

Direction générale de
l'Aviation civile

Direction des services
de la Navigation
aérienne

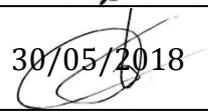
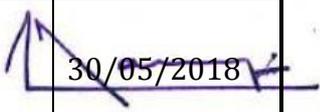
Mission
Environnement

Guide méthodologique relatif à la réalisation des études d'impact de la circulation aérienne

EICA



Approbation du document

	TITRE	NOM ET SIGNATURE	DATE
REDACTION	Ingénieur technique	Bertrand GEORGES	 30/05/2018
	Chef de programme	Xavier ROUSSEL	
VERIFICATION	Chef de division	Didier MARTIN	 30/05/2018
APPROBATION	Chef de mission DSNA/ME	Alain BOURGIN	 30/05/2018

Responsable document

Didier MARTIN, chef de division ME/AMO

Date d'applicabilité du document

Date de signature

Enregistrement GEODE

Site : Espace de publication DSNA sous M1 - Clients, réglementation, environnement/c]Objectifs environnementaux/Composante environnementale du SMI

Relevé des modifications

ÉDITION	DATE	MOTIF DES CHANGEMENTS	SECTIONS / PAGES MODIFIÉES
V1.1	12/07/2004	Version initiale	
V2.1	06/12/2005	Mise à jour de la nouvelle charte documentaire.	
V2.2	29/04/2013	Réactualisation du guide	
V2.3	05/07/2013	Modifications suite à la présentation du guide en séance plénière de l'ACNUSA, le 3 juillet 2013.	
V3.1	02/09/2014	Objectifs, cadre réglementaire actualisés Définition de différents niveaux de complexité d'EICA selon la complexité du projet Définition d'une fiche d'aide à la décision (fiche signalétique) Nouvelles familles d'aéronefs pour la modélisation sonore Prescriptions revues à propos des courbes complémentaires (niveaux et nombre d'événements inférieurs) Présentation du document revue afin d'augmenter sa lisibilité	
V3.2 (1), V3.3 (2), V3.4 (3)	/09/2014 (1), (2) et (3) /12/2014	Prise en compte des commentaires internes ME (1), (2) et (3)	
V3.5	25/02/2015	Présentation générale du document	Corps principal
V4.0	07/2015	Intégration extrait MAC PANS-OPS en 10.3) et avis ACNUSA de validation du guide EICA en 11) suite à présentation en séance plénière le 10 juin 2015.	Annexes
V5.0	22/04/2016	Intégration méthodologie impact consommation carburant et émissions gazeuses Refonte annexes Mise à jour charte graphique	Ensemble doc. (corps principal et annexes)
V5.1	09/05/2016	Corrections orthographiques et de mise en page	Ensemble doc.
V5.2	29/07/2016	Prise en compte des remarques SNA (après diffusion lors de la revue Environnementale du 16 juin 2016)	Introduction
V5.3	07/12/2016	Ajout de l'avis de l'ACNUSA concernant la dernière version de ce guide.	Annexe
V5.4	30/05/2018	Prise en compte d'une évolution réglementaire (publication de l'arrêté du 4 octobre 2017) Mise à jour charte documentaire Suppression avis ACNUSA Actualisation mouvements aéroports Actualisation du titre du paragraphe portant sur les missions de l'ACNUSA	Page 9, Annexe Ensemble doc. Annexe Annexe Annexe

Diffusion

MODE DE DIFFUSION / FORMAT	DESTINATAIRES
Diffusion simple / document électronique (espace documentaire DSNA)	DTA DSAC DSNA/DO DSNA/SDPS DSNA/SNA DSNA/ME ACNUSA
Diffusion simple / document papier	ME

Suivi du référencement électronique

EDITION	RÉFÉRENCE ÉLECTRONIQUE
V5.4	Interne: Dsname18_030AMO_GUIDE_EICA_V5R4 GEODE: GUIDE_EICA_V5R4

Table des matières

1.	INTRODUCTION	9
1.1.	Contexte	9
1.2.	Objectifs d'une EICA	9
1.3.	Responsable de l'EICA : le porteur de projet	10
2.	PRÉPARATION D'UNE EICA	11
2.1.	Préambule : grandes hypothèses qui encadrent le projet	11
2.2.	Descriptif du scénario de statu quo	11
2.3.	Descriptif du projet et des options ou variantes à étudier.....	11
2.4.	Choix du niveau de complexité de l'EICA à réaliser	12
2.4.1.	L'EICA de niveau 1	12
2.4.2.	L'EICA de niveau 2	12
2.4.3.	L'EICA de niveau 3	12
2.5.	Critères de détermination du niveau de complexité	12
2.6.	Fiche signalétique.....	13
3.	ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	15
3.1.	Impact visuel	15
3.2.	Impact sonore.....	15
3.3.	Impact sur la consommation de carburant	16
3.4.	Impact sur les émissions gazeuses	16
3.5.	Les indicateurs	17
3.5.1.	Indicateurs pour l'évaluation de l'impact visuel	17
3.5.2.	Indicateurs pour l'évaluation de l'impact sonore	17
3.5.3.	Indicateurs pour l'évaluation de l'impact sur la consommation de carburant	17
3.5.4.	Indicateurs pour l'évaluation de l'impact sur les émissions gazeuses	17
4.	CONSTITUTION D'UNE EICA.....	19
4.1.	Généralités.....	19
4.2.	Étude de niveau 1.....	20
4.2.1.	Le descriptif du scénario de statu quo	20
4.2.2.	Le descriptif du projet et des options ou variantes	20
4.2.3.	Analyse des impacts	20
4.3.	Étude de niveau 2.....	21
4.3.1.	Le descriptif du scénario de statu quo	21
4.3.2.	Le descriptif du projet et des options ou variantes	21
4.3.3.	Analyse des impacts	21
4.3.3.1.	Impact visuel.....	22
4.3.3.2.	Impact sonore	23
4.3.3.3.	Impact sur la consommation de carburant.....	25
4.3.3.4.	Impact sur les émissions gazeuses (CO ₂ et NO _x)	25
4.4.	Étude de niveau 3.....	26
4.4.1.	Le descriptif du scénario de statu quo	26
4.4.2.	Le descriptif du projet et des options ou variantes	26
4.4.3.	Analyse des impacts	26
4.4.3.1.	Impact visuel.....	27
4.4.3.2.	Impact sonore	29
4.4.3.3.	Impact sur la consommation carburant	31
4.4.3.4.	Impact sur les émissions gazeuses (CO ₂ et NO _x)	31

5. GLOSSAIRE	33
Annexe 1 : Fiche signalétique	37
Annexe 2 : Exemple d'application des critères de complexité en 2018.....	39
Les 35 terrains en 2017 pour lesquels les deux premiers critères ne sont pas validés	39
Les 43 terrains en 2017 pour lesquels une coordination avec la mission Environnement est nécessaire.....	40
Annexe 3 : Méthodologie générale de calcul des indicateurs d'une EICA	43
Généralités.....	43
Problématique des trajectoires à l'étude	44
Principe de modélisation des performances d'un aéronef	44
Phasage de l'analyse	46
Annexe 4 : Étude de situation.....	47
Analyse qualitative des modifications.....	47
Analyse de l'utilisation des procédures.....	47
Annexe 5 : Collecte des données de trajectoire	49
En situation de statu quo.....	49
Données radar	49
Identification d'un flux.....	49
En situation de projet	52
Simulateurs de trafic aérien	52
Déformation de flux.....	53
Utilisation de modèles de performances avions.....	53
Annexe 6 : Techniques d'élaboration des trajectoires.....	55
Calcul de la trajectoire moyenne.....	55
Élaboration d'un flux par déformation	57
Définition des points de calage.....	57
Redéfinition des plots situés entre les points de calage	58
Calcul de la table des vecteurs de translation	58
Déformation du flux initial	59
Élaboration des profils de performance (altitude, vitesse, poussée)	61
Description d'un profil de performance	61
Création d'un profil de performance	62
Principaux outils utilisés dans l'élaboration des trajectoires.....	63
ELVIRA	63
Track-Express	63
Mostra-INM.....	63
Les bases de données et les modèles de performance BADA	64
AEDT 2b	64
Annexe 7 : Indicateur d'impact visuel.....	65

Définition	65
Effet du lissage	66
Outil de calcul de l'indicateur d'impact visuel	66
 Annexe 8 : Indicateurs d'impact sonore	 69
Modélisation acoustique.....	69
Outil de calcul des indicateurs d'impact sonore	69
Bases de données aéronefs.....	71
Moteur de calcul :	71
Deux modes d'utilisation d'INM	72
Version standard	72
Version utilisateur	73
Indicateurs d'impact sonore retenus	75
L_{Amax}	76
NA.....	78
$L_{Aeq,T}$	80
Lden.....	82
 Annexe 9: Comptage de population.....	 85
Principe.....	85
Outils.....	85
 Annexe 10 : Indicateurs de consommation de carburant et d'émissions gazeuses.....	 87
Présentation des indicateurs	87
Périmètres d'étude.....	87
Périmètre spatial	87
Indicateurs de consommation de carburant et d'émission de CO_2	87
Indicateurs d'émission de NO_x	89
Prise en compte des dispersions.....	89
Calcul de la consommation de carburant	90
Calcul des émissions de CO_2	90
Calcul des émissions de NO_x	90
Hypothèses générales prises en compte	90
Conditions atmosphériques.....	90
Paramètres de vol en croisière	91
Altitude de croisière.....	91
Vitesse de croisière.....	91
Masse avion.....	91
Les outils de calcul des indicateurs consommation de carburant et émissions gazeuses	91
La base OACI des émissions des moteurs d'aéronef (EEDB)	91
Les bases de données et les modèles de performance BADA 3	92
Les bases de données et les modèles de performance BADA 4	92
AEDT 2b	92
ID3D.....	93
Les données FDR.....	93
 Annexe 11 : Dispositif règlementaire et DGAC	 95
Critères de déclenchement d'une enquête publique	95
Définition des critères d'enquête publique	95
Détermination des enveloppes de trajectoires à 95%.....	96

Arrêté relatif à l'établissement des procédures de vol aux instruments au bénéfice des aéronefs évoluant selon les règles applicables à la circulation aérienne générale	101
Moyens acceptables de conformité (MAC) à l'arrêté du 4 octobre 2017 relatif à la conception et à l'établissement des procédures de vol aux instruments	102
Loi portant sur la participation du public.....	102
Extrait de l'article L6361-5 du Code des transports portant sur les missions de l'ACNUSA	103

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

La modification d'un dispositif de circulation aérienne peut se traduire par la modification et/ou la création de procédures d'approche ou de départ IFR, comme par des changements des conditions d'exploitation d'un dispositif existant, avec notamment de nouvelles répartitions des flux de trafic aérien au départ ou à l'arrivée d'un aéroport.

La raison d'une modification d'un dispositif de la circulation aérienne peut être la réponse soit à un besoin opérationnel identifié par la DSNA, soit à une demande motivée de la part d'une partie intéressée¹.

L'Étude d'Impact de la Circulation Aérienne (EICA), objet de ce guide, est la réponse de la DSNA à deux obligations :

- l'une réglementaire en vertu des termes de l'arrêté du 4 octobre 2017 (cf. annexe page 101). Dans ce cas, l'EICA est destinée à alimenter le dossier remis à la DSAC-IR pour approbation, tel qu'indiqué dans ce même arrêté,
- l'autre légale, car la Loi (L227-5) prévoit que les parties prenantes (CCE notamment) soient consultées. Dans ce cas, l'EICA est le support de communication visant à la concertation et à l'information du public.

Ce guide ne concerne que les aérodromes où les services de la circulation aérienne sont assurés par la DSNA. Il pourra être utilisé par la DSNA dans le cadre d'une prestation de service au profit d'un tiers, exploitant aéroportuaire, ou prestataire commercial sous-traitant notamment.

1.2. Objectifs d'une EICA

Une EICA a pour but de fournir toutes les informations pertinentes à destination du porteur du projet et des parties intéressées afin de mesurer, comprendre et apprécier les changements d'impact environnemental qui seront induits par une modification d'un dispositif de circulation aérienne.

L'évaluation des impacts environnementaux induits porte potentiellement sur les domaines suivants :

- Impact visuel,
- Impact sonore,
- Impact sur la consommation de carburant,
- Impact en termes d'émissions gazeuses, notamment CO₂.

¹ DSAC-IR, ACNUSA, Instances de concertation (CCE, comité de pilotage...), compagnie aérienne, élus, riverains d'aéroport (...)

1.3. Responsable de l'EICA : le porteur de projet

Est dénommé « organisme porteur de projet » au sens de la réglementation en vigueur un organisme qui adresse à un organisme de conception de procédures une demande d'étude d'une nouvelle procédure de vol aux instruments ou la modification d'une procédure existante. Seul un prestataire de services de la circulation aérienne ou un exploitant d'aérodrome peut être « organisme porteur de projet ».

Dans le cas des aérodromes où la prestation de services de la navigation aérienne est assurée par la DSNA, le Service de la Navigation Aérienne (SNA) en charge de ces services est organisme porteur du projet.

