

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**



**Faculté des sciences de l'ingénieur**



**Département d'aéronautique**



## **Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Aéronautique**

**Spécialité : Navigation aérienne**

**Option : Exploitation**

**Thème :**

**Etude de la problématique des nuisances  
sonores de l'aéroport d'Alger Houari  
Boumediene**

**Présenté par :**

**Oumar Ali Seid**

**Promotrice :**

**Mme. BENCIKH**

**Année 2010-2011**

## **Résumé**

Ce projet de fin d'études, qui porte sur l'étude de la problématique des nuisances sonores autour de l'aéroport d'Alger, nous a permis de faire une approche plus globale sur ce sujet. Aussi, des questions qui traitent le bruit des avions, ses origines, conséquences, et les moyens pour l'atténuer sont étudiées dans ce travail. Ainsi, nous constatons qu'en plus de la réduction du bruit à la source, plusieurs procédés opérationnels restent envisageables et leurs réalisations permettraient de gagner quelques décibels en terme de bruit.

## **Summary**

At the moment when the environmental questions become more and more a stake real and major for our company, that of the noise must naturally be studied. This project of end of studies which carries on the study of the problems of noise pollutions around the airport of Algiers has us thus made it possible to make a more global solution on this subject. Also, of the questions which treat the noise of the aircraft, their origins, consequences, and the means to attenuate them are studied in this work. The airport of Algiers in its environment, the examples of average the techniques used in other airports and which could be applied for the airport of Algiers are also treated in this memory.

# Remerciements

Je remercie très sincèrement ma promotrice madame Bencheikh auprès de qui j'ai beaucoup appris et avec qui j'ai eu plaisir à mener mes travaux de thèse. De plus, je souhaite lui exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude pour la rigueur et le sérieux dont elle a fait preuve tout au long de ces six derniers mois de travail.

Je souhaite également remercier tout particulièrement Mr Boudani du département d'aéronautique d'avoir bien voulu m'apporter son aide précieuse au démarrage de cette thèse.

Ce travail est le fruit d'un long cursus universitaire entamé il y'a six ans à l'université des sciences et de la technologie Houari Boumediene que je souhaite également remercier.

Je continuerai par remercier l'université Saad Dahleb de Blida qui m'a accepté en son sein et offert cette riche et inestimable formation que j'ai acquise au département d'aéronautique dont je ne remercierai jamais assez l'ensemble de son corps professoral et administratif.

Je ne voudrai surtout pas oublier de remercier tous mes promotionnels de la première à la dernière année avec qui j'ai traversé des bons moments aussi bien à l'USTHB qu'à l'université de Blida.

Je finirai par remercier ma chère maman qui a toujours su m'apporter son aide inestimable et son soutien, et ce, dans toutes les étapes de ma vie.

## Dédicaces

A la mémoire de mon petit frère feu Ahmat Ali Seid qui nous a quittés prématurément il y a un an au moment où j'écris cette phrase.

A ma chère maman qui a toujours été un repère de stabilité et de bon choix dans ma vie.

# Table des matières

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I Réduction du bruit des aéronefs.....</b>	<b>3</b>
I.1 Introduction.....	3
I.2 Généralités sur le bruit et la gêne sonore.....	3
I.2.1 concept de bruit.....	3
I.2.2 La gêne sonore.....	4
I.2.3 Mesure du bruit, indices et unité.....	5
I.2.3.1 Unités et indices utilisés.....	5
I.2.3.2 Calcul du niveau effectif de bruit perçu à partir de mesure de bruit.....	7
I.2.3.3 Mesure de bruit des aéronefs perçu au sol.....	7
I.2.3.4 Méthode de mesure .....	8
I.3 Sources de bruit d'un avion.....	9
I.3.1 Le bruit du moteur.....	9
• Bruit de la soufflante et du compresseur.....	11
• Bruit du jet .....	12
• Bruit de la turbine et de la combustion.....	12
I.3.2 Le bruit aérodynamique.....	13
I.4 La certification acoustique.....	14
I.4.1 Normes préconisées par l'OACI concernant le bruit des aéronefs.....	14
I.4.2 La méthode d'évaluation de bruit.....	15
I.4.2.1 Les points de mesures.....	15

I.4.2.2	Les niveaux maximums de bruit.....	16
I.4.3	Procédures d’essai.....	17
I.4.3.1	Au décollage.....	17
I.4.3.2	A l’approche.....	17
I.4.4	Types d’aéronefs auxquels le CDN (certificat de navigabilité) est exigé.....	17
I.4.5	Conditions d’essai et de mesure pour la certification acoustique.....	18
I.5	Les sanctions et taxes.....	18
I.5.1	La réglementation française.....	18
I.5.2	Restrictions locales.....	20
I.6	Effets du bruit sur les riverains.....	21
I.6.1	Définition du périmètre de travail.....	21
I.6.2	La prise en compte des nuisances sonores.....	22
I.6.3	Identification des dangers sanitaires liés au bruit des avions.....	23
I.6.3.1	Les dommages à l’oreille.....	23
I.6.3.2	Les effets non-auditifs.....	23
I.6.3.3	Valeurs guides de l’organisation mondiale de la santé.....	25
I.7	La maîtrise de l’urbanisme.....	26
I.8	Les aides à l’insonorisation.....	26
<b>Chapitre II</b>	<b>Réduction du bruit des aéronefs.....</b>	<b>28</b>
II.1	Introduction.....	28
II.2	Réduction du bruit à la source.....	28
II.2.1	Un enjeu socio-économique.....	28
II.2.2	Un défi scientifique et technique.....	29
II.2.3	Nouvelles technologie et Nouveaux matériels.....	29

II.2.3.1	La soufflerie CEPRA19 (ONERA).....	29
II.2.3.2	La course au silence.....	31
II.2.3.3	Réduire la trace au sol.....	31
II.2.3.4	Des moteurs sur les ailes ou au-dessus du fuselage.....	32
II.2.3.5	Atténuation du bruit de l'hélice.....	33
II.2.3.6	La réduction du bruit de jet.....	33
II.2.3.7	Les pots accordés.....	35
II.2.3.8	Les silencieux double flux.....	35
II.2.3.9	La réduction du bruit des parties tournantes.....	36
II.2.4	contrôle actif du bruit.....	36
II.2.4.1	Définition et principe de l'antibruit actif.....	36
II.2.4.2	Origine du contrôle actif du bruit.....	37
II.2.4.3	Application des systèmes de contrôle actif .....	37
II.3	Procédures d'exploitation à moindre bruit.....	39
II.3.1	Procédures de décollage.....	39
II.3.1.1	Procédures A.....	39
II.3.1.2	Procédures B... ..	40
II.3.2	Procédures d'approches.....	41
II.3.3	Seuils décalés.....	42
II.3.4	Changement de configuration et vitesse.....	42
II.3.5	Mesures à court et moyen terme.....	42
II.3.5.1	Optimisation des procédures de décollage.....	43
II.3.5.2	Augmentation de la pente du glide pour l'approche.....	44

II.3.5.3 Atterrissages avec double seuils sur la même piste.....	45
II.3.5.4 Navigation de précision dans les zones terminales à proximité de l'aéroport .....	45
II.3.5.5 Volets réduits et sortie du train retardée.....	46
II.3.5.6 Augmentation de l'altitude d'interception du glide.....	47
II.3.5.7 Approche à descente continue.....	48
II.4 Le mur antibruit .....	49
a- Description.....	49
b- Différents principes de fonctionnement.....	50
<b>Chapitre III L'aéroport d'Alger dans son environnement.....</b>	<b>52</b>
III.1 Introduction.....	52
III.2 Présentation de l'aéroport d'Alger.....	52
III.2.1 Situation géographique.....	52
III.2.2 Historique.....	53
III.2.3 Les infrastructures.....	54
III.3. Contrôle aérien.....	56
III.3.1 Navigation aérienne et contrôle de l'espace aérien algérien.....	56
III.3.2 Procédures de la circulation aérienne sur Alger.....	58
III.3.2.1 Décollage/atterrissage.....	58
III.3.2.2 Arrivée/Départ.....	59
a- Procédures d'arrivée.....	59
b- Procédures de départ.....	60
III.3.3 Communes survolées.....	60
III.4 Analyse du trafic.....	62



III.5 Environnement de l'aéroport d'Alger.....	65
III.5.1 Diagnostic environnemental.....	65
III.5.2 Aspects environnementaux.....	66
III.5.3 Le PEB d'Alger.....	67
III.6 Conclusion.....	69
<b>Chapitre IV Etude et réalisation des procédures de NA à moindre bruit autour</b>	
<b>De l'aéroport d'Alger.....</b>	
<b>70</b>	
IV.1 Introduction.....	70
IV.2 Procédure de NA à moindre bruit pour quelques aéroports internationaux.....	70
IV.2.1 Exemple de procédure de départ recommandée.....	70
IV.2.2 Procédé d'évitement du survol des zones urbanisées.....	71
IV.2.3 Exemple de procédure de descente continue.....	74
IV.2.4 Exemple de procédure d'augmentation d'altitude d'interception ILS.....	76
IV.2.5 Exemple de procédure d'approche à vue.....	77
IV.2.6 Exemple de procédure guidage radar.....	78
IV.2.7 Le mur environnemental.....	79
IV.3 Mise en œuvre des procédures de NA à moindre bruit pour Alger.....	80
IV.3.1 Procédure de départ.....	80
IV.3.2 Procédures d'approche.....	81
IV.3.2.1 Volets réduits et sortie des trains retardée.....	82
IV.3.2.2 Approche à descente continue.....	82
IV.3.2.3 Augmentation de l'angle de descente en approche.....	83

IV.3.2.4 Augmentation d'altitude d'interception du Glide.....	83
IV.3.2.5 Pistes préférentielles.....	84
IV.3.2.6 Navigation de précision dans les zones terminales.....	84
IV.3.2.7 Volume de Protection Environnemental (VPE).....	85
IV.4 Conclusion.....	86
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>87</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>88</b>
<b>Annexes</b>	<b>90</b>
<b>1 L'Établissement National de la Navigation Aérienne</b>	<b>91</b>
<b>2 Présentation de l'établissement de gestion et de service aéroportuaire (EGSA)</b>	<b>94</b>
<b>3 Le PEB de l'aéroport d'Alger</b>	<b>98</b>
<b>4 Procédures d'approche et de départ utilisées pour l'aéroport d'Alger</b>	<b>104</b>

## Liste des figures

Fig. I.1 Echelle de bruit.....	4
Fig. I.2 Origine des sources de bruit moteur et de bruit aérodynamique.....	9
Fig. I.3 : Moteur d'un avion moderne (gauche) et directivité des différentes sources de bruit.....	10
Fig. I.4 Niveau sonore de chacune des sources de bruit d'un avion.....	12
Fig. I.5 Principales sources du bruit aérodynamique.....	13
Fig. I.6 Les points de mesures et procédures distinctes.....	16
Fig. I.7 Exemple d'un site aéroportuaire fréquenté.....	22
Fig. II.1 La soufflerie CEPRA19.....	29
Fig. II.2 Constitution de la soufflerie CEPRA19.....	30
Fig.II.3 La course au silence.....	31
Fig. II.4 Schéma trace au sol.....	32
Fig. II.5 : Exemples de moteurs posés sur les ailes et au-dessus du fuselage.....	32
Fig. II.6 Vue schématique d'un turboréacteur double-flux classique.....	34
Fig. II.7 Représente une onde sonore lors de l'utilisation de l'antibruit actif.....	37
Fig. II.8 Réduction active du bruit dans la manche d'entrée d'air.....	39
Fig. II.9 Décollage moindre bruit OACI-A.....	39
Fig. II.10 Décollage moindre bruit OACI-B.....	41
Fig. II.11 Procédure de départ optimisée.....	44
Fig. II.12 Augmentation de la pente du glide.....	44
Fig. II.13 Seuil de piste décalé.....	45
Fig. II.14 Navigation de précision dans l'espace terminal.....	46

Fig. II.15 Approche à volets réduits et sortie du train d'atterrissage retardée.....	47
Fig. II.16 Augmentation de l'altitude d'interception de l'ILS.....	47
Fig. II.17 Approche à descente continue.....	48
Fig. II.18 Réduction du bruit en fonction de la fréquence.....	49
Fig. I.8 Mur antibruit à profil ondulé.....	50
Fig. III.1 : Situation géographique de l'aéroport Houari Boumediene.....	52
Fig.III.2 Nouvelles aérogares.....	54
Fig.III.3 Structure globale de l'aéroport d'Alger.....	55
Fig.III.4 Décollage/Atterrissage face à l'ouest (Résultat INM).....	58
Fig.III.5 Décollage/Atterrissage face à l'est (Résultat INM).....	59
Fig.III.5 Départs initiaux, SID et approches classiques (Résultat INM).....	62
Fig.III.8 LE PGS d'Alger.....	68
Fig.III.9 Le PEB d'Alger.....	68
Fig.IV.1 Procédure de décollage.....	71
Fig.IV.2 Procédure de départ pour l'aéroport de CHÂTEAURoux.....	71
Fig.IV.3 Evitement du survol des zones urbaines.....	72
Fig.IV.4 Survol évité à NICE.....	73
Fig.IV.5 Résultat de procédure d'évitement du survol des zones urbaines à Marseille.....	73
Fig.IV.6 Procédure de descente continue et descente lisse.....	74
Fig.IV.7 Résultats de descente continue pour les aéroports Roissy et Marignane.....	75
Fig.IV.8 Exemple de procédure de descente continue pour le cas de Roissy.....	75
Fig. IV.9 Procédure d'augmentation d'altitude d'interception de l'ILS.....	76
Fig. IV.10 Résultat d'augmentation d'altitude d'interception de l'ILS pour Roissy.....	77
Fig. IV.11 La procédure d'approche à vue de l'aéroport de Biarritz.....	78

Fig. IV.12 Exemple de procédure de guidage radar.....	79
Fig. IV.13 Exemple du mur environnemental.....	79
Fig. IV.14 Les zones les plus exposées au bruit de l'aéroport d'Alger.....	80
Fig.15 Les communes qui seront concernées par une augmentation d'altitude d'interception du glide.....	83
Fig. IV Le volume de protection environnementale.....	85

## Liste des tableaux

### Chapitre 1 :

Tableau I.1 Le groupe acoustique de l'avion.....	19
Tableau I.2 Calcul de la taxe imposée aux avions.....	19
Tableau I.3 Prise de médicaments à effet somnifère dans une population exposée et une population témoin.....	25
Tableau I.4 Valeurs guides de l'OMS pour le bruit ambiant.....	25

### Chapitre 3 :

Tableau III.1 Données géographiques et administratives relatives à l'aérodrome.....	53
Tableau III.2 Aides de radionavigation et d'atterrissages.....	55
Tableau III.3 Les distances déclarées des différentes pistes de l'aéroport d'Alger.....	56
Tableau III.4 Les communes entourant l'aéroport d'Alger ainsi que leur nombre d'habitants.....	61
Tableau III.6 Evolution des mouvements d'avions de l'aéroport d'Alger.....	63
Tableau III.7 Récapitulatif du trafic à 2010.....	64
Tableau III.8 Evolution mensuelle du trafic pour Alger.....	4
Tableau III.9 Surfaces des zones de bruit.....	79

# Abréviations

**A/D:** aérodrome

**ADEME :** Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

**ADP :** Les Aéroports de Paris

**AIP:** publication de l'information aéronautique

**Airways :** voies aériennes

**ASDA:** Distance utilisable pour l'accélération-arrêt

**CCE :** commission consultative de l'environnement

**CDA :** l'approche à descente continue

**CDN :** Certificat de navigabilité

**CTA:** La région de contrôle

**dB :** Décibel, unité utilisée pour mesurer l'intensité sonore

**dB A :** Le décibel A, unité retenue pour représenter les sensibilités de l'oreille

**DGAC :** Direction Générale de l'Aviation Civile

**DSP :** Les nouveaux processeurs de traitement numérique des signaux

**EGSA :** Etablissement de Gestion et de Service aéroportuaire

**EPIC :** Etablissement Public à caractère industriel et Commercial

**ENNA :** Etablissement National de la Navigation Aérienne

**EPNdB :** Effective Perceived Noise decibel

**EPNL:** Mesure de niveau effectif de bruit perçu

**FAA :** Fédéral Aviation Administration

**FMS :** Flight management System ou la gestion du trafic aérien

**HF :** high Frequency

**ILS :** système d'Atterrissage aux instruments

**MLS:** système d'atterrissage à micro-ondes

**OMS :** Organisation mondiale de la santé

**ONERA** : Office National d'Etudes et de Recherche Aérospatiales

**OACI**: L'Organisation de l'Aviation civil Internationale

**PEB** : Plan de Gene Sonore

**PGS** : Plan de gêne sonore

**PNdB**: Perceived Noise déciBel

**QFU**: Orientation magnétique de la piste

**RNAV** : La navigation de surface de précision

**RWY** : Runway (piste)

**S.E.L** : Sound Equivalent Level

**SGSIA** : Société de gestion des services et infrastructures aéroportuaires

**TGAP** : Taxe Générale sur les activités polluantes

**TNSA** : Taxe sur les nuisances sonores aériennes

**TODA**: Distance utilisable au décollage

**TORA**: Distance de roulement utilisable au décollage

**TWY**: taxiway (voie de circulation)

**VHF** : Very Hight Frequency

**Vze** : vitesse minimale de sécurité de manœuvre avec volets à zéro



## **INTRODUCTION GENERALE :**

Le bruit n'est pas un phénomène nouveau, pourtant il est devenu depuis les vingt dernières années, l'une des principales sources de pollution, avec notamment le développement des transports cité par des enquêtes.

Le problème des nuisances autour des aéroports est apparu dans les années 60 avec l'avènement des avions propulsés par des turboréacteurs. Le succès de ce moyen de transport a été continu et après 30 ans de démocratisation, plus de 8000 avions parcourent actuellement le monde (transportant plusieurs millions de passagers). De ce fait nombreux sont actuellement les grands aéroports qui enregistrent des décollages et des atterrissages toutes les 1/2 minutes. Dans les 15 prochaines années, il est prévu un doublement du trafic passagers et dès maintenant les autorités aéroportuaires se trouvent confrontées d'une part à une sensibilité croissante de l'opinion face aux problèmes d'environnement et d'autre part à la nécessité d'accroître les capacités de ces aéroports. La lutte contre le bruit s'annonce donc dès aujourd'hui comme une priorité majeure.

L'aéroport d'Alger, en plus d'être le plus grand aéroport en Algérie, est aujourd'hui parmi les plus grands aéroports en Afrique en termes de trafic et de passagers. Ce trafic se traduit par un énorme impact de bruit pour les riverains. Le bruit est donc, pour les riverains, la gêne la plus importante. C'est la nuisance la plus perceptible à l'approche de cet aéroport. Elle est principalement engendrée par les avions ainsi que par les nombreux véhicules qui circulent dans cette zone. Les avions sont néanmoins les principaux responsables du bruit, étant donné la forte intensité des sons qu'ils produisent. On constate un impact sur la santé et le bien-être des personnes soumises à un tel environnement, certains sujets présentant des troubles physiologiques ou psychiques. La lutte contre le bruit s'annonce donc dès aujourd'hui comme une priorité majeure.

Des solutions à ce problème doivent être impérativement trouvées. Une étude préalable de la source de pollution peut déboucher sur des dispositifs capables de minimiser le bruit ou même de l'éliminer.

Ce mémoire a pour objectif de présenter la problématique des nuisances sonores. De ce fait, nous allons détailler dans le chapitre I les principales sources de bruit émises par les aéronefs et les progrès réalisés durant ces 20 dernières années pour les contrôler. Nous verrons, ensuite, dans le chapitre II de quelle manière nous pourrions réduire ces nuisances en fonction des technologies disponibles chez les industriels et dans la perspective de réglementations acoustiques plus sévères. Le chapitre III présente l'aéroport d'Alger dans son environnement dont nous analyserons son trafic. Enfin dans le chapitre IV, nous essayerons de proposer des solutions (procédés) à réaliser pour atténuer, autant que possible, le bruit autour de l'aéroport d'Alger Houari Boumediene. Et nous concluons notre travail par une conclusion générale.

## **I.1 INTRODUCTION**

Le transport aérien est un des facteurs qui contribuent beaucoup à la dégradation de la vie environnementale à proximité des aéroports. Des nuisances diverses sont générées à cause de l'augmentation des activités aéroportuaires (fret, vols long-courriers, hubs,...). Le bruit et les émissions gazeuses des moteurs sont les nuisances les plus fortes. Le bruit provoque une gêne sonore pour les riverains qui habitent sous des trajectoires de décollage et d'atterrissage. Les émissions gazeuses contribuent au changement de la composition chimique de l'atmosphère (ozone) et du climat (effet de serre), elles participent également à une pollution urbaine avec l'activité aéroportuaire (pollution de l'air local, des eaux, des sols,...). Le problème de l'environnement est devenu donc un enjeu très fort et très complexe dans le domaine des transports.

Ce chapitre consiste à donner une idée globale sur les nuisances sonores et leurs effets sur les riverains, ainsi à présenter les différents aspects réglementaires qui doivent être respectés pour lutter contre ces nuisances. Ce chapitre présente également les mesures à prendre pour maîtriser les riverains.

## **I.2 GENERALITES SUR LE BRUIT ET LA GENE SONORE**

### **I.2.1 Concept de bruit**

Le bruit désigne un son qui nous dérange, nous déplaît ou nous agresse. La distinction qui est faite entre un bruit et un son s'explique par un phénomène physique. Le son est provoqué par une variation rapide de la pression atmosphérique due à un mouvement des molécules du milieu qui nous entoure, c'est-à-dire l'air.

La notion de bruit est souvent associée à une perception d'un son. D'un point de vue physique, il n'y a pas de différences fondamentales entre un son et un bruit. Le bruit est constitué d'un «mélange complexe de sons d'intensités et de fréquences différentes». On qualifie en définitive de bruit, des sons qui apparaissent comme indésirables ou provoquent une sensation désagréable.

Lorsqu'une onde sonore percute le tympan, cela provoque une vibration de celui-ci et un son est transmis. De même lorsqu'une onde percute un solide, le son transmis est d'autant plus intense que la paroi est légère.



Fig. I. 1 : Echelle de bruit

Pour éviter toute confusion dans le contexte de ce travail, un bruit aérien désigne en acoustique, non pas le bruit des avions mais le bruit se propageant dans l'air, par opposition aux bruits solidiens qui se propagent dans les milieux solides. Le son, produit par un phénomène vibratoire, se propage dans l'air et exerce une pression sur notre oreille.

## I.2.2 La gêne sonore

Un son résulte de l'émission d'une onde acoustique par une source se propageant jusqu'à l'oreille humaine. L'homme perçoit ce signal pour les fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz et a la capacité de distinguer différentes caractéristiques acoustiques telles que l'intensité, les raies spectrales, la hauteur tonale, le timbre...

La **gêne sonore** est un concept complexe, recouvrant essentiellement d'une réaction immédiate face aux effets du bruit provoquant une perturbation du comportement ou de l'activité, d'une évaluation du bruit telle que de la nuisance, ou d'un caractère désagréable. De nombreux facteurs interviennent dans la sensation de gêne. Certains de ces facteurs sont liés à

la source de bruit elle même (répétitivité, durée, période d'émission, niveau maximum émis etc.), d'autres à l'environnement (émergence par rapport au bruit ambiant, conditions climatiques, relief, etc.), et d'autres aux individus exposés au bruit (état physiologique, type d'activité pratiqué, situation sociale, etc.). La perception de la gêne est donc très variable dans le temps et selon les individus.

On constate un impact sur la santé et le bien-être des personnes soumises à un tel environnement. Certains sujets présentent des troubles physiologiques ou psychiques.

Des solutions à ce problème doivent être impérativement trouvées. Une étude préalable de la source de bruit peut déboucher sur des dispositifs capables de minimiser le bruit ou même de l'éliminer.

## **I.2.3 Mesure du bruit, indices et unités**

### **I.2.3.1 Unités et indices utilisés**

La sensation auditive est dépendante de la variation de pression provoquée par l'onde dans l'air et des amplitudes de vibration. On utilise en acoustique pour mesurer l'intensité sonore une unité logarithmique : **le décibel (dB)**.

Le décibel A (**dB(A)**) est l'unité retenue pour représenter les sensibilités de l'oreille humaine. Elle permet de traduire une sensibilité plus forte aux sons aigus qu'aux sons graves.

Le **PNdB** (Perceived Noise déciBel) est une pondération du niveau d'intensité sonore qui traduit plus fidèlement la gêne sonore. Il sert à caractériser le bruit des avions à réaction et des avions à hélices de fortes masses supérieures à 8618 kg. Sur le plan fréquentiel, il donne un poids élevé aux fréquences élevées (4000 Hz) les plus gênantes. Sa valeur numérique est supérieure à celle mesurée en dBA.

Le **EPNdB** (**Effective Perceived Noise deciBel**) est utilisé pour la certification des avions à réaction. Il représente le niveau d'un bruit équivalent stable sur une durée normalisée de 10 secondes qui aurait la même énergie sonore que celle observée pendant la partie la plus bruyante du passage de l'avion.

Le **S.E.L (Sound Equivalent Level)**, exprimé en dBA, représente le niveau d'un bruit équivalent stable sur une durée normalisée de 1 seconde qui aurait la même énergie sonore que celle observée pendant la partie la plus bruyante du survol. Le niveau de pression acoustique caractérisé par cette unité est noté **L** et vérifie l'équation :

$$L = 20 \times \log \left( \frac{P}{P_0} \right) = 10 \times \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

avec

$P_0$  : pression acoustique de référence correspondant au seuil audible.

$P$  : pression environnante.

Un indice caractéristique de bruit peut être défini. C'est l'indice **L<sub>den</sub>** qui est le niveau d'exposition total au bruit des avions, exprimé en dB(A). Il est donné par la relation suivante :

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[ 12 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_g+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right]$$

où

**L<sub>d</sub>** est le niveau moyen sur la période 6h - 18h

**L<sub>e</sub>** est le niveau moyen sur la période 18h - 22h

**L<sub>n</sub>** est le niveau moyen sur la période 22h – 6h

Un autre indice caractéristique de la gêne sonore aéronautique utilisé actuellement est **l'indice psophique**. Ce dernier caractérise la gêne sonore correspondant au bruit moyen perçu pendant une année en un point donné. Il est construit de la façon suivante :

1. Unité pour le bruit instantané : **PNdB**. (Perceived Noise Level)
2. Descripteur d'événement : bruit crête maintenu constant pendant une minute.
3. Durée d'exposition : 24 heures découpées en une période de jour (6h / 22h) et une période de nuit (22h / 6h) pondérée par un facteur 10.
4. Journée de référence : trafic moyen sur les 12 mois de l'année.

### **I.2.3.2 Calcul du niveau effectif de bruit perçu à partir de mesure de bruit**

L'élément fondamental des critères de certification acoustique sera la mesure de niveau effectif de bruit perçu (**EPNL**), exprimé en unités EPNdB. L'**EPNL** représente l'expression numérique des effets subjectifs du bruit des aéronefs sur l'être humain. Il est égal au niveau instantané de bruit perçu, PNL, corrigé des irrégularités spectrales (la correction, ou facteur correctif de son, est calculée uniquement pour le niveau maximal à chaque intervalle de temps) et de la durée.

### **I.2.3.3 Mesure de bruit des aéronefs perçu au sol**

Les mesures permettent de déterminer, par bandes de tiers d'octave et en fonction du temps, le bruit observé à chaque point de mesure en vue de calculer le niveau effectif de bruit perçu, en mettant en valeur :

*a) les conditions ambiantes de référence* : telles que

- la température de l'air,
- la pression statique et
- l'humidité relative.

*b) l'écran pare-vent* :

En l'absence de vent et dans le cas des sons sinusoïdaux arrivant sous l'incidence rasante, la perte due à l'installation d'un écran pare-vent d'un type spécifié autour de microphone n'excédera pas  $\pm 1.5\text{dB}$ .

*c) le système microphonique* :

Le système microphonique sera constitué par un microphone, un préamplificateur et un écran pare-vent. D'autres systèmes pourront être agréés comme équivalents par le service de certification s'il est démontré qu'ils présentent des performances acoustiques générales équivalentes. Lorsque deux ou plusieurs systèmes microphoniques du même type seront employés, il suffira de démontrer que l'un des systèmes au moins satisfait aux spécifications dans leur totalité pour établir la conformité de type.

***d) Equipement d'enregistrement et de reproduction :***

Un équipement d'enregistrement (enregistreur à bande magnétique, par exemple) sera utilisé, s'il y a lieu, pour emmagasiner les données en vue de leur analyse ultérieure.

***e) Appareillage d'analyse :***

L'appareillage d'analyse donnera à la sortie des niveaux acoustiques en bande de tiers d'octave en fonction du temps. Ces niveaux étant obtenus par traitement des mesures de bruit (enregistré) au moyen:

- 1) d'un jeu de 24 filtres de tiers d'octave (ou de leurs équivalents) ayant des fréquences centrales géométriques de 50Hz à 10 kHz;
- 2) d'un analyseur présentant des performances appropriées de réponse et de détermination de la moyenne, dans lequel (en principe) le signal de sortie pour une bande quelconque de tiers d'octave est soumis à une élévation au carré, à la détermination de la moyenne, à une conversion sous forme logarithmique et à une mise sous forme numérique.

***f) Etalonnage et vérification du système :***

L'ensemble complet du système de mesure et d'analyse utilisé pendant les essais de certification acoustique sera étalonné et vérifié d'une manière qui donne satisfaction au service de certification à des moments appropriés pendant les essais, ainsi qu'avant ou après les essais.

**I.2.3.4 Méthode de mesure**

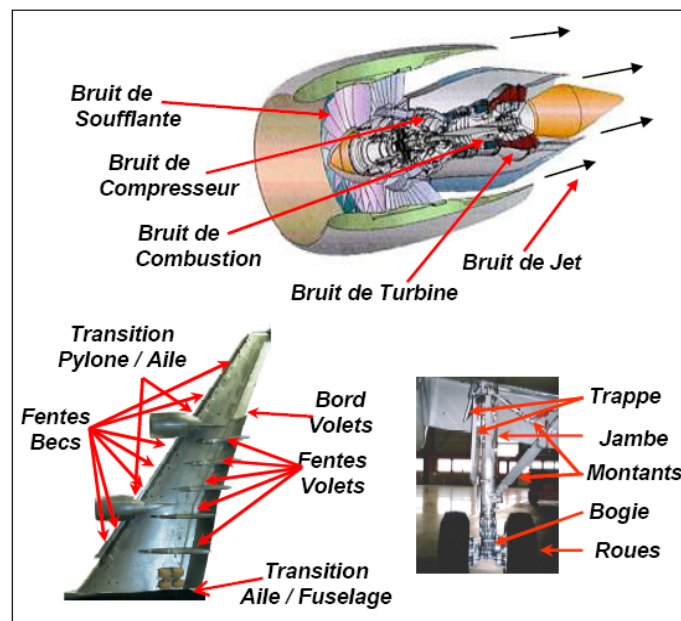
- 1- Les microphones sont orientés dans une direction connue de façon que le bruit max arrive d'une direction aussi proche que possible de la direction pour laquelle les microphones ont été étalonnés.
- 2- Immédiatement avant et après chaque essai, on effectue un enregistrement de l'étalonnage acoustique de l'équipage pour vérifier la sensibilité de l'équipement et pour fournir un niveau de référence acoustique pour l'analyse de données.



- 3- Pour réduire les erreurs dues à l'équipement et à l'opérateur, des étalonnages seront complétés par l'insertion d'un signal électrique connu à l'entrée avant et après l'enregistrement.
- 4- Le bruit ambiant comprend le fond sonore et le bruit électrique de l'équipement ne dépassent pas ceux du bruit ambiant d'au -10 dB.

### I.3 SOURCES DE BRUIT D'UN AVION

Le bruit d'un avion peut se décomposer en 2 types de sources de nature bien distinctes. La première source est d'origine mécanique, c'est le bruit du moteur, et la seconde source est aérodynamique qui est créée par les mouvements de fluide interagissant entre l'air et l'appareil. L'origine des différentes sources de bruit sont indiquées dans la figure I.2.



**Fig. I.2 :** Origine des sources de bruit moteur et de bruit aérodynamique

#### I.3.1 Bruit du moteur

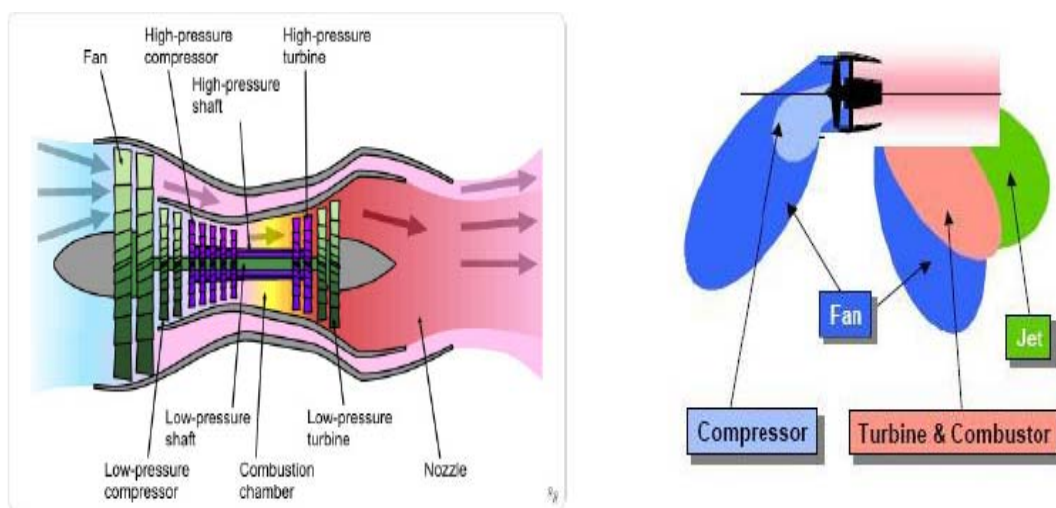
Le fonctionnement du moteur d'un avion peut se résumer de la façon suivante : l'air est d'abord aspiré par les entrées d'air, puis comprimé par des compresseurs de manière à en augmenter progressivement la pression. L'air se mélange ensuite à du kérosène pour brûler

dans la chambre de combustion. Cette combustion produit une grande quantité de gaz chaud expulsée par la tuyère. L'énergie nécessaire au fonctionnement du compresseur est fournie par une turbine placée entre la chambre de combustion et la tuyère et reliée au compresseur par un axe central.

