollage :



Payload/Range (STD+15°, Piste mouillée)

Dans le cas le plus pénalisant, nous obtenons une masse au décollage de 77 tonnes.

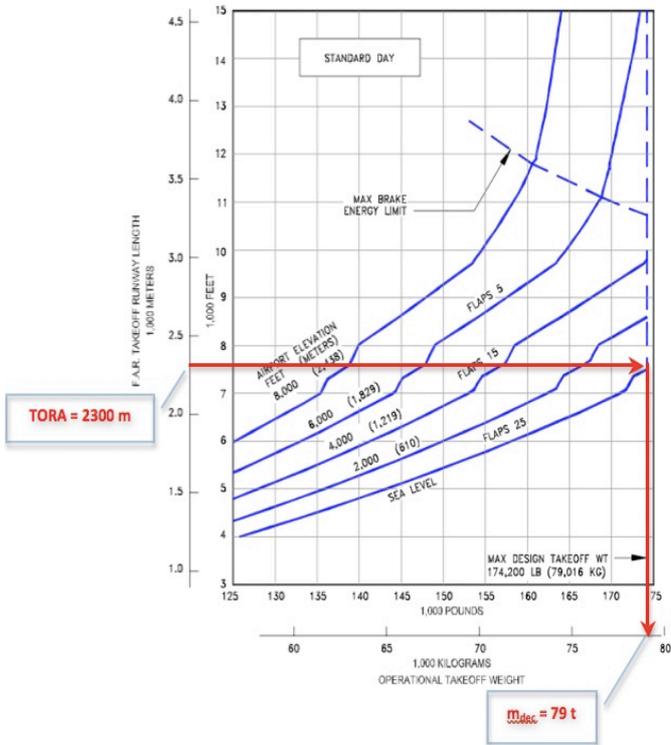
On peut alors en déduire la longueur de piste nécessaire pour qu'un avion puisse décoller à cette masse à l'aide du diagramme suivant, encore fourni par l'Airport planning :



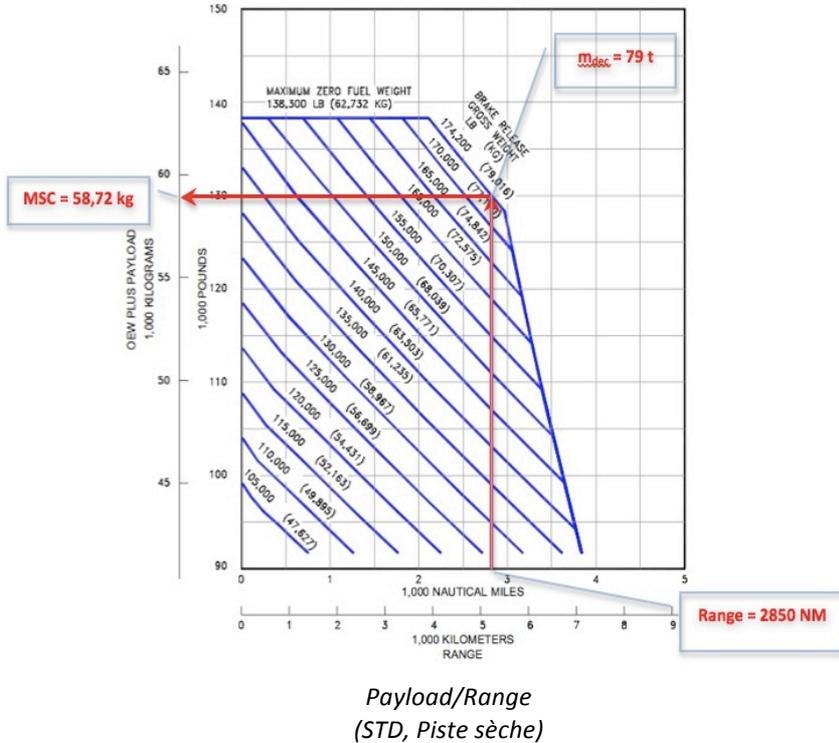
Longueur de piste en fonction de m_{dec} (STD+15°, Piste mouillée)

Cela correspond donc à une longueur de piste de **2300 m**.

Cette longueur correspond au cas le plus défavorable, c'est-à-dire sur piste mouillée à une température STD+15°. Calculons maintenant cela dans le cas le moins défavorable, sur piste sèche à T= STD :



Longueur de piste en fonction de m_{dec}
(STD, Piste sèche)



Ainsi, dans des conditions météorologiques favorables, cette TORA nous permettra de décoller à la masse maxi de décollage : 79,016 t. La compagnie pourra alors transporter 1,39 t de fret.