Dans ce cadre, le SNA est responsable de la démarche globale de réalisation de l'EICA afin de :

- évaluer les impacts environnementaux de son projet et de ses variantes, notamment lors des études d'avant-projet,
- choisir le meilleur compromis opérationnel et environnemental,
- joindre un dossier EICA aux différentes pièces à soumettre à l'approbation de la DSAC-IR territorialement compétente,
- proposer à la concertation toutes études d'impact pertinentes vis-à-vis du projet,
- constituer un dossier de concertation avec les riverains (élus, associations etc...),
- proposer un dossier de saisine des instances consultatives (ACNUSA, CCE, Comités de pilotage etc...).

Il a la charge de définir l'ensemble des modifications relatives à la circulation aérienne. Il a également la responsabilité d'assurer, en y associant les services de la DSAC-IR concernée, les actions de concertation auprès des acteurs du transport aérien (organismes de contrôle, compagnies aériennes, exploitants aéroportuaires, pilotes et contrôleurs aériens) et de consultation (CCE, ACNUSA) préalables à la mise en œuvre du projet.

À la demande du SNA, la mission Environnement de la DSNA participe en tant que de besoin, par son expertise, à l'élaboration et à la présentation de l'EICA. Elle peut mettre à la disposition du SNA les outils de communication qu'elle a développés et ses moyens d'analyse (mesurages sonores par exemple).

2. PRÉPARATION D'UNE EICA

Le porteur de projet réunit les renseignements sur la situation du moment dite de statu quo et sur le projet envisagé. Pour l'essentiel, on trouvera au minimum dans le dossier de préparation de l'EICA :

2.1. Préambule : grandes hypothèses qui encadrent le projet

Le porteur de projet décrit les grandes hypothèses qui encadrent le projet :

- la date envisagée de sa réalisation et le rétro-planning associé,
- sa durée de vie estimée,
- les dates repères convenues pour les évaluations et les simulations,
- la législation, la réglementation ou les conventions à respecter.

2.2. Descriptif du scénario de statu quo

Le porteur de projet décrit la situation de référence devant servir de base pour apprécier les impacts environnementaux des changements, à savoir :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne en vigueur,
- la description des méthodes de gestion des flux,
- les consignes d'exploitation applicables,
- les restrictions d'utilisation de l'aéroport.

2.3. Descriptif du projet et des options ou variantes à étudier

Le porteur de projet décrit la situation après modification permettant d'apprécier les impacts environnementaux, à savoir :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne envisagées,
- la description des méthodes envisagées de gestion des flux,
- le projet de consignes d'exploitation applicables,
- l'espace géographique de l'étude,
- enfin et surtout, la justification du besoin de modifications.

2.4. Choix du niveau de complexité de l'EICA à réaliser

Selon la nature du projet, l'importance des flux d'avions concernés comme celle de l'aéroport et de la sensibilité environnementale locale, il est nécessaire que le porteur du projet évalue les impacts environnementaux au travers d'une EICA adaptée au cas de figure.

Selon les caractéristiques du dossier et en fonction des critères détaillés au paragraphe 2.5, un niveau de complexité d'EICA doit être sélectionné parmi les 3 niveaux possibles, en concertation avec la DSAC-IR territorialement compétente :

2.4.1. L'EICA de niveau 1

Le porteur de projet peut réaliser cette étude de manière autonome. L'évolution des conditions de survol (impact visuel), de l'impact au sol des émissions sonores, des émissions gazeuses et de la consommation carburant est qualitativement appréciée par l'analyse comparative des tracés des procédures nominales et des conditions d'exploitation avant et après modifications. Il n'est pas nécessaire d'effectuer de comptage de population.

2.4.2. L'EICA de niveau 2

Le porteur de projet peut recevoir le soutien technique de la mission Environnement. La caractérisation de l'évolution des conditions de survol (impact visuel) est réalisée en comparant les trajectoires nominales (et/ou moyennes) et les conditions d'exploitation avant et après modifications. L'impact au sol des émissions sonores, l'évolution des émissions gazeuses et de la consommation carburant sont calculés en considérant l'évolution d'un ou plusieurs avion(s) caractéristique(s) empruntant la procédure selon la description des trajectoires nominales avant et après changement. Il est effectué un comptage de population affectée par les émissions sonores à l'aide de l'indicateur retenu pour une étude de niveau 2.

2.4.3. L'EICA de niveau 3

Le porteur de projet peut recevoir le soutien technique de la mission Environnement. Ce cas d'étude nécessite avant tout d'évaluer la faisabilité technique de définir avec réalisme la dispersion de trajectoires attendue après changement. Les impacts sur les survols, sur les émissions sonores, sur les émissions gazeuses et sur la consommation carburant sont calculés à l'aide des flux avant et après modification. Il est effectué un comptage de population affectée par les émissions sonores à l'aide de l'indicateur retenu pour une étude de niveau 3.

2.5. Critères de détermination du niveau de complexité

Avant toute considération sur la nature des modifications du dispositif de circulation aérienne à l'étude, il est proposé au porteur de projet d'étudier trois critères simples caractérisant la plateforme concernée par ce projet ; l'analyse de ces critères lui définissant la conduite à tenir afin de déterminer le niveau de complexité de l'EICA le plus adapté.

Les trois critères portent sur :

- le nombre quotidien de mouvements commerciaux : est-il supérieur à 10, soit plus de 5 arrivées et 5 départs par jour (soit 3650 mouvements commerciaux par an) ?,
- le nombre annuel de passagers commerciaux : est-il supérieur à 100 000 ?,
- la sensibilité environnementale locale de l'aérodrome : est-elle importante ?

Deux situations sont alors à considérer:

1. soit l'un des critères est validé : le porteur de projet contacte la mission Environnement pour valider le niveau de complexité de l'EICA à réaliser et obtenir le cas échéant un soutien technique. Après analyse du projet, l'EICA sera de niveau 2 ou 3 (un niveau 1 pouvant être finalement retenu dans les cas jugés simples, après analyse).
2. soit aucun des trois critères n'est validé : le porteur de projet a alors la possibilité de réaliser de manière autonome une EICA de niveau 1. Il peut également solliciter la mission Environnement pour étudier l'opportunité de la réalisation d'une étude de niveau de complexité supérieure.

2.6. Fiche signalétique

En coordination avec la DSAC-IR territorialement compétente, le porteur de projet renseigne une fiche signalétique (cf. Annexe 1 : Fiche signalétique, page 37). Cette dernière synthétise les principales informations liées au projet avec notamment :

- les principales caractéristiques du projet de modification du dispositif de circulation aérienne à l'étude,
- le niveau de complexité d'EICA à réaliser (niveau 1, 2 ou 3),
- les principales actions de concertation/consultation à mener.

(Page intentionnellement laissée blanche)

3. ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Le porteur du projet s'attache à réaliser une EICA qui rend compte de l'évaluation des impacts environnementaux dans les domaines suivants:

- Impact visuel,
- Impact sonore,
- Impact sur la consommation de carburant,
- Impact sur les émissions gazeuses, notamment CO₂.

Ces impacts sont évalués à partir d'outils et de méthodes décrits en annexes et ils se manifestent à travers des documents essentiellement cartographiques, des rapports de simulations numériques comme de mesurages de bruit *in situ* le cas échéant.

Hormis pour les EICA de niveau 1, où les SNA porteurs de projet disposent généralement d'un outil cartographique permettant la réalisation de cartes sur lesquelles peuvent figurer les procédures nominales et les trajectoires des avions, l'assistance de la mission Environnement de la DSNA s'avère nécessaire compte tenu de la complexité des outils et des méthodes d'analyses mis en œuvre.

3.1. Impact visuel

Sous cette appellation, le porteur de projet doit comprendre qu'il s'agit d'évaluer les conditions de survol physiques des territoires par les avions.

Cette évaluation peut être réalisée dans les cas les plus simples par la production d'une carte géographique renseignée par les tracés des procédures nominales avant et après modification, telles que définies en application des critères réglementaires.

Pour les cas plus complexes où la représentation de flux de trafic doit pouvoir être indiquée, il s'agit en complément de ce qui précède, de produire des cartes qui mentionnent ces flux (« chevelus ») et des courbes de densités de trafic.

3.2. Impact sonore

Le porteur de projet doit pouvoir rendre compte du bruit perçu au sol et émis par les avions à travers des cartes qui indiquent les différents niveaux de bruit d'une situation de statu quo où aucun changement n'est apporté, vis-à-vis de celle qui procède de la modification du dispositif de circulation aérienne envisagée.

Hormis les EICA de niveau 1 et suivant l'importance et la nature du projet, il s'agira dans les cas les plus simples de produire une carte géographique renseignée des courbes de bruit de l'avion significatif qui opère sur l'aéroport. Ces courbes de bruit illustrent le bruit perçu au sol dans sa valeur maximale (L_{Amax}).

Dans les cas les plus complexes, les cartes de bruit indiqueront en complément de ce qui précède, la nature de la gêne sonore sur la base d'indicateurs qui mettent en évidence l'impact sonore de flux d'avions. Par exemple, l'indicateur NA qui indique le nombre d'événements sonores ayant atteint ou dépassé un seuil de X dB.

L'étude de l'impact sonore requérant une expertise acoustique avérée et l'utilisation de logiciel de calcul complexe, le porteur de projet fera appel à la mission Environnement pour produire la documentation ad hoc.

L'impact du bruit sur les riverains sera évalué, notamment à travers des opérations de comptage des populations concernées par les niveaux de bruit définis par l'étude.

(Les définitions et seuils des indicateurs sont exposés en annexe page 75)

3.3. Impact sur la consommation de carburant

Le porteur de projet doit pouvoir évaluer et rendre compte de l'impact du changement proposé ou étudié sur la consommation de carburant des aéronefs.

Hormis les EICA de niveau 1, il s'agira de produire un bilan chiffré de diminution ou d'augmentation de la consommation de carburant qui dans les cas les plus simples concernera l'avion le plus significatif opérant sur l'aéroport sur une (ou plusieurs) trajectoire(s) de référence. Dans les cas les plus complexes, le bilan prendra en compte la contribution, sur une période donnée, d'un ensemble de familles d'avions avec pour chacune une ou plusieurs trajectoires de référence.

L'étude de consommation requérant une expertise dans le domaine de la performance du vol et l'utilisation de logiciels de calculs complexes, le porteur de projet fera appel à la mission Environnement pour produire la documentation ad-hoc.

3.4. Impact sur les émissions gazeuses

L'impact sur les émissions gazeuses décrit par la suite se limitera principalement à l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre (CO₂).

L'émission de CO₂ étant directement liée à la consommation de carburant par une formule linéaire, l'impact sur l'émission de CO₂ sera déduit de l'évaluation de l'impact sur la consommation de carburant.

Dans le cas d'une modification de procédure intervenant sous 3000 ft en-dessous de l'altitude terrain (ARP), une évaluation des émissions NO_x sera également effectuée.

3.5. Les indicateurs

3.5.1. Indicateurs pour l'évaluation de l'impact visuel

L'évaluation de l'impact visuel est effectuée à partir de visualisations cartographiques des conditions de survol des territoires. Les renseignements portés sur les cartes géographiques mentionnent différents éléments en fonction de la complexité du projet :

- La trajectoire nominale et/ou moyenne pour les EICA de niveau 1, 2 ou 3,
- Les trajectoires (chevelus) de flux de trafic aérien, pour les EICA de niveau 2 et 3,
- Des courbes de densité de survols, suivant les projets, pour les EICA de niveau 3.

3.5.2. Indicateurs pour l'évaluation de l'impact sonore

Cette évaluation est principalement réalisée à partir de modèles numériques qui permettent d'élaborer des courbes iso-bruit à l'aide de plusieurs types d'indicateurs :

- L_{Amax} : pour les EICA de niveau 2,
- NA, L_{den} , L_{Aeq} : pour les EICA de niveau 3.

(Les définitions et les seuils de ces indicateurs sont indiqués en annexe page 75)

L'impact du bruit sur les populations est réalisé par comptage à partir des données de recensement de population et des courbes iso-bruit.

3.5.3. Indicateurs pour l'évaluation de l'impact sur la consommation de carburant

La consommation de carburant est évaluée à partir de modèles de performance de vol appliqués :

- sur les trajectoires (ou extrait) de chaque famille d'avions retenue,
- et sur une période de temps considérée.

L'indicateur caractérise soit un bilan total, soit une différence entre la situation de statu quo et la situation après changement. L'indicateur est exprimé en tonnes de carburant avion.

3.5.4. Indicateurs pour l'évaluation de l'impact sur les émissions gazeuses

L'indicateur caractérise soit un bilan total ou alors une différence entre une situation de statu quo et une situation après changement. Il est exprimé en kg ou tonnes de gaz (CO_2) et NO_x .

(Page intentionnellement laissée blanche)

4. CONSTITUTION D'UNE EICA

4.1. Généralités

L'EICA est présentée sous la forme d'un dossier composé des éléments suivants :

- le descriptif du projet et des options ou variantes,
- le descriptif du scénario de statu quo,
- les impacts environnementaux selon le niveau de complexité opté (niveau 1, 2 ou 3, cf. Figure 1).