La puissance des réacteurs peut être plus efficace grâce à l'utilisation d'une dérivation de la masse d'air entrant dans la turbine (figure I.3) : l'air entre dans deux conduites différentes, dont une seule va jusqu'à la chambre de combustion. Le taux de dilution, appelé *By Pass Ratio* (BPR), exprime le rapport entre la masse d'air éjectée par les conduites de dérivation (air froid) et la masse d'air chaud passant par la chambre de combustion.

L'air froid est utilisé pour refroidir les parties les plus chaudes du moteur. Ce système requiert 50% d'air en plus par unité de poussée mais réduit la quantité de gaz chaud expulsé. L'air froid est ensuite mélangé aux gaz chauds en sortie de tuyère, de manière à réduire la température et en conséquence le bruit d'échappement.

De manière à aspirer plus d'air, un compresseur basse fréquence, appelé soufflante (*fan*), est placé à l'avant du moteur. La soufflante, de grande dimension, permet d'accepter 3 à 4 fois plus d'air par unité de poussée qu'un turboréacteur classique, avec seulement 20 à 30% de l'air aspiré utilisé en combustion.



**Fig. I.3 :** Moteur d'un avion moderne (gauche) et directivité des différentes sources de bruit

Les sources de bruit moteur sont alors présentées comme suit :

- **Bruit de la soufflante et du compresseur**

La soufflante génère à la fois un bruit large bande et un son tonal. Le bruit large bande est dû aux fluctuations de pression générées par des zones de turbulence sur la surface de la pale. Il est principalement généré par la rotation des extrémités des aubes dans la couche limite turbulente située sur les parois du conduit d'entrée d'air, là où le niveau de turbulence est grand et la vitesse en extrémités des aubes est maximum. Formation de sillages aux bords de fuite des aubes, en particulier sur les soufflantes à large corde des nouveaux moteurs, et fluctuations d'incidence de l'écoulement amont sont également générateurs de ce bruit large bande. Le son tonal est un bruit de sifflement caractéristique vers 3500 Hz. Il est dû à l'interaction entre le rotor et le stator de la soufflante. Les sons purs sont liés au caractère périodique du phénomène de passage des aubes mobiles.

Il faut cependant distinguer, en ce qui concerne la composition spectrale, les soufflantes subsoniques et les soufflantes transsoniques. Dans le cas des soufflantes subsoniques, les raies les plus importantes apparaissent à la fréquence de passage des aubes et de ses harmoniques. Ces raies sont rayonnées aussi bien en amont à travers le conduit d'entrée d'air, qu'en aval à travers le conduit d'éjection secondaire. Le cas des soufflantes transsoniques mérite que l'on s'y attarde plus largement car il concerne les moteurs actuels et futurs caractérisés par des taux de dilution importants et de grand diamètre. Lorsque la vitesse de rotation de la soufflante est élevée par exemple au décollage et que la vitesse est sonique en extrémités d'aubes, le bruit amont est généré par la présence d'ondes de choc en rotation avec ces aubes. En supposant que ces ondes de chocs soient vraiment identiques, elles se propagent vers l'observateur au sol en donnant un son pur à la fréquence de passage des aubes ainsi que de ses harmoniques.

Il existe un deuxième phénomène générateur de bruit : c'est l'effet *buzz saw*. Lorsque la soufflante tourne à haut régime, au décollage, la vitesse à l'extrémité des pâles devient supersonique. Il se crée alors des zones de turbulences et des ondes de choc sont générées. Ces ondes se propagent vers l'avant de l'appareil et sont caractérisées par des sons purs dont les fréquences les unes des autres d'écart variant de quelques dizaines de Hz à 100 Hz.

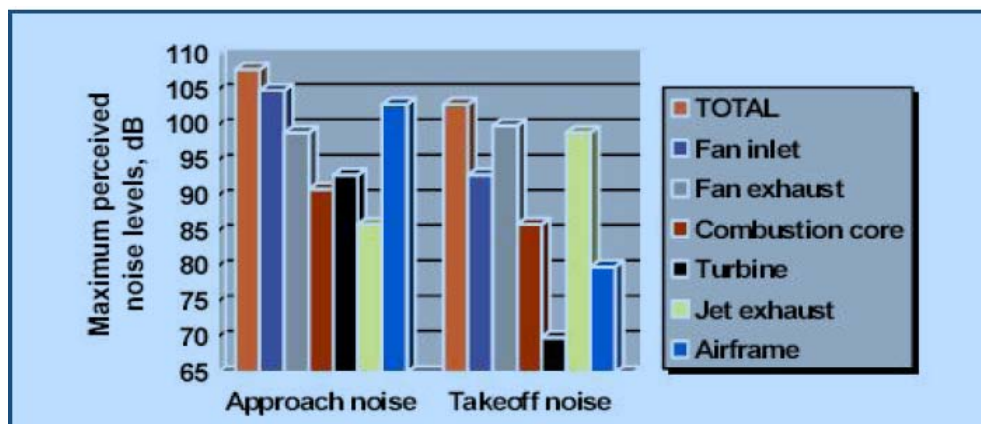
- **Bruit du jet**

Ce bruit résulte du mélange des gaz chauds à haute pression expulsés par la tuyère et de l'air ambiant. L'interaction entre les deux flux de vitesse et de température différentes est une source de bruit. Ce mélange provoque des fortes turbulences génératrices d'un bruit riche en basses fréquences (50 à 500 Hz).

- **Bruit de la turbine et de la combustion**

Ces 2 sources de bruit sont généralement difficiles à les distinguer du bruit de jet du fait de leur directivité arrière et des fréquences concernées. Le bruit de turbine, qui en approche à faible régime moteur, peut devenir une source de bruit non négligeable en particulier dans la gamme de fréquence sensible à l'oreille entre 3000 et 4000 Hz. Il possède par rapport au bruit de soufflante un certain nombre de caractéristiques propres qui sont dues au caractère même des processus aérodynamiques (détente au lieu de compression, température d'écoulement, turbulence de l'écoulement). Par contre, comme pour l'émission aval de la soufflante, le bruit de la turbine est fortement réfracté dans les gradients de vitesse du jet.

L'importance de la chambre de combustion comme source de bruit du turboréacteur est assez controversée. En effet, s'il est facile d'étudier expérimentalement et de façon séparée les autres sources de bruit, il est actuellement très difficile d'en faire autant pour la chambre de combustion sans modifier l'environnement. On lui attribue souvent les émissions sonores de moyennes fréquences.



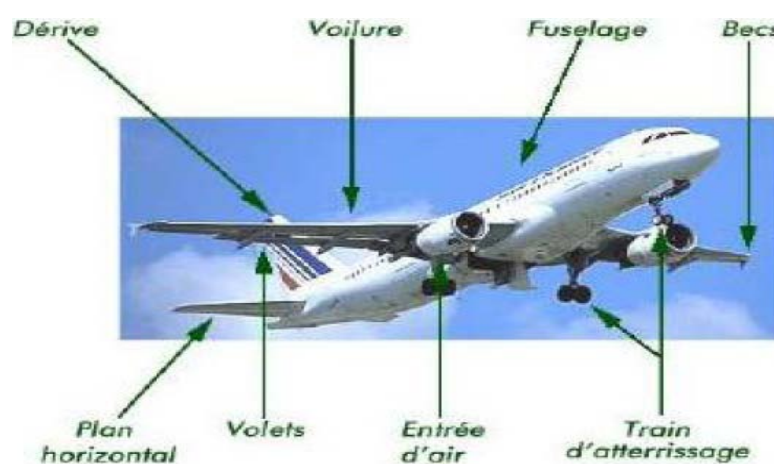
**Fig. I.4 :** Niveau sonore de chacune des sources de bruit d'un avion

### I.3.2 Bruit aérodynamique

Le bruit aérodynamique provient du contact de l'air sur la surface de l'appareil en mouvement dont les principales sources, représentées dans la figure I.5, sont : bruits de tourbillons d'air au niveau des ailes et des moteurs, bruits des becs et des volets qui freinent l'avion lors de l'approche et de l'atterrissage, bruit du train d'atterrissage, bruit de la soufflante et des jets de gaz éjectés des moteurs, etc. Ces bruits sont d'autant plus gênants que les avions restent plus longtemps à basse altitude lors de l'atterrissage.

Les nombreuses campagnes de mesures du bruit aérodynamique, réalisées systématiquement pour tout nouveau programme avion Airbus, ont permis d'identifier les différentes sources de bruit qui participent au bruit total. Le principe de ces essais est le suivant :

L'avion se présente au dessus d'une base de mesures microphoniques dans une configuration aérodynamique définie (par exemple trains d'atterrissage sortis, hypersustentateurs déployés) à vitesse stabilisée, avec un régime moteur le plus faible possible (régime ralenti), de telle sorte que seul le bruit aérodynamique de l'avion soit prépondérant. Le survol de cette base de mesure s'effectue en maintenant constante cette configuration avion. A la fin de cette procédure alors que l'avion est à faible altitude, une remise de gaz est effectuée



**Fig. I.5** : Principales sources du bruit aérodynamique

## **I.4 CERTIFICATION ACOUSTIQUE**

C'est en 1969 que le Conseil de l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) a adopté des "normes et pratiques recommandées" sur le bruit des aéronefs. Regroupées dans une annexe à la Convention de Chicago, l'Annexe 16 de l'OACI intitulée "Protection de l'Environnement". Cette réglementation est la seule action internationalement imposée pour lutter contre le bruit des aéronefs. La démonstration que tout nouvel avion respecte cette réglementation constitue la Certification Acoustique.

La certification acoustique est validée par l'Etat d'immatriculation d'un aéronef sur la base de production de preuves selon lesquelles l'aéronef répond à des spécifications au moins égales aux normes applicables.

Les pièces justificatives contiendront au minimum les renseignements suivants :

- État d'immatriculation, marque de nationalité
- Numéro de série du constructeur
- Désignation de type et de modèle de constructeur, type du modèle moteur
- Mention de modification en vue de respecter les normes de certification acoustique
- Masse maximale où les normes de certification sont acceptées
- La hauteur au dessus de la piste à laquelle la poussée a été réduite après le décollage à pleine poussée.

Les autorités compétentes, en Algérie l'ENNA (Etablissement National de la Navigation Aérienne) attestent, au vu de cette démonstration, que l'avion est conforme aux normes OACI et délivrent le certificat de limitation de nuisance.

### **I.4.1 Normes préconisées par l'OACI concernant le bruit des aéronefs**

Ces normes seront applicables à tous les avions à réaction subsoniques pour lesquels la demande de certificat de navigabilité pour le prototype a été acceptée ou au sujet desquels une autre procédure réglementaire équivalente a été appliquée par le service de certification avant le 6 octobre 1977, à l'exception des avions:

- a) qui exigent une longueur de piste inférieure ou égale à 610m à la masse maximale portée au certificat de navigabilité;
- b) qui sont équipés de moteurs dont le taux de dilution est égal ou supérieur à 2 et pour lesquels un certificat de navigabilité individuel a été émis pour la première fois avant le 1er mars 1972; ou
- c) qui sont équipés de moteurs dont le taux de dilution est inférieur à 2 et pour lesquels la demande de certificat de navigabilité pour le prototype a été acceptée ou au sujet desquels une autre procédure réglementaire équivalente a été appliquée par le service de certification avant le 1er janvier 1969 et enfin pour lesquels un certificat de navigabilité individuel a été émis pour la première fois avant le 1er janvier 1976.

## I.4.2 Méthode d'évaluation de bruit

Cette méthode comprend les rubriques suivantes :

- a) Essai de certification acoustique et conditions de mesure;
- b) Mesure du bruit des avions et des hélicoptères perçu au sol;
- c) Calcul du niveau effectif de bruit perçu à partir de mesures de bruit;
- d) Communication de données au service de certification et correction des données mesurées.

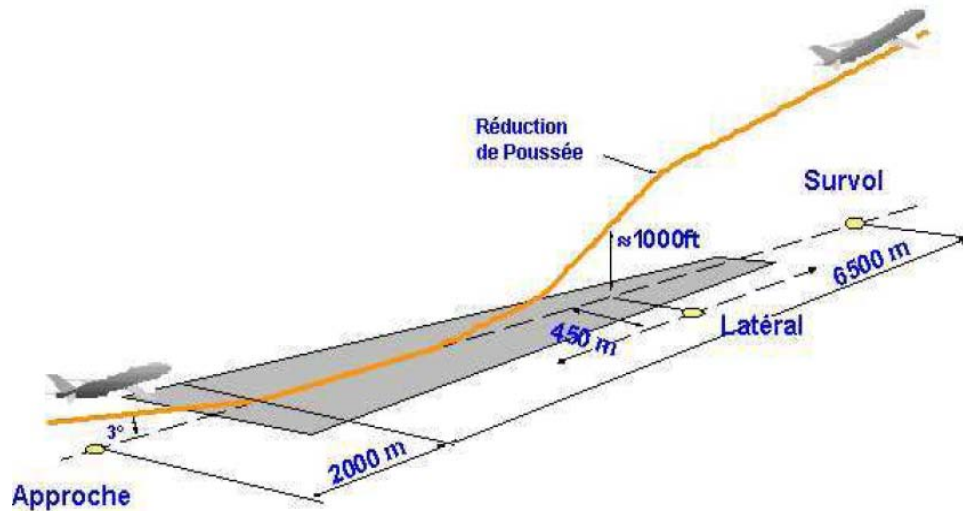
### I.4.2.1 Les points de mesures

En ce qui concerne la mesure d'évaluation de bruit, elle sera le niveau effectif du bruit perçu exprimé en EPNdB. Les niveaux de bruit engendrés par un avion n'excéderont pas les niveaux spécifiés. Un certain nombre de points de mesure sont à prendre en considération tel que :

- a) **Point de mesure latéral:** point situé sur une parallèle à l'axe de piste à 650 m de cet axe ou de son prolongement, où le niveau de bruit au décollage est maximal;
- b) **Point de mesure survolé au décollage :** point situé sur le prolongement de l'axe de piste, à une distance de 6,5 km du début du roulement au décollage;



- c) **Point de mesure à l'approche** : point au sol, situé sur le prolongement de l'axe de piste, à 120m (395 ft) au-dessous d'une pente de descente de 3° ayant son origine en un point situé à 300 m au-delà du seuil. Sur terrain plat, ce point de mesure est situé à 2 000 m du seuil.



**Fig. I.6** : Les points de mesures et procédures distinctes

#### I.4.2.2 Niveaux maximums de bruit

Les niveaux maximums de bruit aux différents points de mesure sont :

- Au point de mesure latéral et au point de mesure à l'approche: 108 EPNdB pour les avions dont la masse maximale au décollage certifiée est supérieure ou égale à 272.000 kg. Cette valeur décroît linéairement avec le logarithme de la masse de l'avion à raison de 2 EPNdB chaque fois que la masse diminue de moitié, pour atteindre la limite inférieure de 102 EPNdB à 34000 kg. Cette limite demeurant ensuite constante;
- Au point de mesure survolé au décollage: 108 EPNdB pour les avions dont la masse maximale au décollage certifiée est supérieure ou égale à 272.000 kg. Cette valeur décroît linéairement avec le logarithme de la masse de l'avion à raison de 5 EPNdB chaque fois que la masse diminue de moitié pour atteindre la limite inférieure de 93 EPNdB à 34.000 kg. Cette limite demeurant ensuite constante.



### **I.4.3 Procédures d'essai**

#### **I.4.3.1 Au décollage**

La poussée de décollage moyenne sera utilisée à partir du début du décollage jusqu'au point où l'avion atteint une hauteur d'au moins 210 m (690 ft) au-dessus de la piste et cette poussée ne sera pas ramenée à une valeur inférieure à la poussée nécessaire pour maintenir une pente de montée d'au moins 4 %.

Une vitesse égale à au moins  $V_2 + 19$  km/h ( $V_2 + 10$  kt) sera atteinte dès que possible après l'envol et maintenue pendant toute la durée de l'essai de certification acoustique au décollage.

Une configuration de décollage constante, choisie par le postulant, sera maintenue pendant toute la durée de l'essai de certification acoustique au décollage, mais le train d'atterrissage peut être rentré.

#### **I.4.3.2 A l'approche**

L'avion volera en régime stabilisé et suivant un angle de descente de  $3 \pm 0,5$ . L'approche sera effectuée à une vitesse stabilisée égale ou supérieure à  $1,3 V_s + 19$  km/h ( $1,3 V_s + 10$  kt) en régime stabilisé pendant l'approche et au-dessus du point de mesure et cette vitesse sera maintenue jusqu'à l'atterrissage normal.

La configuration de l'avion sera celle qui correspond au braquage maximal admissible des volets hypersustentateurs.

### **I.4.4 Types d'aéronefs auxquels le CDN (certificat de navigabilité) est exigé**

- AVIONS À RÉACTION SUBSONIQUES — Demande de certificat de navigabilité pour le prototype acceptée depuis le 6 octobre 1977.
- AVIONS À HÉLICES DE PLUS DE 5700 kg — Demande de certificat de navigabilité pour le prototype acceptée depuis le 1er janvier 1985 et avant le 17 novembre 1988.
- AVIONS À HÉLICES DE PLUS DE 8618 kg — Demande de certificat de navigabilité pour le prototype acceptée depuis le 17 novembre 1988.

### **I.4.5 Conditions d'essai et de mesure pour la certification acoustique**

En mettant l'accent sur l'environnement ainsi que les mesures de la trajectoire de vol, la hauteur de l'aéronef et son écart latéral par rapport à la route de vol seront déterminés par une méthode indépendante des instruments de bord ordinaires telle que la poursuite radar et des techniques photographiques. Cette méthode devant être agréée par le service de certification.

La position de l'aéronef sur sa trajectoire sera rapportée au bruit enregistré aux points de mesure, au moyen de signaux de synchronisation, sur une distance suffisante pour fournir les données nécessaires pendant le laps de temps où le bruit correspond, à 10 dB près, à la valeur maximale du PNLT.

## **I.5 SANCTIONS ET TAXES**

Les infractions le plus sanctionnées sont des dépassements de niveau de bruit global, de niveau de bruit instantané maximum autorisés, de quota de bruit ou de nombre de mouvements alloués, le non respect des trajectoires, l'exploitation des aéronefs bruyants pendant la nuit, ou toutes infractions aux spécifications figurants dans les manuels d'informations aéronautiques.

### **I.5.1 La réglementation française**

Afin d'accélérer le processus d'élimination des avions les plus bruyants, les arrêtés du 12 novembre 1980 et du 23 décembre 1980 appliquent la directive de la CEE qui recommande que les pays membres interdisent l'inscription à leur registre d'immatriculation les avions ne respectant pas les limites du chapitre 2 de l'annexe 16 à partir de 1980, et que les avions immatriculés dans les pays membres ne soient autorisés d'exploitation que s'ils respectent ces mêmes limites à partir de 1987.

La modernisation de la flotte est également encouragée par une politique incitatrice de modulation des redevances d'atterrissage :

La loi du 31 décembre 1992 institue, à compter du 1er janvier 1993, une taxe pour la mise en œuvre de dispositions nécessaires à l'atténuation des nuisances sonores au voisinage

des aéroports. Affectée à l'Agence de l'Environnement, l'intégralité de la dite taxe est destinée à couvrir les dépenses d'aides aux riverains.

Cette taxe est due par les exploitants d'aéronefs. Elle concerne les aéroports dont le nombre annuel de mouvements d'aéronefs, de masse maximale au décollage >20 tonnes, est supérieur à 40.000 (Exemple :Paris, Nice, Marseille, Toulouse avec 75.000 mouvements, Lyon).

Elle est fondée sur les éléments suivants :

- La masse avion
- Le groupe acoustique de l'avion tel que défini dans le tableau I.1 ci-dessous
- Un taux unitaire t exprimé en francs, fonction de l'aéroport
- L'heure de décollage

Le calcul de la taxe en fonction des paramètres ci-dessus est établi dans le tableau I.2.

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
B707-B727 sans t.n DC8 Trident ...	B727 (avec t.n) B737-100 avec t.n B732-200 avec t.n Caravelle 10,11,12 DC 9-20	BAC 111-200 B727 (JT8D) B747 DC9-30  DC9-40 F28	B747 SP B747 SR DC 10-30 DC 10-40  Lear jet	A300-A310 A320 BAe 146 B757  B767

t.n : traitement nacelle

**Tableau I.1** : Le groupe acoustique de l'avion

Groupe acoustique de l'aéronef	Taux (6H - 22H)	Taux (22h - 6 h)
1 et aéronefs non certifiés acoustiquement	$30 \times t \times \log M$	$40 \times t \times \log M$
2 .....	$8 \times t \times \log M$	$12 \times t \times \log M$
3 .....	$3 \times t \times \log M$	$4,5 \times t \times \log M$
4 .....	$2 \times t \times \log M$	$2,4 \times t \times \log M$
5 .....	$t \times \log M$	$1,2 \times t \times \log M$

avec  $t = 34$  F pour Paris Orly et Paris Charles de Gaulle

$t = 12.50$  F pour les autres aéroports

**Tableau I.2** : Calcul de la taxe imposée aux avions

### I.5.2 Restrictions locales

L'application de ces règlements nationaux n'est généralement pas suffisante pour résoudre les problèmes de certains grands aéroports. On assiste actuellement à une prolifération de dispositions locales. Le caractère non homogène complique sérieusement la tâche des compagnies aériennes et également celle des constructeurs. Il est en effet fréquent pour l'industriel de négocier des contrats de vente d'appareils en fonction de l'accessibilité possible de l'avion sur certains aéroports.

1°) Exemple des aéroports Londoniens (Heathrow, Gatwick, Stansted):

Depuis le 24 octobre 93, une nouvelle réglementation de bruit est entrée en application sur ces 3 aéroports. Elle classe les avions au départ et à l'arrivée en fonction de leurs niveaux de bruit de certification de la façon suivante :

$$\text{EPNdB départ} = \frac{\text{EPNdB (survol)} + \text{EPNdB (latéral)}}{2}$$

$$\text{EPNdB arrivée} = \text{EPNdB (Approche)} - 9$$

Six classes sont définies avec un système de quotas associé. Entre 23h30 et 6h du matin, une compagnie aérienne pourra utiliser ces aéroports avec un nombre de mouvements qui sera fonction de la classification des avions qu'elle utilise.

2°) Exemple de l'aéroport national de Washington :

Il existe sur cet aéroport une limitation de bruit qui est imposée aux appareils voulant atténuer ou décoller entre 22h et 7h00 du matin. La limite est fixée à 85 dBA pour les approches et à 72 dBA pour les décollages. C'est la FAA (Fédéral Aviation Administration) qui exprime les niveaux de bruit en dBA à partir des niveaux de bruit de certification exprimés en EPNB.

### 3°) Exemple de Orly :

Tout trafic commercial d'avions à réaction est interdit à Orly entre 22h30 et 5h00 du matin.

Il faut cependant reconnaître que l'application de toutes ces réglementations, consistant à sélectionner les avions autorisés à atterrir et décoller, à fermer l'aéroport durant la nuit, à imposer des procédures de décollages non standards réduisant la charge marchande et/ou la mission des avions, sont des solutions qui pénalisent les compagnies et limitent les capacités des aéroports.

## **I.6 EFFETS DU BRUIT SUR LES RIVERAINS**

La zone aéroportuaire, son activité et le trafic induit sont à l'origine de pollutions diverses. Différents milieux subissent cet impact défavorable. Le bruit est, pour les riverains, la gêne la plus importante. C'est la nuisance la plus perceptible à l'approche d'un aéroport.

On constate un impact sur la santé et le bien être des personnes soumises à un tel environnement. Certains sujets présentant des troubles physiologiques ou psychiques.

### **I.6.1 Définition du périmètre de travail**

Un site aéroportuaire, comme déjà dit, est source de multiples pollutions. Dans un dossier d'étude d'impact, chacune d'entre elles doit être traitée précisément selon les impacts générés. Le bruit est l'une de ces pollutions, et, de loin actuellement, la plus sujette à polémique : l'ambiance sonore revêt en effet de plus en plus, une très grande importance en termes de confort dans l'habitat. C'est la raison pour laquelle, dans ce document, la focalisation est faite sur le bruit produit par les aéronefs en mouvement à proximité des aéroports.

Le problème traité ici se restreint aux avions et à leur production d'énergie sonore sur l'aire considérée autour du site aéroportuaire. Ce dernier, la plupart du temps, est l'émergence des décollages et atterrissages qui est la plus gênante en termes d'énergie sonore reçue par les populations riveraines. Il s'agit de bruit d'intensités élevées et quasiment continu sur certains aéroports, tels que l'aéroport Houari Boumediene.

Il est très difficile de faire la distinction entre le bruit de trafic routier et le bruit de trafic ferroviaire imputables à l'aéroport, sauf si des études précises ont été réalisées avant l'implantation de la structure de transport aérien. Néanmoins, les composantes des effets du bruit demeurent complexes. Il convient donc de tenter d'éclaircir certains points, notamment l'analyse des effets sur la santé, incontournable étape de l'évaluation des risques sanitaires de l'étude d'impact, avant de proposer des mesures compensatoires visant à limiter les impacts de l'installation sur l'homme et l'environnement.



**Fig. I.7 :** Exemple d'un site aéroportuaire fréquenté

## I.6.2 La prise en compte des nuisances sonores

Les nuisances sonores sont prises en compte, lors de la création ou de l'extension d'aménagement aéroportuaire, selon deux moyens :

- Une étude d'impact est nécessaire.
- Une enquête publique doit être réalisée en cas de création d'un nouvel aérodrome ou d'une nouvelle piste. Le dossier soumis à enquête publique comprend :
  - Une notice explicative précisant l'objet de l'enquête et la portée des PEB,
  - L'avis des communes intéressées et de la commission consultative de l'environnement (CCE) s'il y a lieu,
  - La mention des textes qui régissent l'enquête publique.

### I.6.3 Identification des dangers sanitaires liés au bruit des avions

Les effets sur la santé liés au bruit sont multiples. En ce qui concerne les riverains d'aéroport, les conséquences sanitaires touchent essentiellement l'organisme dans son ensemble à travers diverses réponses comportementales, physiologiques et pathologiques.

#### I.6.3.1 Les dommages à l'oreille

Globalement, il existe très peu d'études sur le sujet des bruits aéronautiques et de leurs effets sur l'audition des riverains car les niveaux sonores sont relativement faibles pour altérer les fonctions auditives. Néanmoins, une exposition prolongée peut fatiguer l'oreille, et celle-ci, sans période de repos peut, à certaines fréquences, ne pas jouer son rôle pleinement.

Les conséquences du bruit d'avion sur l'être humain, riverain d'aéroport, concernent majoritairement les effets non-auditifs, correspondant aussi à des effets non spécifiques du bruit.

#### I.6.3.2 Les effets non-auditifs

Les effets non-auditifs du bruit sur les riverains sont les suivants :

- **Le sommeil** : Il ne se présente pas sous la forme d'un état unique, mais plutôt sous celle d'une succession d'états : les stades du sommeil qui sont plus ou moins profonds et au cours desquels nous sommes plus ou moins sensibles aux perturbations sonores. Le sommeil est nécessaire pour la survie de l'individu et son altération entraîne des troubles qui seront décrits par la suite.
- **Les modifications végétatives** : La perturbation d'une séquence normale du sommeil peut apparaître pour des niveaux maxima compris entre 45 et 55 dB(A). Cependant, cela ne signifie pas que pour des niveaux maxima inférieurs à ces valeurs, il n'existe plus d'effet visible du bruit. En effet les bruits d'avion entraînent des réactions EEG dès que le Leq atteint 35 dB(A). Ceci n'exclut pas le caractère nocif du cumul de ces effets du bruit à long terme. Cela indique que l'organisme du dormeur continue à réagir à ces perturbations environnementales, même si celles-ci passent complètement inaperçues pour ce dernier. La permanence de telles réponses végétatives sur des périodes

d'exposition très longues constitue un phénomène dont on ne peut exclure, à priori, d'éventuelles conséquences cliniques à long terme sur l'organisme du dormeur.

➤ **Répercussions décrites par les populations :** Ce sont les effets ressentis au lendemain des nuits perturbées. Ils sont souvent difficiles à cerner du fait de la grande variabilité de leur latence d'apparition. Ces répercussions sont :

- La perception de l'humeur et de la forme physique : L'utilisation de questionnaires appropriés sert à apprécier la forme et l'humeur du dormeur au lendemain des nuits perturbées par le bruit. Les effets de l'exposition au bruit nocturne sont le plus souvent constitués par une plainte subjective de mauvais sommeil, une mauvaise qualité de la période de veille consécutive, souvent accompagnée d'une somnolence diurne dont les effets peuvent être désastreux en termes de capacité de travail ou encore de survenue d'accidents.
- La prise de médicaments : La période nocturne est spécifique et elle provoque parfois des comportements d'excès suite à des agacements causés par l'impossibilité de trouver le sommeil. On peut citer par exemple la manipulation pharmacologique du sommeil, tel que la prise de somnifères. Lors d'un comportement de ce type, il est important de distinguer deux types de résultats :
  - La réactivité généralisée sur laquelle le somnifère agit pleinement pour éviter les périodes d'éveil,
  - La réactivité localisée qui demeure inchangée après la prise de somnifères (les réponses cardiovasculaires restent les mêmes).

Les conséquences d'habituation et de dépendance, suite à l'ingestion de ces remèdes pour trouver le sommeil, peuvent être persistantes et provoquent de graves dégâts dans la vie quotidienne (endormissement au volant d'un véhicule par exemple). Il faut rappeler qu'il s'agit dans ce cas d'un sommeil artificiel, qui n'a pas les mêmes qualités qu'un sommeil naturel.

Une étude épidémiologique des troubles anxio-dépressifs réalisée autour de l'aéroport ROISSY de Paris présente les fréquences de certains effets possibles du stress sur la santé.



Effets possibles du stress sur la santé	Fréquence chez les patients		Odds Ratio (OR)	Intervalle de Confiance 95 % (IC 95)
	zone exposée	zone témoin		
Benzodiazépines*	43 %	13 %	5,46	2,62-11,59
Autres somnifères	30 %	12 %	3,18	1,50-6,83

\*Groupe des substances psychotropes à effet sédatif utilisées pour réduire les états de stress

**Tableau I.3 :** Prise de médicaments à effet somnifère dans une population exposée et une population témoin

Ces paramètres reflètent bien la vulnérabilité des populations vivant dans les zones de bruit élevé à proximité des couloirs aériens. En outre, il existe un certain nombre de facteurs de situation tels que l'ambiance familiale, les sollicitations de la vie socioprofessionnelle, les tracas et les peines du moment, l'existence de troubles de la santé, pouvant influencer la prise de médicaments.

### I.6.3.3 Valeurs guides de l'organisation mondiale de la santé

Le tableau ci-dessous ne présente pas les recommandations de l'OMS, mais bien les valeurs minimales pour lesquelles l'effet est observé.

Environnement	Effets critiques	Leq (dBA)	Base temps (h)	Lmax (dBA)
Zone résidentielle (extérieur)	Gêne moyenne en journée et soirée	50	16	-
Intérieur d'une habitation	Intelligibilité d'un discours	35	16	-
Chambre à coucher intérieur	Troubles du sommeil la nuit	30	8	45
Chambre à coucher extérieur	Troubles du sommeil (fenêtre ouverte)	45	8	60

**Tableau I.4 :** Valeurs guides de l'OMS pour le bruit ambiant

## **I.7 MAITRISE DE L'URBANISME**

La maîtrise de l'urbanisation autour des aérodromes est directement liée à l'existence d'un PEB et repose sur un principe général défini qui dit que « dans les zones définies par le plan d'exposition au bruit, l'extension de l'urbanisation et la création ou l'extension d'équipements publics sont interdites lorsqu'elles conduisent à exposer immédiatement ou à terme de nouvelles populations aux nuisances de bruit ».

Ce plan est un document d'urbanisme. Les schémas de cohérence territoriale, les schémas de secteur, les plans locaux d'urbanisme (exemple des plans d'occupation des sols), les plans de sauvegarde et de mise en valeur ainsi que les cartes communales doivent être compatibles avec le plan d'exposition au bruit.

La réglementation de l'urbanisation dans les zones considérées vise à organiser l'utilisation des sols dans l'environnement des aérodromes. Cette organisation n'a pas pour but de stériliser cet environnement mais d'y interdire ou limiter la construction de logements, dans l'intérêt même des populations, et également d'y prescrire des types d'activités peu sensibles au bruit, compatibles avec le voisinage d'un aérodrome.