Bilan de l'étude opérationnelle :

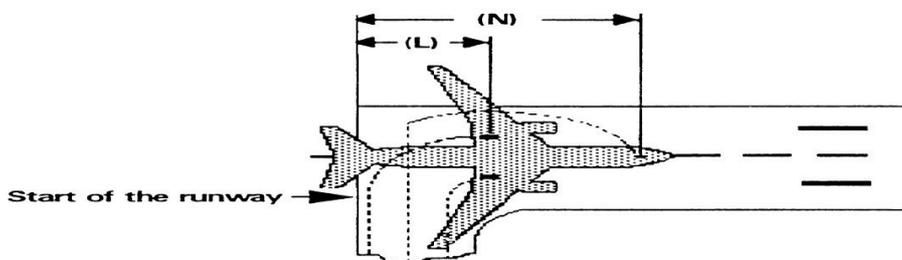
Nous avons donc choisi de dimensionner une piste afin de permettre au B737-800 de rejoindre la destination de Dubaï (2850 m) avec une charge marchande de 15,925 t (soit 175 passagers). Pour cela, il nous faut donc une masse de décollage de 77 t dans les pires conditions et une longueur de piste de 2300 m.

IV. Aménagements de la piste

1. Perte de longueur de piste due à l'alignement

L'IEM OPS 1.490 (c)(6) permet de calculer la distance perdue lors de l'alignement. En effet, il indique que : « la longueur de piste qui est déclarée pour le calcul de TODA, ASDA et TORA ne prend pas en compte l'alignement de l'avion sur la piste en service dans le sens du décollage. Cette distance dépend de la géométrie de l'avion et de la possibilité d'accès sur la piste en service. Une prise en compte est généralement exigée pour une entrée sur la piste à 90° à partir du taxiway et pour un demi-tour de 180° sur la piste. Il y a deux distances à considérer :

- La distance minimale entre les roues principales et le début de la piste pour déterminer TODA et TORA, « L » ; et
- La distance minimale entre les roues les plus avant et le début de la piste pour déterminer ASDA, « N »,

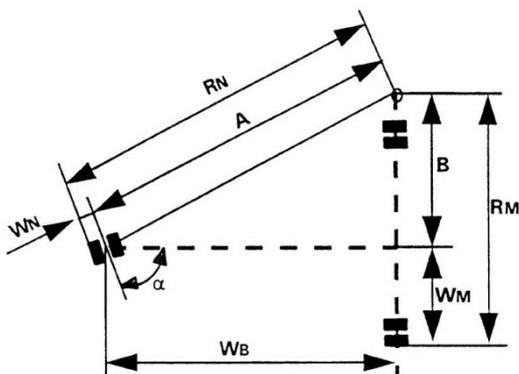


Lorsque le constructeur ne fournit pas les données, la méthode de calcul indiquée dans le paragraphe 2 peut-être un moyen pour déterminer la distance d'alignement. »

Dans notre cas, l'Airport Planning ne nous indique pas si la limitation piste vient de la TODA ou de l'ASDA, nous retiendrons donc la distance la plus contraignante entre L et N pour déterminer la perte due à l'alignement.

Suivons la méthode de calcul dans le cas d'un demi-tour de 180° sur la piste.

On doit calculer L et N à l'aide des données suivantes :



	Entrée à 90°	Demi-tour de 180°
L =	$R_M + X$	$R_N + Y$
N =	$R_M + X + W_A$	$R_N + Y + W_A$

Où

$$R_N = A + W_N = \frac{W_B}{\cos(90^\circ - \alpha)} + W_N$$

Les mesures pour le B737-800 valent :

$$W_B = 15.6\text{m}$$

$$\alpha = 75^\circ * 90\% = 67,5^\circ \text{ (p.102 de l'Airport Planning)}$$

$$W_N = 0.41/2 = 0.205 \text{ m (p.148 de l'Airport Planning)}$$

$Y = 5,70\text{m}$ = marge de sécurité donnée par l'ITAC (tableau 3-21) pour un avion de code C dont l'empattement est inférieure à 18m.

Ce qui donne :

$$R_N = 17.1 \text{ m d'où } L = 22.8 \text{ m et } N = 38.4 \text{ m.}$$

On retiendra donc que l'alignement sur la piste nous fait perdre une longueur de **38.4 m**.

2. [Bilan sur l'allongement de piste](#)

Compte tenu du fait qu'il faille une piste de 2300 m de longueur, et que nous avons une perte due à l'alignement de 38,4 m, il nous faut donc en fait une piste de 2338,4 m de longueur.