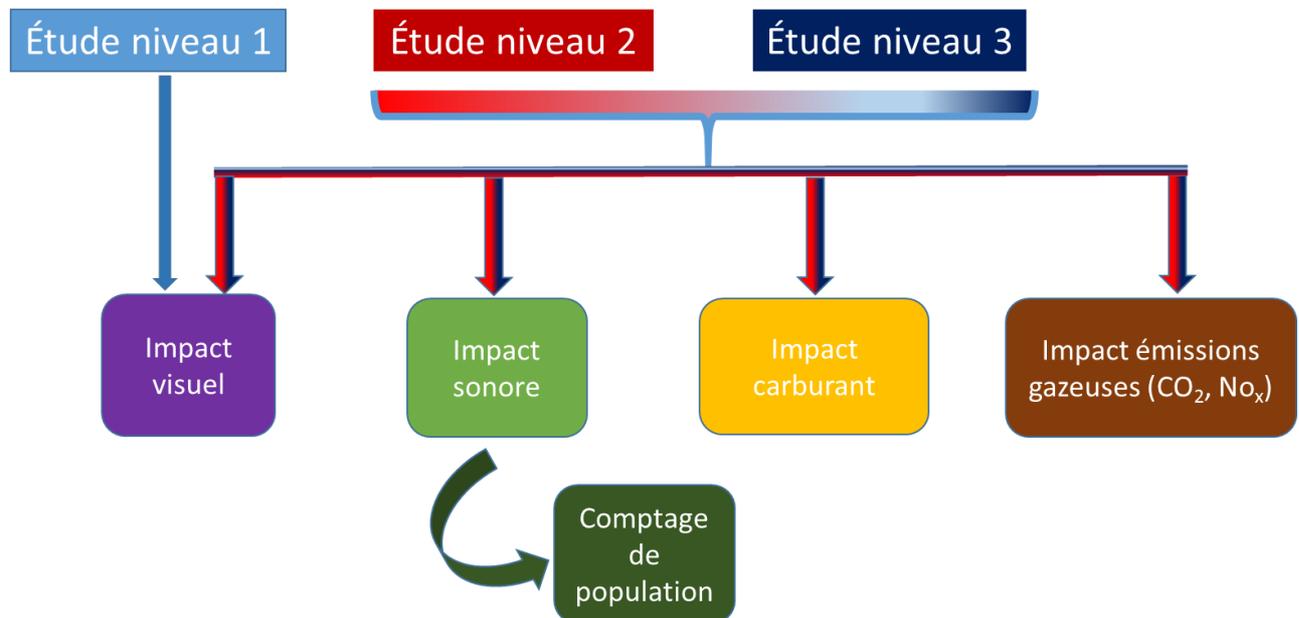


Figure 1 : Différents impacts environnementaux calculés dans une EICA en fonction de son niveau de complexité

Cette étude, une fois constituée, est :

- jointe au dossier de procédure remis pour approbation à la DSAC-IR territorialement compétente,
- utilisée comme support des éléments de communication, de concertation et de saisine des instances consultatives.

4.2. Étude de niveau 1

4.2.1. Le descriptif du scenario de statu quo

Le porteur de projet décrit la situation de référence devant servir de base pour apprécier les impacts environnementaux des changements à partir des informations suivantes :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne en vigueur,
- la description des méthodes de gestion des flux,
- les consignes d'exploitation applicables,
- les restrictions d'utilisation de l'aéroport.

4.2.2. Le descriptif du projet et des options ou variantes

Le porteur du projet décrit le besoin opérationnel du projet de procédure ou d'exploitation opérationnelle, et renseigne les éléments suivants :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne envisagées,
- la description des méthodes envisagées de gestion des flux,
- le projet de consignes d'exploitation applicables,
- l'espace géographique de l'étude.

4.2.3. Analyse des impacts

Dans le cas d'une EICA de niveau 1, l'évaluation des impacts environnementaux se limite à l'analyse de l'impact visuel à partir des informations suivantes :

- la carte de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS,
- le dessin des procédures de circulation aérienne en situation de statu quo,
- l'analyse qualitative et les descriptions littérales des modifications, qui précisent l'exploitation des procédures par les avions et les nouvelles conditions de survol des territoires.

Il n'est pas envisagé d'autre évaluation d'impact (bruit, consommation carburant et émissions gazeuses) pour les études de niveau 1. Toutefois, le porteur de projet peut donner une

information sur la tendance générale de l'évolution de ces derniers en s'intéressant particulièrement:

- aux distances parcourues en situation de statu quo / après changement,
- aux altitudes en situation de statu quo / après changement,
- aux caractéristiques des paliers en situation de statu quo / après changement.

4.3. Étude de niveau 2

4.3.1. Le descriptif du scenario de statu quo

Le porteur de projet décrit la situation de référence devant servir de base pour apprécier les impacts environnementaux des changements à partir des informations suivantes :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne en vigueur,
- la description des méthodes de gestion des flux,
- les consignes d'exploitation applicables,
- les restrictions d'utilisation de l'aéroport.

4.3.2. Le descriptif du projet et des options ou variantes

Le porteur du projet décrit le besoin opérationnel du projet de procédure ou d'exploitation opérationnelle, et renseigne les éléments suivants :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne envisagées,
- la description des méthodes envisagées de gestion des flux,
- le projet de consignes d'exploitation applicables,
- l'espace géographique de l'étude.

4.3.3. Analyse des impacts

Dans le cas d'une EICA de niveau 2, l'évaluation environnementale porte sur les impacts suivants :

- impact visuel,
- impact sonore,
- impact consommation de carburant,
- impact émissions gazeuses CO₂ et NO_x.

4.3.3.1. Impact visuel

L'évaluation de l'impact visuel se limite à l'analyse des conditions de survol par les avions à partir des informations suivantes :

- la carte de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes²,
- le dessin des procédures de circulation aérienne en situation de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- l'analyse qualitative et descriptions littérales des modifications, qui précisent l'exploitation des procédures par les avions et les nouvelles conditions de survol des territoires.

La Figure 2 illustre l'impact visuel d'une modification de procédure de départ en piste 18 étudiée à Chambéry.

² Il est plus réaliste de considérer les trajectoires moyennes calculées à partir de l'observation des enregistrements radar plutôt que les trajectoires nominales. En effet, les actions de contrôle modifient parfois de façon importante la trajectoire de la procédure publiée; et il en résulte une différence importante entre trajectoire moyenne réelle et tracé nominal.

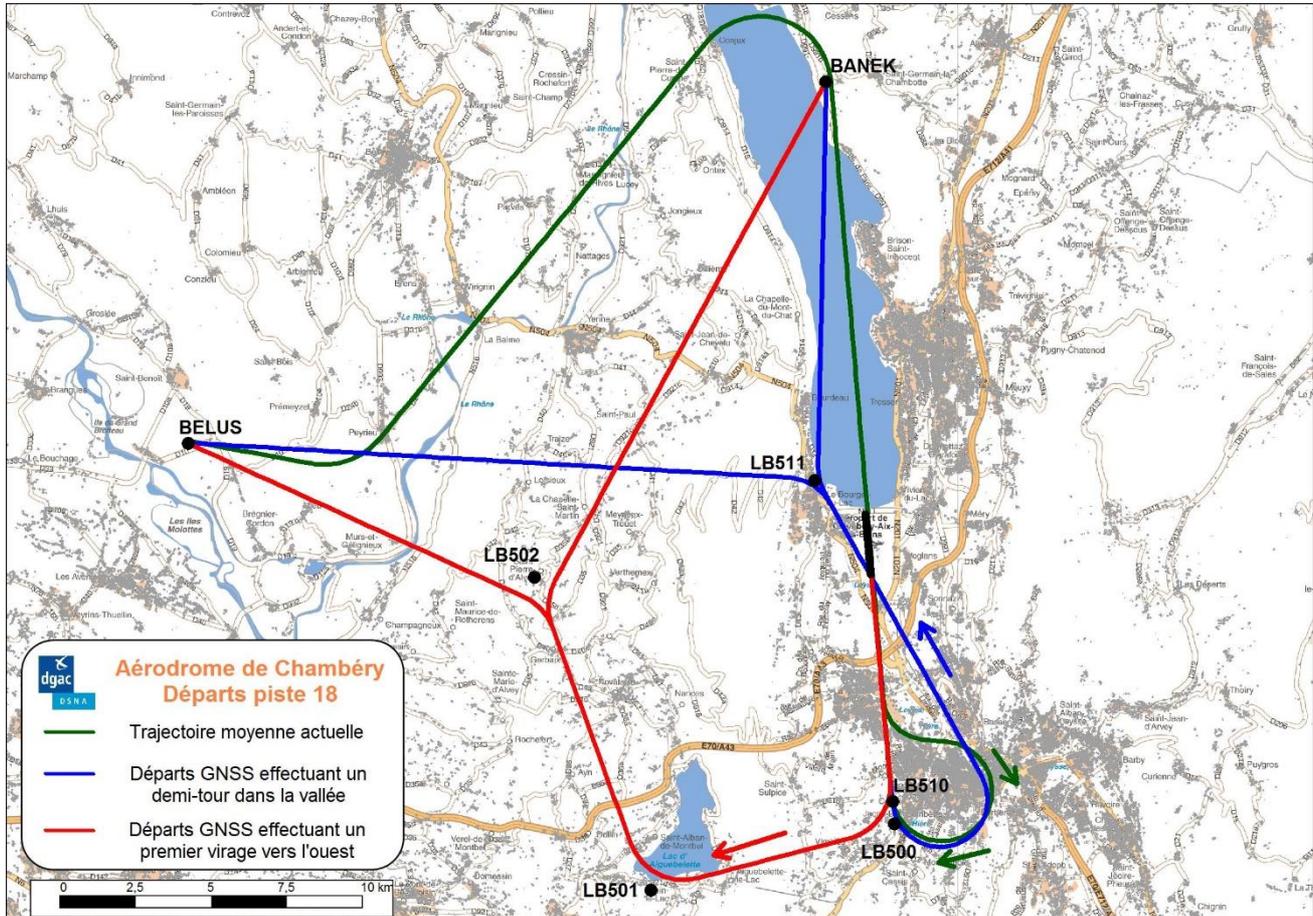


Figure 2 : Trajectoires de départ de Chambéry (situation de statu quo en vert et projet étudié comportant une variante en bleu et rouge)

4.3.3.2. Impact sonore

L'évaluation de l'impact sonore se limite à la production de cartes du bruit émis par les avions représentatifs de l'activité aérienne de l'aérodrome à partir des informations suivantes :

- la carte de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- le dessin des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- le contour de mêmes niveaux de bruit, au seuil généralement fixé à 65 dB en L_{Amax} .

La Figure 3 illustre l'impact sonore d'une modification des départs IFR de Chambéry.

Le comptage de population est effectué avant changement et après changement en considérant la population impactée par la courbe L_{Amax} 65 dB(A).

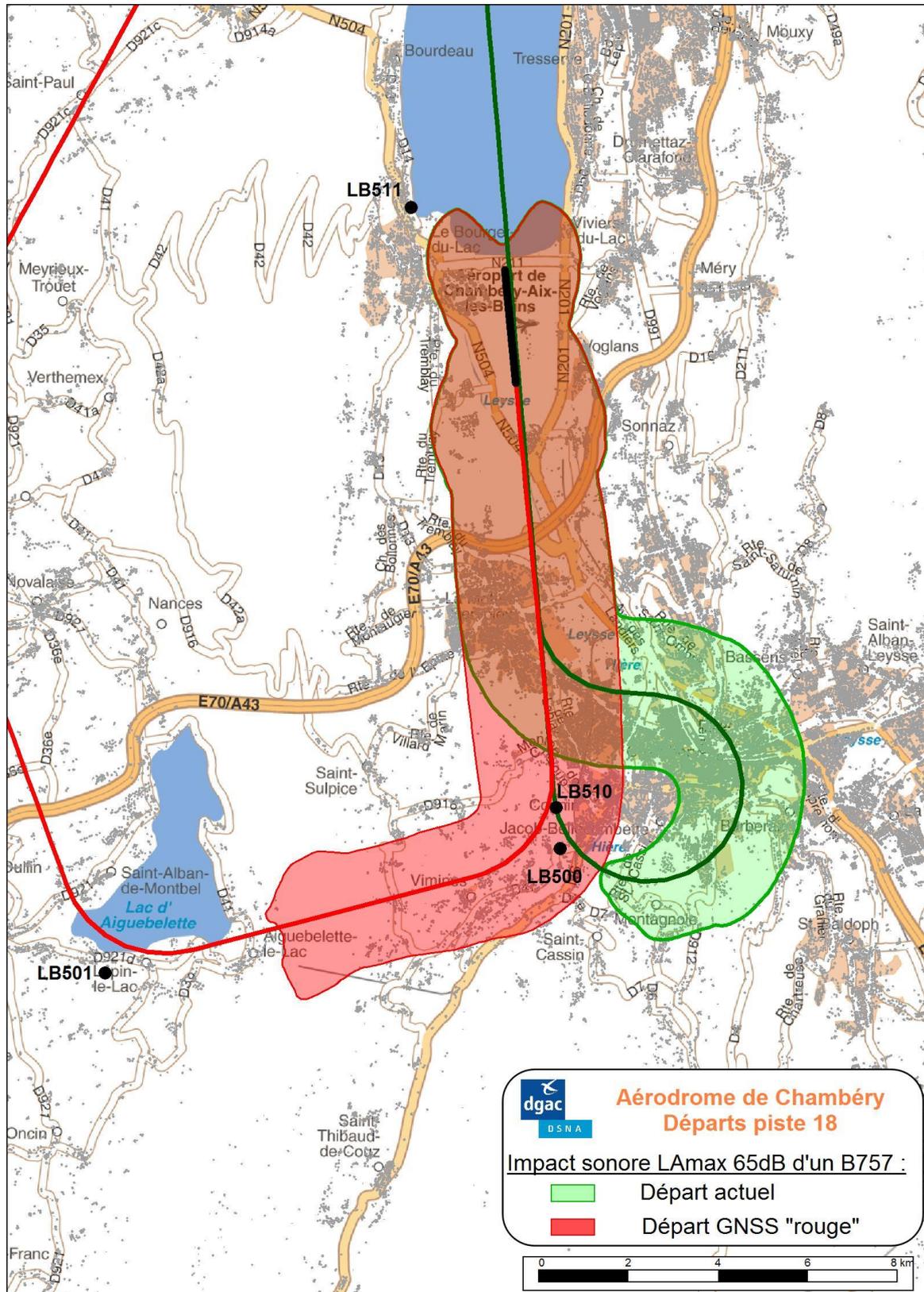


Figure 3 : Impact au sol des émissions sonores lors de départs d'un B737-800 de Chambéry (projet étudié variante rouge)

Particularité du bruit nocturne : Lorsque le projet de modification du dispositif de circulation aérienne concerne des survols nocturnes, une analyse particulière et complémentaire peut être nécessaire. Le recours à un indice adapté (L_{Amax} , NA, L_{night} ...) est alors à prendre en compte. Le choix de l'indicateur et les seuils à considérer sont en cours d'étude par la mission Environnement en collaboration avec l'ACNUSA.