## **I.8 LES AIDES A L'INSONORISATION**

Afin d'aider les riverains des plateformes aéroportuaires dans l'insonorisation de leurs logements, une taxe est imposée aux avions les plus bruyants. Ainsi dans le cadre du plan français d'actions contre le bruit lancé le 6 octobre 2003, le dispositif a fait l'objet d'une réorganisation de la taxe antibruit. A compter du 1er janvier 2005, le volet « bruit aérien » de la TGAP (Taxe Générale sur les activités polluantes) a ainsi été remplacé par la Taxe sur les nuisances sonores aériennes (TNSA), dont le montant est directement et intégralement affecté à l'isolation acoustique. La TNSA est perçue par la DGAC. Chaque décollage de plus de 20 tonnes est donc taxé en fonction de la masse maximale au décollage de l'avion, de la catégorie acoustique de l'appareil et de l'heure de décollage.

Le dispositif d'aide, géré par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) sur des crédits qui lui sont affectés par le ministère chargé de

l'environnement, permet de financer à hauteur de 80 % (voire 90 ou 100 % selon les revenus du demandeur) l'insonorisation des logements (hôtels exceptés) et à 100 % l'insonorisation des établissements d'enseignement et des locaux à caractère sanitaire ou social (décret n° 99-457 du 1er juin 1999) situés dans le Plan de gêne sonore (PGS) de l'aérodrome.

Pour atténuer le bruit aux riverains la construction d'un mur antibruit autour de la plateforme paraît comme le moyen le plus efficace.

## **II.1 INTRODUCTION**

Les avions sont les principaux responsables du bruit, étant donné la forte intensité des sons qu'ils produisent. On constate un impact sur la santé et le bien-être des personnes soumises à un tel environnement, certains sujets présentant des troubles physiologiques ou psychiques. Des solutions à ce problème doivent être impérativement trouvées.

Dans ce chapitre, nous allons voir comment faire pour lutter contre le bruit des aéronefs en citant les techniques mises en œuvre pour la réduction du bruit à la source, ainsi que les procédures de navigation aérienne à moindre bruit et les procédures opérationnelles appropriées.

## **II.2 REDUCTION DU BRUIT A LA SOURCE**

Depuis plus de 30 ans, l'OACI consacre la plupart de ses efforts dans le domaine du bruit des aéronefs et sa réduction à la source. Les avions et les hélicoptères, construits de nos jours, doivent satisfaire les normes de certification acoustique adoptées par le Conseil de l'OACI et reproduites dans le Volume I — *Bruit des aéronefs* de l'Annexe 16 à la Convention relative à l'aviation civile internationale. Les trente dernières années de recherches ont permis des avancées technologiques considérables, en réduisant le bruit global d'une vingtaine de décibels. Le niveau de pression acoustique d'un avion moderne est dix fois moins fort que celui de ses ancêtres.

### **II.2.1 Enjeu socio-économique**

La réduction du bruit des avions aux environs des zones aéroportuaires est devenue un enjeu socio-économique majeur. En effet, du fait de l'augmentation continue du nombre de vols mais aussi de la capacité (et donc de la taille) des avions, le trafic aérien est en constante croissance. De par les forts niveaux sonores émis par les aéronefs en phase de décollage et d'approche, cette croissance compromet l'intégration harmonieuse de l'activité aéronautique commerciale au sein de l'environnement.

## II.2.2 Défi scientifique et technique

Si la réduction du bruit des avions est une notion claire pour tous, elle s'avère être un problème des plus difficiles. En effet, les diverses émissions sonores que produit un aéronef au décollage ou en approche font intervenir des mécanismes physiques nombreux, complexes et encore mal connus à ce jour. C'est ce qui fait de ce problème un défi à la fois scientifique et technique, prédiction et réduction des émissions acoustiques présupposant une compréhension fine des phénomènes impliqués.

## II.2.3 Nouvelles technologie et Nouveaux matériels

### II.2.3.1 La soufflerie CEPRA19 (ONERA)

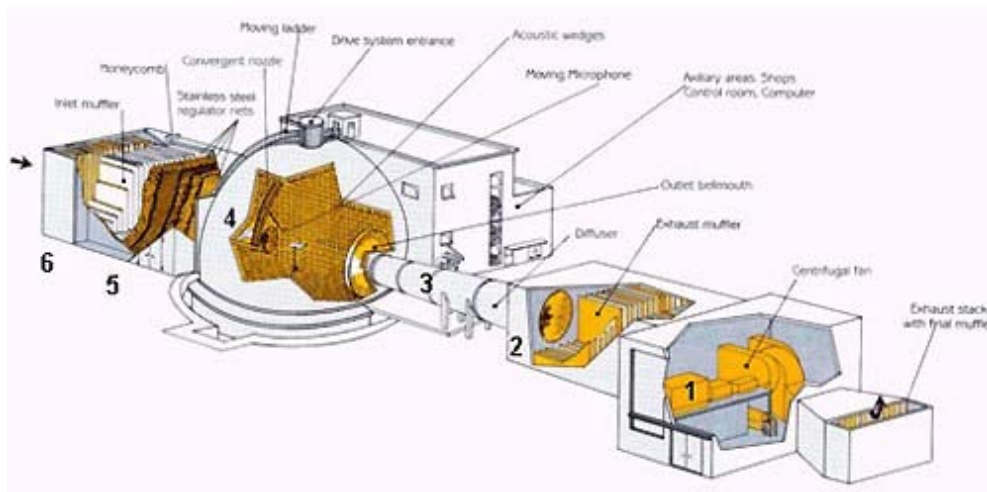
CEPRA19, soufflerie de l'ONERA située à Saclay et construite à la fin des années 70 afin de tester les moteurs supersoniques du Concorde, est un moyen d'essai quasi-unique en Europe qui devrait permettre aux chercheurs d'atteindre d'ici 10 ans l'objectif de réduire le bruit des avions en moitié.



**Fig.II.1** : La soufflerie CEPRA19

Des chercheurs, de l'Office National d'Etudes et de Recherche Aérospatiales (ONERA) en France, participent aujourd'hui à un vaste programme européen nommé SILENCE(R) visant à réduire le bruit aérien de 4 décibels d'ici 2010. Pour cela, l'ONERA dispose, au Centre d'Essais des Propulseurs en Essonne (plateau de Saclay) de "CEPRA19", d'une soufflerie conçue pour l'étude aéroacoustique du bruit des moteurs d'avions, spécialement le bruit dû aux écoulements des gaz chauds sortant des moteurs (ou bruit de jet).

CEPRA19 est constituée d'une partie principale appelée chambre anéchoïque dans laquelle toute réverbération acoustique est supprimée. Une couverture de "dièdres" en mousse, tapissant la chambre d'essai, permet d'absorber toutes les fréquences sonores qui pourraient parasiter les instruments de mesure (évite les réflexions sur le mur, les interférences). Elle permet de réaliser dans les meilleures conditions l'étude acoustique de moteurs à l'échelle 1/10 montés sur des maquettes d'avions.



**Fig.II.2** : Constitution de la soufflerie CEPRA19

Un circuit spécifique, à l'intérieur du cepra 19, simule l'air s'engouffrant dans le moteur. S'associent à cela des appareils acoustiques de grande qualité pour mesurer les phénomènes acoustiques. La mesure acoustique du bruit est assurée par deux rangées de micros: l'une en "sous-trace" (comme si l'avion les survolait) et l'autre en "visée latérale" (comme si un observateur voyait passer l'avion devant lui, dans le ciel). Enfin, la soufflerie, à l'aide d'un ventilateur entraîné par un moteur électrique plus un circuit aérodynamique, recrée les caractéristiques de l'écoulement dans lequel le moteur se trouve, jusqu'à 130 m/s (450 km/h).

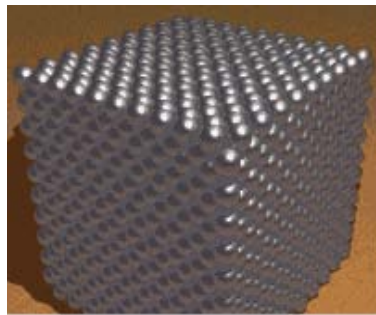
Le circuit fonctionne de la manière suivante :

- 1- Un énorme "aspirateur" fait rentrer l'air extérieur qui s'écoule de façon laminaire. On aspire beaucoup d'air à faible vitesse, ce qui ne génère pas de bruit.
- 2- L'air est transformé en un écoulement convergent, un jet qui rentre dans une sphère.

- 3- Dans cette sphère, le moteur d'avion est soumis, comme en altitude, au flux intense de l'air, ce qui permet d'étudier les phénomènes aéroacoustiques. À la sortie de la sphère le flux d'air est ralenti dans un conduit.
- 4- Un système "silencieux" coupe le bruit généré par le flux d'air et évite la réflexion du bruit.
- 5- Un moteur centrifuge permet de faire sortir l'air à l'extérieur.

### II.2.3.2 La course au silence

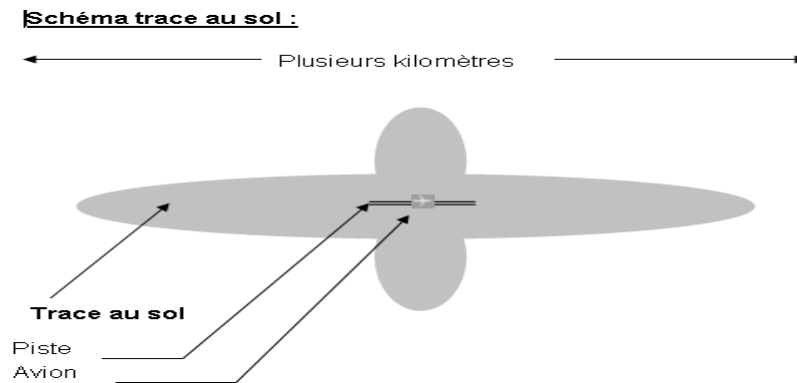
La course au silence est un matériau d'avenir pour limiter le bruit des moteurs. Ce bloc de mousse métallique anti-acoustique est constitué d'un empilement de sphères soudées entre elles (3 mm de diamètre), une structure où aucun son ne peut sortir. Des chercheurs ont donc conçu une mousse métallique dont la structure très particulière atténue le bruit.



**Fig.II.3** : La course au silence

### II.2.3.3 Réduction de la trace au sol

La "trace au sol" représente la répartition du bruit au sol en dessous de l'avion lors de sa trajectoire d'approche, d'atterrissage et de décollage. Elle peut-être grosso modo comparée au cône d'ombre d'un objet passant sous une lumière. Par coïncidence, cette trace au sol a la forme de l'avion. Habituellement, cette distribution du son est très étendue et se fait sur plusieurs kilomètres autour de la piste d'où les nuisances sonores (Fig.II.4). En effet, plus la pente de l'avion est faible plus le bruit qu'il diffuse est persistant. Cela est dû au fait qu'à régime moteur égal. Pour le décollage, la réglementation impose aux avions de s'élever suivant une pente plus élevée (6 ou 7°), ce qui diminue la nuisance sonore (même si celle-ci reste non négligeable).



**Fig.II.4 :** Schéma trace au sol

#### II.2.3.4 Moteurs sur les ailes ou au-dessus du fuselage

Autre axe de recherche est d'étudier le positionnement des moteurs par rapport aux ailes ou au fuselage de façon à ce qu'ils soient moins bruyants". Désormais peut-être, les réacteurs des avions de ligne seront situés sur les ailes ou au-dessus du fuselage. Mais si les travaux de CEPRA19 associés aux autres projets européens profiteront aux riverains, ils représentent aussi un enjeu économique considérable pour les compagnies aériennes car le durcissement croissant des réglementations au niveau du bruit ces dernières années impose aux compagnies dont les avions sont trop bruyants de payer des taxes importantes et leur interdit d'exploiter ces avions sur certains créneaux horaires. Des avions silencieux possèderaient donc un avantage commercial évident.



- a - Moteurs sur des ailes



- b - Moteurs au-dessus du fuselage

**Fig.II.5 :** Exemples des moteurs sur ailes et au-dessus du fuselage



### II.2.3.5 Atténuation du bruit de l'hélice

Le bruit de l'hélice a deux sources principales :

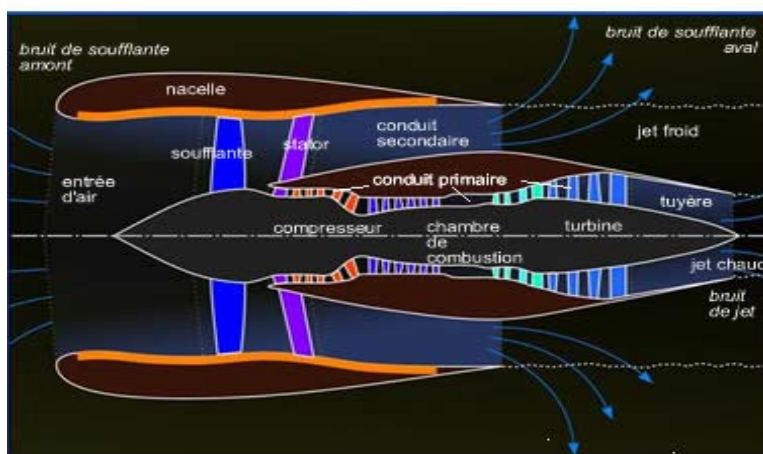
- **Le bruit d'épaisseur** : C'est le volume d'air chassé par les pales au cours de leur mouvement. Ce bruit est fonction du nombre de pales, de la vitesse d'avancement, de la vitesse périphérique et de l'épaisseur. Il augmente si le nombre de pales augmente et diminue si :
  - la vitesse périphérique diminue,
  - la vitesse d'avancement augmente.
  
- **Le bruit de charge** : C'est l'accélération communiquée au fluide par les pales. Il est d'autant plus élevé que la traction est importante. Ce bruit est fonction du nombre de pales, de la vitesse d'avancement, de la vitesse périphérique, de la traction et du couple. Il augmente si la vitesse d'avancement diminue et diminue si :
  - la vitesse périphérique diminue,
  - le nombre de pales augmente.

L'optimisation de l'hélice est donc un processus difficile à maîtriser vu les interférences entre les différents facteurs. La difficulté est que les moteurs sont conçus pour donner leur puissance maximale pour un nombre de tours donné. Il faut donc diminuer le diamètre des hélices d'où une diminution de la puissance propulsive et par conséquent une augmentation du nombre de pales et corrélativement une augmentation du bruit d'épaisseur. Ceci explique les pertes de performances constatées sur les avions remorqueurs équipés d'hélices multipales non optimisées.

### II.2.3.6 Réduction du bruit de jet

Les progrès réalisés dans le domaine du bruit durant ces 30 dernières années se distinguent par **3** phases d'évolution successives du système propulsif :

- La première phase correspond aux turboréacteurs monoflux ou à faible taux de dilution ( $k_2$ ) pour lesquels le bruit de jet est la source de bruit dominante. Les zones de mélange du jet avec l'air ambiant sont les plus acoustiquement énergétiques. Situées à plusieurs diamètres en aval de l'éjection, elles se sont révélées très difficiles à traiter. Pratiquement les technologies de réduction du bruit de jet, consistant à introduire des silencieux dans la tuyère d'éjection, se sont traduites par une efficacité acoustique proportionnelle à une perte de poussée difficilement acceptable.
- La deuxième phase correspond à l'apparition au début des années 70 des premiers turboréacteurs double flux à faible taux de dilution ( $h-2$ ). Le bruit de jet reste prédominant mais les niveaux sonores, à puissances égales, sont nettement plus faibles. Dans ce type de moteurs, la force propulsive est fournie à la fois par le jet primaire de combustion et par un jet secondaire coaxial généré uniquement par la propulsion de l'air au travers de la soufflante. Sa vitesse plus faible que celle du jet primaire a contribué à réduire le bruit de jet. De plus ce jet secondaire qui entoure le jet primaire participe par un certain effet de masque à la diminution du bruit émis par le jet primaire.
- La troisième phase correspond aux turboréacteurs actuels, double flux à grand taux de dilution ( $305$ ) se caractérisant par un bruit de jet relativement faible et un bruit de soufflante pratiquement prédominant à tous les régimes.



**Fig.II.6 :** Vue schématique d'un turboréacteur double-flux classique (à droite), de la partie tuyère et du rayonnement aval du bruit de soufflante

Il est important de remarquer que durant ces **3** phases d'évolution des turboréacteurs, la réduction du bruit de jet qui est due à une diminution des vitesses d'éjection compensée par des augmentations de débit n'est que le sous produit des progrès technologiques ayant permis la réduction des consommations spécifiques des moteurs.

### **II.2.3.7 Pots accordés**

Prenons le cas d'un moteur avec échappement libre, les explosions se succèdent les unes après les autres sans se chevaucher. Nous supprimons l'échappement libre et nous raccordons, par des conduits, les sorties des culasses au pot d'échappement. Ces conduits, vu la géométrie du moteur, ne vont pas avoir tous la même longueur. Du fait de cette différence de longueur, les temps mis par les ondes de pression pour parcourir leur conduit sont plus ou moins longs d'où le risque de voir se chevaucher deux explosions dans le pot d'échappement. Ceci va correspondre à une augmentation de la contre pression, en conséquence un mauvais remplissage du cylindre concerné et une diminution de la puissance du moteur.

Depuis deux ou trois ans, les constructeurs français Chabord et SCAI-TECH, vantent les mérites de leurs silencieux à pots accordés et font état non seulement d'une diminution des nuisances sonores mais aussi d'amélioration de performances. Dans le pot accordé, tous les conduits ont la même longueur donc suppression des chevauchements et des contre pressions parasites ce qui entraîne corrélativement une augmentation de la puissance moteur. Il paraît souhaitable que les constructeurs suppriment cette augmentation de puissance en la ramenant à la valeur d'origine par augmentation de l'absorption. Ceci aurait pour effet d'améliorer l'atténuation des nuisances sonores puisque tel est le but recherché.

### **II.2.3.8 Silencieux double flux**

Dans les silencieux double flux, on mélange de l'air froid aux gaz d'échappement ce qui n'a aucun effet sur le niveau sonore mesuré en dB mais, par contre, diminue la fréquence sonore perçue. Les sons perçus sont donc plus graves et moins désagréables pour l'oreille ce qui se traduit par une diminution du niveau de bruit en dBA.

### II.2.3.9 Réduction du bruit des parties tournantes

Parallèlement à l'augmentation des taux de dilution, les études aéroacoustiques (menées sur les mécanismes de génération du bruit dans les composants majeurs des turboréacteurs, sur la propagation du son dans les conduits et sur les matériaux insonorisants) ont permis l'incorporation dans les systèmes propulsifs modernes, et ce dès la conception, de technologies efficaces du contrôle acoustique à la source. Citons, comme exemple, concernant la soufflante et les compresseurs et les turbines :

- Le choix optimal du couple vitesse de rotation - charges aérodynamiques sur les aubes, à iso performances.
- L'optimisation du nombre d'aubes fixes et mobiles de telle sorte que les nombres de Mach de rotation des modes circulaires soient inférieurs au nombre de Mach critique (Cut off frequency).
- L'augmentation de l'espacement rotor stator qui permet de réduire les bruits d'interaction.
- La suppression des aubes fixes qui sont sources de perturbation amont.
- La sélection de matériaux insonorisants pour revêtir les parois de la manche d'entrée d'air et du conduit secondaire d'éjection.

L'implantation de toutes ces solutions, associée à l'augmentation des taux de dilution, ont conduit, sur les moteurs actuels, à un équilibre entre les différentes sources de bruit, bien que les efforts actuels mis en œuvre pour réduire encore plus le bruit de l'une de ces sources ont des effets faibles sur le bruit total pour un coût souvent important de la modification envisagée.

## II.2.4 Contrôle actif du bruit

### II.2.4.1 Définition et principe de l'antibruit actif

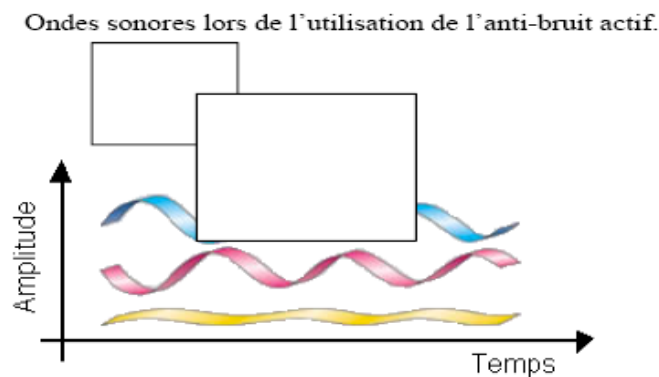
Le principe de l'antibruit actif est d'annuler un bruit indésirable. Le bruit étant véhiculé par la propagation d'une onde de pression dans l'air, il est en effet possible d'éliminer ce bruit en lui superposant une onde de pression en opposition de phase (inversée) de telle sorte que l'onde résultante soit quasiment nulle. La création de ce bruit opposé au bruit à traiter

nécessite l'usage d'une ou plusieurs sources (par exemple des haut-parleurs). Des capteurs, comme des microphones, sont également nécessaires pour obtenir des informations sur le champ acoustique à traiter. Enfin, le cœur de l'antibruit actif électronique est constitué d'un calculateur, analogique ou numérique, qui se charge à créer le contre-bruit de telle sorte qu'il soit effectivement en opposition de phase avec le bruit à éliminer.

#### II.2.4.2 Origine du contrôle actif du bruit

La théorie de l'antibruit actif a été découverte en 1930. Les priorités de l'époque n'ont pas permis son exploitation. De ce fait, c'est seulement à partir des années 90 que plusieurs équipes de scientifiques rentent cette théorie à l'ordre du jour.

Les nouveaux processeurs de traitement numérique des signaux (DSP) sont de plus en plus puissants et performants. Ils permettent ainsi l'utilisation des algorithmes de traitement de signaux sophistiqués. Ces algorithmes permettent l'analyse et le contrôle en temps réel des structures mécaniques complexes.



**Fig.II.7** : Ondes sonores lors de l'utilisation de l'anti-bruit actif

#### II.2.4.3 Applications des systèmes de contrôle actif

Aujourd'hui, le champ d'application des systèmes de contrôle actif est relativement vaste. Il pourrait être un outil très efficace pour la lutte contre le bruit généré dans les aéroports. L'antibruit actif se décline en deux types de configurations : le *feedback* et le *feedforward*.

Le *feedback* ne gère que les vibrations dont il dispose au point à contrôler. Le contrôleur joue sur la prédictibilité de ce que sera le son nuisible quelques fractions de secondes plus tard. Le seul bémol de ce système est sa faible capacité à s'adapter aux brusques changements de fréquence.

Les contrôleurs *feedforward* sont placés autour de l'aéroport et dans les zones habitées environnantes. Ils analysent la fréquence, le type de bruit et la distance de la source sonore. Puis, après le traitement du signal obtenu, le contre-bruit est émis en direction de celle-ci. Il est désormais possible d'enregistrer le bruit 3 mètres avant les diffuseurs de contre bruit.

On a ainsi le temps d'analyser l'intensité et la fréquence, et d'envoyer un contre-bruit avec un degré de ressemblance de 0,5 %. En revanche si l'onde du bruit et celle du contre-bruit ne sont pas exactement en phase inverse, on obtient un résultat opposé à celui que l'on recherche. En effet à ce moment-là les ondes se combinent et le bruit augmente au lieu d'être réduit.

Les diffuseurs sont constitués d'une quinzaine de haut-parleurs, un seul ne suffisant pas. Tous sont indépendants les uns des autres. Ils sont fixés en grappe au sommet de lampadaires. L'ensemble de ces émetteurs constitue une sorte de périmètre de sécurité où l'onde nuisible est systématiquement «cassée ».

Les résultats obtenus sont plus qu'encourageants. Un avion moderne émet environ 85 décibels au moment du décollage. Le dispositif réduit le bruit entendu par les riverains de 20 décibels, ce qui le rapproche de la norme européenne du confort fixée à 60 décibels.

Actuellement en cours de développement dans les ateliers de la **SNECMA**, ce système est aussi disposé sur les réacteurs des avions (Fig.II.8). Des microphones sont placés à l'avant, au niveau de l'admission. Le bruit généré par la combustion est tout de suite enregistré puis analysé. Les hauts parleurs, placés sur le profil de la tuyère, émettent le contre-bruit adéquat pour atténuer le bruit du moteur. Cette configuration a pour avantage d'être très proche de la source, ce qui permet une analyse optimale sans risque de déformation. L'efficacité est améliorée et la ressemblance entre le bruit et le contre-bruit devient encore meilleure. De plus le contrôleur *feedforward* suit en permanence la source de nuisance.

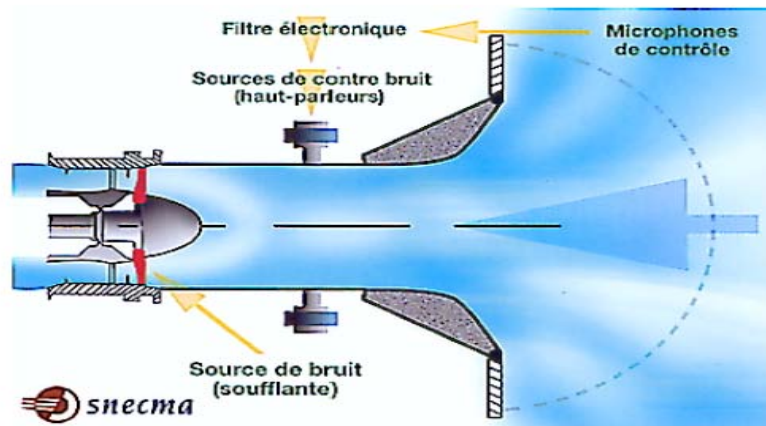


Fig.II.8 : Réduction active du bruit dans la manche d'entrée d'air

## II.3 PROCEDURES D'EXPLOITATION A MOINDRE BRUIT

### II.3.1 Procédures de décollage

Ces procédures d'exploitation, pour la montée après le décollage, ont été établies de manière à garantir la sécurité ainsi que l'atténuation du bruit. Pour cela, il existe deux procédures recommandées : La procédure A et la procédure B (voir ci-dessous). Le choix de telle procédure dépendra de la répartition du bruit souhaitée ainsi que le type d'avion. Il existe une troisième procédure dite spéciale qui est mise au point respectant les limites dans le cas où les deux premières procédures ne conviennent pas.

#### II.3.1.1 Procédure A

La procédure A permet une réduction de bruit au cours de la dernière partie de la procédure. Elle est définie par la figure II.9.

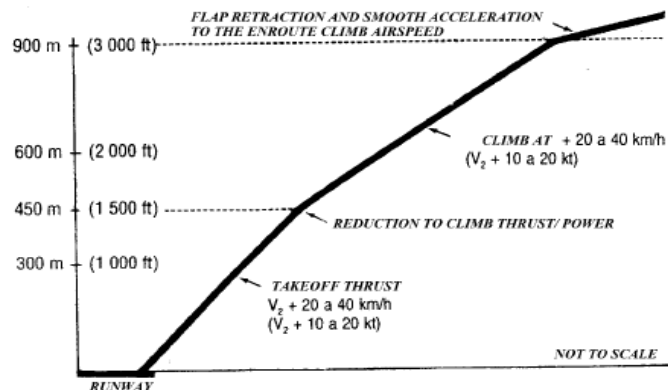


Fig.II.9 : Décollage moindre bruit OACI-A

D'après cette figure, les étapes à suivre sont :

- **Décollage jusqu'à 450m (1500 ft) au dessus de l'altitude de l'aérodrome**
  - Régime de décollage
  - Volets au braquage de décollage
  - Montée à  $V_2 + 20$  à 40 Km/h ( $V_2+10$  à 20 kt) ou à la limite imposée par l'angle d'inclinaison du fuselage
  
- **A 450 m (1500 ft)**
  - Réduction à un régime au moins égal au régime de montée
  
- **De 450 m (1500 ft) à 900 m (3 000ft)**
  - Montée à  $V_2 + 20$  à 40 Km/h ( $V_2+ 10$  à 20 kt)
  
- **A 900 m (3 000 ft)**
  - Accélération progressive jusqu'à la vitesse de montée en route avec rentrée de volets suivant la procédure habituelle

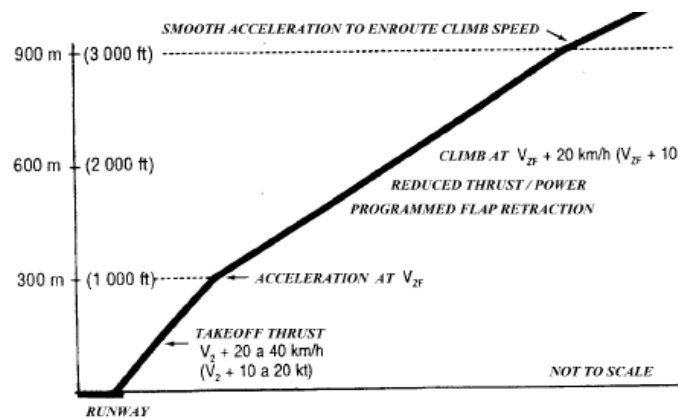
### II.3.1.2 Procédure B

La procédure B permet une réduction de bruit à proximité de l'aéroport et est définie comme l'indique la figure II.10.

L'exploitation de la procédure B se fait de la manière suivante :

- **Décollage jusqu'à 300 m au dessus de l'altitude de l'aérodrome**
  - Régime de décollage
  - Volets au braquage de décollage
  - Montée à  $v_2 + 20$  à 40 km/h ( $v_2 + 10$  à 20 kt)





**Fig.II.10** : Décollage moindre bruit OACI-B

➤ **A 300 m (1 000 ft)**

- Maintien d'une vitesse de montée positive, accélération jusqu'à la vitesse minimale de sécurité de manœuvre avec volets à zéro ( $V_{ze}$ ), rentrée des volets suivant la procédure habituelle, puis réduction de la poussée en respectant les critères suivants :

a) Pour les moteurs à taux de dilution élevé, réduire au régime normal de montée,

b) pour les moteurs à faible taux de dilution, ramener le régime au-dessous de sa valeur normale de montée, sans qu'il soit inférieur à la valeur nécessaire pour maintenir la pente de montée finale au décollage avec un moteur en panne, et

c) pour les avions dont les volets rentrent lentement, réduire le régime à une position intermédiaire des volets.

➤ **De 300 m (1 000 ft) à 900 m (3 000 ft)**

- Poursuivre la montée à une vitesse ne dépassant pas  $V_{zf} + 20$  km/h ( $V_{zf} + 10$  kt)

➤ **A 900 m (3 000 ft)**

- Accélérer progressivement jusqu'à la vitesse de montée en route

### II.3.2 Procédures d'approche

Les procédures d'approche à moindre bruit à élaborer ne devront pas :

- a) exiger que l'avion soit dans une configuration autre que la configuration finale d'atterrissage en un point quelconque après avoir franchi le plus en amont des points suivants : Radioborne extérieure ou point situé à 5NM du seuil de la piste sur laquelle il est prévu d'atterrir ;
- b) exiger des vitesses verticales de descente excessives.

### **II.3.3 Seuils décalés**

La pratique qui consiste à utiliser un seuil décalé à titre de mesure antibruit ne devra pas être employée à moins qu'elle ne permette une réduction sensible du bruit des aéronefs et que la longueur de piste restante offre la sécurité nécessaire et soit suffisante pour répondre à tous les besoins de l'exploitation.

La réduction des niveaux de bruit sur les côtés et à l'extrémité d'une piste peut être obtenue en décalant le commencement du décollage, mais souvent au prix d'un accroissement de l'exposition au bruit sous la trajectoire de décollage. Si le seuil d'atterrissage est décalé, il faudra pour des raisons de sécurité, baliser clairement le seuil pour bien indiquer le décalage et la nouvelle implantation des aides d'approche.

### **II.3.4 Changement de configuration et vitesse**

Aucune variation par rapport aux configurations et vitesses correspondant à la phase de vol considérée ne devra être rendue obligatoire.

### **II.3.5 Mesures à court et moyen terme**

Les mesures à court terme peuvent être appliquées en conservant l'état des avions, les équipements et les infrastructures ATC du contrôle aérien. Cela implique que de telles améliorations se limitent à des affinements sur les procédures et les trajectoires existant actuellement, et peuvent être mises en œuvre sans outil ATC ou avionique supplémentaire. Ces mesures sont :

- ✓ Optimisation des procédures de décollage (dans le plan vertical);
- ✓ Augmentation de la pente du glide pour l'approche;
- ✓ Opérations d'atterrissages utilisant deux seuils différenciés sur la même piste;

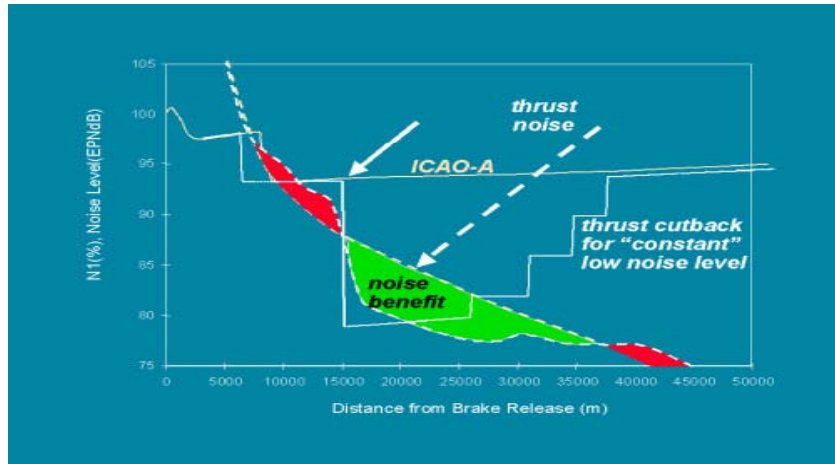
- ✓ Procédures d'arrivée et de départ utilisant la navigation de précision, incluant de nouvelles fonctionnalités pour les FMS ou la gestion du trafic aérien;
- ✓ Utilisation réduite des volets - en restant dans les limites de la certification - pour l'approche finale et l'atterrissage;
- ✓ Mise en configuration d'atterrissage plus tardive;
- ✓ Augmentation de l'altitude du segment horizontal pour l'interception du glide vers la piste;
- ✓ Approche à descente continue avec régime moteur réduit en utilisant les fonctions des FMS actuels, se finissant par une approche ILS conventionnelle.