Par ailleurs, nous savons que la piste actuelle en tant que telle (c'est-à-dire en considérant les raquettes qui, bien que mal déclarées actuellement, font partie intégrante de la piste et non du prolongement d'arrêt) fait 2100 m (2000 m de piste + 2 * 50 m de raquette).

Nous pouvons alors calculer l'allongement de piste :

$$D = 2338,4 - 2100 = 238,4 \text{ m}$$

Nous allons donc agrandir la piste de **250 m** par rapport à la situation actuelle.

3. [Possibilités d'extension.](#)

Ayant fait l'étude opérationnelle, nous avons ainsi décidé d'agrandir notre piste de 350 m. Voyons maintenant de quel côté nous pourrions allonger cette piste



Vue aérienne de l'aéroport de Béziers-Vias et de ses alentours (source : Google Maps).

Remarque : sur cette vue, la piste n'a pas encore subi les travaux d'agrandissement de piste de 2007. Du coup, les routes de campagne en bleus n'existent plus.

A l'Est :

Nous avons déjà vu à plusieurs reprises qu'il existe une forêt protégée (Bois des Acacias) à l'est de notre aéroport, et dont les arbres culminent à 13,5 m de haut. Ils représentent un risque pour l'accès à cet aéroport et nous ne pouvons pas y toucher. Ainsi, nous ne pouvons pas envisager d'allonger la piste de ce côté.

A l'Ouest :

De ce côté, ce qui pourrait gêner l'agrandissement de la piste serait le chemin de campagne. Cependant, dans la mesure où la fréquentation de cette route est mineure (seulement certains possesseurs de champs avec leurs outils de labourage), nous avons pris la décision de la dévier et d'exproprier les champs alentours. Cette modification des voies urbaines ne perturbera donc pas le trafic.

Par ailleurs, avec la carte d'obstacles d'aérodrome, on s'aperçoit qu'il y a également quelques arbres relativement hauts du côté ouest de la piste, qui ne sont pas gênants pour l'instant mais qui risquent de le devenir lors de l'allongement. Cependant, ces arbres n'appartiennent à personne et peuvent donc être élagués voire rasés sans problème.

Conclusion :

On choisit donc d'agrandir notre piste de 250 m dans le prolongement de la piste actuelle vers l'ouest.

4. Traitement des obstacles

a. **Les arbres :**

A l'ouest.

Dans la mesure où nous allons agrandir notre piste de 250 m à l'est, il va falloir recalculer les marges de franchissement des arbres se trouvant à l'ouest afin qu'ils ne représentent pas de danger lors de l'atterrissage ou du décollage (qu'ils ne se trouvent pas dans les trouées d'atterrissage et de décollage).



Vue aérienne de l'aéroport de Béziers-Vias et de ses alentours.

Nous connaissons les distances par rapport au seuil de ces arbres (en jaune sur la vue précédente) ainsi que leur hauteur à partir de la carte d'obstacles d'aérodrome, à laquelle on modifie la longueur de piste ainsi que l'altitude (passant à 16,5 m pour respecter la pente de la piste de 0,17 %). On peut d'ores et déjà dire que l'obstacle 1, se trouvant à 2340 m de l'extrémité ouest de la piste, devra être rasé car il se situe... sur la piste...

Aussi, nous verrons plus tard (voir partie sur les aires de protections de la piste) que l'obstacle 2 se trouve dans l'aire d'avant seuil, et doit ainsi être rasé. Nous ne ferons donc pas les calculs de franchissement pour cet obstacle.

Calculons les nouvelles hauteurs des arbres pour respecter les limitations de pente 2nd segment pour un biréacteur : 1,6 % pour le décollage et 2 % pour l'atterrissage (avec un seuil décalé de 60 m).

Obstacle 3 :

Situé à 350 m du seuil de piste, de hauteur 26 – 16,5 = 9,5 m.

Pour respecter la pente de montée, il doit avoir une hauteur de :

$$\frac{350 * 1,6}{100} = 5,6m$$

Pour respecter la pente de descente, il doit avoir une hauteur de :

$$\frac{(350 - 60) * 2}{100} = 5,8m$$

L'arbre devra donc être de hauteur telle que $h = \min(5,6 ; 5,8)$.