4.3.3.3. Impact sur la consommation de carburant

L'évaluation de l'impact sur la consommation de carburant se limite à la quantification de cette dernière basée sur les éléments suivants :

- la carte de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- le dessin des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- l'exploitation opérationnelle des procédures à l'étude,
- la différence, ou le chiffrage absolu, de consommation entre les situations de statu quo et après changement.

4.3.3.4. Impact sur les émissions gazeuses (CO₂ et NO_x)

L'évaluation de l'impact sur les émissions gazeuses est basée sur les éléments suivants :

- la carte de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- le dessin des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- l'exploitation opérationnelle des procédures à l'étude,
- la différence, ou chiffrage absolu, des émissions de CO₂ et NO_x entre les situations de statu quo et après changement.

Note : l'étude des NO_x n'est effectuée que dans le cas des projets comprenant des modifications de procédure intervenant sous 3000 ft par rapport à l'altitude du terrain (ARP).

4.4. Étude de niveau 3

4.4.1. Le descriptif du scénario de statu quo

Le porteur de projet décrit la situation de référence devant servir de base pour apprécier les impacts environnementaux des changements à partir des informations suivantes :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne en vigueur,
- la description des méthodes de gestion des flux,
- les consignes d'exploitation applicables,
- les restrictions d'utilisation de l'aéroport.

4.4.2. Le descriptif du projet et des options ou variantes

Le porteur du projet décrit le besoin opérationnel du projet de procédure ou d'exploitation opérationnelle, et renseigne les éléments suivants :

- la typologie de la flotte,
- le nombre de mouvements,
- les procédures de circulation aérienne envisagées,
- la description des méthodes envisagées de gestion des flux,
- le projet de consignes d'exploitation applicables,
- l'espace géographique de l'étude.

4.4.3. Analyse des impacts

Dans le cas d'une EICA de niveau 3, l'évaluation environnementale porte sur les impacts suivants :

- impact visuel,
- impact sonore,
- impact consommation de carburant,
- impact émissions gazeuses CO₂ et NO_x.

4.4.3.1. Impact visuel

L'évaluation de l'impact visuel rend compte de la façon la plus précise possible des nouvelles conditions de survol des territoires, principalement à partir des informations suivantes :

- la carte de l'espace de l'étude,
- les dessins du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- les dessins des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- les cartes de flux de trafic (chevelus) arrivées et départs,
- les cartes de flux de trafic par tranches d'altitudes
- les cartes de densités de survol,
- l'analyse qualitative et descriptions littérales des modifications, qui précisent l'exploitation des procédures par les avions et les nouvelles conditions de survol des territoires.

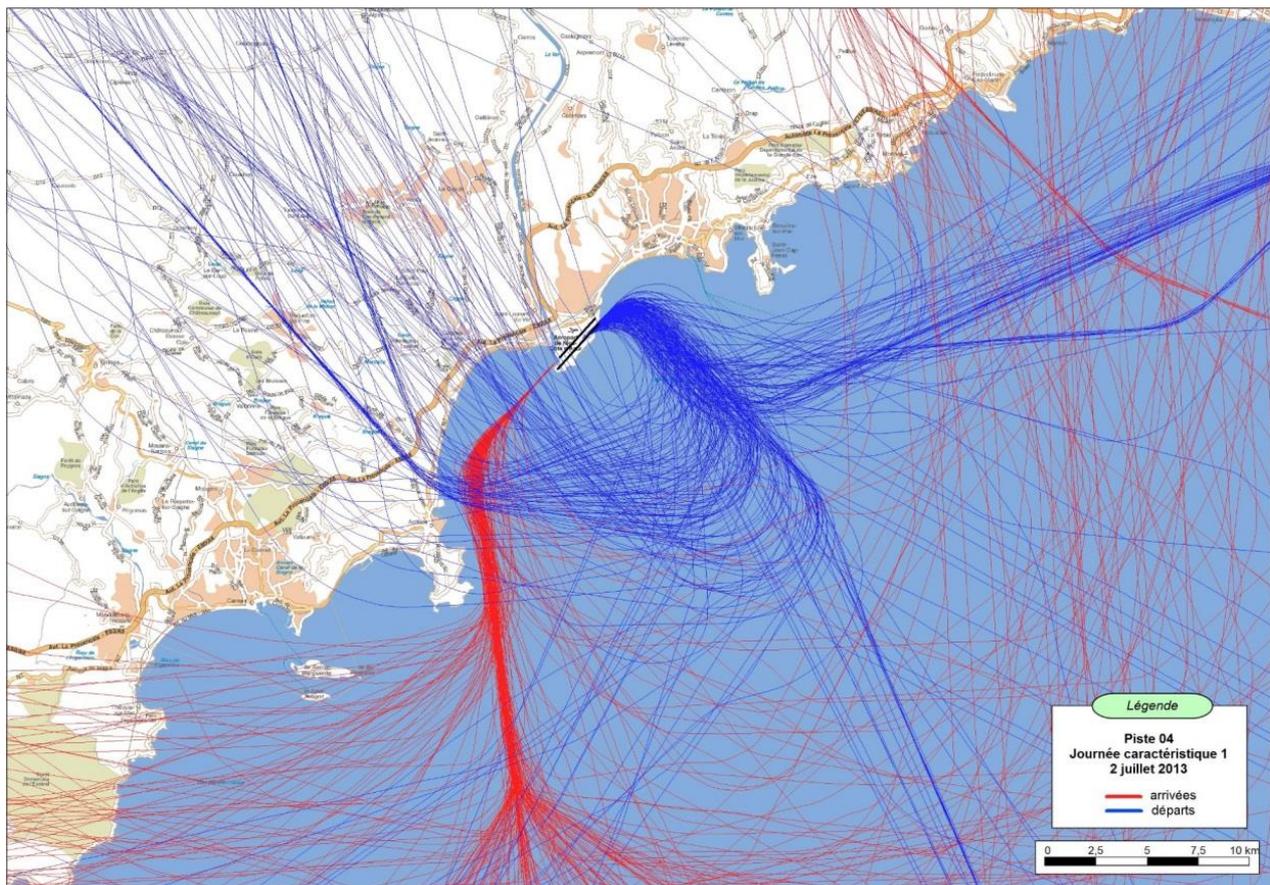


Figure 4 : Flux d'une journée de trajectoires à Nice (Configuration 04)

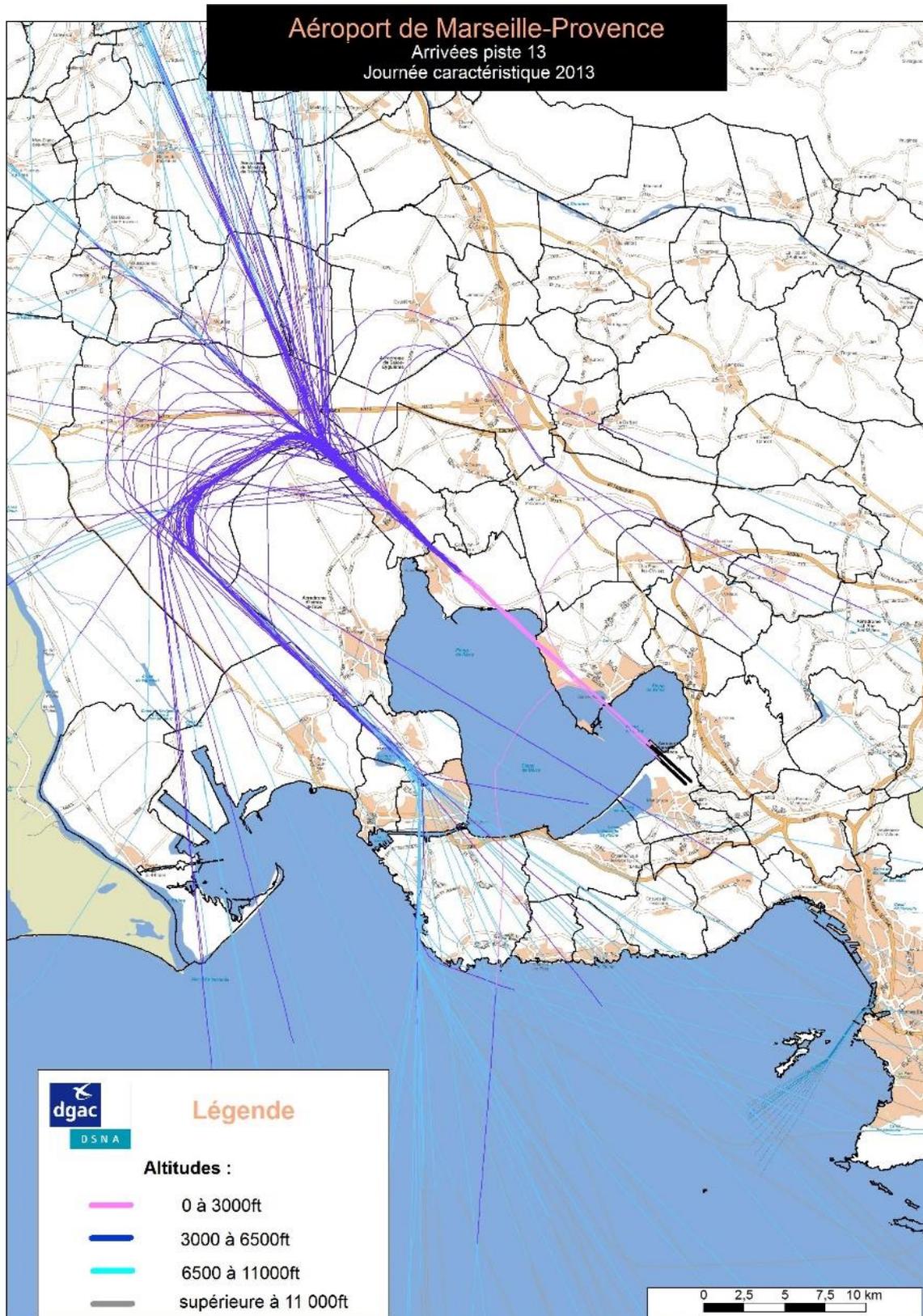


Figure 5 : Flux d'une journée de trajectoires en approche sur Marseille (face Sud) avec visualisation des tranches d'altitude

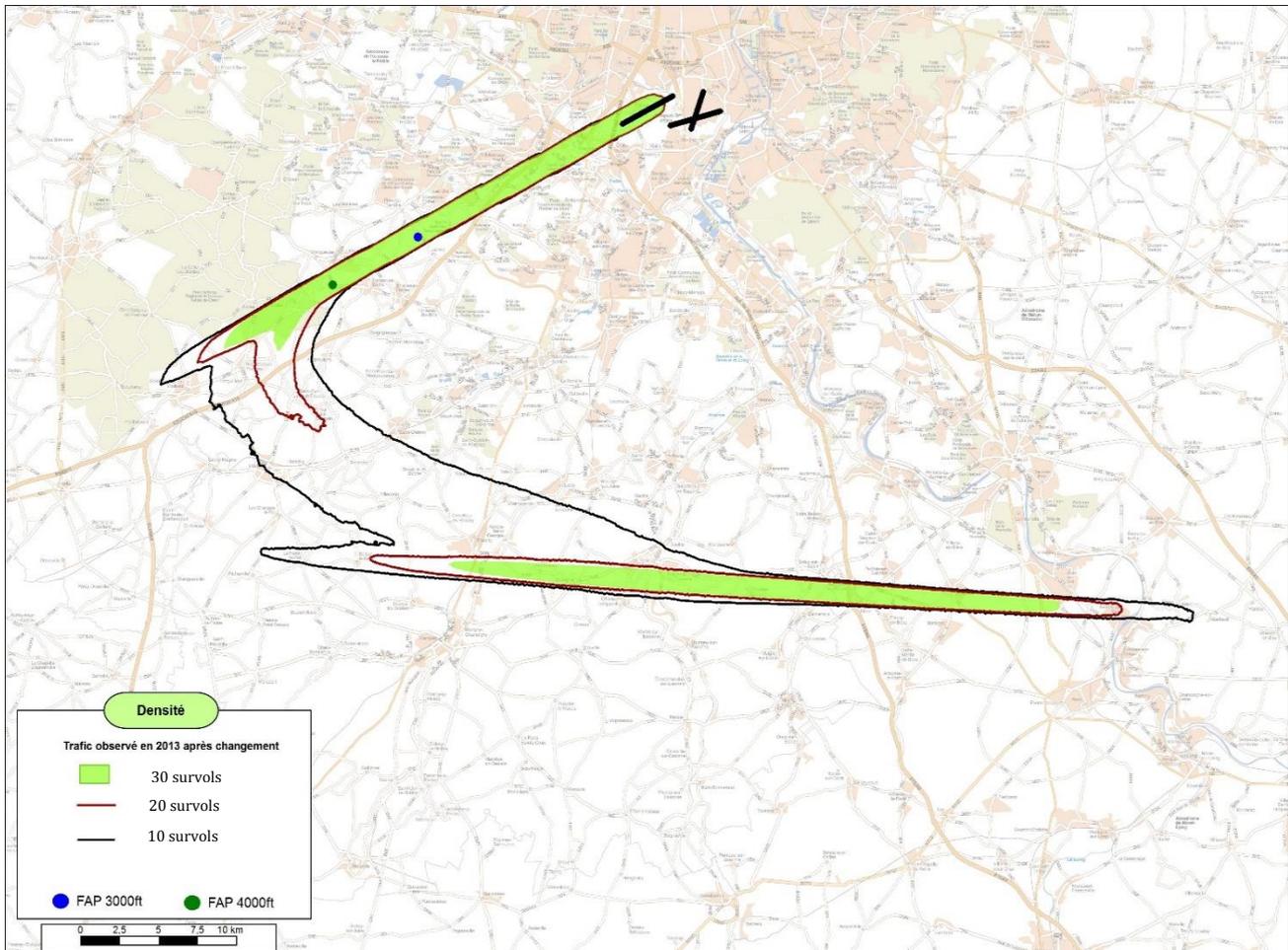


Figure 6 : Courbes de densité à des seuils 10, 20 et 30 survols à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)