Les nouvelles procédures pourront s'appuyer sur de nouvelles aides à la navigation (tels que GNSS, MLS) et sur l'existence de systèmes avioniques évolués dans les cockpits (évolution du FMS par exemple). La nécessité de moderniser les systèmes aéroportés ou au sol sera prise en compte, ainsi que le fait que l'introduction de certains nouveaux systèmes est de toute façon prévue.

#### **II.3.5.1 Optimisation des procédures de décollage :**

Pour optimiser les procédures de décollage au regard du bruit en ajustant différents paramètres :

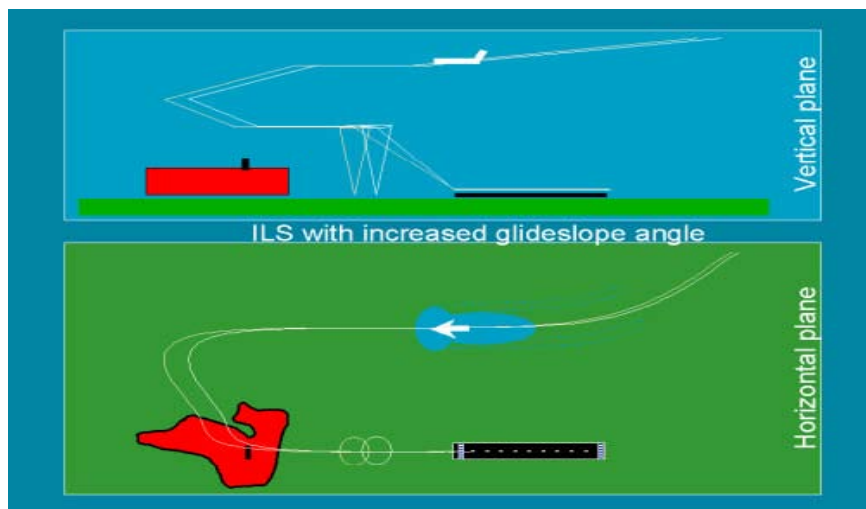
- **La configuration de décollage et les vitesses**, pour rechercher une meilleure pente de montée (plus inclinée), qui permet d'augmenter la distance entre la source de bruit et l'observateur au sol. Les modifications dans la configuration de décollage peuvent avoir un impact sur l'émission de bruit : les volets, les becs et le train sont des générateurs de bruit bien connus ;
- **La puissance de montée pendant le décollage** : une réduction de poussée réduit en elle-même le niveau de bruit généré. En revanche, elle implique une pente de montée plus faible, d'où une réduction de la distance verticale entre l'avion et l'observateur.



**Fig. II.11** : Procédure de départ optimisée

### II.3.5.2 Augmentation de la pente du glide pour l'approche

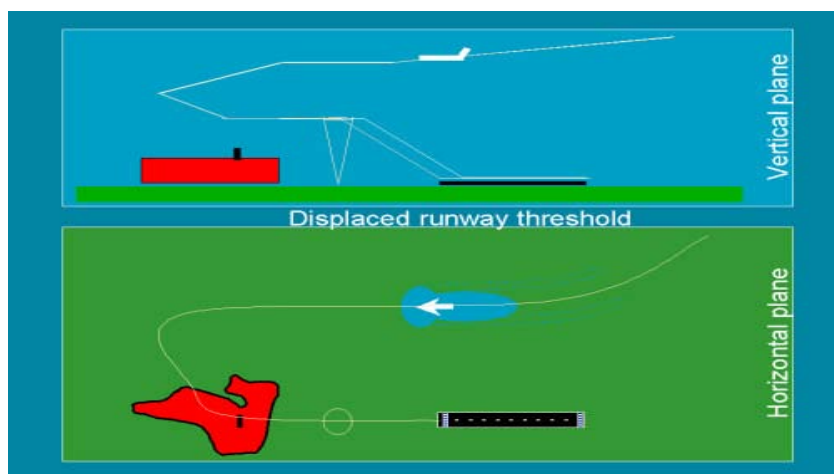
L'application d'un angle plus important sur le glide pour un type d'avion donné en conservant une vitesse air constante dans la configuration d'atterrissage définie implique une réduction de la poussée moteur. De plus, l'avion survolera le sol à une altitude plus élevée, ce qui augmente la distance verticale. Comme la réduction de la poussée moteur entraîne une réduction de l'émission sonore (à la source), une telle mesure pourrait résulter en une empreinte de bruit plus petite sous l'avion en approche (jusqu'à 11 Km par exemple pour une interception à 2000 pieds).



**Fig. II.12** : Augmentation de la pente du glide

### II.3.5.3 Atterrissages avec double seuils sur la même piste :

Le concept d'atterrissages avec double seuil de piste permet de décaler le contour de bruit vers l'aéroport en autorisant les petits et moyens porteurs à faire des approches sur un seuil de piste décalé, c'est-à-dire un atterrissage qui vise un point plus loin que le début de la piste. Il convient de remarquer que cette mesure a été introduite à l'origine pour une question de capacité, même si une conséquence induite est qu'elle pourrait avoir un effet positif sur le bruit global autour de l'aéroport.



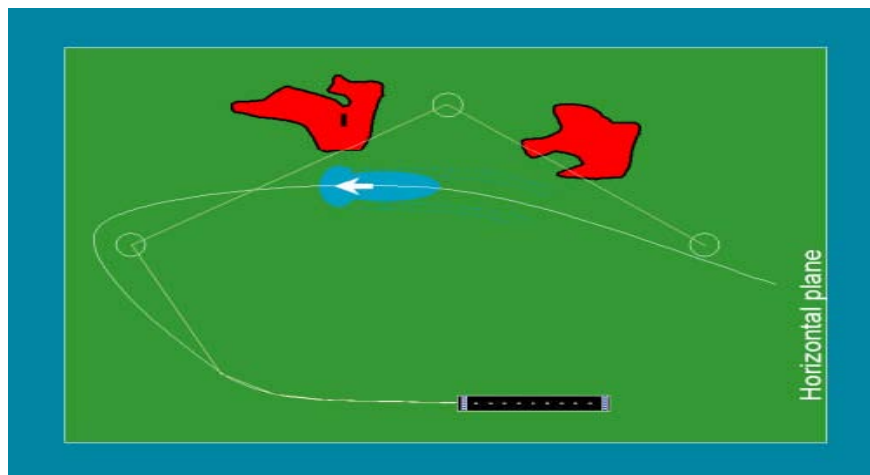
**Fig. II.13** : Seuil de piste décalé

### II.3.5.4 Navigation de précision dans les zones terminales à proximité de l'aéroport

Dans la situation actuelle, où la navigation s'appuie sur des moyens situés au sol autour de l'aéroport, la structure de routes dite conventionnelle offre peu de flexibilité pour éviter les zones sensibles au bruit quand celles-ci se situent dans l'alignement de certaines trajectoires. La navigation de surface de précision (RNAV) permet de tracer des routes "sur mesure", si bien que certaines zones sensibles peuvent être mieux contournées, comme illustré dans la figure IV.6.

La haute précision de la navigation, à la fois en temps et en position, sur des routes prédéfinies, avec un guidage latéral continu, y compris dans les virages, permettra au contrôle aérien de mieux maîtriser les flux de trafic au départ et à l'arrivée.

La mise en œuvre de ces procédures RNAV est une mesure qui repose sur la disponibilité d'un certain niveau d'équipement à bord des avions, et les progrès sur les nuisances sonores ne deviendront évidents qu'en considérant le contour global de bruit généré par l'ensemble du trafic sur une route de départ ou d'arrivée. Par conséquent, l'effet d'un réseau de routes spécialement adapté demande en général une étude spécifique pour l'aéroport.

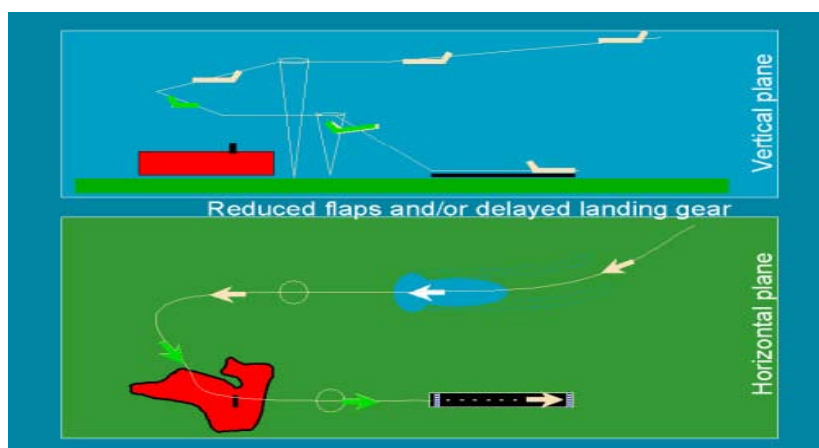


**Fig. II.14 :** Navigation de précision dans l'espace terminal

### II.3.5.5 Volets réduits et sortie du train retardée :

Une méthode relativement facile pour réduire le bruit de l'avion durant l'approche finale est la sortie réduite des volets, c'est-à-dire inférieure à l'extension maximale, et la sortie retardée du train d'atterrissage. Une moindre sortie des volets réduit la traînée et le bruit et réduit aussi le bruit des moteurs en raison d'une poussée légèrement plus faible en finale.

Bien que ces effets positifs soient partiellement annulés par une augmentation du bruit aérodynamique dû à une vitesse plus élevée, l'effet global se traduit par une réduction de l'émission totale de bruit. Si en complément, l'avion peut retarder le moment de sortie du train d'atterrissage, générateur d'un bruit aérodynamique considérable, alors un gain supplémentaire peut être obtenu.

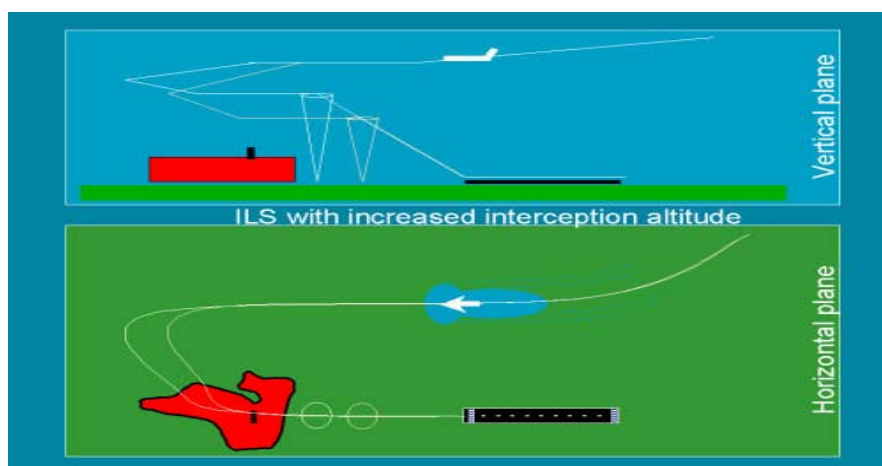


**Fig. II.15 :** Approche à volets réduits et sortie du train d'atterrissage retardée

### II.3.5.6 Augmentation de l'altitude d'interception du glide

Dans une approche aux instruments standard, l'approche finale (pente à 3 degrés) est normalement précédée par un segment de vol horizontal où l'avion va décélérer puis éventuellement voler avec une poussée moteur relativement élevée avant d'intercepter la pente du glide. Cela s'accompagne bien sûr d'une augmentation de l'émission sonore.

Une mesure immédiate pour réduire le bruit au sol sous cette portion de vol peut être prise à court terme en augmentant l'altitude d'interception du glide. Le gain en terme de bruit se situe dans la zone où le profil vertical de la trajectoire modifiée est plus haut que le profil d'origine, c'est-à-dire au-delà du point initial d'interception.



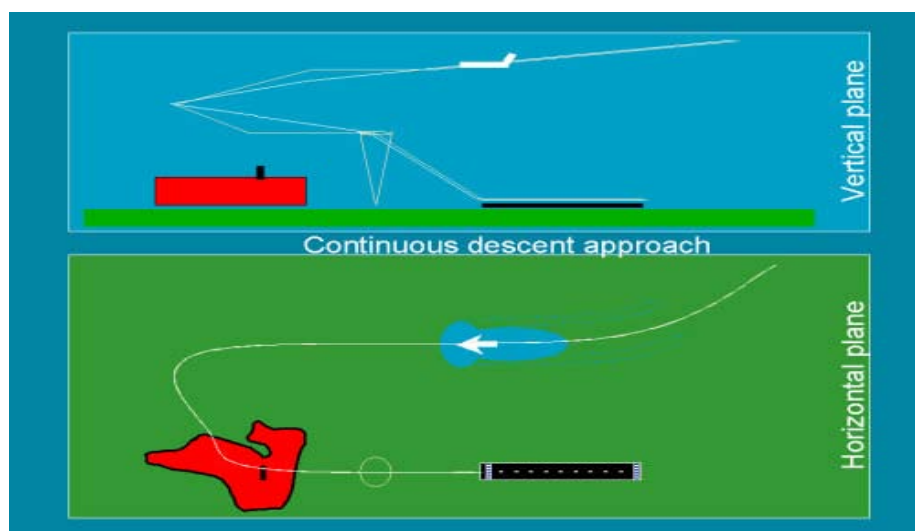
**Fig. II.16 :** Augmentation de l'altitude d'interception de l'ILS

### II.3.5.7 Approche à descente continue

La façon optimale de faire une approche et d'atterrir pour un avion en termes de bruit et de consommation de carburant est d'exploiter au maximum le FMS embarqué (Système de gestion du vol) en programmant une descente interrompue avec décélération, moteur au ralenti, jusqu'à l'interception de l'axe d'approche finale pour atterrir. Plusieurs versions de cette technique sont déjà en place sur certains aéroports, en fonction de l'heure et des possibilités du système ATC.

Par exemple, l'aéroport d'Amsterdam-Schiphol préconise l'approche à descente continue (CDA) pendant la nuit pour les approches en piste 06, période où le pilote a une grande latitude pour optimiser son approche. Cette procédure prévoit depuis différentes directions des routes d'arrivée dont la trace au sol est fixée, débutant à une altitude très supérieure à celle des approches conventionnelles. Le profil vertical est relativement flexible, et doit être optimisé par l'avion en fonction du vent et de son poids.

Cependant, comme la bonne exécution de cette procédure ne permet pas d'intervention du contrôle aérien, la séparation entre avions au début de la CDA doit être d'au moins 4 minutes, ce qui réduit fortement la capacité de la piste. Par comparaison avec une approche aux instruments conventionnels, une réduction de l'impact sonore sera obtenue dans la partie amont de la trajectoire d'arrivée (distance de la piste supérieure à 6 Km environ).



**Fig. II.17** : Approche à descente continue



La certification acoustique est accordée ou validée par l'état d'immatriculation d'un aéronef sur la base de la production de preuves satisfaisantes selon lesquelles l'aéronef répond à des spécifications au moins égales aux normes applicables.

C'est pour ces raisons qu'on va adopter des procédures court et moyen terme pour remédier à ce problème.

## II.4 LE MUR ANTIBRUIT

Le mur antibruit est, comme son nom l'indique, une structure censée éliminer le son. Pour ce faire, il doit établir une séparation entre les sources de bruit (les avions et les nombreuses voies d'accès routières) et les riverains des aéroports. La séparation doit empêcher le bruit de se propager, c'est à dire que le son ne doit pas pouvoir la traverser. Il existe divers procédés permettant d'éviter que le bruit soit transmis. De plus une implantation rigoureuse de ce dispositif est nécessaire afin d'isoler correctement l'émission sonore.

### a- Description :

Le mur antibruit est une clôture faite de panneaux isolants. Ces panneaux ont la propriété de ne pas transmettre les ondes sonores d'un côté à l'autre. Pour obtenir de tels panneaux on doit effectuer un choix de matériaux en fonction de leur utilisation.

En effet, certains matériaux ont la faculté d'amortir plus ou moins le son en fonction de sa fréquence.

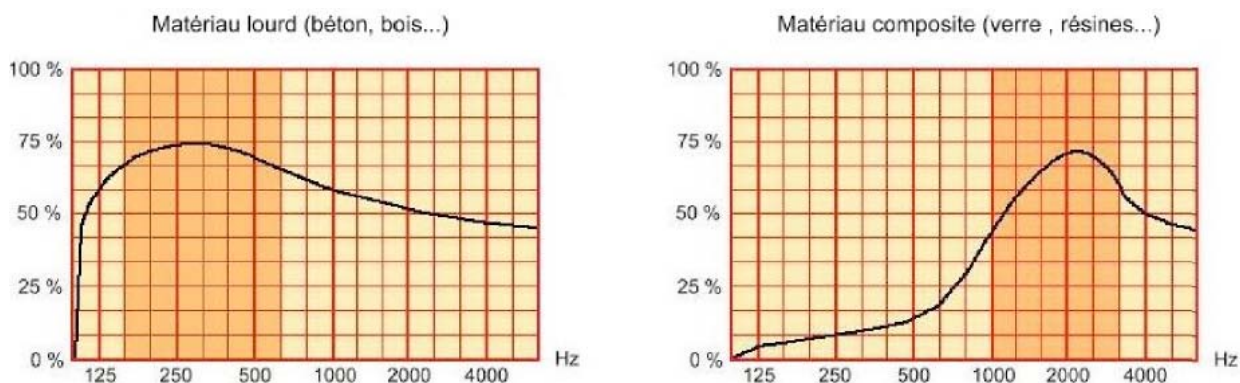


Fig. II.18 : Réduction du bruit en fonction de la fréquence

Dans les aéroports, la principale pollution sonore est due au fonctionnement des avions. Il s'agit d'une pollution sonore située majoritairement dans les plages de basses fréquences. On privilégiera donc les matériaux denses tels que le béton manché, le bois, les agglomérés...

Ceci concernant l'amortissement, il est maintenant nécessaire d'employer un matériau isolant pour ajouter des qualités acoustiques au panneau. Il existe divers isolants phoniques ; le vide, la laine de verre, la mousse polyuréthane et autres polymères sont les plus répandus. Cet isolant est alors placé entre deux plaques de matériau d'amortissement, donnant ainsi un panneau dont les caractéristiques acoustiques sont excellentes.

#### **b- Différents principes de fonctionnement**

Pour être efficace, un mur anti-bruit peut neutraliser les vibrations aux quelles il est soumis par :

- **Réflexion** : l'emploi de cette méthode permet sans détruire l'onde sonore, de la renvoyer dans une autre direction. De nombreux murs anti-bruits arborent une partie haute inclinée vers la source sonore dans le but de rabattre les ondes vers le sol. Ainsi la zone située derrière une protection de ce type est à l'abri d'une éventuelle gêne. En revanche, le bruit n'étant pas éliminé, il est important de voir où le renvoyer afin qu'il ne dérange personne. Il est donc essentiel d'étudier le système géométrique que forment la source et le mur réflecteur pour obtenir une réverbération convenable.



**Fig. I.8:** Mur antibruit à profil ondulé

- **Absorption** : ce procédé consiste à utiliser des matériaux absorbants que l'on choisit en fonction de la nature du son incident. Le matériau utilisé doit être poreux afin de laisser pénétrer l'onde sonore sans la rejeter. Il doit aussi être dense pour l'empêcher de s'échapper. Ainsi, l'onde pénètre dans le mur sans être restituée.

## III.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous présenterons de façon générale l'aéroport d'Alger, les procédures de la circulation aérienne qui y sont employées et nous montrerons les zones les plus exposées au bruit. Ensuite nous analyserons son trafic, détaillerons l'élaboration du PEB (Plan d'Exposition au bruit) et du PGS (Plan de Gêne sonore) d'Alger, et en dernier lieu nous analyserons les aspects environnementaux.

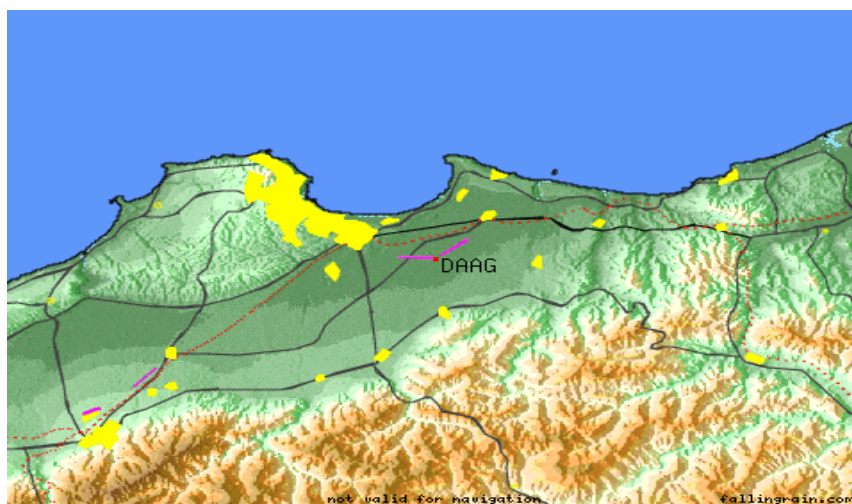
## III.2 PRESENTATION DE L'AEROPORT D'ALGER

### III.2.1 Situation géographique

L'aéroport d'Alger **Houari Boumediene** est un aéroport international civil situé à la position (36°41'40"N – 003°13'01"E) d'altitude 82 ft (25m). Il est distant de 19 km du centre ville de la capitale Alger. C'est un aéroport desservant la capitale algérienne et sa région (wilayas d'Alger, de Tipaza, de Blida, de Boumerdès et de Tizi Ouzou).

L'aéroport est entouré d'environ 20 communes se trouvant dans un rayon de 4,6 Nm de la plate-forme. Il est facilement accessible grâce à l'autoroute est-ouest.

Il s'agit du plus important de tous les aéroports algériens. Sa capacité actuelle est d'environ 12 millions de passagers par an pour un flux réel de plus ou moins 4,5 millions en 2009.



**Fig.III.1** : Situation géographique de l'aéroport Houari Boumediene

Le tableau suivant nous donne des informations générales sur les données géographiques et administratives relatives à l'aéroport d'Alger.

1	Coordonnées du point de référence et emplacement de l'aérodrome	36 41 40N 003 13 01E intersection des TWY
2	Direction et distance de (Ville)	9,11 NM à l'Est Sud Est de la ville
3	Altitude/Température de référence	25 M / 30,6°
4	Déclinaison magnétique/Variation annuelle	0° W (2005)
5	Administration, adresse, Téléphone, télécopieur, télex, SFA de l'aérodrome	AVA, Aéroport d'ALGER / Houari Boumediene Tél /Fax (021)509179 – (021)509181 – (021)509247 – (021)509527 – (021) 509211 DAAGYDYD
6	Types de trafic autorisés (IFR/VFR)	IFR/VFR
7	Observations	

**Tableau III.1 :** Données géographiques et administratives relatives à l'aérodrome

### III.2.2 Historique

Créé en 1924, l'aéroport d'Alger n'a été déclaré d'utilité publique que le 15 février 1951. A cette époque, l'aéroport s'était étendu sur une superficie de 415 hectares affectée à des besoins commerciaux, sportifs et militaires. Il a comporté deux aires de stationnement de 52.000 m<sup>2</sup>, une aérogare, des hangars d'une superficie totale de 22.600 m<sup>2</sup>, un goniomètre d'atterrissage MF, un radiophare d'alignement, une tour de contrôle HF et VHF et un goniomètre de navigation HF.

Depuis l'année 1975, des projets d'aménagement ont été érigés dans le cadre du développement des infrastructures aéroportuaires. Une nouvelle aérogare passagers de 82.000m<sup>2</sup> est construite et est en exploitation depuis le troisième trimestre de l'an 2006.



-a- Aérogare internationale



-b- Aérogare domestique

**Fig.III.2** : Nouvelles aérogares

L'aéroport d'Alger s'appelait aéroport d'Alger Maison Blanche, du nom français de la commune de Dar El Beida de (Maison Blanche), où il était situé. Puis, aéroport d'Alger - Dar El Beïda lors du changement de nom de la commune. L'aéroport d'Alger est désormais nommé Houari Boumediene, en hommage à l'ancien chef de l'État algérien.

L'aéroport est géré, depuis novembre 2006, par la Société de gestion des services et infrastructures aéroportuaires (SGSIA), filiale de l'EGSA Alger.

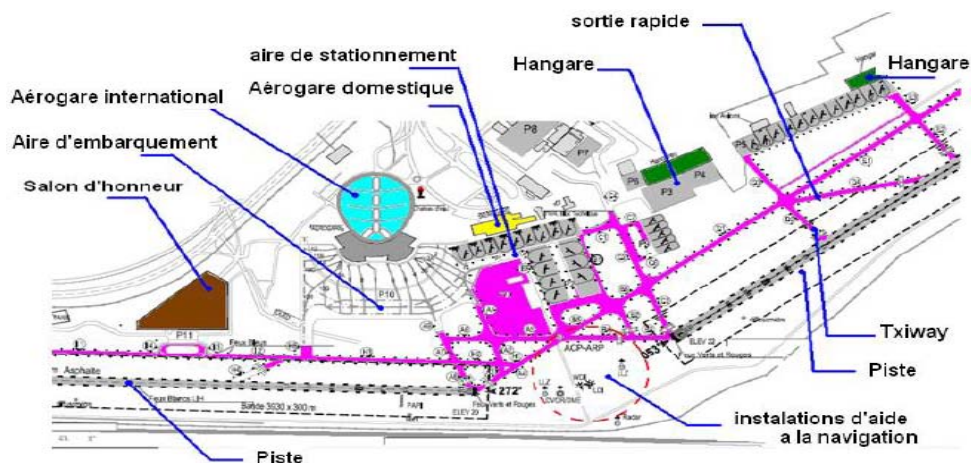
### III.2.3 Les infrastructures

La structure générale de l'Aéroport Houari Boumediene (Fig.III.3) se compose de quatre parties principales :

- L'aérodrome
- Les aérogares : une aérogare pour les vols internationaux, inaugurée le 5 juillet 2006 ; une aérogare pour les vols intérieurs qui a été réaménagée en 2007 pour augmenter la capacité aéroportuaire de l'aéroport ; et une aérogare pour les vols charters
- Les infrastructures de la navigation aérienne
- L'infrastructure de sécurité.

Le tableau III.2 regroupe toutes les aides radio utilisées pour l'approche et atterrissage.





**Fig.III.3 :** Structure globale de l'aéroport d'Alger

Type d'aide CAT d'ILS/MLS (pour VOR/ILS/MLS indiquer déclinaison)	Identification	Fréquences	Heures de fonctionnement	Coordonnées de l'emplacement de l'antenne d'émission	Altitude de l'antenne d'émission DME	Observations
1	2	3	4	5	6	7
DVOR/DME (0°W 2005)	ALR	112.5 MHZ (CH 72 X)	H 24	364127.59N 0031255.73E		
DVOR/DME (0°W 2005)	ZEM	116.6 MHZ (CH 113 X)	H 24	364742N 0033415E		200NM / FL 400
DVOR (0°W 2005)	SDM	113.9 MHZ	H 24	363750N 0025827E		
NDB	SMR	370 KHZ	H 24	364134.39N 0030523.54E		
NDB	MAR	416 KHZ	H 24	364105.15N 0024655.78E		
NDB	ZEM	359 KHZ	H 24	364746.22N 0033418.46E		
LLZ23/ILSCAT III (0°W 2005)	AG	110.3 MHZ	H 24	364131.96N 0031303.06E		233°/300 M du THR05.
GP 23		335 MHZ	H 24	364236.54N 0031457.00E		343M du THR23 et 120M à gauche de RWY 23.
DME-P	AG	CH 40 X	H 24	364236.54N 0031457.00E		Co-implanté avec le GP 23
LLZ09/ILS CAT II (0°W 2005)	HB	108.5 MHZ	H 24	364127.78N 0031247.89E		092°/300 M du THR27.
GP 09		329.9 MHZ	H 24	364127.40N 0031027.40E		300M du THR09 et 120M à droite de RWY 09.
OM 23	2 traits/sec	75 MHZ	H 24	364505.98N 0031851.56E		
OM 09	2 traits/sec	75 MHZ	H 24	364138N 0030524E		
MM 23	1point/1trait sec	75 MHZ	H 24	364309N 0031541E		
L	OA	342 KHZ	H 24	364651N 0032144E		

**Tableau III.2 :** Aides de radionavigation et d'atterrissages

La plate-forme de l'aéroport d'Alger dispose de deux pistes convergentes :

- Piste d'orientation magnétique 23/05 de 3500 m de long et de 60 m de large.
  - Piste d'orientation magnétique 27/09 de 3500 m de long et de 45 m de large.
- Le QFU23, préférentiel pour l'atterrissage, est desservi pour un ILS cat.III couplé avec DVOR/DME. Un DVOR/DME « ZEM » sert d'IAF.
- Le QFU09 est desservi pour un ILS cat I couplé avec DVOR/DME et NDB « SMR ». Un NDB « MAR » sert d'IAF.
- Le QFU27 est le QFU préférentiel pour le décollage.

Les distances déclarées pour les deux pistes de l'aéroport se présentent comme suit :

RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
05	3500	3500	3500	3500
23	3500	3500	3500	3500
09	3500	3500	3500	3500
27	3500	3500	3810	3500

**Tableau III.3 :** Les distances déclarées des différentes pistes de l'aéroport d'Alger

### III.3 CONTROLE AERIEN

#### III.3.1 Navigation aérienne et contrôle de l'espace aérien algérien

La gestion du service de la navigation aérienne est confiée à l'ENNA (voir annexe1). Cet établissement a pour rôle principal la sécurité et la régularité de la circulation aérienne générale dans l'espace aérien national. A ce titre, l'ENNA élabore et met en œuvre les procédures d'exploitation de la navigation aérienne et contrôle leur application, et assure aussi le contrôle de la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien.



L'exploitation de l'espace aérien est confiée à l'Algérie par l'OACI dont l'Algérie est membre depuis 1963. L'importance de l'espace aérien algérien, au croisement de nombreux flux de trafic, a été reconnue par cette organisation qui a fait d'Alger un centre principal des télécommunications aéronautiques et l'un des points de transit entre l'Afrique et l'Europe.

L'espace aérien est organisé comme suit :

- CTR : portion de l'espace aérien gérée par la tour de contrôle TWR de l'aéroport pour les décollages et les atterrissages,
- TMA (ou APP) : portion de l'espace aérien gérée par la tour de contrôle pour les départs et les arrivées,
- Airways : voies aériennes pour le contrôle en route depuis l'entrée (ou sortie) des espaces TMA.

Le CTR d'Alger est limité par un cercle de 6 NM de rayon centré sur (36°41'28" N – 003°12'55" E).

Le contrôle de la circulation aérienne en Algérie était effectué selon la méthode classique qui a montré ses premières limites lors de l'accroissement du trafic aérien enregistré en 1985 (116.000 avions traités). Cette méthode de contrôle, compte tenu des nouvelles normes de séparations des aéronefs appliquées au niveau de la région EUR, a été obsolète et a constitué, compte tenu des prévisions de trafic, un danger certain pour la sécurité du contrôle aérien. Pour assurer le bon déroulement des vols en toute sécurité et efficacité, différentes approches menées par le ministre des transports, en coordination avec l'ENNA, ont conduit à la modernisation du système de navigation aérienne. Des outils de développement sont mis en exploitation :

- Un centre automatisé de contrôle de la circulation aérienne,
- Une couverture Radar de la partie Nord de l'espace aérien algérien : 5 radars de route et un radar d'approche pour la zone terminale d'Alger.

### III.3.2 Procédures de la circulation aérienne sur Alger

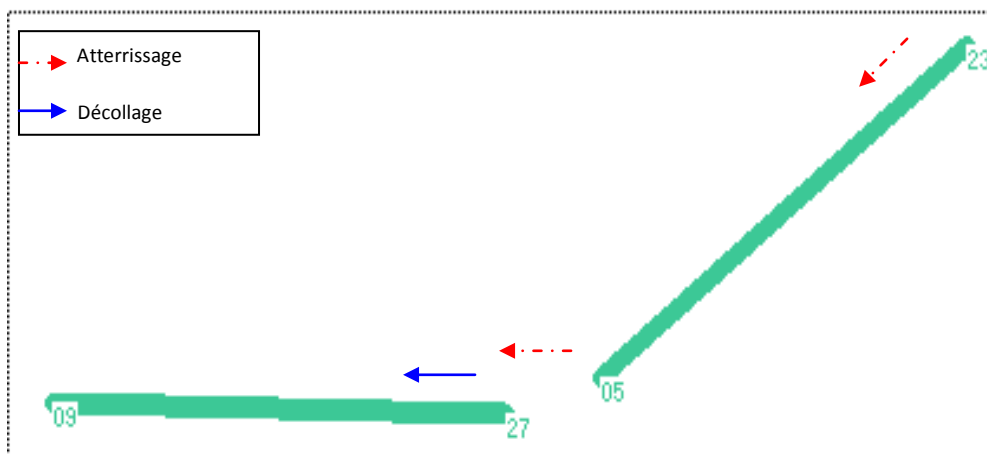
Les procédures de la circulation aérienne appliquées sur Alger sont celles recommandées par l'OACI qui tiennent compte en premier lieu des critères de sécurité.