Il faudra donc l'éêter de $9,5 - 5,6 = 3,9$ m

On fait de la même manière les calculs pour tous les obstacles. On en déduit alors le récapitulatif des travaux à effectuer concernant ces arbres :

Numéro d'obstacle	Distance par rapport au seuil (m)	Hauteur actuelle (m)	Hauteur respectant la réglementation décollage (m)	Hauteur respectant la réglementation atterrissage (m)	Hauteur à couper (m)
3	350	9,5	5,6	5,8	3,9
4	365	8,5	5,84	6,1	2,66
5	395	8,5	6,32	6,7	2,18
6	680	11,5	10,88	12,4	0,62
7	695	11,5	11,12	12,7	0,38
8	725	14,5	11,6	13,3	2,9

A l'est :

Bien que nous n'agrandissons pas la piste de ce côté, nous avons vu que la forêt des Acacias n'est pas conforme en terme de hauteur des arbres. Il nous faut donc, comme précédemment, élaguer certains de ces acacias afin de respecter la réglementation.

Nous pouvons alors faire les mêmes calculs que précédemment et répartir dans un tableau les hauteurs d'arbres minimales afin de respecter les pentes de montée et de descente :

Numéro d'obstacle	Distance par rapport au seuil (m)	Hauteur actuelle (m)	Hauteur respectant la réglementation décollage (m)	Hauteur respectant la réglementation atterrissage (m)	Hauteur à couper (m)
1	455	7,5	7,28	7,9	0,22
2	470	8,5	7,52	8,2	0,98
3	530	9,5	8,48	9,4	1,02
4	605	9,5	9,68	10,9	0
5	677	10,5	10,83	12,34	0
6	734	13,5	11,74	13,48	1,76
7	806	7,5	12,9	14,92	0

Nous pouvons ainsi retracer la carte d'aérodrome en tenant compte de ces nouvelles hauteurs d'arbres. (Voir la partie sur les cartes fournies)

Bien que ces distances suffisent à respecter la réglementation concernant les distances franchissables, il faut tout de même garder un œil sur ces arbres constamment afin d'analyser leur croissance et les étêter lorsqu'ils repoussent.

b. Les routes de campagne

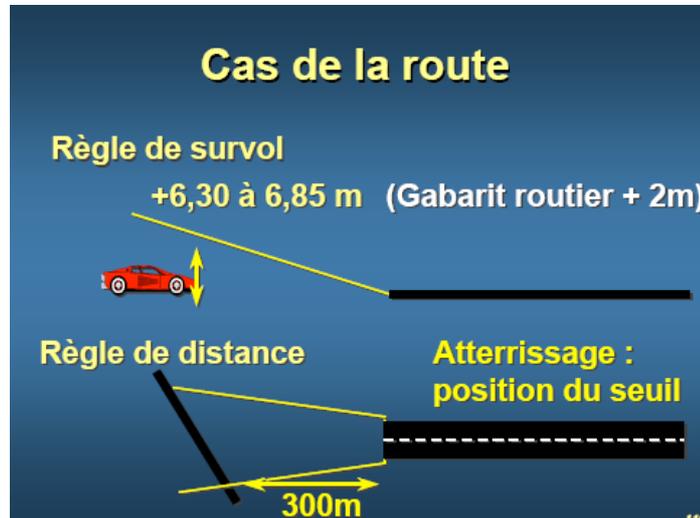
Nous avons vu lors de l'examen des non-conformités que nous avons un chemin agricole à l'Est qui ne respecte pas les distances réglementaires par rapport à la piste et la règle de survol. Considéré comme un obstacle, il représente un danger pour l'aéronef atterrissant ou décollant, et doit donc, afin de respecter la réglementation, être supprimé.

Par ailleurs, en agrandissant la piste, on se rend compte qu'une deuxième route (représentée en bleu) se rapproche de la nouvelle piste de moins de 50 m, et devient ainsi un potentiel danger. Cette route sera ainsi de la même manière supprimée et déviée.



Remarque : Comme on l'a vu précédemment, la route en jaune n'existe plus...

En ce qui concerne la route la plus à Ouest, il faut recalculer les distances afin qu'elle ne présente pas de danger pour les aéronefs.



Cette route se trouve à 300 m de notre seuil de piste. Elle répond donc à la règle de distance. Par ailleurs, nous avons vu partie I que cette route est considérée comme un obstacle de 6,40 m de hauteur.

Calcul de la pente de montée nécessaire pour le franchissement de cette route :

$$\frac{6,4 \cdot 100}{300} = 2,13\%$$

Ainsi la pente n'est pas suffisante pour respecter la réglementation.

Calculons la hauteur de l'obstacle admissible :

$$\frac{1,6 \cdot 300}{100} = 4,8m$$

Nous allons donc enterrer cette route de $6,4 - 4,8 = 1,6$ m. L'obstacle mesure alors 4,8 m de hauteur.

Vérifions maintenant que cette distance respecte les pentes de descente à 2%, avec un décalage du seuil de 60 m :

$$\frac{4,8 \cdot 100}{2} + 60 = 300m$$

Ainsi cet obstacle respecte la réglementation concernant les pentes de descente.