4.4.3.2. Impact sonore

L'évaluation de l'impact sonore est réalisée à partir de cartes du bruit émis par les avions représentatifs de l'activité aérienne de l'aérodrome à partir des informations suivantes :

- les cartes de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- le dessin des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- les contours de mêmes niveaux de bruit, choisis parmi les indicateurs les plus pertinents avec les valeurs seuils qui permettent une bonne information des parties intéressées,
- les comptes rendus de mesurage acoustique (le cas échéant).

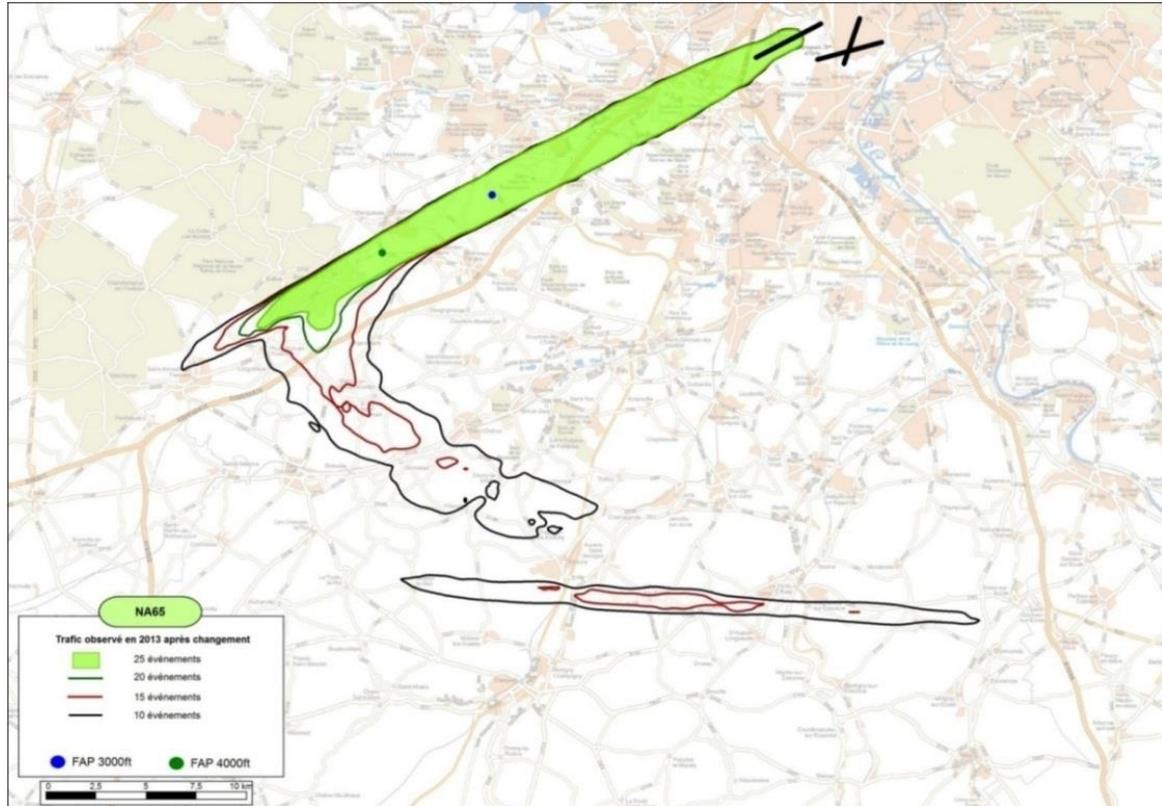


Figure 7 : Courbes NA65 : 10, 15, 20, 25 événements à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)

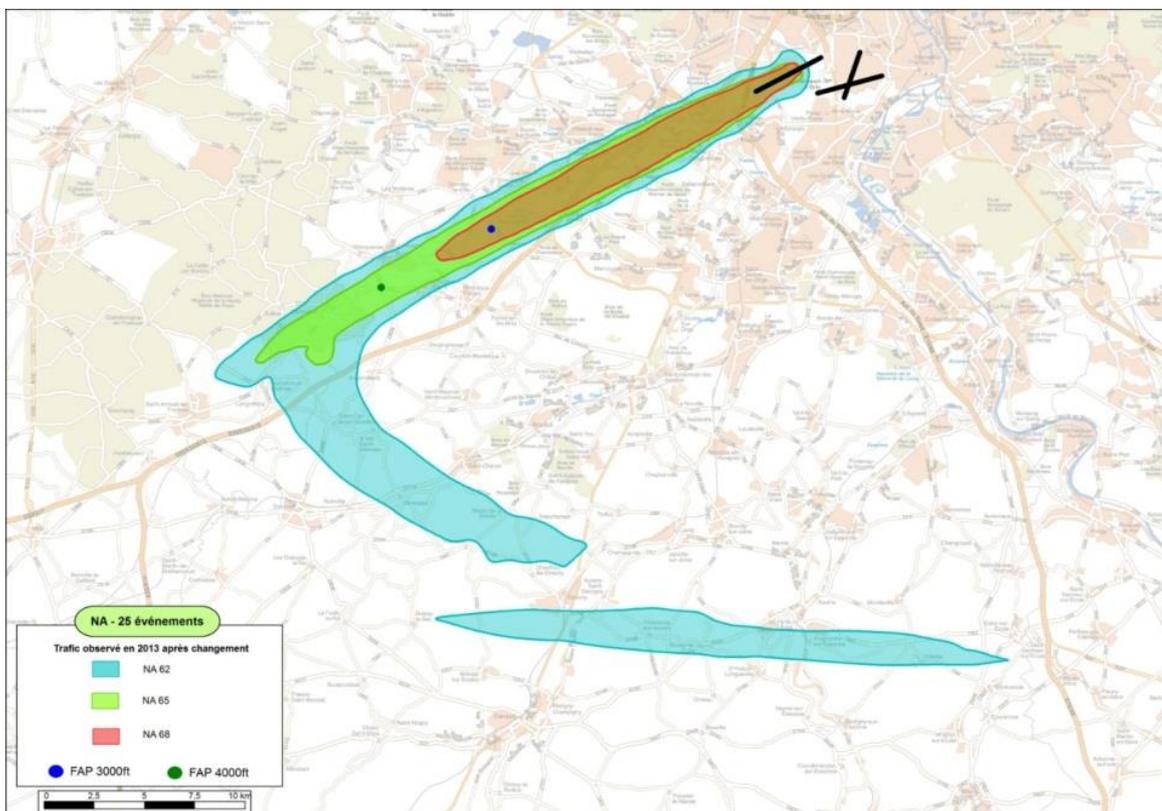


Figure 8 : Courbes de NA à des valeurs seuils de 62, 65 et 68 dB(A) à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)

Le comptage de population est effectué avant changement et après changement en considérant la population impactée par la courbe NA65³. Le nombre d'évènements correspond à celui préconisé de 25 ou à celui déterminé en raison du faible trafic concerné.

Particularité du bruit nocturne : Lorsque le projet de modification du dispositif de circulation aérienne concerne des survols nocturnes, une analyse particulière et complémentaire peut être nécessaire. Le recours à un indice adapté (L_{Amax} , NA, L_{night} ...) est alors à prendre en compte. Le choix de l'indicateur et les seuils à considérer sont en cours d'étude par la mission Environnement en collaboration avec l'ACNUSA.

4.4.3.3. Impact sur la consommation carburant

L'évaluation de l'impact sur la consommation de carburant se limite à la quantification de cette dernière basée sur les éléments suivants :

- la carte de l'espace de l'étude,
- les dessins du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- les dessins des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- l'exploitation opérationnelle des procédures à l'étude,
- la différence, ou le chiffrage absolu, de consommation entre les situations de statu quo et après changement.

4.4.3.4. Impact sur les émissions gazeuses (CO₂ et NO_x)

L'évaluation de l'impact sur les émissions gazeuses est basée sur les éléments suivants :

- la carte de l'espace de l'étude,
- le dessin du projet des procédures de circulation aérienne d'après les critères PANS-OPS, et/ou des trajectoires moyennes,
- le dessin des procédures de circulation aérienne de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,
- l'exploitation opérationnelle des procédures à l'étude,
- la différence, ou chiffrage absolu, des émissions de CO₂ et NO_x entre les situations de statu quo et après changement.

Note : l'étude des NO_x n'est effectuée que dans le cas des projets comprenant des modifications de procédure intervenant sous 3000 ft par rapport à l'altitude du terrain (ARP).

³ À titre informatif, un comptage de population complémentaire avec la courbe L_{den} 55/50, ou L_{Amax} 65 dB(A) pourra être effectué.

(Page intentionnellement laissée blanche)

5. GLOSSAIRE

<u>ACNUSA</u>	Autorité de contrôle des nuisances aéroportuares
<u>ARP</u>	« Airport Reference Position », point géographique de référence de l'aéroport indiquant notamment l'altitude du terrain.
<u>BADA</u>	Base of Aircraft Data. Base regroupant des données de performances de vol et associée à des modèles de performance de vol. BADA est développé et maintenu par Eurocontrol. Il existe deux bases : BADA 3, la plus complète et BADA 4 la plus précise.
<u>CAEP</u>	Committee on Aviation Environmental Protection (comité technique dépendant de l'OACI)
<u>CEAC</u>	Conférence Européenne de l'Aviation Civile
<u>CCE</u>	Commission Consultative de l'Environnement
<u>EICA</u>	Étude d'Impact de la Circulation Aérienne
<u>DSAC</u>	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile
<u>DSAC-IR</u>	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile – Inter-régionale
<u>DSNA</u>	Direction des Services de la Navigation Aérienne
<u>INM</u>	Integrated Noise Model. Logiciel de modélisation acoustique. Ce modèle de bruit est utilisé pour l'élaboration des EICA, PEB et PGS
<u>INSEE</u>	Institut national de la statistique et des études économiques. L'Insee collecte, produit et diffuse des informations sur l'économie et la société française afin que tous les acteurs intéressés puissent les utiliser pour effectuer des études, faire des prévisions et prendre des décisions
<u>OACI</u>	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
<u>PEB</u>	Plan d'Exposition au Bruit. Document d'urbanisme qui donne le niveau de gêne sonore dû aux avions tel qu'il est prévu à terme. Il permet un développement maîtrisé des communes concernées sans exposer de nouvelles populations au bruit engendré par l'exploitation de l'aérodrome
<u>PGS</u>	Plan de Gêne Sonore. Document d'aide à l'insonorisation qui définit les zones à l'intérieur desquelles les riverains peuvent bénéficier d'une aide à l'insonorisation de leur habitation
<u>Procédure</u>	Une procédure de circulation aérienne est une série de manœuvres prédéterminées exécutées par un aéronef pour se déplacer d'un point A à un point B
<u>QFU</u>	Identification d'une piste basée sur son orientation magnétique

<u>SIG</u>	Systeme d'Information Géographique. Un SIG permet dans un système géographique référencé d'associer entre elles des informations, présentées sous la forme de « couches » et issues de bases de données différentes (routes, populations, bâtiments, etc.).
<u>SNA</u>	Service de la Navigation Aérienne
<u>STAC</u>	Service Technique de l'Aviation Civile

Annexes

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 1 : Fiche signalétique

	Organisme	EICA : [titre]	Mise à jour le : [date]
			Version de l'EICA

A. Titre de l'EICA	[Utiliser le même titre que le changement déclaré sous SPIRIT]
Référence Spirit	[CHGT-XXXXXX]
Mots clés	

B. Identification		
Service :	Référence :	Date : / /20

C. Affaire suivie par	
Nom du rédacteur de l'EICA :	Fonction :

D. Description synthétique
Type de modification
<input type="checkbox"/> Création de procédure CA <input type="checkbox"/> Modification de procédure CA existante
Localisation
<i>[Préciser notamment</i> <ul style="list-style-type: none"> le nom du terrain le nombre de mouvements commerciaux (réacteurs et turbopropulseurs) en moyenne par jour le nombre annuel de passagers commerciaux (...)]
Nature de la création/modification de procédure CA
<i>[Préciser notamment</i> <ul style="list-style-type: none"> le type de procédure à l'étude (procédure d'atterrissage GNSS, procédure de départ initial VOR/DME,...) si le tracé de la procédure nominale s'inscrit dans un flux existant l'utilisation de la nouvelle procédure : le nombre d'arrivées ou départs commerciaux en moyenne par jour sur la procédure à l'étude (...)]