#### III.3.2.1 Décollage/atterrissage

Les deux pistes sont utilisées sur l'aéroport d'Alger pour le décollage et l'atterrissage en fonction des directions du vent.

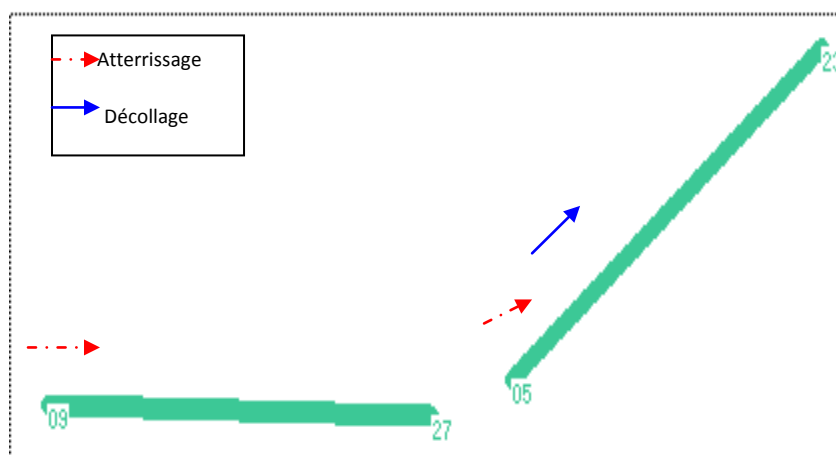
Comme déjà dit, la piste préférentielle pour le décollage est celle du QFU27, tandis que la piste préférentielle pour l'atterrissage est celle du QFU23.

En configuration face à l'ouest, les décollages se font au QFU27 et les atterrissages au QFU23. Les atterrissages au QFU27 sont possibles si la capacité de la piste les permet.



**Fig.III.4** : Décollage/Atterrissage face à l'ouest (Résultat INM)

En configuration face à l'est, les décollages se font au QFU05 et les atterrissages au QFU09. Le QFU05 est généralement utilisé pour les approches à vue.



**Fig.III.5 :** Décollage/Atterrissage face à l'est (Résultat INM)

### III.3.2.2 Arrivée/Départ

Deux types de trafic sont autorisés : IFR et VFR. Pour le cas IFR, les procédures de la circulation aérienne reposent sur les moyens radioélectriques destinés aux phases d'approche et de départ, tels que le VOR-DME et NDB pour l'approche et le départ et ILS pour l'atterrissage.

#### a- Procédures d'arrivée :

Il existe quatre procédures d'approche aux instruments publiées associées aux moyens radioélectriques (voir annexe4):

- La procédure QFU23 qui débute du DVOR-DME ZEM (circuit d'attente) au FL50. Le pilote commence à descendre jusqu'au FL25 (695m) en suivant le radial 271°. A une distance de 11 km de DVOR/DME ALR d'Alger, il maintient le FL25 en suivant le radial 234° jusqu'au passage vertical Locator où il intercepte l'axe de descente ILS. De là, il continue sa descente vers la piste avec une pente de descente de 3° (5%).
- La procédure QFU27 qui débute de ZEM au FL50 où le pilote commence sa descente jusqu'au FL25 (770m) en suivant le radial 251°. A une distance de 9 km jusqu'à 7 km de ALR, il maintient le FL25, puis il s'aligne sur le radial 273° pour descendre vers la piste.
- La procédure QFU09 qui est double. Pour les avions qui viennent de l'est, le pilote suit le radial 251° de ZEM (FL50) jusqu'au passage vertical ALR (FL25), puis il suit le radial 273° en maintenant le même niveau de vol (680) jusqu'au passage vertical

NDB SMR, ensuite le radial 318° où il tourne à gauche pour intercepter l'ILS et la descente s'effectue avec une pente de 3° (5%) vers la piste. Pour les avions en provenance de l'ouest, la procédure d'approche débute à l'altitude 1200 m à partir du NDB MAR (circuit d'attente) où le pilote intercepte le radial 093° et commence à descendre progressivement vers la piste en passant par le vertical NDB SMR.

En cas d'une approche interrompue, les avions doivent virer dès que possible pour monter et suivre le radial 346°.

Les deux circuits d'attente sont à l'altitude de 1320 m pour ZEM et de 1200 m pour MAR. Mais le problème des nuisances sonores à ces endroits ne se pose plus parce que les deux circuits sont au-dessus de la mer.

Pour l'approche à vue (voir annexe4), le pilote choisit librement son cheminement. A partir du moment où il est en vue du sol (300 m), il doit suivre les instructions des services du contrôle jusqu'il soit aligné sur l'axe de piste.

#### **b- Procédures de départ :**

Tous les départs sont définis pour les aéronefs dont les performances de montée permettent d'adopter une pente minimale de 5,5%. Dans le cas contraire, les commandants de bord sont tenus de le signaler dès que la demande de mise en route est établie.

Pour les départs vers le nord ou le nord ouest, le pilote tourne à gauche (pour QFU05 et QFU09) ou à droite (pour QFU23 et QFU27) juste après le décollage pour rejoindre les points de divergence d'itinéraires de départ au FL40 minimum.

Les procédures de départ vers l'est ou le sud-est exigent le passage par des moyens radioélectriques. Le passage vertical NDB SMR se fait au FL40 minimum (Fig.III.5).

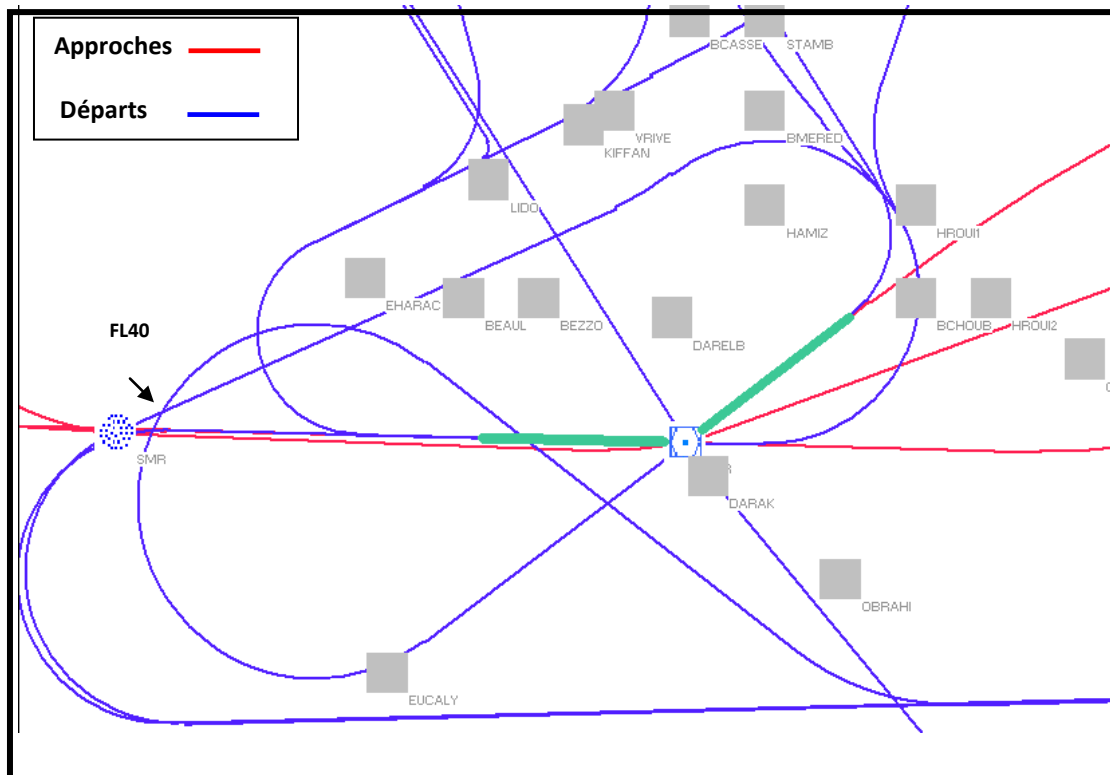
### **III.3.3 Communes survolées**

L'aéroport d'Alger est entouré de 20 communes dans un rayon de 4,6 NM de la plateforme. Ces communes, avec leur nombre d'habitants (2004), sont présentées dans le tableau III.4.

Commune	Nombre d'habitants dans un cercle de rayon 7km par rapport au centre de la commune	Distance par rapport à la plate-forme (NM)
Dar et Beida	885682	1,3
El Hamiz	885682	2,7
Bab Ezzouar	737934	2,2
Beaulieu	737934	2,8
Oued Smar		3,7
El Harrach	611908	3,8
Les Eucalyptus	513501	4,0
Verte Rive	737934	3,6
Ben Mered	885682	3,6
Le Bateau Casse	608427	4,5
Bordj el Kiffan	737934	3,6
Le Lido	737934	3,5
Haouch Rouiba1	794034	3,5
Stamboul	608427	4,6
Ouled Brahim	727281	2,2
Ouled Ben Choubane	794034	2,9
Haouch Rouiba2	794034	3,6
Ouled Chebacheb	375994	4,3
Oued Darek	945592	0,4
Meftah	297118	4,3

**Tableau III.4** : Les communes entourant l'aéroport d'Alger ainsi que leur nombre d'habitants

En superposant ces communes sur la carte des procédures de départ/arrivée, nous obtenons une idée générale sur les communes les plus sensibles.



**Fig.III.5** : Départs initiaux, SID et approches classiques (Résultat INM)

### III.4 ANALYSE DU TRAFIC

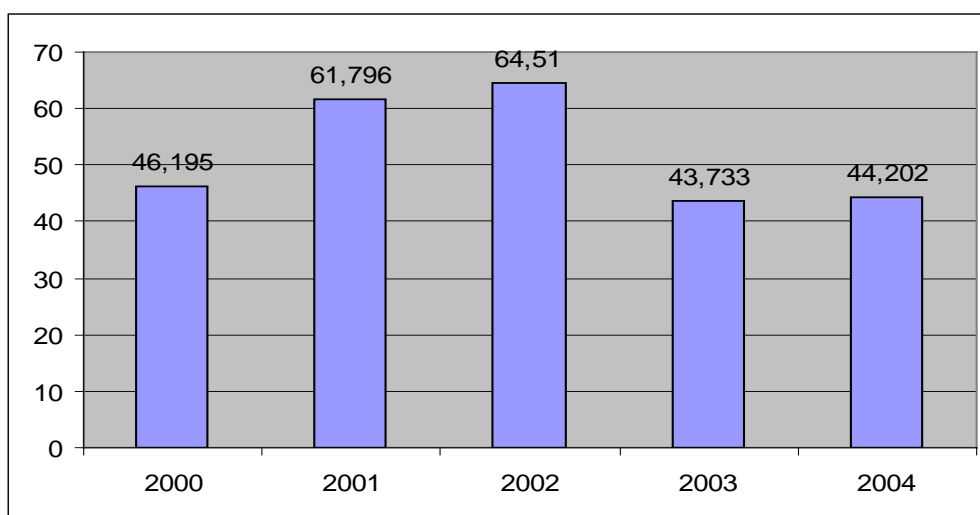
Le trafic, en mouvement, de l'aéroport d'Alger a connu depuis 1989 une décroissance régulière à cause d'une conjonction économique et sécuritaire défavorable.

Une évolution appréciable du trafic est connue en 2001 grâce à la venue de la compagnie Khalifa et d'autres nouvelles compagnies, telles que Air Liberté et Air Littoral, qui a stimulé une concurrence certaine sur les destinations françaises qui représentent le gros des vols internationaux à partir de l'Algérie.

Le tableau suivant indique l'évolution du trafic en mouvement d'avions entre l'an 2000 et l'an 2004. La figure ci-dessous montre seulement l'évolution des mouvements commerciaux entre 2000 et 2004.

	2000	2001	2002	2003	2004
Avions Pax	43,487	58,517	62,716	42,497	43,075
Avions Cargo	2,708	3,279	1,794	1,236	1,127
<b>mouvements commerciaux total</b>	<b>46,195</b>	<b>61,796</b>	<b>64,510</b>	<b>43,733</b>	<b>44,202</b>
Autres	3,575	3,213	3,137	3,333	4,142
<b>Mouvements total</b>	<b>49,770</b>	<b>65,009</b>	<b>67,647</b>	<b>47,066</b>	<b>48,344</b>

**Tableau III.6 :** Evolution des mouvements d'avions de l'aéroport d'Alger



**Fig.III.7 :** Trafic aéroportuaire d'Alger

D'après le tableau III.6 et la figure III.7, nous constatons une croissance du trafic en 2001 avec un taux de 31% environ par rapport à 2000. Le trafic a continué d'accroître jusqu'à 2003 où il a chuté avec un taux de décroissance de 30% environ par rapport à 2002 à cause de la disparition de la compagnie Khalifa et la fragilité de quelques compagnies exploitant la ligne Alger-France telles que Air Littoral et Air Liberté. Le trafic en 2004 a repris sa croissance avec un taux de 3%.

Depuis 2004 jusqu'à présent, l'aéroport d'Alger a enregistré un trafic très important grâce à la bonne situation sécuritaire. Le tableau récapitulatif ci-dessous montre le nombre de mouvements enregistrés en 2010. Le tableau d'après indique la répartition mensuelle de ces mouvements.

Mouvements commerciaux			Mouvements non commerciaux			Total Mouvements		Total mouvements
National	Internationa I	Total	National	International	Total	National	International	
22253	31640	<b>53893</b>	6359	1753	<b>8112</b>	<b>28 612</b>	<b>33 393</b>	<b>62 005</b>

**Tableau III.7 : Récapitulatif du trafic à 2010**

Mois	Total mouvements
Janvier	4 975
Février	4 493
Mars	5 182
Avril	4 848
Mai	5 173
Juin	5 184
Juillet	5 636
Août	5 562
Septembre	5 388
Octobre	5 210
Novembre	5 034
Décembre	5 320

**Tableau III.8 : Evolution mensuelle du trafic pour Alger**



Actuellement, la capacité de l'aéroport est de 12 millions de passagers/an, ce qui en fait le quatrième terminal africain de par sa capacité derrière celui de Johannesburg (18 millions), Casablanca (16.4 millions) et l'aéroport international du Caire (16 millions). En termes de trafic, par contre, il ne pointe que vers le dixième rang. Il est devancé notamment par les destinations touristiques comme Sharm El Sheikh ou Nairobi.

Des prévisions du trafic étudiées par l'EGSA/Alger montrent que le trafic de l'aéroport d'Alger continue d'accroître jusqu'à l'horizon de 2015 avec un taux de croissance de 1,5%. En 2015, le trafic pourra atteindre un total annuel d'environ 75.000 mouvements grâce à la situation géographique d'Alger qui représente un carrefour entre l'Afrique et l'Europe et aussi grâce à la situation sécuritaire et économique.

## **III.5 ENVIRONNEMENT DE L'AEROPORT D'ALGER**

### **III.5.1 Diagnostic environnemental**

L'aménagement, l'exploitation et la gestion des installations de l'aéroport d'Alger dans une perspective de développement durable nécessitent des engagements pris par l'EGSA/Alger. Ces engagements se traduisent par la définition des objectifs et d'une politique environnementale permettant d'intégrer les aspects environnementaux et traiter les pollutions et les risques environnementaux.

La cellule environnement de l'EGSA/Alger a dégagé un plan d'actions qui va permettre d'entreprendre certaines actions prioritaires. Ses objectifs :

- La recherche, pour chaque faiblesse identifiée, des améliorations possibles correspondantes ;
- L'analyse des dépenses envisagées ;
- La hiérarchisation des améliorations en fonction des différents critères : Les exigences réglementaires, les enjeux environnementaux, les incidences financières.... ;
- L'élaboration d'un programme détaillant les améliorations à réaliser, les moyens à mettre en œuvre, et les délais à respecter.

Actuellement, la cellule environnement de l'EGSA a établi une charte environnementale mais elle n'est pas validée par la direction générale de l'EGSA. L'EGSA pense à mettre en place un SME, conformément aux exigences de la norme ISO 14.001, comprenant l'ensemble des étapes clés du processus d'amélioration continue :

- Politique environnementale ;
- Planification : aspects environnementaux, exigences légales et autres exigences, objectifs et cibles, programmes de management environnemental ;
- Mise en œuvre et fonctionnement : structure et responsabilité, formation, sensibilisation et compétence, communication, documentation du SME, maîtrise de la documentation, maîtrise opérationnelle, prévention des situations d'urgence et capacité à réagir.

### **III.5.2 Aspects environnementaux**

L'EGSA/Alger a classé les aspects environnementaux par ordre de priorité suivant une échelle pondérale :

- gestion des déchets solides
- gestion des eaux (usées et pluviales)
- gestion des nuisances sonores
- gestion de la qualité de l'air

Comme l'indique ce classement des aspects environnementaux, la gestion des nuisances sonores n'est pas la priorité des autorités Algériennes et de ce fait, il dévient un problème difficile à résoudre. Le problème des nuisances sonores est resté au stade embryonnaire du fait d'un manque de textes réglementaires concernant le seuil toléré au niveau de l'aéroport d'Alger. Aucune mesure prise n'a été faite pour l'instant à part l'étude du plan d'exposition au bruit PEB. L'aéroport est ouvert 24h/24h, tout type d'aéronefs y sont exploités même ceux du chapitre 2,.....

### III.5.3 Le PEB d'Alger

Le plan d'exposition au bruit (PEB) est un document d'urbanisme définissant des zones de bruit autour d'un aéroport dans lesquelles la construction et la rénovation de logements sont contraintes.

L'élaboration d'un PEB doit tenir compte de l'ensemble des perspectives à court, moyen et long termes de développement et d'utilisation de l'aéroport concerné. Ces hypothèses concernent principalement :

- le nombre de mouvements ;
- les trajectoires de circulation aérienne ;
- l'évolution des flottes exploitées ;
- la répartition du trafic entre jour, soirée et nuit ;
- les infrastructures aéroportuaires.

Le PEB est un document graphique à l'échelle du 1/25000ème qui délimite quatre zones de gêne quantifiée par l'indice « Lden ». Ces zones sont :

- une zone A de gêne très forte (Lden supérieur ou égal à 70) ;
- une zone B de gêne forte (Lden supérieur à une valeur choisie entre 65 et 62) ;
- une zone C de gêne modérée (Lden supérieur à une valeur choisie entre 57 et 55) ;
- une zone D de gêne faible, obligatoire sur les dix plus grands terrains (Lden supérieur à 50).

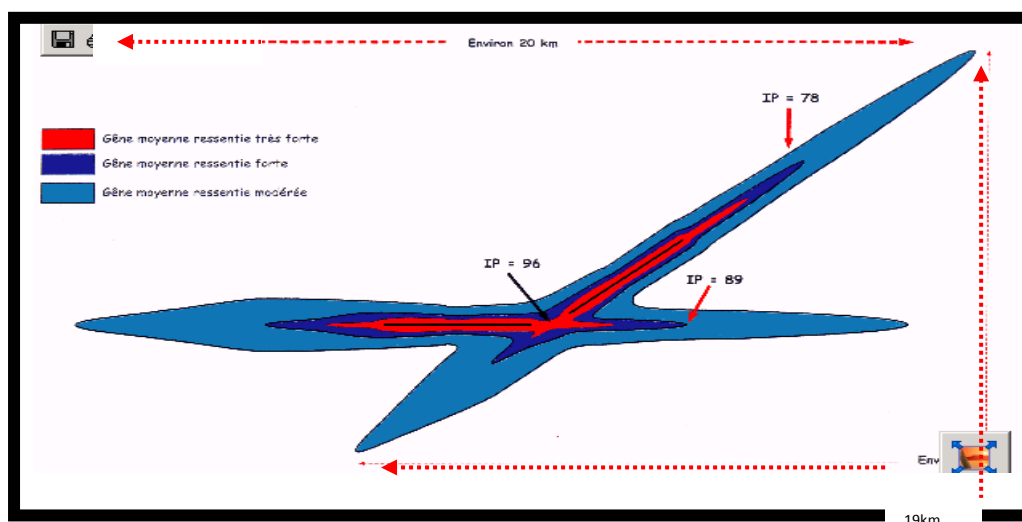
Pour le cas de l'aéroport d'Alger, l'étude du PEB a été effectuée en 2000 sur les bases du trafic prévu à long terme. Deux simulations ont été faites pour montrer comment l'empreinte du bruit au sol diminuera à long terme :

- une simulation d'impact sonore basée sur le trafic actuel de la plate-forme, correspondant au PGS ;
- une simulation d'impact sonore basée sur les hypothèses du trafic à l'horizon de 10 à 15 ans, correspondant au PEB.

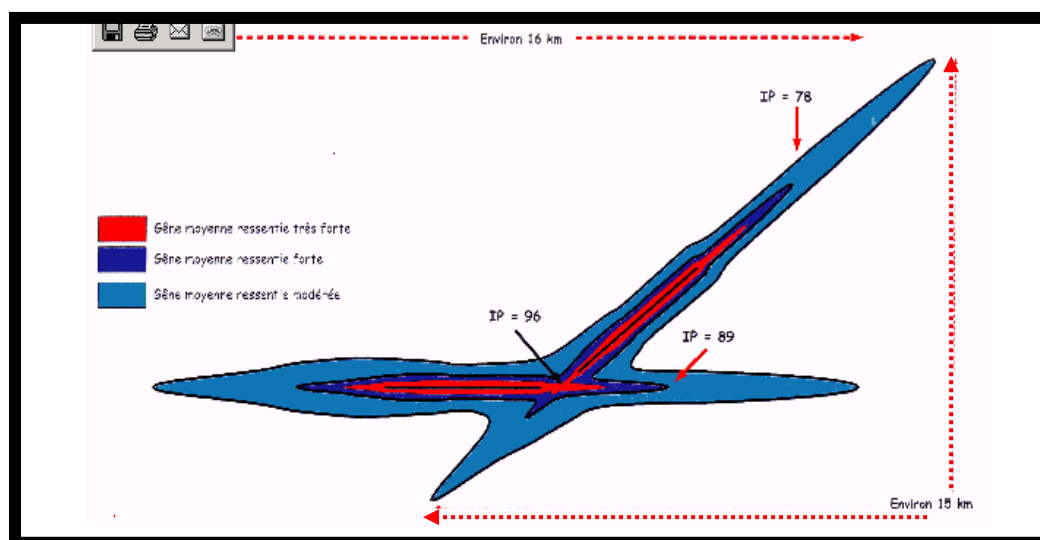
Seules les courbes d'indice psophique (IP) 96, 89 et 78 qui sont représentées et les calculs effectués sont basés sur les données suivantes :

- Trafic moyen quotidien à l'horizon d'étude retenu (nombre de mouvements pour chaque type d'aéronefs) ;
- Définition des procédures de décollage et d'atterrissage en trois dimensions, répartition de ce trafic sur chaque procédure ;
- Répartition du trafic en mouvements diurnes (6H – 22H) et nocturnes (22H -6H).

Les résultats de la simulation sont montrés par les graphes ci-dessous. Les bases de calcul ainsi que les cartes du PEB et du PGS sont données dans l'annexe.



**Fig.III.8 : LE PGS d'Alger**



**Fig.III.9 : Le PEB d'Alger**

Les surfaces concernées par les zones de bruit sont les suivantes :

<b>Indices</b>	<b>PGS (ha)</b>	<b>PEB (ha)</b>
96	750	520
89	1780	1180
78	7400	4450

**Tableau III.9** : Surfaces des zones de bruit

D'après ce tableau, nous constatons que l'empreinte au sol qui traduit la gêne sonore ressentie va en diminuant alors que le volume de trafic prévisible à l'horizon 2015 est supérieur au trafic actuel, tant en nombre de mouvements qu'en pourcentage de trafic de nuit (voir annexe III). Ceci s'explique par le remplacement prévisible sur la période des avions les plus bruyants par des avions de dernière génération qui induisent des nuisances sonores moindre. Ainsi, l'impact sonore de l'activité de l'aéroport devrait globalement aller en décroissant dans les années à venir.

## **IV.1 INTRODUCTION**

Le bruit est un domaine en relation directe avec les acteurs aéronautiques, à savoir les pilotes, les contrôleurs aériens et les gestionnaires des aéroports. La réduction du bruit autour des aéroports passe par une optimisation des trajectoires des aéronefs, mais aussi par une diminution de leurs déviations qui sont souvent une source de mécontentement des riverains.

Ce chapitre consiste à étudier et rassembler les principaux procédés qu'un contrôleur aérien ou un pilote devra prendre en compte pour minimiser le bruit autour de l'aéroport d'Alger. Une fois présentés quelques exemples des procédés à moindre bruit et leurs impacts sur des aéroports internationaux, nous allons voir comment s'applique un tel procédé pour l'aéroport d'Alger et cela d'une façon analogique.

## **IV.2 PROCEDURE DE NA A MOINDRE BRUIT POUR QUELQUES AEROPORTS INTERNATIONAUX**

A partir des procédures que nous avons citées dans le chapitre II, nous allons voir l'application de ces procédures aux environs des aéroports qui présentent un grand nombre de mouvements dans l'année.

### **IV.2.1 Exemple de procédure de départ recommandée**

La procédure de départ recommandée, OACI-A ou OACI-B, est appliquée pour la quasi-totalité des aéroports internationaux. Dans le but de garantir la sécurité et assurer une réduction de bruit autour des aéroports, ces procédures de départ sont recommandées. Le choix de la procédure dépendra de la répartition du bruit souhaité ainsi que le type d'avion. La procédure A permet une réduction de bruit au cours de la dernière partie de la procédure et quant à la procédure B, elle permet une réduction de bruit à proximité de l'aéroport. La figure IV.1 explicite la procédure. La procédure de départ recommandée est présentée, plus en détail, dans le chapitre II.

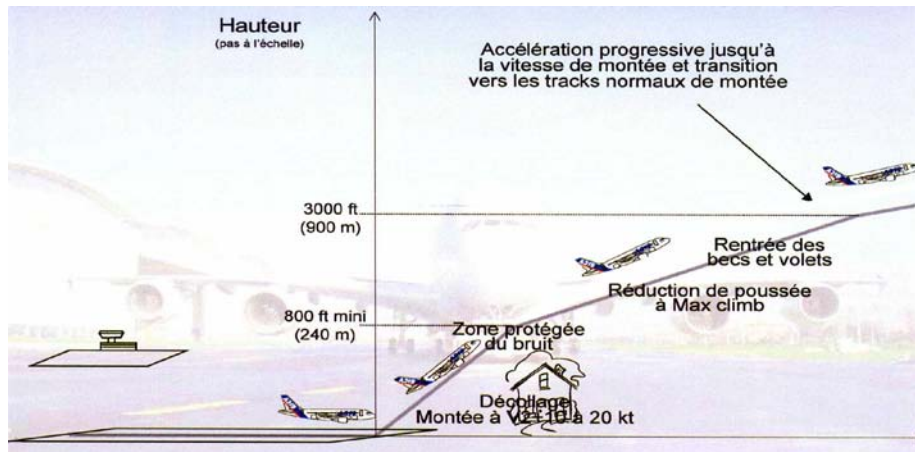


Fig.IV.1 : Procédure de décollage

Un exemple d'application de cette procédure est l'aéroport de CHÂTEAUROUX dont c'est la procédure B qui est utilisée et où l'avion maintient le décollage jusqu'à 300m au dessus de l'altitude de l'aérodrome. Puis l'avion poursuit sa montée en maintenant une vitesse de montée positive avec rentrée des volets suivant la procédure habituelle et réduction de la poussée jusqu'à 900m et de là l'avion accélère progressivement jusqu'à la vitesse de montée en route.



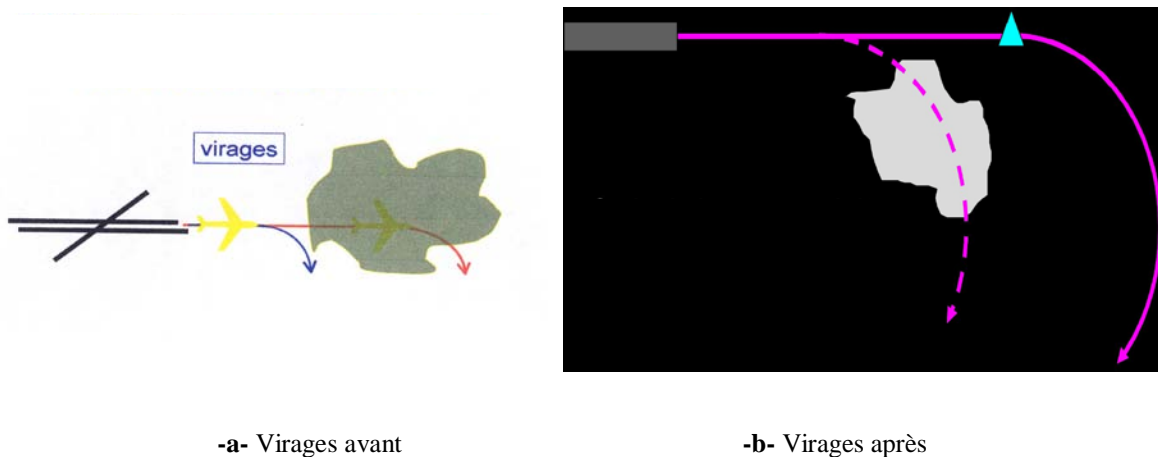
Fig.IV.2 : Procédure de départ pour l'aéroport de CHÂTEAUROUX

#### IV.2.2 Procédé d'évitement du survol des zones urbanisées

Pour mieux réduire les nuisances sonores, des virages en montée doivent se réaliser de manière à éviter le survol au-dessus des zones urbanisées comme l'indique la figure IV.2.

Un virage est prescrit au moment où l'avion atteint une altitude ou hauteur spécifiée pour tenir compte d'une situation qui comprend :

- Un obstacle située dans la direction du départ en ligne droite et qu'il faut éviter ; ou
- Un obstacle situé par le travers de la trajectoire de départ en ligne droite et qu'il faut survoler après le virage avec une marge appropriée.



**Fig.IV.3 :** Evitement du survol des zones urbaines

En pareil cas, la procédure exigera une montée jusqu'à une altitude ou hauteur spécifiée avant d'amorcer le virage selon les spécifications (cap ou guidage sur trajectoire).

Prenons le cas des aéroports de NICE et de Marseille,

**Le cas de Nice :** Sauf situation particulière, toutes les trajectoires de montée initiale sont situées sur la mer de façon à ce que le passage au-dessus des zones urbanisées s'effectue à une altitude minimale de 2 000 m.

La montée initiale s'effectue également avec l'adoption d'une configuration et d'un régime correspondant au moindre bruit. Pour les arrivées face au nord-est (QFU 04) et lorsque les conditions météorologiques sont favorables, l'approche s'effectue depuis la mer selon une procédure dénommée « VOR A », appelée auparavant « RIVIERA ». Cette procédure permet d'éviter le survol de l'est de Cannes, de Vallauris et d'Antibes-Ville. En cas de conditions météorologiques défavorables, la procédure d'approche doit être effectuée dans l'alignement de la piste de manière à suivre le guidage procuré par les aides radioélectriques à l'atterrissage (procédure « ILS »).



Néanmoins, la pente de descente finale se réalise selon un angle de 3° permettant une approche à moindre bruit sur Antibes notamment (vitesse modérée, sortie tardive du train et des volets,...),

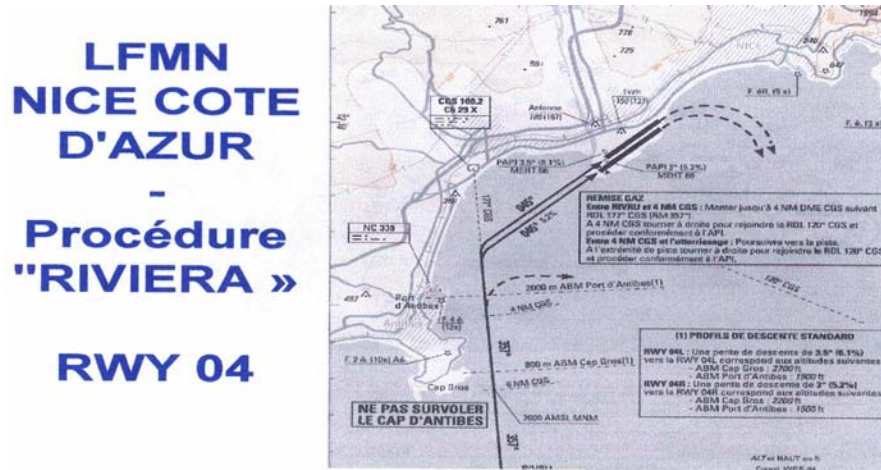


Fig.IV.4 : Survol évité à NICE

**Le cas de Marseille :** La présence au nord l'étang de Berre et au Sud la mer Méditerranée a été mise à profit pour instaurer, lorsque les conditions météorologiques le permettent, des trajectoires privilégiant le survol de secteurs maritimes plutôt que celui de zones habitées. Le résultat des trajectoires est démontré dans la figure IV.6.