Concernant cette route, il nous faudra donc **enterrer** cette route de **1,6 m**.

5. Protections de la piste

a. Accotements

Les accotements d'une piste doivent être aménagés et construits de manière à réduire au minimum, pour un avion sortant accidentellement de la chaussée, les risques qu'il pourrait encourir du fait d'un défaut de portance du sol ou du manque de cohésion de ce dernier pouvant entraîner l'ingestion de matériaux par les turbomachines.

Le traitement des accotements doit également être conçu de manière à supporter le poids des véhicules terrestres qui peuvent y circuler.

Les accotements sont obligatoires à partir du code E. Notre aéroport étant de code 4C, il n'est **inutile d'en avoir**.

b. Aire d'emploi du radioaltimètre

Pour le bon fonctionnement des radioaltimètres de bord, le terrain situé en amont du seuil d'atterrissage, sous la dernière partie de l'approche finale, doit présenter des profils en long et en travers uniformes et, autant que possible, horizontaux.

Cette zone rectangulaire de 60 m de largeur sur 400 m en amont du seuil d'atterrissage, est obligatoire pour les approches de précision de catégorie II et III.

Notre aéroport, possédant une approche de précision de catégorie I, **n'a pas besoin d'aire d'emploi du radioaltimètre**.

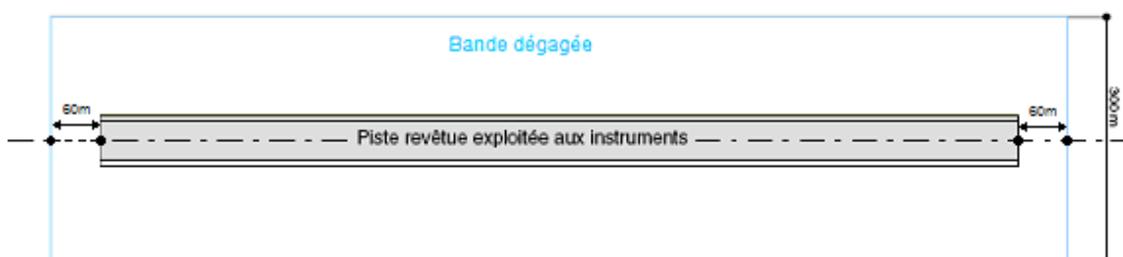
c. Bande dégagée

La piste est placée à l'intérieur d'une bande dite « bande dégagée de piste ». Cette bande vise à :

- Réduire les risques de dommage auxquels est exposé un aéronef qui sort accidentellement de la piste.
- Assurer la protection des aéronefs qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage.

Une bande de piste doit s'étendre en amont du seuil et au-delà de l'extrémité de la piste jusqu'à une distance d d'au moins 60 m. (ITAC chap. 3-B-1).

La largeur d'une bande de piste dépend des conditions d'utilisation pour lesquelles la piste est prévue. Notre piste étant exploitée aux instruments, la bande dégagée doit donc faire 300 m de large. (ITAC chap. 3-B-2).



d. Bande aménagée

La bande aménagée de piste est la partie de la bande englobant la piste et dont la surface est aménagée pour accepter le roulement accidentel d'un avion. La bande aménagée doit s'étendre sur toute la longueur de la bande.

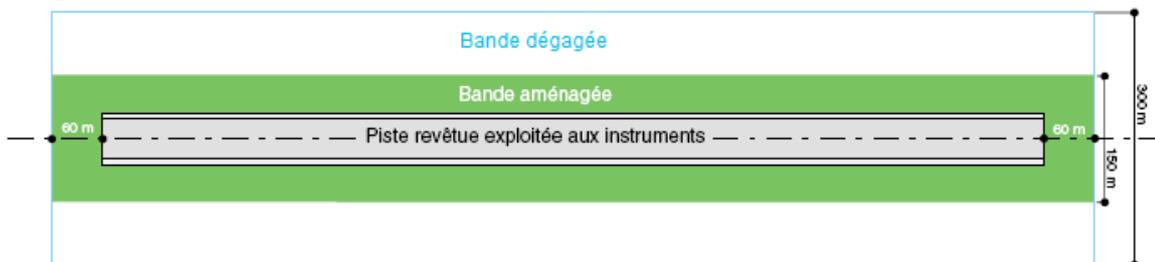
Dimensions

La largeur de la bande aménagée dépend des conditions d'utilisation pour lesquelles la piste est prévue. Notre piste étant exploitée aux instruments, la bande aménagée doit donc faire **150 m de large** (ITAC chap.3-B-3). Elle sera aussi longue que la bande dégagée soit une longueur de 2470 m.