E. Mise en œuvre		
Modalités de mise en œuvre		
Présence de phases de transition :	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
Lesquelles :		
Nécessité de présenter en CCE :	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
Nécessité de présenter à l'ACNUSA :	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
Nécessité de mener une enquête publique :	<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON

	Organisme	EICA : [titre]	Mise à jour le : [date]
			Version de l'EICA

F. Diffusion
Destinataires pour action
Copie pour information

G. Détermination du niveau de complexité de l'EICA			
Nombre de mouvements commerciaux (arrivées + départs) en moyenne par jour supérieur à 10 (toutes procédures) ?	<input type="checkbox"/> OUI(*)	<input type="checkbox"/> NON	
Nombre de passagers commerciaux annuel supérieur à 100 000 ?	<input type="checkbox"/> OUI(*)	<input type="checkbox"/> NON	
Sensibilité environnementale du terrain ?	<input type="checkbox"/> OUI(*)	<input type="checkbox"/> NON	
Niveau de complexité de l'EICA	<input type="checkbox"/> niveau 1	<input type="checkbox"/> niveau 2	<input type="checkbox"/> niveau 3
<p>(*) Si une case Oui est cochée, le porteur de projet contactera la mission Environnement de la DSNA en transmettant les éléments décrits dans le paragraphe suivant. Le niveau de complexité de l'EICA sera déterminé en coordination et un soutien technique sera assuré si nécessaire.</p> <p>Si les trois cases Non sont cochées, le niveau de complexité de l'EICA peut être de niveau 1. L'impact environnemental est alors réalisé de manière qualitative (sans calculs d'émissions et de population affectée) par le porteur de projet suivant les recommandations décrites dans le Guide EICA.</p>			

H. Documents joints à transmettre à la mission Environnement de la DSNA lors de la première prise de contact
<p>[Préciser notamment</p> <ul style="list-style-type: none"> • Description de la nouvelle procédure (coordonnées WGS 84 des points caractéristiques de navigation utilisés). Dans le cas d'une modification, les données de la procédure actuelle seront également transmises, • Nombre moyen d'arrivées ou de départs commerciaux (en différenciant turboréacteurs et turbopropulseurs) par jour en totalité sur l'aéroport et empruntant la procédure étudiée (lors d'une journée pleine d'utilisation de la procédure) • Statistiques d'utilisation des pistes, • Pratiques actuelles et attendues du contrôle aérien (guidage radar, direct...), • (...)]

Annexe 2 : Exemple d'application des critères de complexité en 2018

Les 35 terrains en 2017 pour lesquels les deux premiers critères ne sont pas validés

Terrain	Nombre de mouvements	Nombre de passagers
AGEN-LA-GARENNE	1399	37392
ALBERT-BRAY	695	997
ANGERS-MARCE	341	438
ANNECY-MEYTHET	1541	2822
AURILLAC	978	31973
AUXERRE-BRANCHES	402	1747
AVIGNON-CAUMONT	1162	7195
BEZIERS-VIAS	1645	23335
BRIVE-SOUILLAC	1770	65258
CASTRES-MAZAMET	1492	46557
CHATEAUROUX-DEOLS	692	8530
CHERBOURG-MAUPERTUS	158	3372
COLMAR-HOUSSEN	649	2424
COURCHEVEL	1764	5873
DIJON-LONGVIC	288	2935
EPINAL-MIRECOURT	110	1671
LANNION	964	21316
LE-HAVRE-OCTEVILLE	240	12685
LE-MANS-ARNAGE	1262	6438
LE-PUY-LOUDES	884	6276
LE-TOUQUET-COTE-D'OPALE	300	1661
LYON-BRON	3018	6972
NANCY-ESSEY	201	1531
ORLEANS-ST-DENIS-DE-L'HOTEL	238	1120
OUESSANT	916	3277
PERIGUEUX-BASSILLAC	886	5311
QUIMPER-PLUGUFFAN	1887	82158
RODEZ-AVEYRON	1980	78101
ROUEN-VALLEE-DE-SEINE	409	2335
ST-BRIEUC-ARMOR	516	4106
ST-ETIENNE-LOIRE	1102	10355
ST-NAZAIRE-MONTOIR	1957	18280
ST-TROPEZ-LA-MOLE	2513	3635
TROYES-BARBEREY	100	1218
VALENCIENNES-DENAIN	251	1163

Les 43 terrains en 2017 pour lesquels une coordination avec la mission Environnement est nécessaire

Terrain ACNUSA

Terrain	Nombre de mouvements	Nombre de passagers
AJACCIO-NAPOLEON-BONAPARTE	14830	1569564
BALE-MULHOUSE	73438	7874717
BASTIA-PORETTA	14545	1398989
BEAUVAIS-TILLE	22302	3646900
BERGERAC-ROUMANIERE	3016	314344
BIARRITZ-PAYS-BASQUE	11274	1190636
BORDEAUX-MERIGNAC	57401	6207238
BREST-BRETAGNE	14017	1041735
CAEN-CARPIQUET	3801	180295
CALVI-STE-CATHERINE	4936	325204
CANNES-MANDELIEU	6704	8810
CARCASSONNE-SALVAZA	2628	398943
CHALONS-VATRY	1582	108237
CHAMBERY-AIX-LES-BAINS	1486	174557
CLERMONT-FERRAND-AUVERGNE	7016	378695
DEAUVILLE-NORMANDIE	2283	160381
DINARD-PLEURTUIT-ST-MALO	1863	121574
DOLE-TAUAUX	822	106837
FIGARI-SUD-CORSE	10081	720357
GRENOBLE-ISERE	2626	342153
LA-ROCHELLE-ILE-DE-RE	3146	221317
LILLE-LESQUIN	20328	190889
LIMOGES-BELLEGARDE	4664	309209
LORIENT-LANN-BIHOUE	2592	129504
LYON-ST-EXUPERY	109107	10272981
MARSEILLE-PROVENCE	92584	9000326
METZ-NANCY-LORRAINE	4834	231351
MONTPELLIER-MEDITERRANEE	18854	1848616
NANTES-ATLANTIQUE	54803	5482735
NICE-COTE-D'AZUR	164584	13303927
NIMES-GARONS	1670	216222
PARIS-CHARLES-DE-GAULLE	478910	69462234
PARIS-LE-BOURGET	47504	118979
PARIS-ORLY	229802	32041718
PAU-PYRENEES	9430	597205
PERPIGNAN-RIVESALTES	4230	410267

POITIERS-BIARD	2677	117198
RENNES-ST-JACQUES	14713	724261
STRASBOURG-ENTZHEIM	18982	1187049
TARBES-LOURDES-PYRENEES	4123	433364
TOULON-HYERES	10065	502768
TOULOUSE-BLAGNAC	90902	9286661
TOURS-VAL-DE-LOIRE	1369	189143

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 3 : Méthodologie générale de calcul des indicateurs d'une EICA

Généralités

Les impacts en termes visuel, sonore, de consommation de carburant et d'émissions gazeuses engendrés par un aéronef ont un principal point commun: la poussée de ses moteurs qui lui permet de se déplacer verticalement et horizontalement dans une masse d'air.

Le schéma ci-dessous montre, de façon simple, les liens étroits entre la poussée des moteurs, la vitesse, l'altitude, le bruit au sol, la consommation et les émissions gazeuses existant à chaque instant d'un vol d'un aéronef.

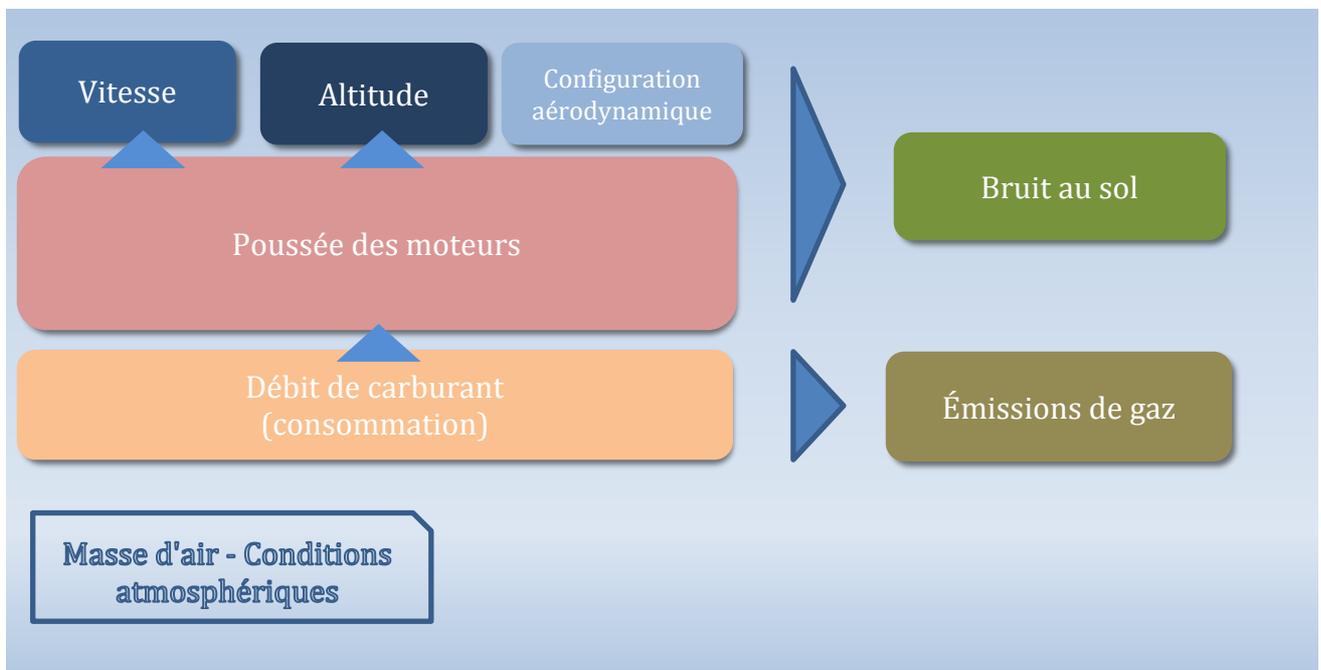


Figure 9: Relation entre poussée, bruit et émissions gazeuses

Il est montré que:

- le bruit reçu au sol dépend non seulement de la poussée des moteurs, mais aussi de la vitesse de l'avion, de l'altitude de l'avion et de sa configuration aérodynamique.
- la consommation de carburant et les émissions gazeuses dépendent du débit de carburant nécessaire pour obtenir la poussée désirée.

Problématique des trajectoires à l'étude

Les études d'impact reposent en premier lieu sur l'observation des trajectoires le long des procédures. Malheureusement, dans la plupart des cas, les paramètres de vol réels ne sont pas connus. Les seuls paramètres fiables disponibles sont la position radar de l'avion, son altitude et sa vitesse sol.

Il n'est donc pas possible de calculer l'ensemble des impacts uniquement à l'aide des données radar. C'est pourquoi des paramètres complémentaires doivent être obtenus à l'aide d'outils de modélisation.

Principe de modélisation des performances d'un aéronef

La poussée des moteurs d'un aéronef dépend du profil de vol que le pilote souhaite lui donner. C'est donc à travers le calcul de cette poussée nécessaire pour suivre le profil de vol que le bruit reçu au sol, le carburant consommé et les émissions gazeuses émises sont obtenus.

Le profil de vol d'un avion est conditionné par :

- des consignes d'entrée comme la poussée, la vitesse et l'altitude,
- ses performances de motorisation,
- ses performances aérodynamiques,
- les conditions atmosphériques de la masse d'air dans laquelle il évolue.

Pour évaluer le bruit, la consommation et les émissions gazeuses, le profil de vol et la poussée nécessaire sont modélisés à partir de modèles de performance et d'atmosphère.

Le schéma en Figure 10 illustre les relations entre les consignes d'entrée, les modèles et les sorties calculées.