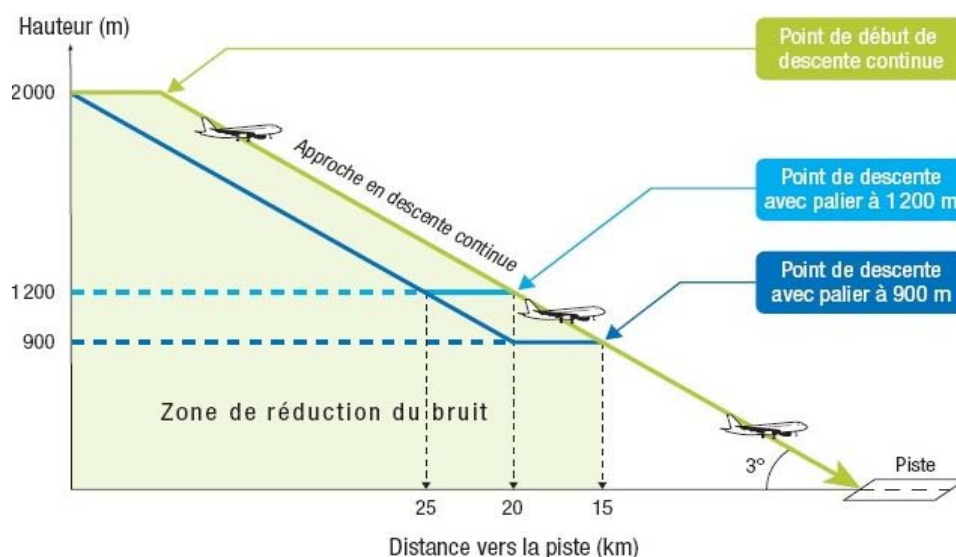


Fig.IV.5 : Résultat de procédure d'évitement du survol des zones urbaines à Marseille

L'application de la procédure à l'aéroport de Marseille de Provence a réduit le niveau de bruit à proximité des zones habitées. Les communes proches de l'aéroport (Marignane, Saint Victoret, Vitrolles, Berre l'Etang, Les Pennes-Mirabeau,...) sont concernées par le bruit des avions à l'atterrissage et au décollage. A la suite de la mise en service en 1997 de nouveaux moyens d'aide radioélectrique à l'atterrissage et de la modification des procédures d'approche et de départ qui résulte de leur utilisation, la gêne sonore s'est étendue à des zones relativement éloignées de l'aéroport, comme certains quartiers nord de Marseille.

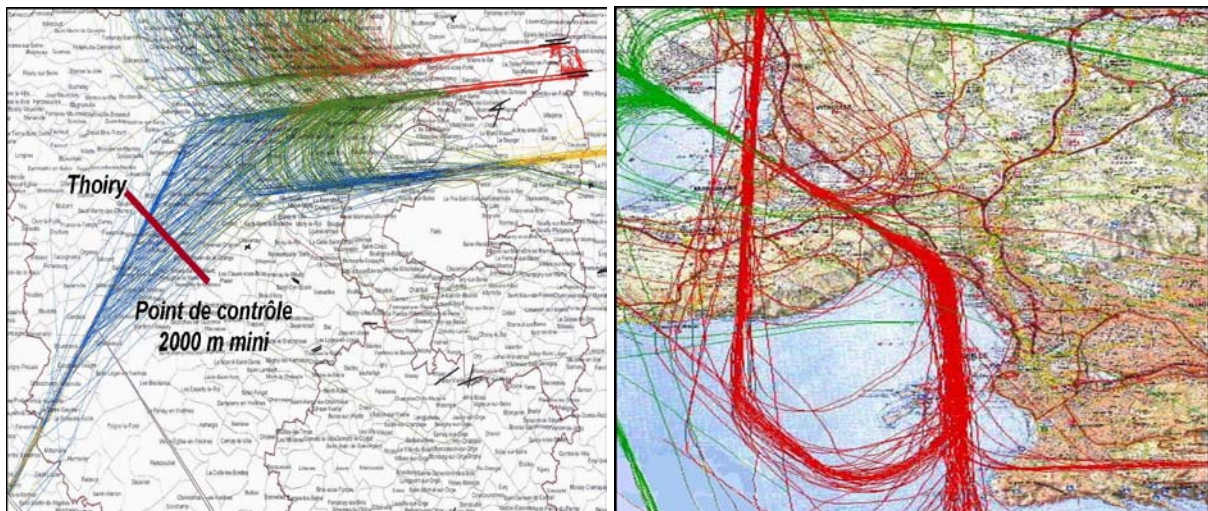
### IV.2.3 Exemple de procédure de descente continue

Comme nous l'avons dit dans le paragraphe II.3.5.7, la façon optimale de faire une approche et d'atterrir pour un avion en terme de bruit et de consommation de carburant est d'exploiter au maximum le FMS embarqué (Système de gestion du vol). La descente continue est une technique qui permet aux équipages de conduire le vol à l'arrivée d'un aéroport en évitant les paliers et en réduisant la sollicitation des moteurs et donc de faire des économies de carburant et de limiter les nuisances sonores. Les bénéfices sont d'ordre environnemental (bruit, pollution de l'air) et économique (consommation de carburant).



**Fig.IV.6 :** Procédure de descente continue et descente lisse

Le résultat d'application de cette procédure donne les trajectoires présentées dans la figure IV.8.



-a- Cas de Roissy

-b- Cas de Marignane

Fig.IV.7 : Résultats de descente continue pour les aéroports Roissy et Marignane

La procédure de descente continue pour le cas de l'aéroport Roissy, tout en respectant la pente de descente recommandée, se présente comme suit :

Une procédure de descente continue a été publiée pour l'aéroport de Paris-Orly à l'automne 2010. De façon générale, une procédure en descente continue vient rejoindre l'interception ILS classique. En tant que telle, une interception ILS à 1 500 mètres (5 000 pieds) garantit une descente sans aucun palier depuis cette altitude.

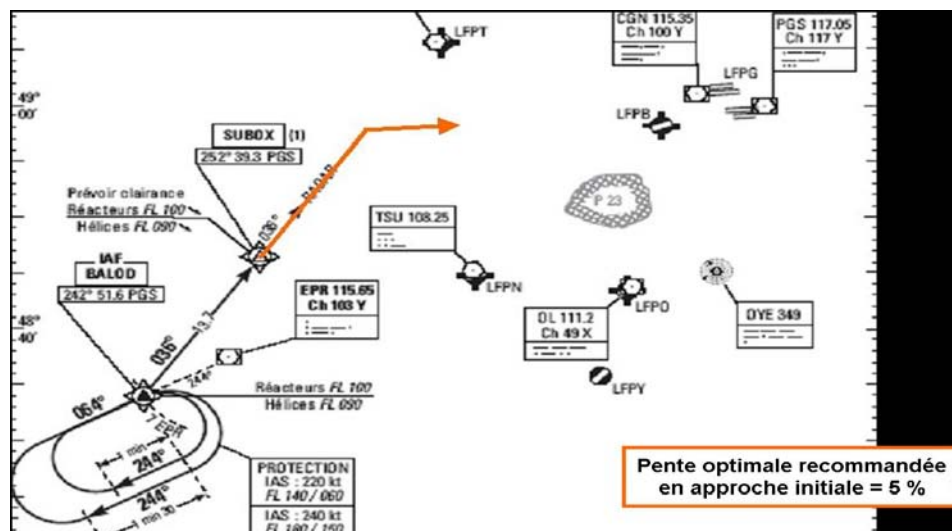


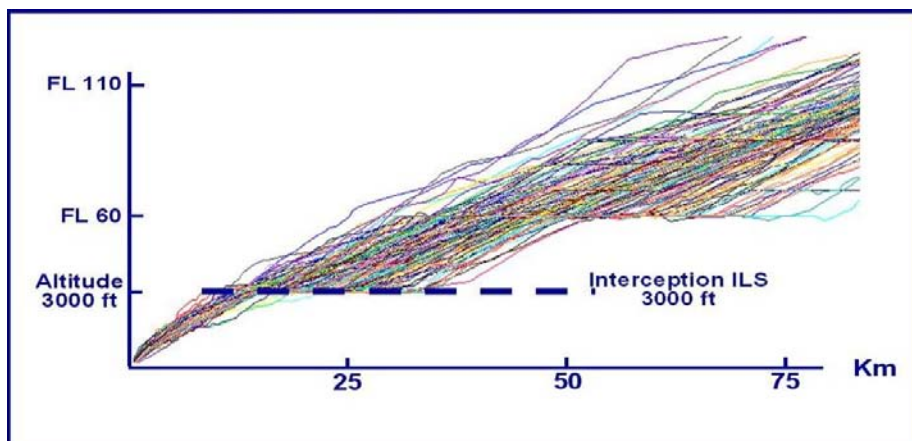
Fig.IV.8 : Exemple de procédure de descente continue pour le cas de Roissy



En région parisienne, l'altitude à laquelle les avions à l'arrivée amorcent leur manœuvre d'atterrissage se situe entre 2 000 pieds (600 mètres) et 4 000 pieds (1 200 mètres), selon les aéroports (Orly, Paris Charles-de-Gaulle,) et les pistes en service. Pour les avions, cette manœuvre consiste à effectuer un palier à ces altitudes, jusqu'à intercepter le faisceau électronique de l'ILS (*Instrument Landing System*) qui va ensuite les guider jusqu'à la piste, selon une pente de 3 degrés. Les différentes altitudes du palier d'interception de l'ILS permettent de maintenir une séparation verticale de 1 000 pieds (300 mètres) entre les différents flux d'arrivée sur les aéroports, afin d'assurer une parfaite sécurité.

#### **IV.2.4 Exemple de procédure d'augmentation d'altitude d'interception ILS**

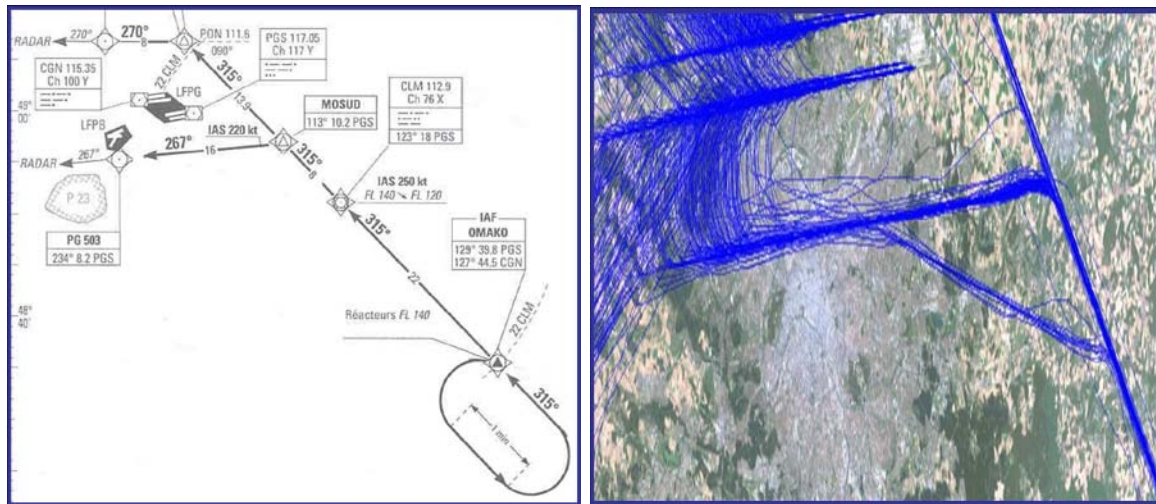
Selon la description faite au paragraphe **II.3.5.6**, l'augmentation d'altitude d'interception de l'ILS apporte un gain vis-à-vis du bruit dans les zones où l'altitude de survol est augmentée. Bien que cette procédure apporte une réelle amélioration, par exemple quand l'altitude d'interception est portée de 2000 à 3000 pieds, l'effet est moindre à des altitudes plus élevées.



**Fig. IV.9 :** Procédure d'augmentation d'altitude d'interception de l'ILS

Les ILS des aérodromes de Paris-Charles de Gaulle et de Paris-Orly font partie de la catégorie de performance la plus précise, permettant des approches « tous temps » et garantissant l'accès à ces plateformes. La pente, fixée à 3 degrés conformément à la norme internationale, permet aux aéronefs de descendre, en toute sécurité, à une vitesse stabilisée jusqu'à la piste. Toute augmentation de cette pente dégrade les conditions d'accès aux

plateformes parisiennes, en termes de minima météorologiques mais également de catégories d'appareils. Les avions devront également se ralentir sur une pente plus forte et sortiront l'ensemble des traînées aérodynamiques ce qui ne garantit pas une diminution de bruit pour les personnes sous la pente finale. La procédure appliquée sur l'aéroport Roissy et son résultat correspondant sont présentés dans la figure IV.11.



**Fig. IV.10 :** Résultat d'augmentation d'altitude d'interception de l'ILS pour Roissy

### IV.2.5 Exemple de procédure d'approche à vue

La procédure d'approche à vue repose sur les conditions suivantes :

- Vitesse limitée,
- Point d'entrée (niveau/distance),
- Trajectoire imposée,
- Survol à éviter.

L'exemple de telle procédure pour l'aéroport de BIARRITZ est indiqué dans la figure IV.12.

Pour l'exécution de l'approche à vue sur l'aérodrome de BIARRITZ-BAYONNE-ANGLET, les aéronefs doivent rejoindre l'axe de piste au plus tard :

- pour le QFU 09 à 3NM du VOR/DME BTZ
- pour le QFU 27 à 2NM du VOR/DME BTZ.

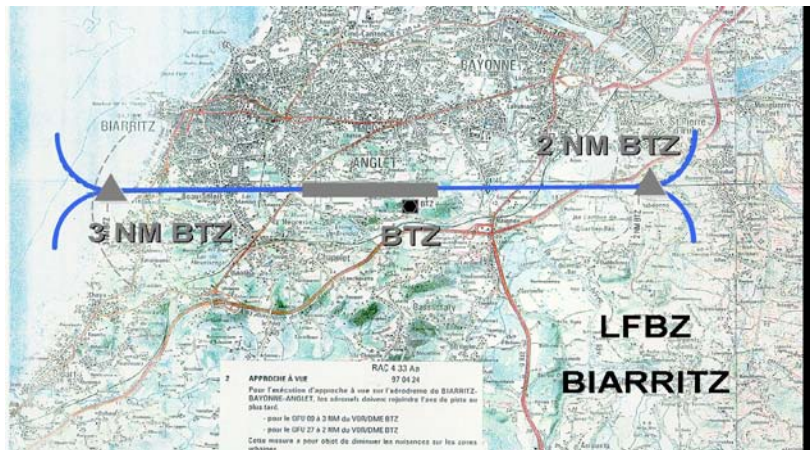


Fig. IV.11 : La procédure d'approche à vue de l'aéroport de Biarritz

## IV.2.6 Exemple de procédure guidage radar

Sur les grands aéroports comme celui de Paris-Charles de Gaulle, le guidage radar est la méthode nominale pour amener les avions vers leur point d'approche finale (FAP). Ce guidage est assuré par le contrôleur aérien et consiste à modifier les trajectoires et les vitesses des avions en approche, de sorte que ceux-ci se retrouvent régulièrement espacés au point de début descente en approche finale (FAP).

L'emploi de cette technique opérationnelle est indispensable dans les zones terminales des grands aéroports car elle permet :

- d'assurer la séparation entre aéronefs dans les flux départ ou arrivée, et entre les deux flux d'arrivée (5 km horizontalement, ou 300 mètres verticalement),
- d'ordonner les avions vers l'axe d'approche finale en exploitant au mieux la capacité des pistes.

Cette exploitation de l'espace aérien se situe dans les segments initiaux et intermédiaires. Elle se traduit par une dispersion significative des trajectoires d'avions à l'arrivée dans une zone comprise entre 15 et 30 km des seuils de piste (en fonction du FAP).

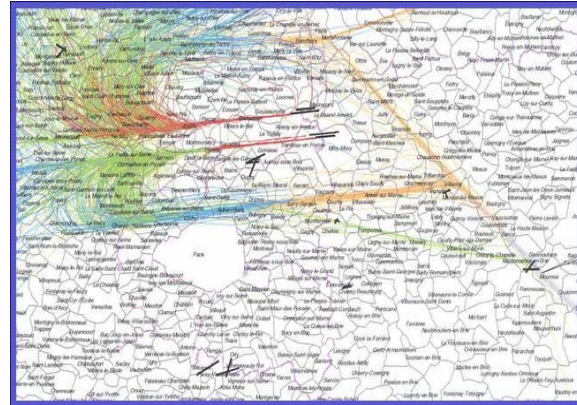
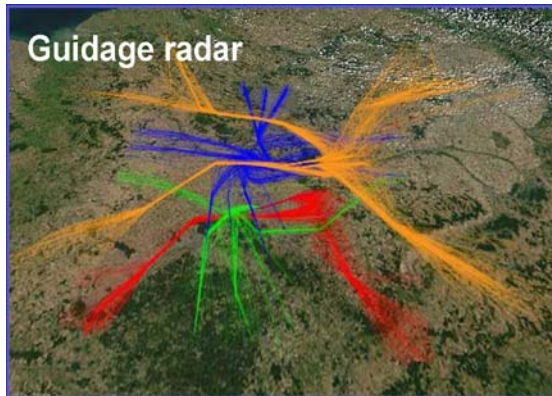


Fig. IV.12 : Exemple de procédure de guidage radar

### IV.2.7 Le mur environnemental

Un autre procédé réalisé à Marseille pour réduire le bruit des avions correspond au mur environnemental dont les avions ne doivent pas le franchir.

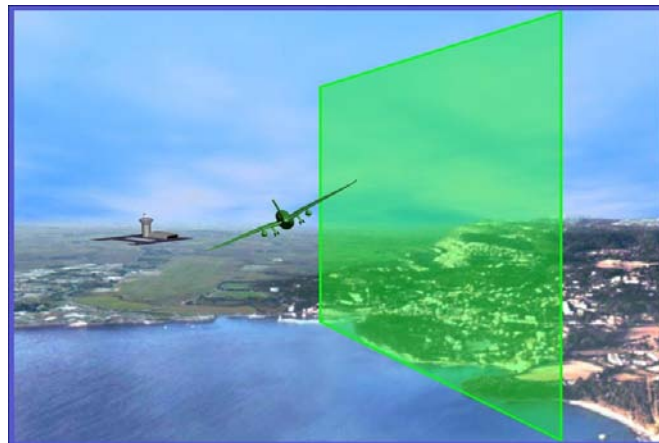


Fig.IV.13 : Exemple du mur environnemental

Le mur environnemental qui est en réalité un mur virtuel est un procédé de navigation aérienne mis en place par le service du contrôle aérien pour protéger les régions habitées des nuisances sonores des avions les survolant. En fait, il sera strictement interdit aux avions de franchir ce mur aussi bien pendant les phases de décollage que d'atterrissage au risque d'être sanctionnés à payer une amende financière et ce dans le but de préserver les populations se trouvant à travers ce mur. Les avions pourront ainsi effectuer des virages pour contourner ce mur et par la même les zones habitées. Bien sûr ce procédé est très difficile à réaliser mais il pourrait apporter un gain significatif en terme de réduction de bruit s'il était réalisé.



### IV.3 MISE EN ŒUVRE DES PROCEDURES DE NA A MOINDRE BRUIT POUR ALGER

Dans ce paragraphe, nous allons essayer d'étudier quelques procédures de navigation aérienne à moindre bruit qui peuvent être réalisées autour de l'aéroport d'Alger. L'étude dépend des infrastructures et des aides radio installées et aussi des procédures de navigation aérienne existantes.

#### IV.3.1 Procédure de départ

Face à un vent dominant d'ouest, pour les départs initiaux, les communes : Dar el Beida, Ouled Darek, Bab Ezzouar, Beaulieu et El Harrach sont survolées à basses altitudes et donc le survol a un impact sensible au sol. De même pour les communes : Ouled Darek, Ouled Ben Choubane, Haouch Rouibal et Ouled Brahim qui sont situées en dessous des trajectoires d'approche.

Au départ, si les avions montent plus vite et plus haut que possible en réduisant la poussée des moteurs, nous pouvons atteindre un gain en terme de bruit de quelques décibels pour ces communes.

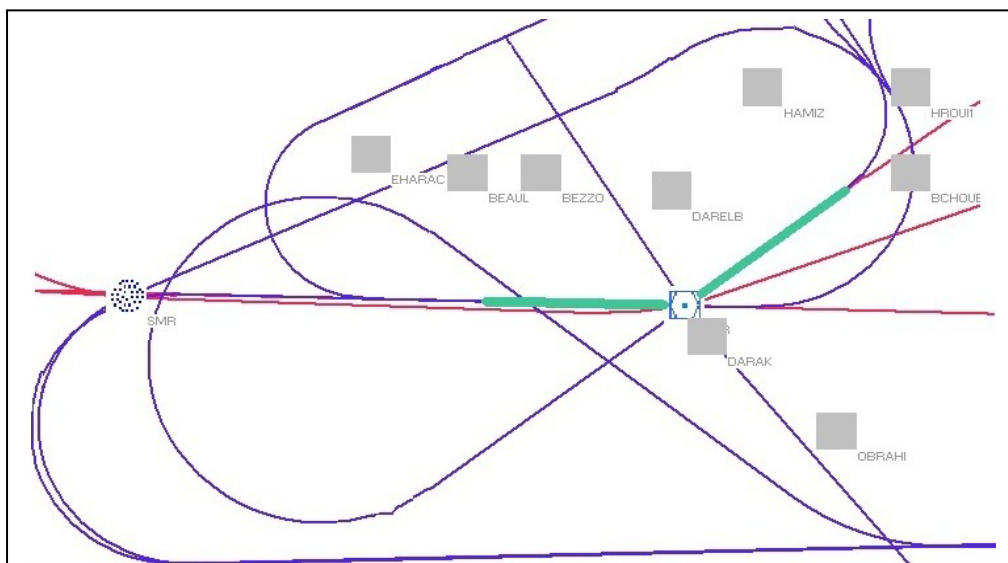


Fig. IV.14 : Les zones les plus exposées au bruit de l'aéroport d'Alger



Pour les procédures de départ vers le nord ou le nord-ouest (pour QFU23 et QFU27), le pilote pourrait, après avoir tourné à droite juste après le décollage, poursuivre une trajectoire s'éloignant beaucoup plus vers le nord pour rejoindre les points de divergence d'itinéraires de départ au FL65 minimum au lieu de FL40, comme le cas actuellement. Cette prise d'altitude, nécessaire, permet, d'une part, à s'affranchir des obstacles, et d'autre part, à réduire l'impact sonore des aéronefs.

Des virages en montée à des points bien spécifiques s'imposent si on veut réaliser un gain en terme de bruit au cours du décollage. On admet que l'avion vole en ligne droite jusqu'à une altitude d'au moins 120m (394ft), au-dessus de l'altitude de l'extrémité départ de la piste. L'objectif étant d'utiliser le mieux possible la piste QFU27, QFU préférentiel pour le décollage, qui permette aux avions d'éviter les aires sensibles au bruit au cours des phases de départ initial.

Ceci permettrait de survoler les communes de : Le Lido, Verte Rive, Bordj el Kiffan et El Harrach à une haute altitude et réduire ainsi l'impact du bruit au sol. Le point de divergence d'itinéraires se ferait ainsi au niveau de Le Bateau Casse. Certes, ces mesures sont difficiles à réaliser mais s'apparentent comme étant les plus efficaces.

Pour les QFU05 et QFU09, une fois que le pilote ait tourné à gauche, le problème ne se pose plus car cette surface est en grande partie inhabitée.

### **IV.3.2 Procédures d'approche**

La réglementation internationale a été développée pour maintenir à tout instant la sécurité et les normes de séparation. C'est ainsi que les procédures opérationnelles standard imposent aux avions de rester en permanence dans certaines limites liées à la sécurité et d'être séparés des autres avions. Dans les espaces terminaux autour de l'aéroport d'Alger, les avions venant des espaces de contrôle en route suivent des routes définies, appelées STAR : routes d'arrivée standard (*Standard-Arrival*).

Parmi les procédures d'approche présentées tout au long de ce mémoire, nous allons essayer, dans cette partie, de présenter celles pouvant être appliquées et qui peuvent aussi réduire significativement le bruit autour de l'aéroport d'Alger.

### **IV.3.2.1 Volets réduits et sortie du train retardée**

Comme c'est dit dans le paragraphe II.3.5.5, une moindre sortie des volets réduit la trainée et le bruit et réduit aussi le bruit des moteurs en raison d'une poussée légèrement plus faible en finale. Comme la mesure est relativement facile à appliquer, de façon immédiate, sans faire obstacle à la sécurité et en respectant les limites de certification de l'avion, l'aéroport d'Alger pourra imposer cette mesure pour les avions qui y atterrissent.

Il faut noter que ces mesures apportent un progrès sur le bruit dans une zone proche de la piste et de l'aéroport (moins de 9 Km environ) et, par conséquent, les vingt communes les plus touchées par le bruit et qui sont les plus proches de l'aéroport d'Alger (toutes situées dans un rayon de 4.6 NM de la plateforme) seront toutes couvertes par cette mesure.

Si en complément, l'avion peut retarder le moment de sortie du train d'atterrissage, générateur d'un bruit aérodynamique considérable, alors un gain supplémentaire peut être obtenu.

### **IV.3.2.2 Approche à descente continue**

La descente continue est une technique qui permet aux équipages de conduire le vol à l'arrivée d'un aérodrome en évitant les paliers et en réduisant la sollicitation des moteurs et donc de faire des économies de carburant et de limiter les nuisances sonores. Les bénéfices sont d'ordre environnemental (bruit, pollution de l'air) et économique (consommation de carburant).

Conformément à ce qui a été dit dans le paragraphe II.3.5.7, l'aéroport d'Alger pourra, par exemple, ainsi préconiser l'approche à descente continue (CDA) pendant la nuit, période moins sollicitée par le trafic et où le pilote a une grande latitude pour optimiser son approche, pour les approches en piste 09 car l'attente se fait au dessus de la mer (voir annexe).

### **IV.3.2.3 Augmentation de l'angle de descente en approche**

Parmi les procédures que nous avons présentées dans ce mémoire, celle qui consiste à augmenter l'angle de descente en approche présente la particularité d'être déjà en utilisation au niveau de l'aéroport d'Alger, bien que de manière facultative. Pour la procédure

QFU23 qui débute du DVOR-DME ZEM (circuit d'attente) au FL50, par exemple, une fois que le pilote intercepte l'axe de descente ILS, il continue sa descente vers la piste avec une pente de descente de  $3^\circ$  (5%).

Pour la procédure QFU09 également la descente s'effectue avec une pente de  $3^\circ$  (5%) vers la piste.

#### IV.3.2.4 Augmentation d'altitude d'interception du Glide

En approche QFU23 ou QFU27, même si le pilote augmente l'altitude d'interception du glide les communes situées en dessous des trajectoires de descente resteront toujours en forte exposition de bruit parce que l'approche finale ne débutera pas à moins de 7 NM. Cette solution peut être efficace pour les communes qui se trouvent à une distance de 7 à 11 NM de la plate-forme. Par contre, si le pilote augmente la pente de descente à plus de  $3^\circ$  tout en garantissant la sécurité du trafic, cela peut réduire l'empreinte au sol.

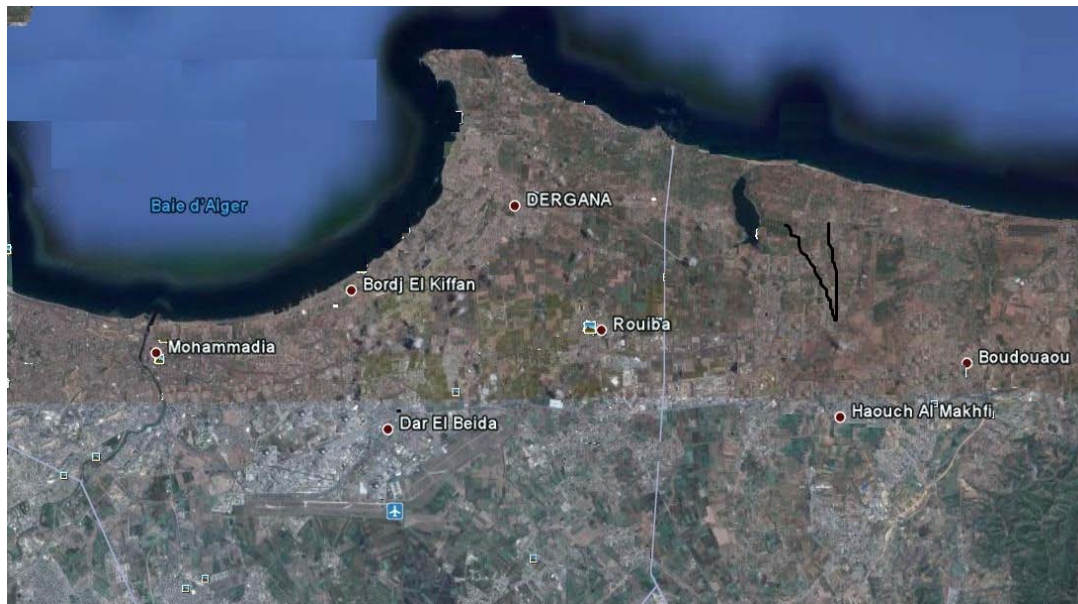


Fig.IV.15 : Les communes qui seront concernées par une augmentation d'altitude d'interception du glide

### **IV.3.2.5 Pistes préférentielles**

Des orientations préférentielles de piste pour le décollage et l'atterrissage, appropriées à l'exploitation, sont désignées aux fins d'atténuation du bruit, l'objectif étant d'utiliser autant que possible les pistes qui permettent aux avions d'éviter les aires sensibles au bruit au cours des phases de départ initial et d'approche finale des vols.

Pour le décollage, le QFU27 est souvent préféré car peu de communes sont directement survolées à basse altitude et reste actuellement la piste préférentielle pour le décollage.

En principe, une piste ne devrait être choisie pour une utilisation préférentielle à l'atterrissage que si elle est équipée d'un dispositif de guidage approprié sur la pente de descente, par exemple un ILS ou, pour l'exploitation dans les conditions météorologiques de vol à vue, un indicateur visuel de pente d'approche. Le QFU23 de l'aéroport d'Alger, étant desservi pour un ILS cat.III couplé avec DVOR/DME et un DVOR/DME « ZEM » sert d'IAF, il est logiquement la piste préférentielle pour l'atterrissage (voir III.2.3).

L'atténuation du bruit ne devrait pas être le facteur déterminant pour la désignation des pistes dans les circonstances suivantes :

- a) si la piste n'est pas dégagée et sèche, c'est-à-dire si ses caractéristiques sont compromises par la présence de neige, de neige fondante, de glace ou d'eau, ou encore de boue de caoutchouc, d'huile ou d'autres substances ;
- b) pour l'atterrissage, si la hauteur du plafond est inférieure à 150 m (500ft) ou, pour le décollage et l'atterrissage, si la visibilité horizontale est inférieure à 1.9 km ;
- c) si la composante vent de travers, y compris des rafales, dépasse 28 km/h (15kt) ;
- d) si la composante vent arrière, y compris des rafales, dépasse 9 km/h (5kt) ;
- e) si un cisaillement du vent a été signalé ou prévu ou lorsqu'on prévoit que des
- f) orages influenceront sur l'approche ou le départ.

### **IV.3.2.6 Navigation de précision dans les zones terminales**

La haute précision de la navigation, à la fois en temps et en position, sur des routes prédéfinies, avec un guidage latéral continu, y compris dans les virages, permettra au contrôle aérien de mieux maîtriser les flux de trafic au départ et à l'arrivée.

Les arrivées et départs conventionnels utilisent des alignements sur des aides à la navigation implantés au sol, ce qui impose des contraintes sur les trajectoires nominales. La navigation de surface de précision, en s'affranchissant en partie de ces moyens, réduit ces contraintes. Dans les limites de manoeuvrabilité qu'impose la sécurité, cela permet aux routes d'être ajustées pour mieux éviter les zones sensibles au bruit. De plus, la navigation étant plus précise, la dispersion des trajectoires est réduite, ce qui se traduit par une empreinte de bruit moins large le long des routes nominales de départ et d'arrivée.

Cependant, suivre des routes d'arrivée prédéterminées plutôt qu'un guidage radar jusqu'à l'ILS demandera des outils de prévision plus précis pour les contrôleurs aériens, qui ne peuvent être réalisés à court terme.

#### **IV.3.2.7 Volume de Protection Environnemental (VPE)**

Pour éviter les déviations des trajectoires aériennes, nous pouvons définir ce que nous appelons le volume de protection environnemental tel qu'il est indiqué dans la figure ci-dessous.