Profil de travers

Il est recommandé que, sur la bande aménagée, les changements de pente soient aussi graduels que possible, tout changement brusque ou inversion soudaine de la pente devant être évité. Le terrain de l'aéroport étant quasi plat nous n'aurons de pas ce genre de problème cependant nous devons faire en sorte que les pentes transversales soient assez grandes afin d'empêcher toute accumulation d'eau à la surface.

Pour l'instant on a donc :



e. Aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA)

Symétrique par rapport au prolongement de l'axe de la piste et adjacente extérieurement à l'extrémité de la bande, l'aire de sécurité d'extrémité de piste est principalement destinée à réduire les risques de dommages matériels au cas où un avion dépasserait l'extrémité de piste en fin d'atterrissage.

Lorsqu'une aire de sécurité d'extrémité de piste est aménagée, tout objet situé sur celle-ci et susceptible de constituer un danger pour les avions doit être enlevé. Tout matériel ou toute installation nécessaire aux besoins de la navigation aérienne et qui ne peut être placé hors de l'aire de sécurité d'extrémité de piste doit avoir une masse et une hauteur aussi faibles que possible, être de conception et de montage fragiles et être placé de manière à réduire le plus possible le danger qu'il pourrait présenter pour les aéronefs.

Selon l'ITAC chap. 3-B-8, la RESA s'étend sur une distance aussi grande que possible à partir de l'extrémité de la piste et au moins égale à 90 m. De plus, il est recommandé que cette aire ait une largeur au moins égale au double de celle de la piste correspondante.

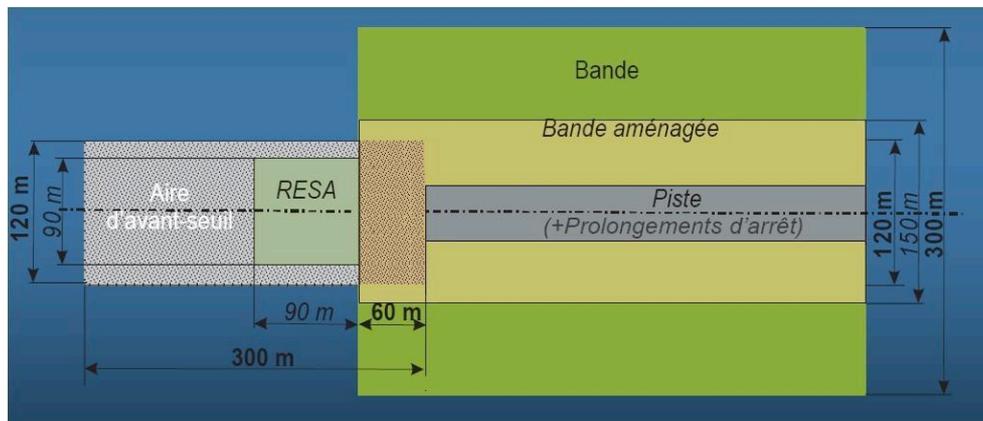
Nous prendrons donc une RESA de **90 m de large** et **90 m de long**.

f. Aire d'avant seuil

L'aire d'avant seuil a pour but de garantir la sécurité des aéronefs en courte finale. Elle est obligatoire pour toute création ou allongement de piste exploitée aux instruments avec approche de précision ou lors du changement d'exploitation en approche de précision.

Cette aire correspond à une zone rectangulaire associée à l'atterrissage avec approche de précision de catégorie I, II ou III et située en amont du seuil de piste sur 300 m de long et 120 m de large pour le code 3.

Aucun matériel ni installation n'est placé dans cette aire opérationnelle (sauf pour les besoins de la navigation aérienne).

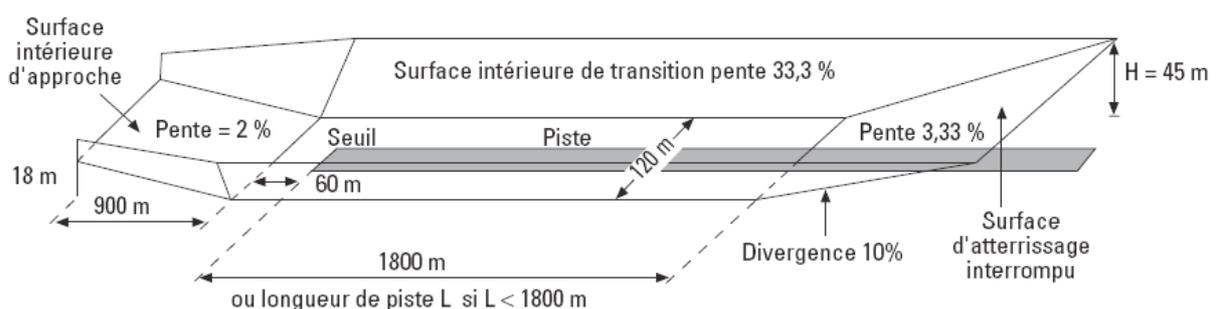


Or nous avons un arbre positionné à 215 m du nouveau seuil de piste (voir carte d'obstacles aérodrome, obstacle n°2). Cet arbre devra donc être rasé afin de respecter l'aire d'avant seuil.