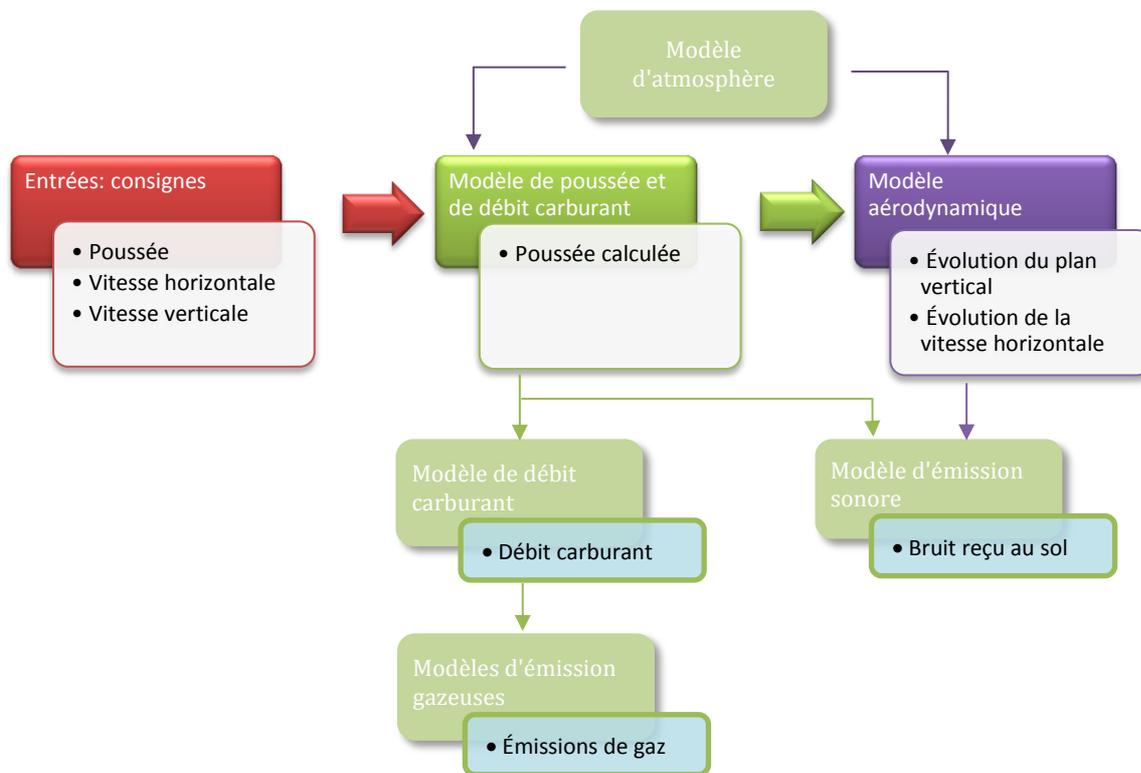


Figure 10 : Principe de modélisation des données

Phasage de l'analyse

Lors de la réalisation du dossier technique EICA, trois étapes majeures sont illustrées par le schéma ci-après.

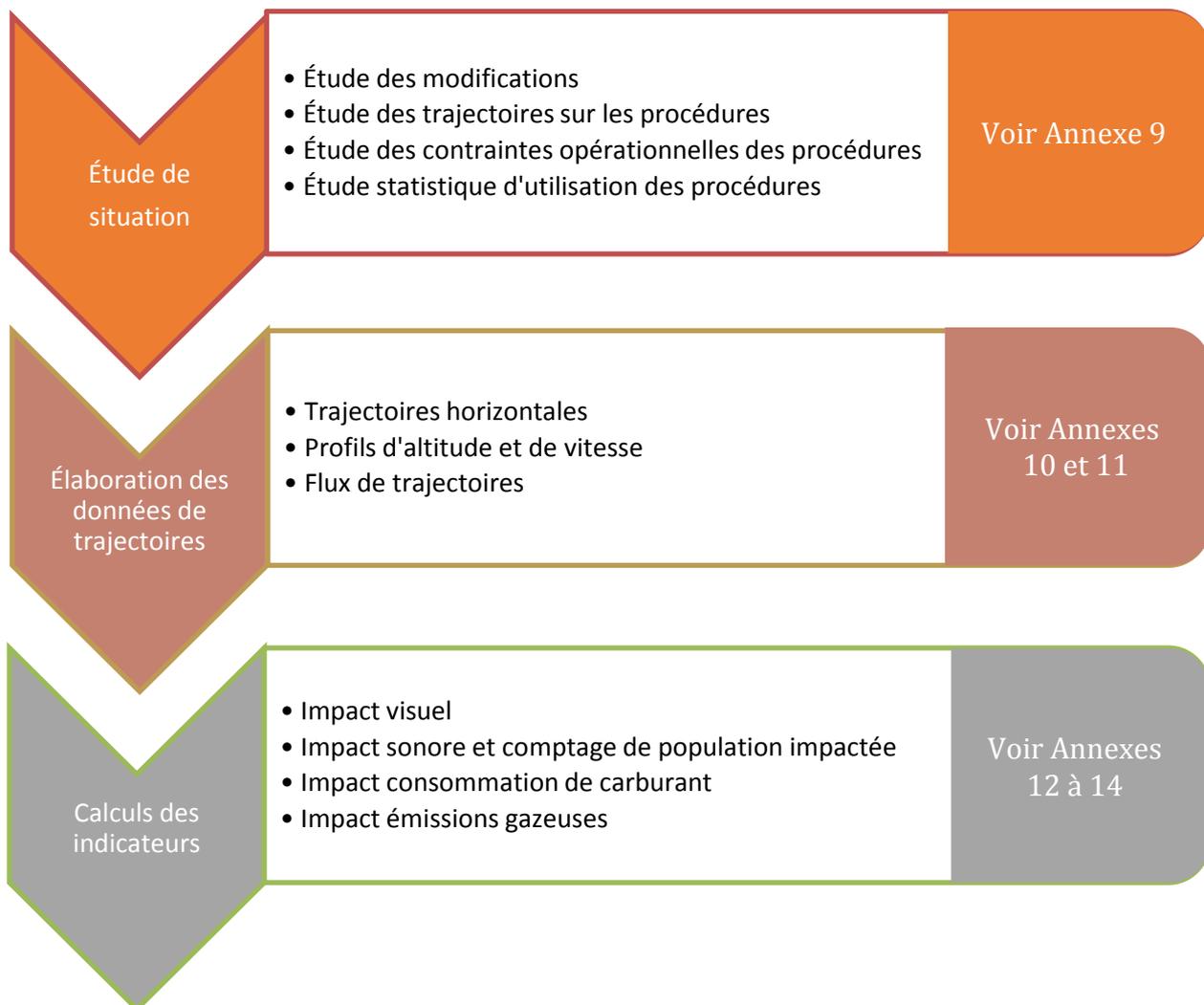


Figure 11 : Les principales étapes de la réalisation technique du dossier EICA

Annexe 4 : Étude de situation

L'étude de situation est l'étape préliminaire de collecte et d'analyse des données nécessaires à l'étude permettant d'élaborer par la suite les données d'entrées des calculs des différents indicateurs.

Analyse qualitative des modifications

La première étape qui consiste à identifier le contexte et les caractéristiques des trajectoires à étudier est essentielle. Des questions déterminantes se posent comme:

- Est-on dans le cas d'une modification de procédure ? Auquel cas une comparaison situation statu quo / situation après changement est attendue, ce qui va influencer sur le périmètre d'étude (cf. ci-après).
- Est-ce que le profil vertical est modifié par de nouvelles contraintes opérationnelles (sur la vitesse, l'altitude...) ou par l'introduction d'une nouvelle procédure de vol (procédure moindre bruit à l'approche ou au décollage) ?
- Cette procédure concerne t'elle toute la flotte opérant sur l'aérodrome?

Les réponses à ces questions vont conditionner l'élaboration des données, le choix des outils de simulation, et les méthodes de calcul des indicateurs.

Par exemple, lors de l'évaluation de l'impact CO₂, une modification de la trajectoire et des contraintes d'altitude et de vitesse engendre un travail de création de profil de vol, alors qu'une modification horizontale seule entraîne une étude simple d'un profil de vol en palier.

Analyse de l'utilisation des procédures

L'analyse de l'utilisation des procédures est essentielle pour cadrer l'étude. Cette analyse porte sur les points suivants:

- Les périodes d'utilisation des procédures,
- Le nombre d'avion utilisant les procédures,
- Les types avions utilisant les procédures,
- La dispersion des avions autour des procédures.

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 5 : Collecte des données de trajectoire

En situation de statu quo

Données radar

Les données de trajectographie issues d'une fusion des données de plusieurs capteurs radar et enrichies d'information de plan de vol sont à privilégier. Ces informations sont dites « multi-radars », et délivrées par les systèmes de poursuite STR (Système de Traitement radar) ou DACOTA / ARTAS.

Toutefois, dans le cas de certains aérodromes, les systèmes de poursuite DACOTA / ARTAS et STR ne sont pas disponibles ; sont alors utilisées les données du radar secondaire monopulse couplées à des informations aéronautiques complémentaires afin de permettre l'identification du vol (information provenant du gestionnaire, de la tour de contrôle...).

Identification d'un flux

Un flux de trajectoires correspondant à une procédure est identifié généralement en opérant une sélection des trajectoires passant à proximité d'un ou plusieurs points de repère de navigation aéronautique (cf. Figure 12 et Figure 13).

Il regroupe les trajectoires avions qui ont un même type de guidage (suivi de moyen sol, guidage radar, PRNAV, approche à vue, etc.) et de ce fait présentent une cohérence dans leur évolution spatiale dans la tranche d'altitude étudiée (cf. Figure 14 et Figure 15).