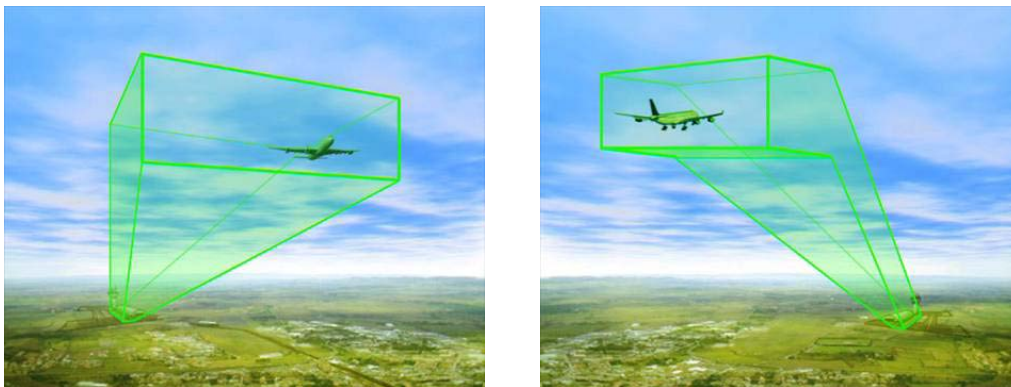


Fig. IV.16 : Le VPE

Le volume de protection environnementale (VPE) est un espace à l'intérieur duquel les avions au décollage ou à l'atterrissage doivent obligatoirement circuler. Ils offrent une garantie aux populations en matière de survols.

Les sorties de ces volumes sont en effet détectées, analysées et, si celles-ci ne sont pas justifiées au regard de la sécurité ou des ordres donnés par le contrôle aérien, elles sont soumises à l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires qui peut prononcer une sanction.

Les volumes de protection pour les décollages d'Alger seront situés dans le prolongement des pistes et s'arrêtent avant la zone de virage des avions partant vers leurs destinations. **Afin de mieux protéger les habitants proches de la zone de virage, il est prévu de prolonger les VPE associés.**

#### **IV.4 CONCLUSION :**

Dans le but de minimisation des nuisances sonores, la diminution des déviations des trajectoires aériennes est la responsabilité des pilotes et des contrôleurs aériens.

On comprend alors l'intérêt de se concentrer sur la formation et la sensibilisation des pilotes et des contrôleurs. Les mesures et procédures présentées tout au long de ce chapitre nécessitent une connaissance particulière et approfondie de la part aussi bien des contrôleurs que des pilotes pour leurs applications. Car elles sont à la fois complexes et nouvelles.

# Conclusion générale

---

## Conclusion générale

Résumer six mois de travaux n'est pas une tâche aisée. La progression dans un projet de recherche tel que celui-ci n'est pas linéaire tant de nombreuses voies peuvent être envisagées, développées, abandonnées, ... puis reprises sous un jour nouveau.

Aussi, l'objectif a été, en grande partie, atteint car ce travail nous a permis d'abord de comprendre le bruit des avions sous tous ses angles tant sur ses origines aérodynamiques et mécaniques que sur ses conséquences sur la santé des riverains, ce qui a constitué l'essentiel du premier chapitre. Nous avons aussi compris, dans le deuxième chapitre, le processus de réduction du bruit à la source et les procédures opérationnelles à appliquer pour le réaliser. La présentation de l'aéroport d'Alger sous tous ses aspects était l'objet du troisième chapitre. Quant au quatrième et dernier chapitre, avec les exemples des aéroports internationaux que nous y avons vus, il nous a conduits à faire l'étude et la réalisation des procédures de navigation aérienne à moindre bruit autour de l'aéroport d'Alger.

Il n'y a pour l'instant pas d'autres études comparables à celle-ci. Il est donc, certes, difficile de comparer ce travail à d'autres et de jauger sa véritable importance mais les solutions apportées sont tout de même intéressantes autant du point de vue de leur valeur scientifique que de leur efficacité dans la mise en œuvre. N'ayant connu pour l'instant aucun travail dans ce sens mis à part l'étude et la réalisation du PEB qui date de 2004, ce modeste travail ne pourra qu'être apprécié par l'aéroport d'Alger Houari Boumediene.

De manière globale, on peut conclure que la réduction du bruit autour de l'aéroport d'Alger ne sera pas spectaculaire, et liée à un grand nombre de limitations et de restrictions. Cela s'explique par le fait qu'elle n'est pas la principale priorité de l'Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA) chargé de son suivi et de son contrôle. Des améliorations peuvent toujours être apportées, mais des travaux seront nécessaires dans le futur pour les obtenir. Finalement, bien que non spectaculaires en général, des améliorations localisées pourraient tout à fait s'avérer appréciables.

# Bibliographie

B. Philippe, G. Benjamin, VENCE Eric. “ *Nuisances sonores générées par les aéroports*” 2000/2001.

Benoit Barbot. Thèse. “*Caractérisation perceptive des bruits d’avions : Influence de leur qualité sonore confrontée à la répétition des événements sur l’expression de la gêne fonctionnelle*”. Ecole doctorale sciences et ingénierie, université de Cergy – Pontoise.22/04/2008.

J.L. PARANT. “ *Les nuisances acoustiques autour des aéroports*”. Colloque C5, supplément au Journal de Physique III, Volume JOURNAL DE PHYSIQUE IV. 4 mai 1994.

Marion ALAYRAC. “*Indicateurs de gêne sonore pour l’étude d’impact du bruit d’un site industriel : caractérisation physique et perceptive*”. Ecole Centrale de Lyon – Université Claude Bernard-Lyon 1 – INSA Lyon *Spécialité : Acoustique*. Année 2009.

J.A.J. van Engelen, J. Middel and R.J. de Muynck. “*Evaluation de procédures de moindre bruit pour la TMA et les aéroports de Paris*”. NLR-CR-2001-XXX .24 septembre 2000.

AIP ALGERIE. BECHAR/*Boudghene Ben Ali Lotfi*. AD 2 DAOR-1. 24 SEP 09.

Annexe 16. Normes et pratiques recommandées internationales. “*Protection de l’environnement*”. Volume 1. Bruit des aéronefs. Troisième édition- Juillet 1993.

Pierre Prunetti. GUIDE DU DIRIGEANT. “*Atténuation de la nuisance sonore*”. 17 octobre 2006.

BENAISSA Abdellah, ELALOUANI. Mémoire de fin d’études, Thème : “*Élaboration d’un projet d’instruction de certification d’aérodrome d’Alger H.B de code 4-F*”. Année 2010.

BOUDANI Abdelkader, OTMANI Belkacem. Mini projet, post graduation aéronautique : “*Le bruit des aéronefs*”. Année 2007.

Le PEB de l’aéroport d’Alger.



**Les sites internet :**

[www.bouches-du-rhone.pref.gouv.fr](http://www.bouches-du-rhone.pref.gouv.fr)

[www.aviation-civile.gouv.fr](http://www.aviation-civile.gouv.fr)

[www.acnusa.fr](http://www.acnusa.fr)

[www.enna.com](http://www.enna.com)

[www.egsa.com](http://www.egsa.com)

[www.google.fr](http://www.google.fr)

[www.yahoo.fr](http://www.yahoo.fr)

[www.astalavista.fr](http://www.astalavista.fr)

[www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)

## **Annexe 1**

# **L'Établissement National de la Navigation Aérienne**

## **Présentation de l'ENNA**

L'Établissement national de la navigation aérienne (ENNA) est en Algérie l'administration chargée de l'exploitation et de la sécurité du transport aérien algérien.

L'Établissement National de la Navigation Aérienne (ENNA) est chargé de la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de la sécurité de la navigation aérienne, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées. Cet établissement a pour rôle principal la sécurité et la régularité de la circulation aérienne générale dans l'espace aérien national. A ce titre, l'ENNA élabore et met en œuvre les procédures d'exploitation de la navigation aérienne et contrôle leur application, et assure aussi le contrôle de la circulation aérienne pour l'ensemble des aéronefs évoluant dans son espace aérien.

Sauf sur certains aérodromes de contrôle militaire pouvant recevoir sous conditions des aéronefs civils, les services de contrôle d'aérodrome, de contrôle d'approche, d'alerte et d'information de vol sont assurés par l'ENNA.

Les services de contrôle d'aérodrome et d'approche sont généralement assurés dans les limites des espaces aériens contrôlés associés aux aérodromes.

En général, la réglementation et les procédures de la circulation aérienne en vigueur sont conformes aux normes, pratiques recommandées et procédures de l'OACI.

L'ENNA est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial.

## **1) Ses missions :**

L'ENNA est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle du ministère des Transports algériens. Ses missions principales sont :

- assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien algérien ou relevant de la compétence de l'Algérie ;
- veiller au respect de la réglementation relatives à la circulation aérienne en Algérie ;
- assurer l'exploitation technique des aéroports algériens civils ;
- être l'organisme représentant l'Algérie à l'international dans les domaines aéronautiques ou météorologique.

Dans l'espace aérien correspondant à sa zone de responsabilité, l'ENNA assure en outre les services suivants :

- Le service de contrôle régional dans les espaces aériens désignés.
- Le service d'information de vol ou le service consultatif en dehors de l'espace aérien contrôlé.
- Le service d'alerte au bénéfice des aéronefs ayant déposé un plan de vol.
- Le service automatique d'information de région terminale (ATIS) à l'aéroport d'Alger/Houari-Boumediene : Les émissions des messages ATIS sont destinées à la fois aux aéronefs à l'arrivée et au départ.
- Le service de contrôle radar dans les secteurs : TMA Centre Alger, TMA Nord Est, et TMA Oran ainsi que la région de contrôle (CTA) d'Alger.
- Le service de contrôle des mouvements à la surface (SMGCS) au niveau de l'aéroport d'Alger/Houari Boumediene.

## **2) Son organisation :**

L'ENNA est organisé en cinq directions opérationnelles :

- Direction du développement de la navigation aérienne ;

## Annexe 1

- Direction de l'exploitation de la navigation aérienne ;
- Direction technique de la navigation aérienne ;
- Direction de la logistique ;
- Centre de qualification, de recyclage et d'expérimentation de la navigation aérienne.

L'ENNA gère onze aéroports algériens internationaux et vingt-cinq aéroports nationaux.

## **Annexe 2**

# **Présentation de l'établissement de gestion et de service aéroportuaire (EGSA)**

### **1°) Historique de l'EGSA**

L'EGSA Alger « Etablissement de Gestion de Services Aéroportuares d'Alger » a été créée par décret présidentiel N° 173-87 du 11 Aout 1987 et reconnu comme un Etablissement Public à caractère industriel et Commercial (EPIC), doté de missions de service public par décret exécutif N° 91-150 du 18 mai 1991. Sous tutelle du Ministère des Transports, sa vocation est réputée commerçante, Il gère, développe et exploite les aéroports ouverts à la circulation aérienne publique. L'Etablissement de Gestion de Services Aéroportuares d'Alger intervient ainsi dans la gestion de Dix Huit (18) Aéroports situés au centre et centre sud du pays. Il s'agit des aéroports suivants :

- Alger, H boumediene
- Bejaia, Soummam Abane ramdane
- Hassi-Messaoud, Krim belkacem
- Ghardaïa, noumerate Moufdi zakaria
- Tamanrasset, Aguenar-Hadj bey akhamokh
- Ouargla, Ain beida
- In-Amenas, Zarzaitine
- In Guezzam,
- In Salah, Tafsaout
  
- Laghouat, Moulay Ahmed medeghri
- Hassi R'Mel , Tilrhemt
- El Oued, Guemar

- Djanet, Tiska
- Touggourt, Sidi mahdi
- El Goléa, El menia
- Bou saâda, Ain eddis
- Chlef, Abou bakr Belkaid
- Illizi, Takhamalt

Le 01.11.2006, une filiale de l'EGSA-ALGER dénommée Société de Gestion des Services et Infrastructures Aéroportuaires (SGSIA) Aéroport d'Alger, a été créée sous la forme d'une entreprise publique économique (EPE/SPA). Les Aéroports de Paris (ADP) gèrent cette société selon le modèle de la gestion déléguée (contrat de gestion de Quatre (04) années).

## **2°) Les missions de l'EGSA**

L'Etablissement a pour missions principales :

### **❖ En matière d'aménagement et de développement :**

#### **➤ Au plan de la conception, participe :**

- A l'élaboration des schéma-directeurs des ensembles aéroportuaires,
- Aux études de conception et de faisabilité relatives aux choix de sites et aux spécifications techniques se rapportant à l'implantation ou à l'extension des aérodromes,
- A la fixation des caractéristiques techniques nécessaires à la réalisation des aérodromes,

#### **➤ Au plan de la réalisation des ouvrages, installations et équipements :**

- Effectue des études de conception et de faisabilité nécessaires à la réalisation des aérogares et des infrastructures hôtelières et commerciales des aéroports,
- Assure la réalisation, l'extension, la modernisation des aérogares, des infrastructures hôtelières et commerciales ainsi que les équipements annexes destinés à promouvoir les commerces dans les aérogares, la maîtrise d'ouvrage déléguée des opérations entreprises, le cas échéant.

❖ **En matière de gestion et exploitation des aéroports :**

➤ **Au plan commercial :**

- Gère, entretient et développe les installations destinées au public et aux opérations de fret.
- Exploite et met à la disposition des opérateurs les moyens et réseaux nécessaires.
- Exploite et gère les installations en vue de promouvoir les prestations commerciales notamment la restauration, l'hôtellerie et les autres commerces dans les aérogares y compris les comptoirs de vente à l'exportation (duty free shops).

❖ **En matière de prestation :**

➤ **Au plan de la satisfaction des besoins des usagers du transport aérien :**

- Facilite l'arrivée et le départ, assure l'assistance, l'embarquement, le débarquement, l'acheminement à terre des passagers, marchandises, courrier, fret, l'accueil, l'information, l'organisation des commodités, l'assistance au bénéfice des aéronefs, l'avitaillement en tant que de besoin des aéronefs dans des conditions fixées par le Ministère des Transports.
- La gestion et la Police du domaine aéroportuaire.

❖ **En matière de gestion et d'exploitation des moyens techniques :**

➤ **Au plan de sécurité aérienne relevant des zones terminales :**

- L'Etablissement peut assurer par délégation d'attributions de sécurité aéronautique, l'ensemble des activités concourant à la gestion du trafic aérien à l'intérieur d'espaces désignés par le Ministère des Transports.
- Un arrêté du Ministère des Transports précisera les conditions et modalités de prise en charge, d'organisation et de fonctionnement pour assurer l'exploitation technique des services relevant de l'organisme compétent en vue de garantir la sécurité aéronautique.

L'établissement vise à améliorer les performances suivantes:

- La formation et la valorisation des ressources humaines,
- Le renforcement de la sûreté et la sécurité aéroportuaires,

- La mise à niveau des infrastructures et des équipements,
- Le développement des activités commerciales et des conditions d'exploitation,
- L'amélioration du management de l'Etablissement,
- La gestion de l'environnement aéroportuaire.

La prise en charge des aéroports est assurée grâce à une organisation centrale composée de structures fonctionnelles et de structures opérationnelles au niveau local. Sur instructions des pouvoirs publics, l'aéroport d'Alger a été érigé en filiale de l'EGSA avec un statut d'Entreprise publique économique autonome (EPE/SPA) dotée d'un organigramme propre.

La démarche d'élaboration des procédures de gestion entamée à ce jour, sera poursuivie et toutes les procédures relatives aux actes de gestion seront clairement rédigées et connues de tous. Afin de s'assurer de la mise en œuvre efficace des procédures, des systèmes de reporting, des bilans; des études de retours d'expérience et des rencontres des cadres seront organisées. Cette démarche sera systématisée durant les exercices futurs.

➤ **Au plan opérationnel :**

- Les directions d'aéroports, assurent la gestion et l'exploitation en temps réel. Elles rendent compte des résultats et préconisent des correctifs pour améliorer les services en adaptation avec le marché local.
- Sur le plan commercial, elles assurent la facturation et le recouvrement des créances ainsi que le suivi des contrats

➤ **Au plan fonctionnel :**

Les directions centrales sont au nombre de quatre :

- La Direction des Finances et de la Comptabilité (DFC)
- La Direction de l'Infrastructure et de l'Equipement (DIE)
- La Direction des Ressources Humaines et du Juridique (DRHJ)
- La Direction Commerciale (DC)



## **Annexe 3**

### **Le PEB de l'aéroport d'Alger**

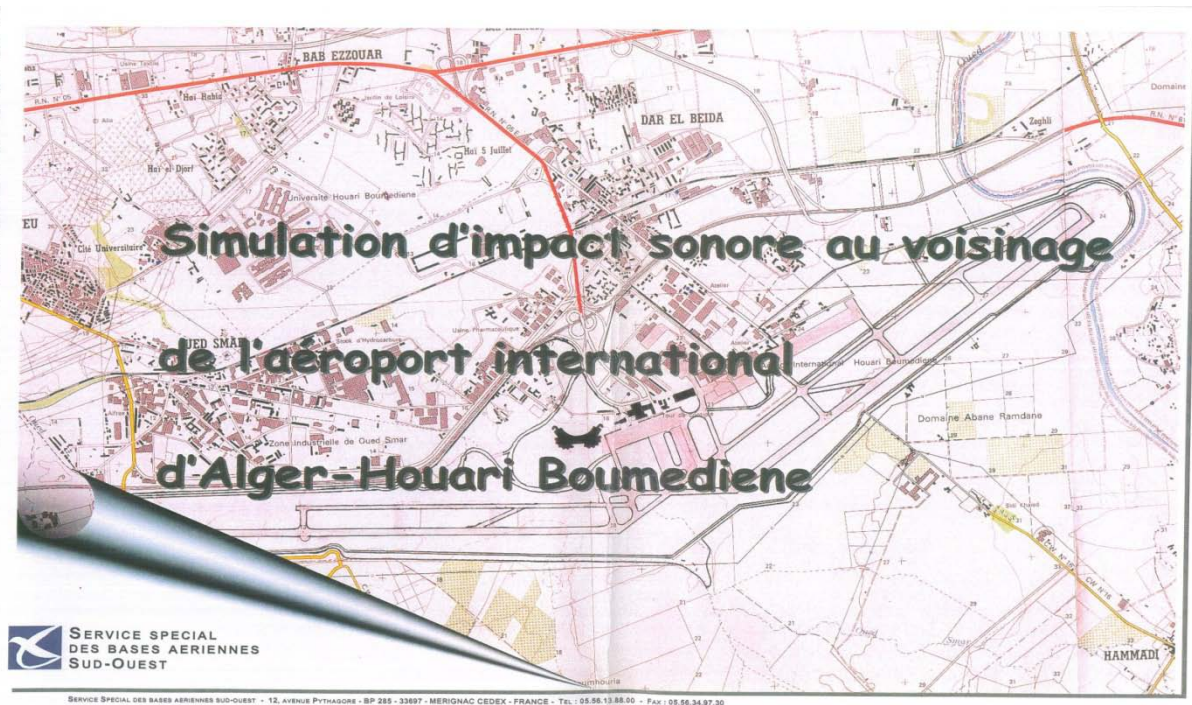
L'étude du PEB de l'aéroport d'Alger a été effectuée en 2000 sur les bases du trafic prévu à long terme.

Deux simulations ont été faites pour montrer comment l'empreinte du bruit au sol diminuera à long terme :

- une simulation d'impact sonore basée sur le trafic actuel de la plate-forme, correspondant au PGS ;
- une simulation d'impact sonore basée sur les hypothèses du trafic à l'horizon de 10 à 15 ans, correspondant au PEB.

Seules les courbes d'indice psophique (IP) 96, 89 et 78 qui sont représentées et les calculs effectués sont basés sur les données suivantes :

- Trafic moyen quotidien à l'horizon d'étude retenu (nombre de mouvements pour chaque type d'aéronefs) ;
- Définition des procédures de décollage et d'atterrissage en trois dimensions, répartition de ce trafic sur chaque procédure ;
- Répartition du trafic en mouvements diurnes (6H – 22H) et nocturnes (22H -6H).



SERVICE SPECIAL  
DES BASES AERIENNES  
SUD-OUEST

SERVICE SPECIAL DES BASES AERIENNES SUD-OUEST - 12, AVENUE PYTHAGORE - BP 255 - 33697 - MERIGNAC CEDEX - FRANCE - TEL : 05.56.13.88.00 - FAX : 05.56.54.97.30

## Simulation de gêne sonore sur les bases du trafic actuel « Plan de Gêne Sonore »

Bases de calcul :

\* Trafic commercial réparti sur 365 j par an.

\* Type d'avion et nombre de mouvements journaliers :

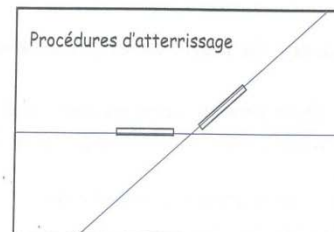
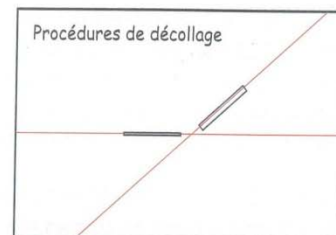
- B 747-400	3
- B 737-200	34
- B 737-400	12
- B 727	19
- B 767	6
- A 310	10
- A 320	2
- Jet type Fokker 27	34
- Turbopropulseurs type ATR 42	3
- Avions d'affaires type Falcon	2
- Petits avions d'affaires type Beech 200	3

Soit un total journalier de 128 mouvements, pour un total annuel d'environ 50.000 mouvements.

\* Trafic de nuit :

- B 737-200	11 %
- B 737-400	14 %
- B 727	10 %
- A 310	16 %
- Jet	10 %
- Beech 200	30 %

Représentation des procédures  
prises en compte pour les calculs



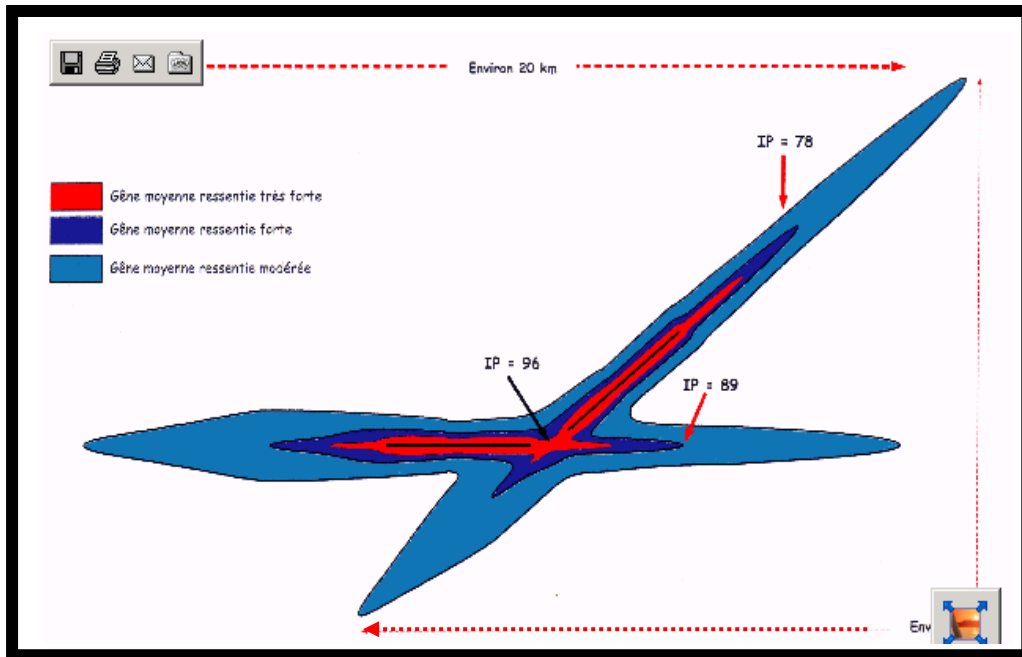


Fig : Le PGS d'Alger

## Simulation effectuée sur les bases du trafic futur estimé en 2015 « Plan d'Exposition au Bruit »

### Bases de calcul :

\* Trafic commercial réparti sur 365 j par an.

\* Type d'avion et nombre de mouvements journaliers :

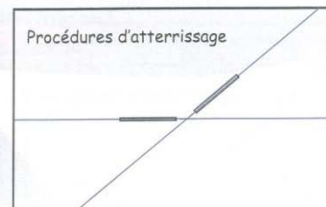
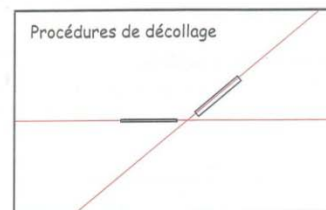
- B 747-400	6
- B 737-400	68
- B 767	8
- A 310	17
- A 320	32
- Jet ou Turbopropulseur type ATR 72	10
- Turbopropulseurs type ATR 42	29
- Avions d'affaires type Falcon	8
- Petits avions d'affaires type Beech 200	8

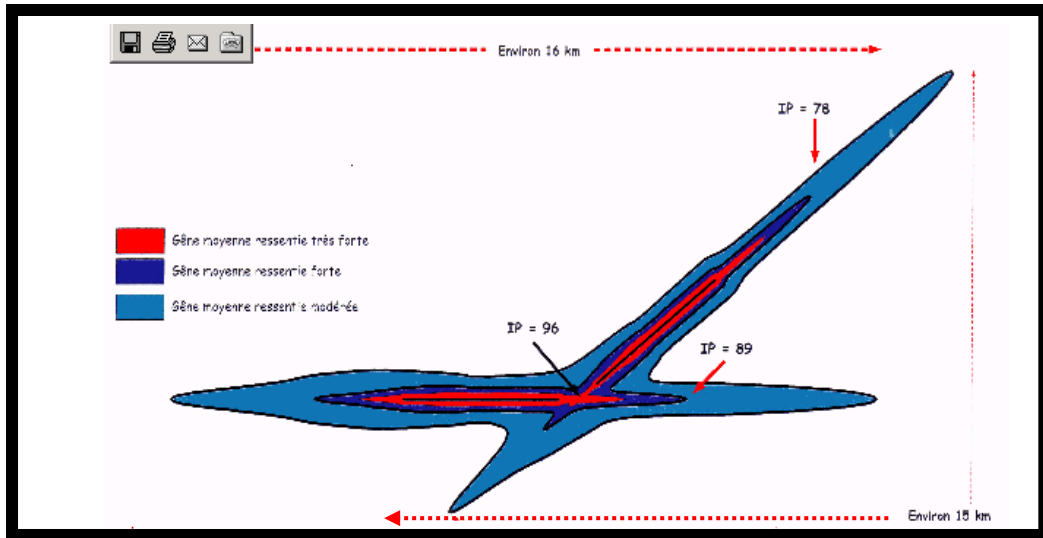
Soit un total journalier de 186 mouvements, pour un total annuel d'environ 75.000 mouvements.

\* Trafic de nuit :

- B 747	30 %
- B 737-400	11 %
- A 310	11 %
- A 320	12 %
- ATR 42	12 %
- Jet	10 %
- Beech 200	20 %

Représentation des procédures prises en compte pour les calculs





Le PEB d'Alger

## Analyse technique succincte

Les surfaces concernées par les zones de bruit sont les suivantes :

Indices	Actuel (PGS)	Futur (PEB)
96	750 ha	520 ha
89	1780 ha	1180 ha
78	7400 ha	4450 ha

Comme on peut le constater, l'empreinte au sol qui traduit la gêne sonore ressentie, va en diminuant alors que le volume de trafic prévisible à l'horizon 2015 est supérieur au trafic actuel, tant en nombre de mouvements qu'en pourcentage de trafic de nuit.

Ceci s'explique par le remplacement prévisible sur la période des avions les plus bruyants (Chapitre 2) par des avions de dernière génération (Chapitre 3) qui induisent des nuisances sonores moindres.

Ainsi l'impact sonore de l'activité de l'aéroport international d'Alger - Houari Boumediene devrait globalement aller en décroissant dans les années à venir.

\*\*\*\*\*

Ne connaissant pas le contexte sociologique, économique et culturel local, nous laissons le soin aux autorités algériennes d'en déduire les choix politiques à opérer (degré de contraintes sur l'urbanisation) au vu de ce document.



# LEGITIMITÉ

## TEXTES DE RÉFÉRENCE

- **Loi n° 85-696** du 11 juillet 1985 relative à l'urbanisme ou voisinage des aéroports. (J. O. du 12 juillet 1985).
- **Décret n° 87-339** du 21 mai 1987 définissant les modalités de l'enquête publique relative aux plans d'exposition au bruit des aéroports.
- **Décret n° 87-340** du 21 mai 1987 fixant les conditions d'établissement des plans d'exposition au bruit des aéroports.
- **Décret n° 87-341** du 21 mai 1987 relatif aux commissions consultatives de l'environnement des aéroports.
- **Circulaire** du 19 janvier 1988 relative à l'urbanisme ou voisinage des aéroports.
- **Décret n° 97-607** du 31 mai 1997, relatif aux règles de protection contre le bruit et à l'aide aux riverains des aéroports.
- **Loi n° 99-588** du 12 juillet 1999, portant création de l'Autorité de Contrôle des Nuisances Aéronautiques.
- **Arrêté** du 28 mars 1998 fixant la liste des aéroports non classés en catégories A, B ou C devant être dotés d'un P.E.B.

## PROCÉDURE D'ÉTABLISSEMENT ET D'APPROBATION DES P.E.B. (LOI N° 85-696 ET DÉCRET N° 87-339)

### PHASE D'ÉTUDE

### PHASE D'INSTRUCTION ADMINISTRATIVE

## LANCÈMENT DE L'ÉTUDE

Le SBA (par délégation du Ministre chargé de l'Aviation Civile) approuve le programme et le dispositif de production proposés lors de la phase de lancement de l'étude. Il décide donc, à ce stade, s'il y a lieu ou non d'établir un P.E.B.

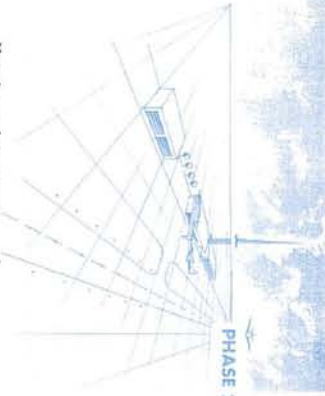
## DÉCISION D'ÉTABLISSEMENT

### Préfet de département

**Avec l'accord du Ministre chargé des Transports :**  
Aéroports d'intérêt national officiels exclusivement ou principalement à l'Aviation Civile  
Aéroports étrangers dont les nuisances affectent le territoire français.

**Avec l'accord du Ministre chargé de la Défense :**  
Aéroports créés exclusivement ou principalement à la Défense.

## ÉLABORATION



### PHASE 2

## PHASE 1

### CONSULTATION DES COMMUNES ET/OU ÉTABLISSEMENTS PUBLICS DE COOPÉRATION INTERCOMMUNALE ET DE LA COMMISSION CONSULATIVE DE L'ENVIRONNEMENT

Notification de décision d'établissement du P.E.B. + projet de P.E.B. adressés par le Préfet aux communes et/ou établissements publics de coopération intercommunale concernés.  
Délai de 2 mois accordé pour réponse. Avis réputé favorable si absence de réponse.

Parallèlement et notamment à l'initiative d'une ou plusieurs communes, voire du Préfet peut être créée une Commission Consultative de l'Environnement par arrêté du Préfet de département (si le P.E.B. concerne plusieurs départements, arrêté conjoint des Préfets des départements en question).  
Dès réception des avis, le Préfet de département sur lequel se situe l'aérodrome (ou l'essentiel de sa superficie) saisit la COCCOENVI (si elle existe) du projet de P.E.B. et des avis exprimés.

La COCCOENVI dispose alors de 2 mois pour formuler ses critiques (à plusieurs départements, le délai court à compter de la dernière saisine).

Le projet de P.E.B. éventuellement modifié est ensuite soumis à une enquête publique.

### ENQUÊTE PUBLIQUE

(cf. décret n° 87-339 du 21 mai 1987)

Le Préfet organise l'enquête et centralise les résultats. Avis d'enquête 15 jours avant le début de l'enquête (publications dans les journaux et affichages en mairie).  
Durée minimale de l'enquête : 1 mois.

Rapport et avis du Commissaire Enquêteur un mois au plus tard après la fin de l'enquête.

L'ensemble est adressé au Préfet pour approbation.

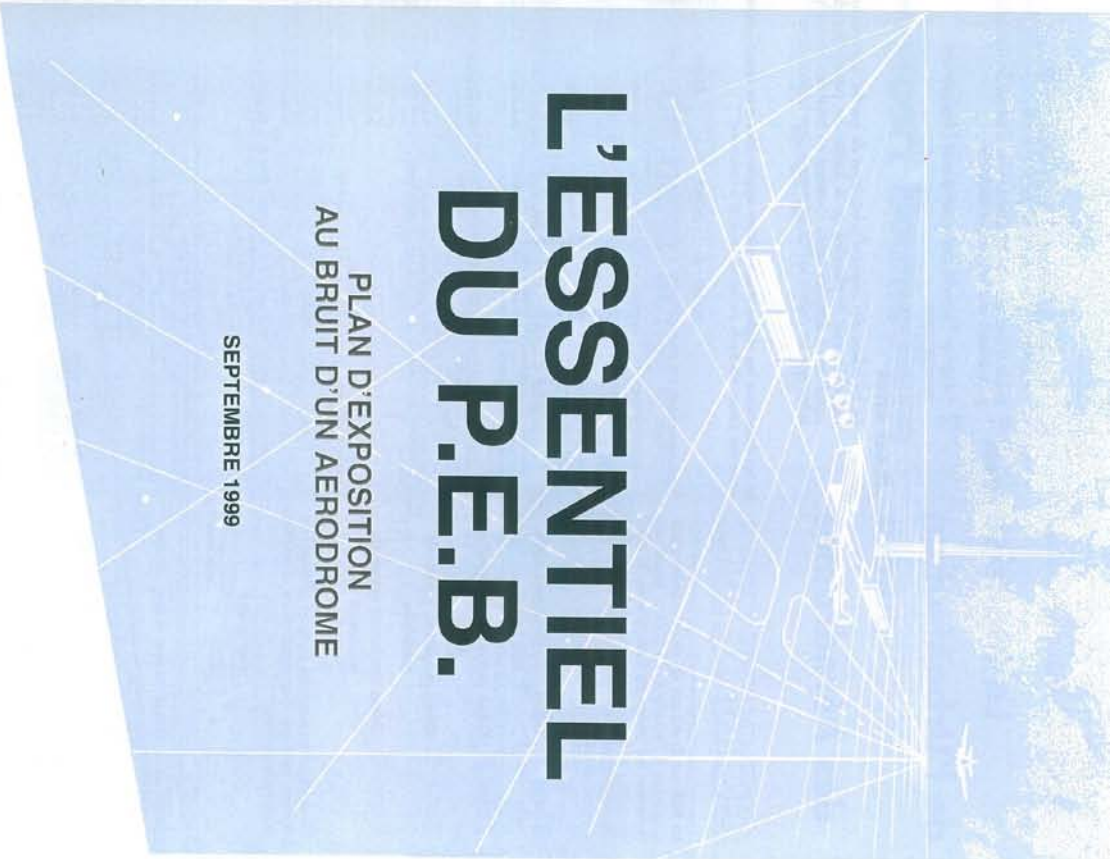
### APPROBATION

Mémoires orientés que celles qui décident de l'établissement du P.E.B.  
Copies de l'arrêté et du P.E.B. approuvés sont modifiées aux communes et/ou établissements publics de coopération intercommunale concernés.

MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT  
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT  
DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE  
SERVICE SPÉCIAL  
DES BASES AÉRIENNES  
SUD-OUEST

Conception SB&A 60 - Domaine de Pébas 12, avenue Pythagore - BP 285 - 33667 MERIGNAC CEDEX

Réalisation Reprographie CETE du Sud-Ouest - BP C - 33165 SAINT-MÉDARD-EN-JALLES CEDEX



SERVICE SPÉCIAL  
DES BASES AÉRIENNES  
SUD-OUEST

# FINALITE

## La Maîtrise de l'Urbanisation autour des Aéroports

- Pour**
- 1 Éviter d'exposer immédiatement ou à terme de nouvelles populations aux nuisances de bruit.
  - 2 Préserver l'activité aéronautique et l'équipement aéroportuaire.

**A cet effet**

La loi édicte des règles d'urbanisme de portée supra communale visant à interdire ou à limiter les possibilités de construction dans les zones soumises au bruit des aéronefs, telles que les définit le PEB approuvé pour l'aéroport.

# CONTENU

Le PEB est illustré par un seul document cartographique à l'échelle 1/25 000 sur lequel sont reportées les limites de l'aéroport, le tracé des pistes et les courbes «isopsophiques» délimitant les zones «A», «B» et «C» et «D» si cette dernière existe\*.

**Zone A : Gène moyenne ressentie très forte**

**Zone B : Gène moyenne ressentie forte**

**Zone C : Gène moyenne ressentie modérée**

**Zone D : Gène moyenne ressentie modérée**

Les constructions autorisées dans ces zones de bruit doivent satisfaire aux prescriptions d'isolation acoustique suivantes :

	ZONE DE BRUIT			
	A	B	C	D si elle existe*
Constructions à usage d'habitation exceptionnellement admises	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)
Locaux d'enseignement et de soins	47 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)
Locaux à usage de bureaux ou recevant du public	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)

\* La délimitation de la zone D est obligatoire pour les aéroports visés à l'article 266.7 du code des Douanes.

\* Bien entendu, le bruit ne s'intensifie pas à la limite de la zone extérieure.

# ELABORATION TECHNIQUE

**Données**

- Trafic moyen quotidien à l'horizon d'étude retenu (nombre de mouvements pour chaque type d'aéronef),
- Définition des procédures de décollage et d'atterrissage en trois dimensions, répartition de ce trafic sur chaque procédure,
- Répartition du trafic en mouvements diurnes (6h00 - 22h00) et nocturnes (22h00 - 6h00),
- Bruit des aéronefs à 300 m sous trace.

**Méthode de calcul**

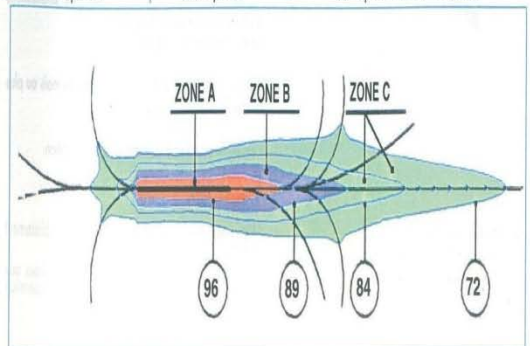
- Etablissement d'un maillage fictif autour de l'aéroport,
- Calcul à chaque noeud du cumul énergétique des niveaux sonores liés aux différents aéronefs, les mouvements de nuit étant pris en compte avec un coefficient de pondération égal à 10 (calcul effectué sur une journée moyenne et ramené à la minute),
- En reliant les points au sol ayant même indice (1) calculé, on obtient la courbe isopsophique (2) correspondante.

(1) **L'indice psophique** : pour tenter de mesurer de manière relativement objective la gêne due à un trafic d'avions, on a retenu un indice dit «indice psophique» (1), défini à partir du niveau sonore maximal perçu lors du passage de chaque avion. Cet indice représente le cumul énergétique des bruits sur une journée moyenne, chaque mouvement de nuit étant compté dix fois. La corrélation de cet indice avec la gêne ressentie a été vérifiée par sondages et enquêtes, qui en confirment la pertinence.

(2) **Les courbes isopsophiques** : il est possible de calculer la valeur d'indice psophique en tout point du territoire situé aux abords d'un aéroport soit sur la base du trafic actuel, soit en fonction du bruit engendré par un trafic, dont l'importance est estimée à moyen ou long terme et de la nature des avions alors en exploitation. En reliant entre eux l'ensemble des points ayant la même valeur d'indice psophique, on obtient une courbe isopsophique.

## Résultats

Zone de bruit A	Zone de bruit B	Zone de bruit C
$lp \geq 96$	$96 > lp \geq 89$	$89 > lp \geq N$ avec $72 \leq N \leq 84$



## **Annexe 4**

### **Procédures d'approche et de départ utilisées pour l'aéroport d'Alger**

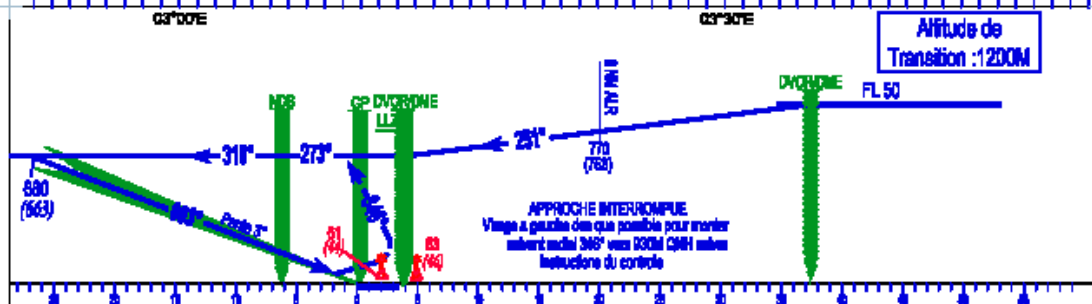
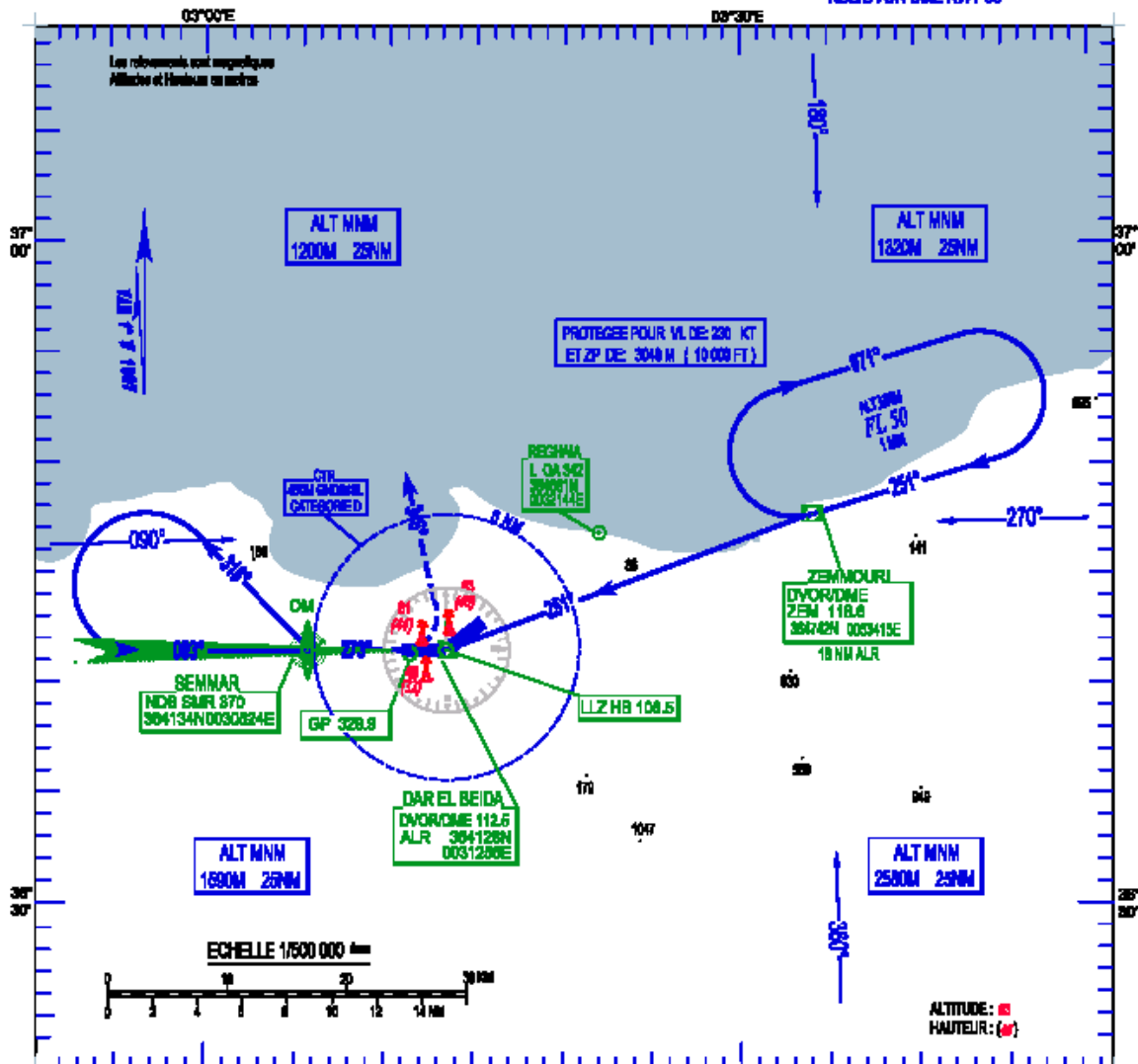


CARTE D'APPROCHE  
AUX INSTRUMENTS  
- OACI -

ALT. D'AERODROME : 25 m  
LES HAUTEURS SONT DETERMINEES  
PAR RAPPORT AU THR RWY 09 - ALT. 17 M

APP : 121.7  
TWR : 118.7 - 118.7 (p)

ALGER / Houari Boumediene  
NOB/DVOR-DME/LS RWY 09  
NOB/DVOR-DME RWY 09



MINIMUMS OPERATIONNELS LES PLUS BAS ADMISSIBLES

Catégorie	INSTRUMENTS ILS RWY 09				GP RWY				INSTRUMENTS RWY 09				Approche instrumentale Au sol			
	DCM	MSL	ENR	VIS	DCM	MSL	VH	VIS	DCM	MSL	VH	VIS	DCM	MSL	VH	VIS
A	200	200FT	200	800M	200	200FT	1000M	200	200	200FT	1000M	200	200	200	200FT	1000M
B	250	200FT	200	800M	200	200FT	1000M	200	200	200FT	1000M	200	200	200	200FT	1000M
C	300	200FT	200	800M	200	200FT	1000M	200	200	200FT	1000M	200	200	200	200FT	1000M
D	350	200FT	200	800M	200	200FT	1000M	200	200	200FT	1000M	200	200	200	200FT	1000M



AIP  
ALGERIE

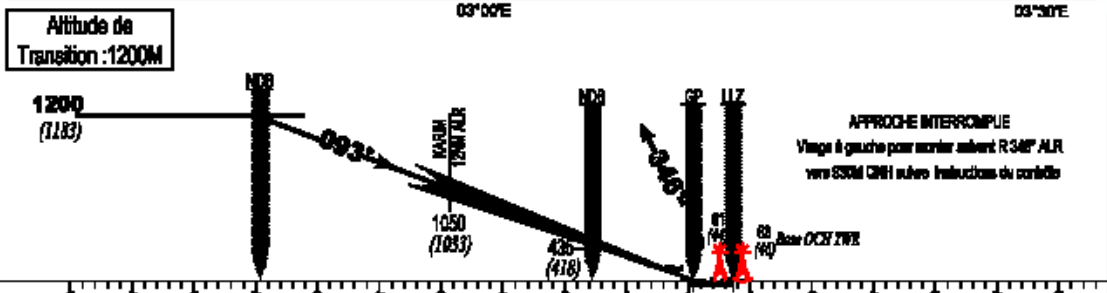
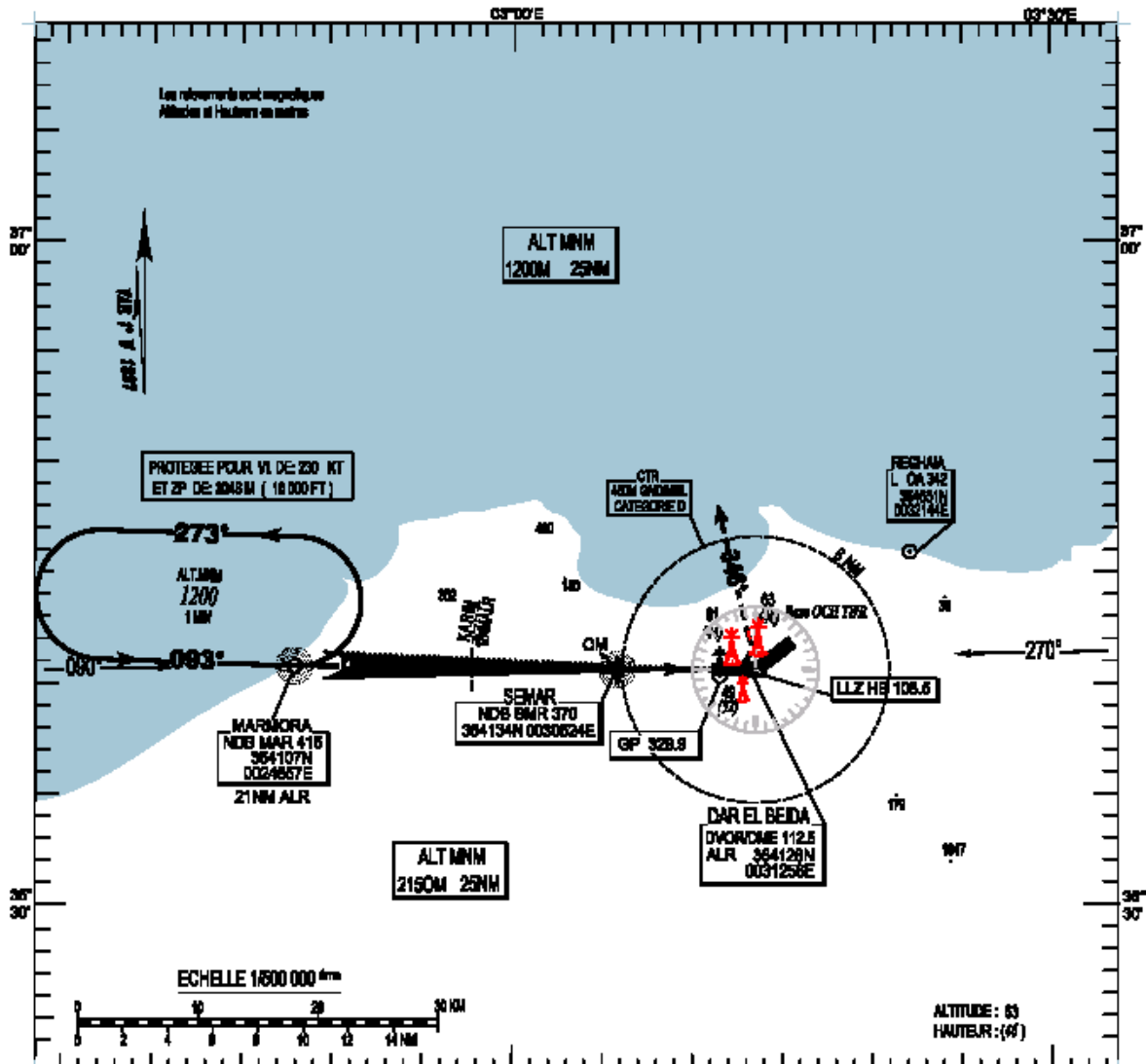
AD 2 DAAG-19  
14 APR.05

CARTE D'APPROCHE  
AUX INSTRUMENTS  
- QACZ -

ALT. D'AERODROME : 25M  
LES HAUTEURS SONT DETERMINEES  
PAR RAPPORT AU THR 00 - ALT. 17 M

APP : 121.4  
TWR : 118.7 - 118.7 (s)

ALGER / Houari Boumediene  
NDB/ILS RWY 09  
NDB RWY 09



REPERES OPERACIONNELS LES PLUS PROX DES AERODROMES

Cote	REPERES RWY 09			GP RWY 09			REPERES RWY 09			Approche Interrompue Au nord		
	QCH	MH	WH	QCH	MH	WH	QCH	MH	WH	QCH	MH	WH
A	60M	200FT	600M	60M	200FT	1800M	120M	400FT	1800M	170M	560FT	1800M
B	60M	200FT	550M	60M	200FT	1800M	120M	400FT	1800M	170M	560FT	1800M
C	60M	200FT	500M	60M	200FT	1800M	120M	400FT	2000M	200M	700FT	3000M
D	60M	200FT	500M	60M	200FT	2000M	120M	400FT	3000M	230M	760FT	4000M

SERVICE DE L'INFORMATION AERONAUTIQUE - ALGERIE -

AMDT AIRAC NR 02/05

AP  
ALGERIE

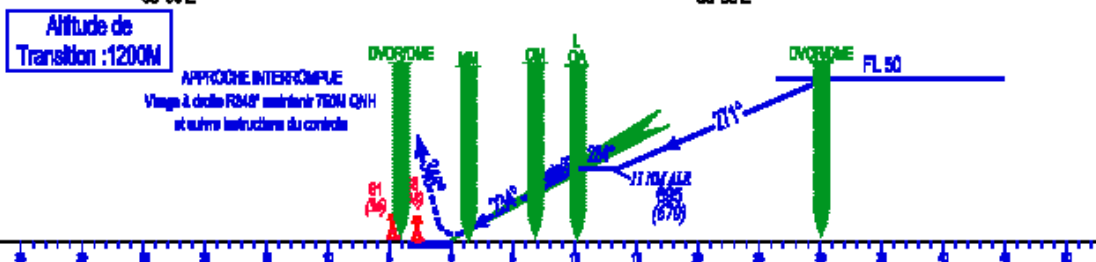
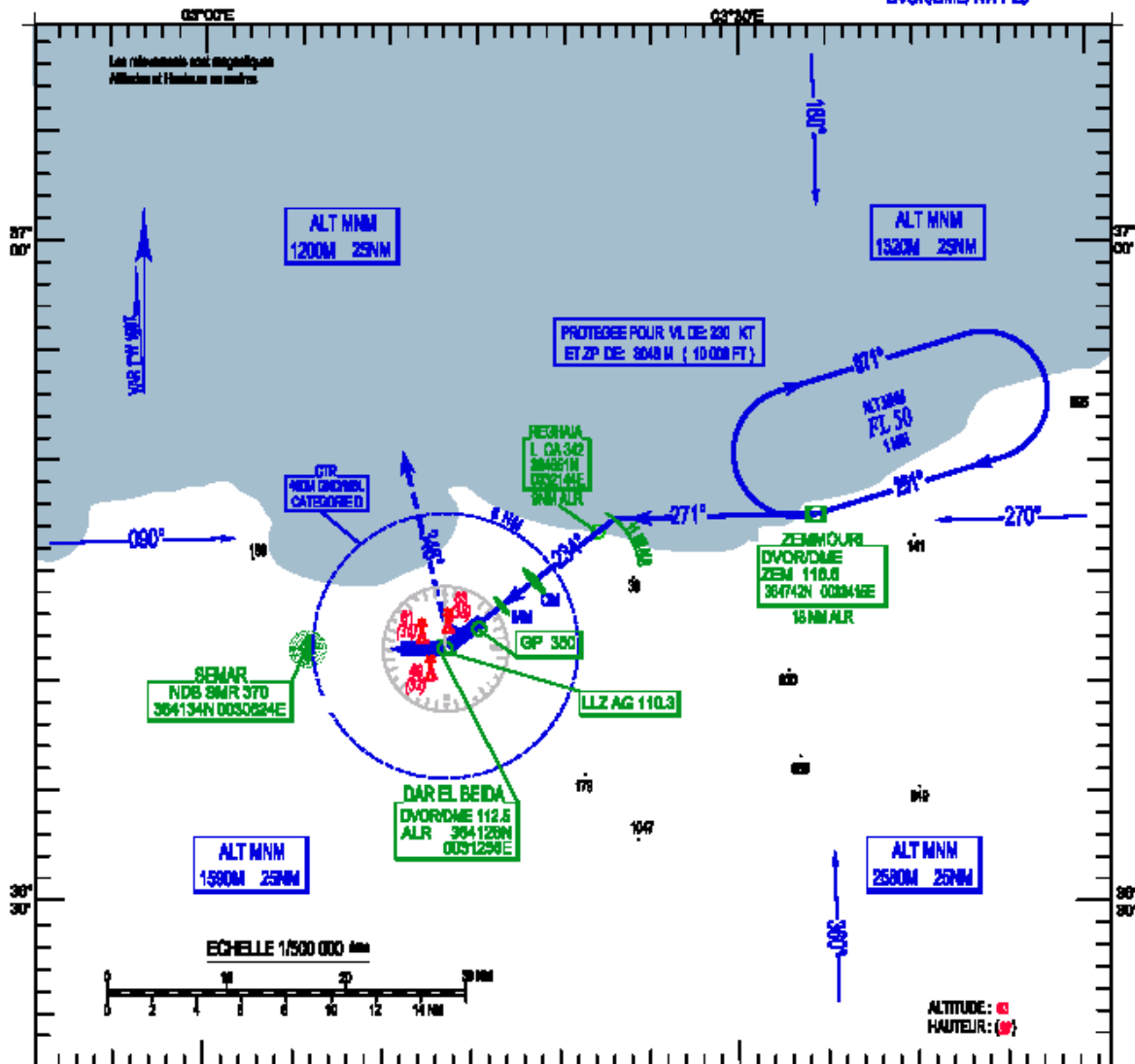
AD 2 DAAG-21  
14 APRIL 06

CARTE D'APPROCHE  
AUX INSTRUMENTS  
- OACI -

ALT. D'AERODROME : 25 M  
LES HAUTEURS SONT DETERMINEES  
PAR RAPPORT AU THR RWY 23 - ALT. 25 M

APP : 121.4  
TWY : 118.7 - 118.7 (b)

ALGER / Houari Boumediène  
DVOR/DME/ILS RWY 23  
DVOR/DME/ILS RWY 23



**MINIMES OPERATIONELS LES PLUS BAS ADMISES**

Categorie	DVOR/DME ILS RWY 23			AP INOP			DVOR/DME RWY 23			Approche Intersecte (As reqd)		
	OCH	MH	VH	OCH	MH	VH	OCH	MH	VH	OCH	MH	VH
A	2000	2300FT	1000M	1900	2300FT	1000M	2300	2300FT	1000M	1700	2300FT	1000M
B	2100	2300FT	1000M	1900	2300FT	1000M	2300	2300FT	1000M	1700	2300FT	1000M
C	2100	2300FT	1000M	1900	2300FT	1000M	2300	2300FT	1000M	1700	2300FT	1000M
D	2400	2300FT	1000M	1900	2300FT	1000M	2300	2300FT	1000M	1700	2300FT	1000M

SERVICE DE L'INFORMATION AERONAUTIQUE - ALGERIE -

AMDT AIRAC NR 0205

AIP  
ALGERIE

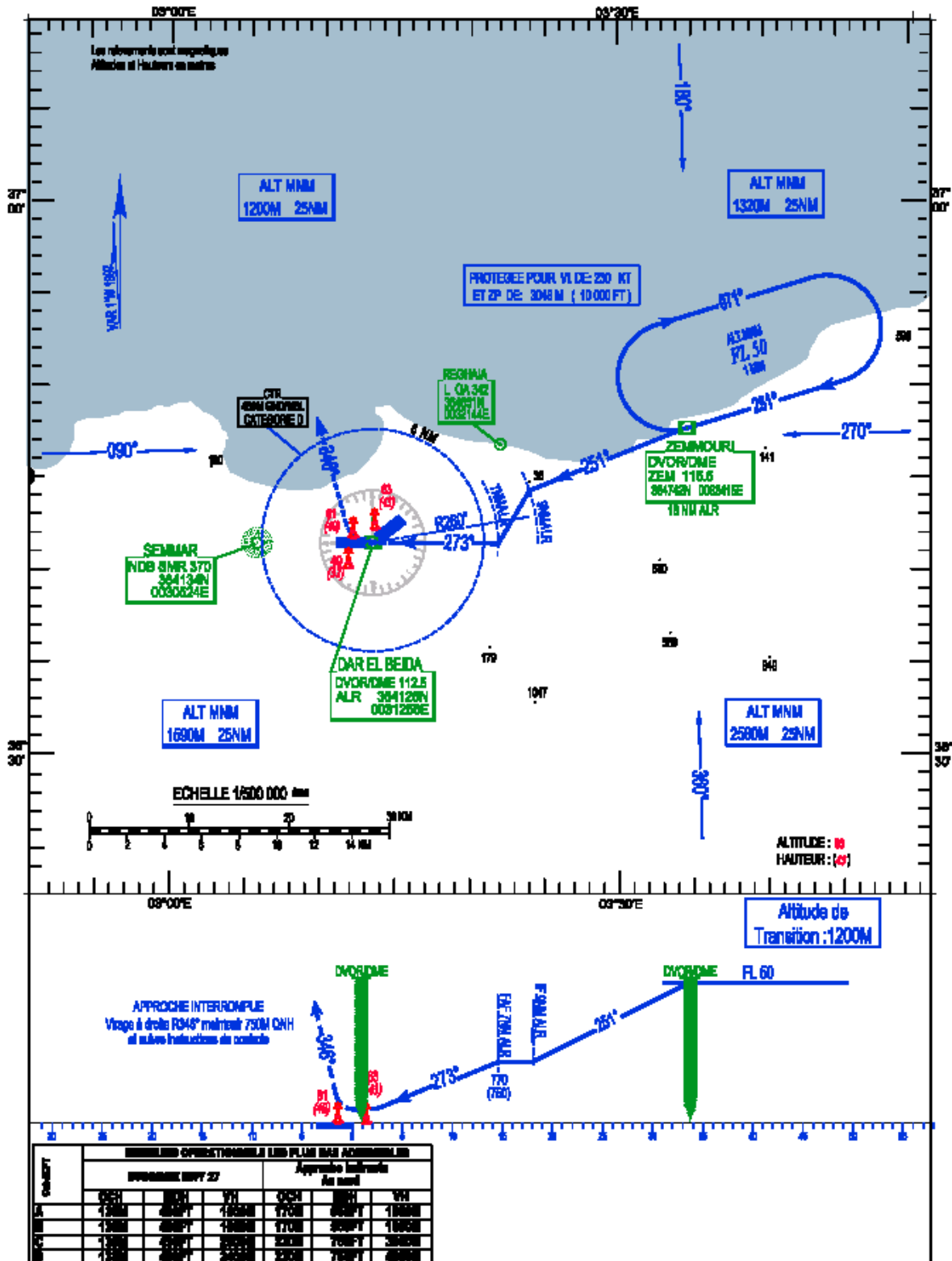
AD 2 DAAG-23  
14 APR.05

CARTE D'APPROCHE  
AUX INSTRUMENTS  
- OACI -

ALT. D'AERODROME : 25 M  
LES HAUTEURS SONT DETERMINEES  
PAR RAPPORT AU THR RMY - ALT. 20 M

APP: 121.4  
TWR: 118.7 - 118.7 (ø)

ALGER / Houari Boumédiène  
DVOR/DME/ RMY 27



SERVICE DE L'INFORMATION AERONAUTIQUE - ALGERIE -

AMDT AIRAC NR 02/05

AIP  
ALGERIE

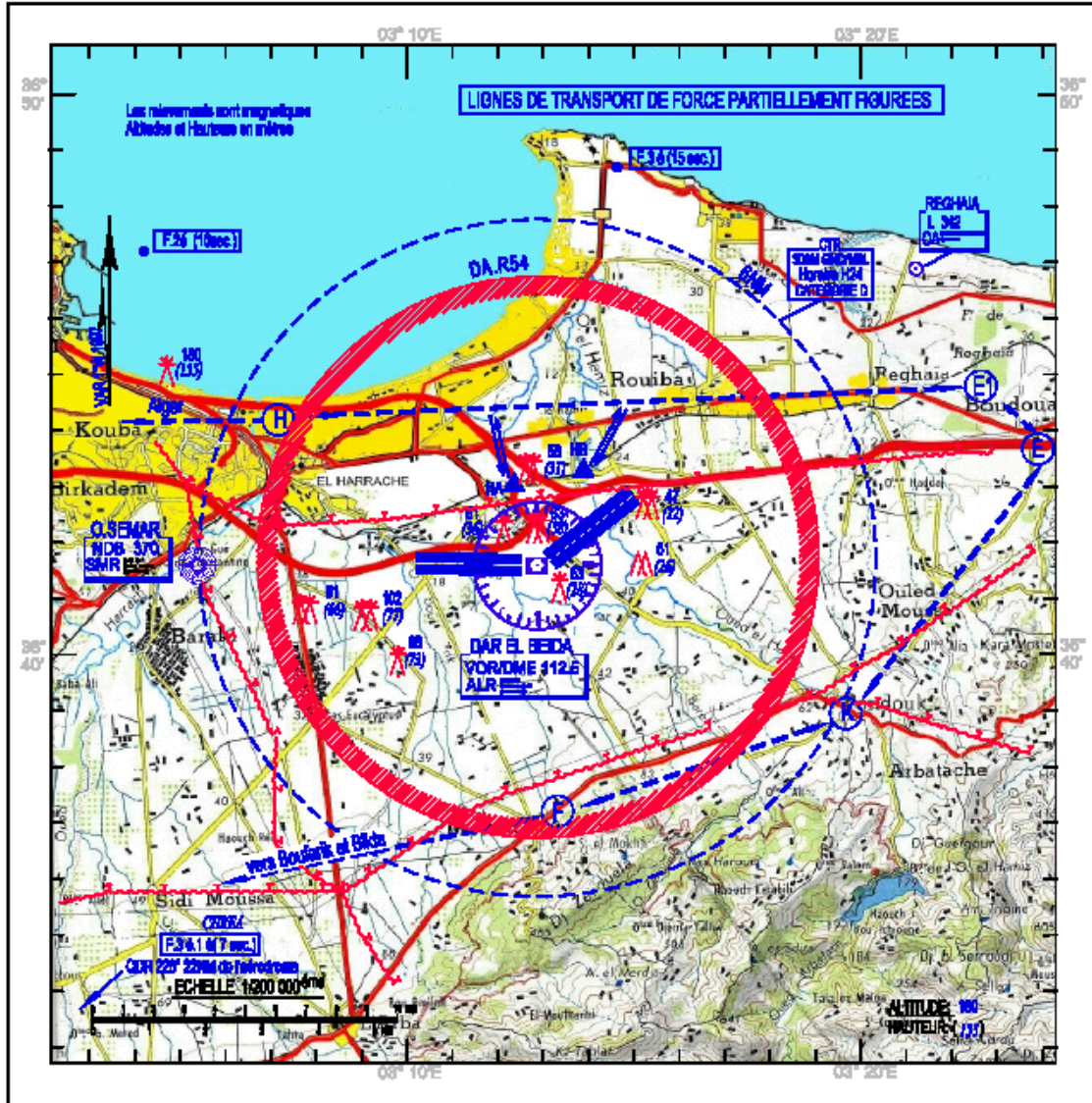
AD 2 DAAG-25  
02 NOV 99

CARTE D'APPROCHE  
A VUE - QACI -

ALT. D'AERODROME : 25 m  
Les hauteurs sont déterminées  
par rapport à l'altitude de l'AD

APP : 121.4  
TWR : 118.7 - 118.7(a)

ALGER / Houari Boumédiène  
HELICOPTERES



CHEMINEMENTS A VUE DES HELICOPTERES DANS LA CTR ALGER

- Cheminements à vue des hélicoptères en transit altitude <150M 500FT) sol
- ▲ HA HB Points de reports à vue entrée ou sortie de circuit selon QFU en service altitude <90M 200FT) en ces points.
- Vois hélicoptères suspendus si QBB<460M et QBA<3000M vois VFR spéciaux autorisés sur demande à approche ALGER.