g. L'OFZ (Obstacle Free Zone)

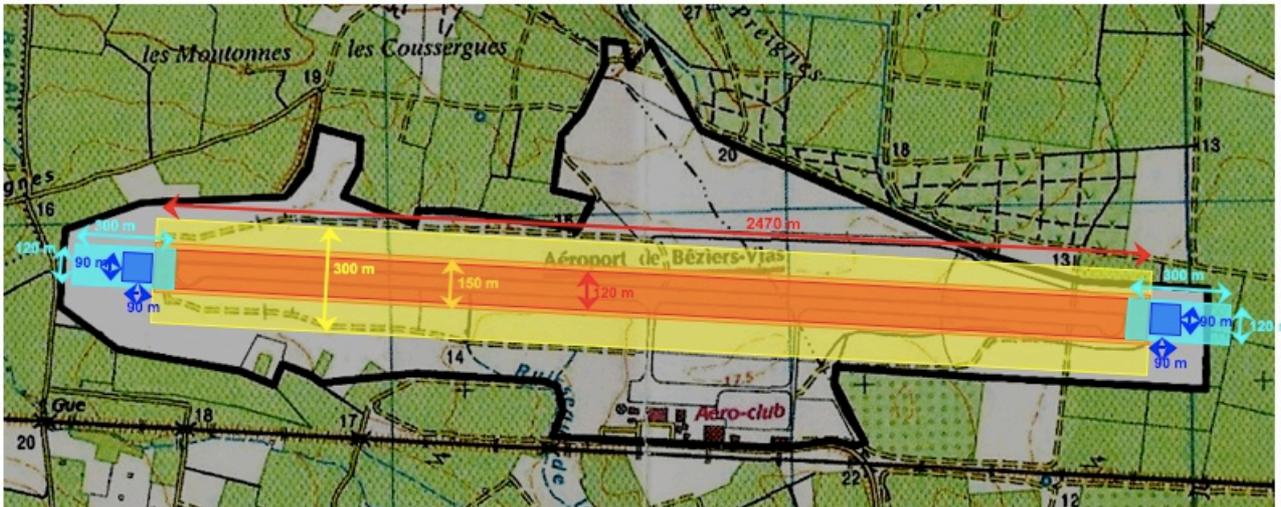
L'OFZ a pour but d'assurer la sécurité de la « phase à vue » d'une approche de précision où le concept « voir et éviter » n'est plus possible...
Aucun obstacle (fixe ou mobile) ne doit se trouver dans ce volume.

Dans certains cas, des obstacles impossibles à supprimer dépassent les surfaces de dégagement aéronautiques. Les faibles visibilité associées aux approches de précision ne permettent généralement plus d'éviter les obstacles à vue. Il est donc nécessaire d'examiner d'autres surfaces, propres aux approches de précision, appelées « surfaces liées aux zones dégagées d'obstacles » ou « surfaces OFZ ». Nous pouvons ainsi voir ces surfaces sur le schéma suivant :



L'OFZ fait donc au sol **120 m de large** sur **2470 m de long**. Ces surfaces latérales dites surfaces intérieures de transition ont une pente de **33,3%** jusqu'à atteindre une hauteur de 45 m.

e. Bilan des protections de piste



Légende :

	OFZ		RESA
	Bande aménagée		Aire d'avant seuil
	Bande dégagée		

6. Construction de la raquette

Suite au rallongement de la piste, la raquette située au seuil 10 doit être déplacée. Sa conception est basée sur les recommandations extraites de l'ITAC chapitre 3-28 (cf. dessin suivant).

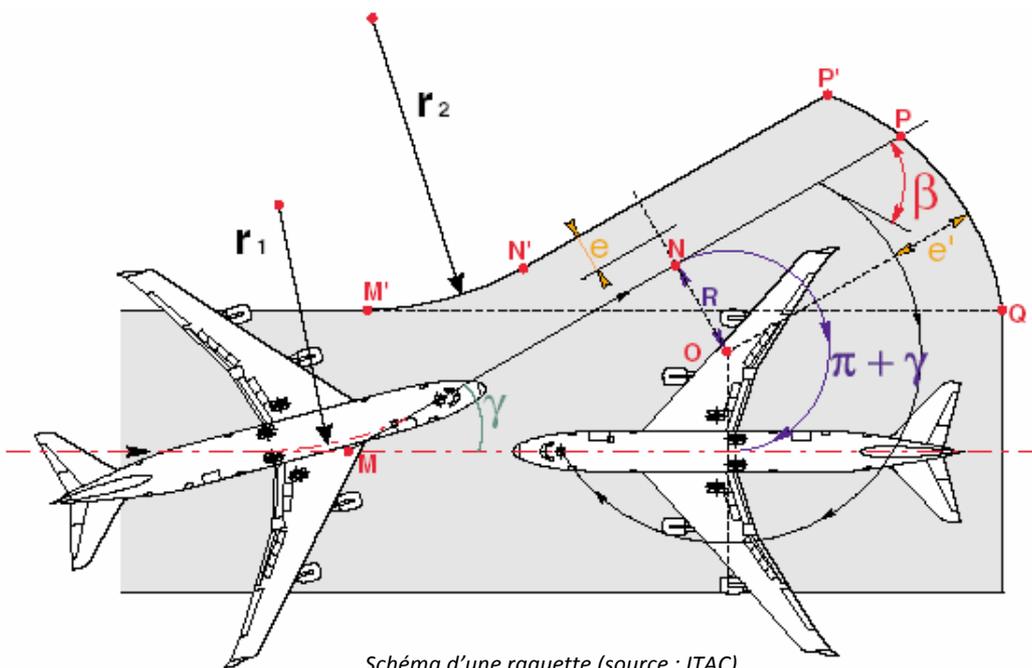


Schéma d'une raquette (source : ITAC)

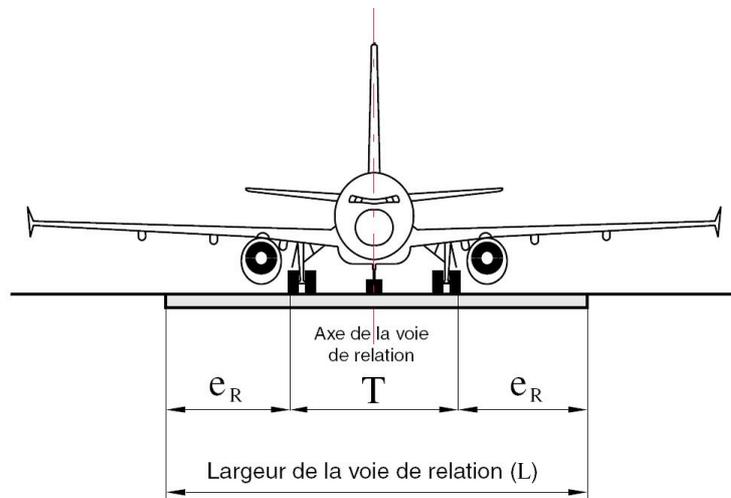
Les marges de sécurité, dépendant des classes d'avion, sont précisées dans le tableau suivant :

	Code lettre					
	A	B	C	D	E	F
Marge e_R	1,50 m	2,25 m	3 m (a) ou 4,50 m (b)	4,50 m	4,50 m	4,50 m
Marge e'	1,50 m	2,25 m	5,70 m (a) ou 8,80 m (b)	8,80 m	8,80 m	8,80 m

(a) si la raquette est destinée à des avions dont l'empattement est inférieur à 18 m

(b) si la raquette est destinée à des avions dont l'empattement est supérieur ou égal à 18 m

Où e_r correspond à la marge de dégagement ou écart latéral admissible (notée e sur le dessin de la raquette) et e' à une marge de sécurité spécifique.



L'avion critique permettant de dimensionner la raquette est le B737-800.

Il correspond à un avion de code C dont l'empattement est inférieur à 18 m (16,6 m), il nous suffirait donc d'appliquer une marge e_r de 3 m et e' de 5,70 m.

Cependant, il est plus profitable de dimensionner la raquette afin de permettre à tous les avions de code C puisse l'utiliser, en vue des développements futur de l'aérodrome.

Ainsi nous prendrons $e_r = 4,50$ m et $e' = 8,80$ m.

Pour la construction nous aurons donc les dimensions suivantes :

$r_1 = 30$ m et $r_2 = 30$ m (avion de code C)

$\gamma = 30^\circ$

$R = 4.2$ m d'après l'Airport Planning (page 102)

D'où

$$MN = R/\text{tg}(\gamma/2) = 15,7 \text{ m}$$