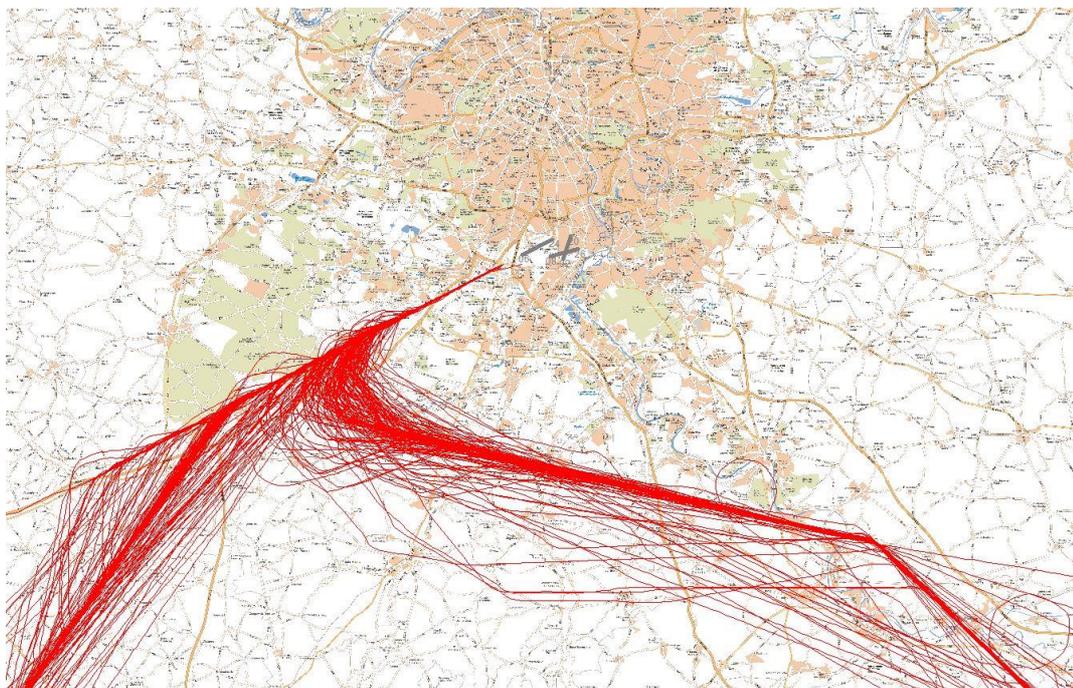


Figure 12 : Arrivées QFU 06 à Orly

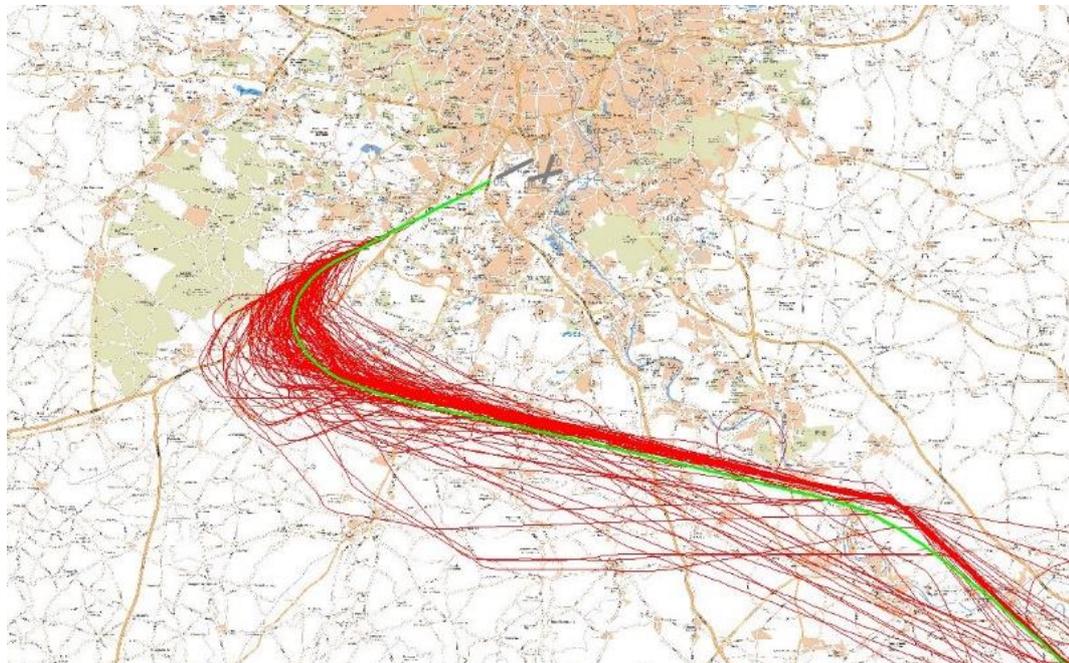
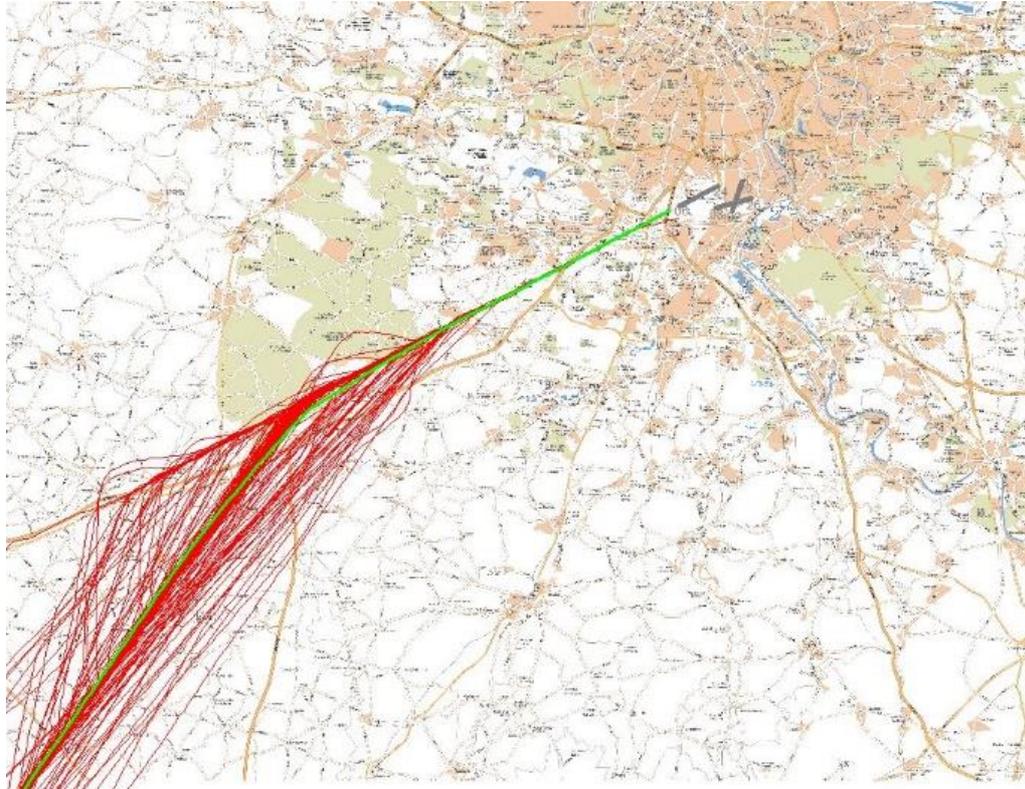


Figure 13 : Distinction en deux flux des arrivées 06. Les trajectoires moyennes en vert sont également visualisées.

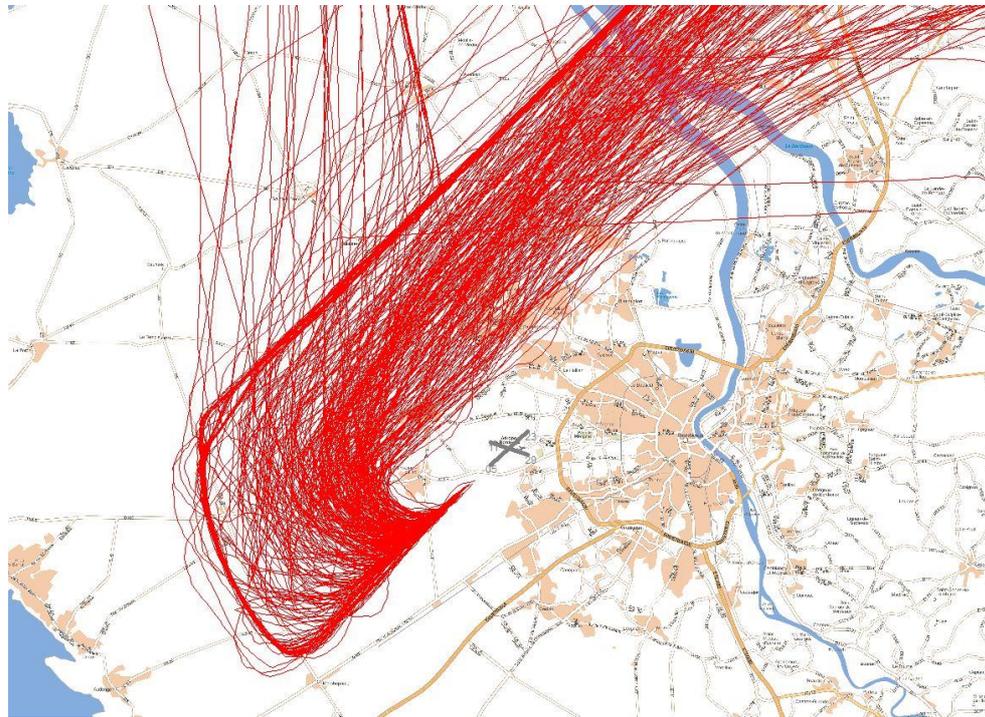


Figure 14 : Arrivées QFU 05 sur Bordeaux-Mérignac



Figure 15 : Distinction des arrivées 05 en deux flux (VOR-DME à gauche et approches à vue à droite)

En situation de projet

Les trajectoires correspondant au projet étudié sont définies par simulation. Trois méthodes de simulation peuvent être utilisées :

- l'utilisation des résultats d'un simulateur de trafic aérien,
- l'application d'une technique de déformation de flux réel développée par la mission Environnement,
- l'utilisation de modèles de performances avions.

Simulateurs de trafic aérien

Parmi les principaux simulateurs utilisés à la DGAC, citons:

- le simulateur arithmétique OPAS développé par la DTI. C'est un simulateur qui ne fait intervenir ni contrôleurs, ni pilotes. Il permet notamment de simuler l'accroissement de trafic autour d'un aéroport. Pour être le plus réaliste possible, l'utilisateur doit connaître précisément les règles de contrôle aérien pratiquées dans les espaces de contrôle situés autour de l'aéroport et les paramétrer dans le logiciel.
- les simulateurs destinés à la formation des contrôleurs aériens ou à l'évaluation sur le plan opérationnel d'un nouveau dispositif de circulation aérienne.

Les données simulées extraites des simulateurs comportent les mêmes informations que celles figurant dans les données radar (réelles) : position, altitude, vitesse, type d'aéronef, indicatif, etc. et sont utilisées de la même manière dans les logiciels de traitement des trajectoires radar.

Compte tenu des limites d'utilisation de ces données (cf. avertissement ci-après), un des principaux intérêts des données de simulation est de permettre le calcul de la trajectoire moyenne de la nouvelle procédure à l'étude. Cette trajectoire de référence peut être utilisée par la suite, comme donnée d'entrée lors du calcul de la déformation d'un flux de trajectoires réelles (cf. paragraphe 0).



Avertissement :

- Les scénarii étudiés lors des séquences de simulation peuvent conduire à des trajectoires non réalistes. En effet, ils visent souvent à valider la mise en place opérationnelle de la circulation aérienne d'un point de vue de la sécurité et/ou de la capacité,
- Les créneaux de simulation sont souvent limités, réduisant ainsi le nombre de vols simulés,
- La focalisation sur une situation particulière de contrôle ne permet pas d'obtenir une situation classique attendue sur une journée,
- Le paramétrage de la simulation n'est pas toujours réaliste dans certaines zones de contrôle (altitude de passage au-dessus de certains points non respectée, procédures non simulées dans le scénario global, etc.)

Déformation de flux

La déformation d'un flux est une opération mathématique qui consiste à déformer spatialement un flux de trajectoires radar réelles afin d'obtenir un nouveau flux sensé correspondre au résultat du suivi de la procédure étudiée.

Plus de précisions sont indiquées en paragraphe 0.

Utilisation de modèles de performances avions

Les modèles de performances avions permettent de simuler des trajectoires 4D (position 3D et le temps) d'avions en fonctions de différentes consigne de vol. Ils sont particulièrement utilisés lors de la conception de profils de performances pour les départs et les arrivées. Les paramètres de vol (position, vitesse, altitude, poussée) sont utilisés dans les logiciels de traitement des trajectoires radar et de calcul d'indicateurs.

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 6 : Techniques d'élaboration des trajectoires

Calcul de la trajectoire moyenne

La trajectoire moyenne d'un flux radar est calculée selon une méthode dite des barycentres.

Elle consiste à procéder de la manière suivante :

- Phase 1 : chaque trajectoire est échantillonnée suivant la distance développée au sol par rapport au seuil de piste (lâcher des freins pour un départ et toucher des roues pour une arrivée). Le pas d'échantillonnage est défini par l'opérateur (conseillé de 0,1 NM⁴); de nouveaux plots sont ainsi créés, différents des plots radar originaux (cf. Figure 16),
- Phase 2 : les nouveaux plots calculés sont regroupés suivant leur rang (le rang i regroupe l'ensemble des nouveaux plots de pas i),
- Phase 3 : un point barycentre (moyenne de toutes les coordonnées) est calculé pour chacun des ensembles de plots,
- Phase 4 : la trajectoire moyenne est formée par l'ensemble des points barycentres (cf. Figure 17),
- Phase 5 : un profil vertical correspondant à la trajectoire moyenne est généré à partir de l'évolution de l'altitude moyenne calculée en chacun des points barycentres (cf. Figure 18).

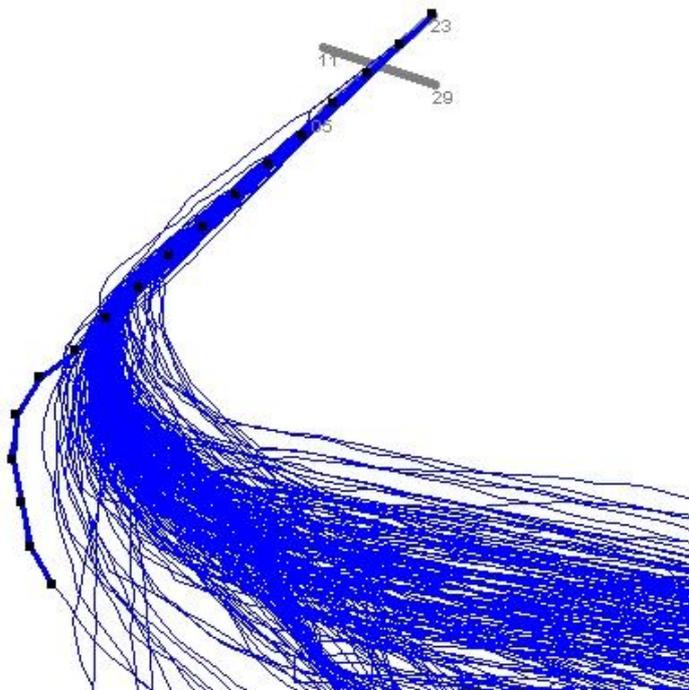


Figure 16 : Exemple d'échantillonnage des trajectoires (pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés)

⁴ Le pas de 0,1 NM est de l'ordre de grandeur de distance entre deux plots radar consécutifs lors d'une phase d'approche. Il permet d'obtenir les meilleurs résultats lors des calculs d'enveloppe, de densité de survols, etc.

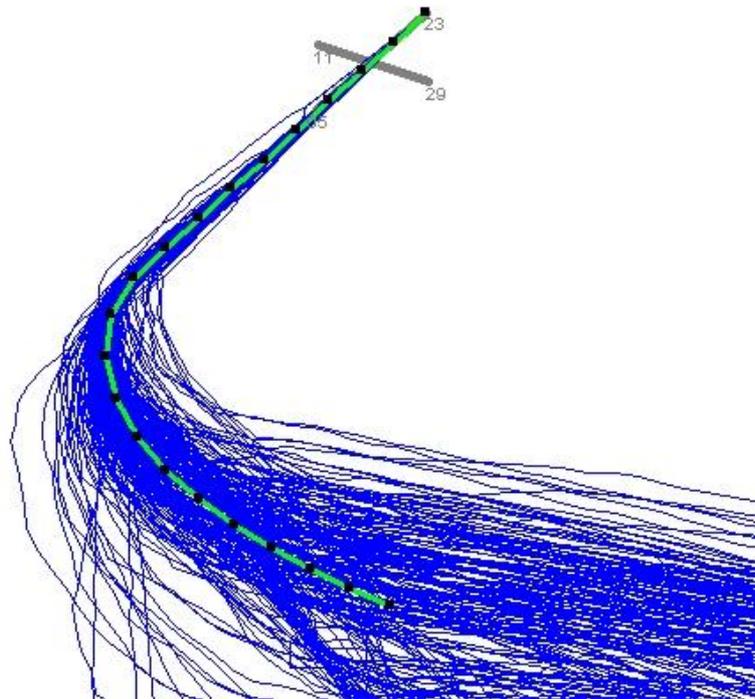


Figure 17 : Calcul de la trajectoire moyenne (points barycentres). Pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés.

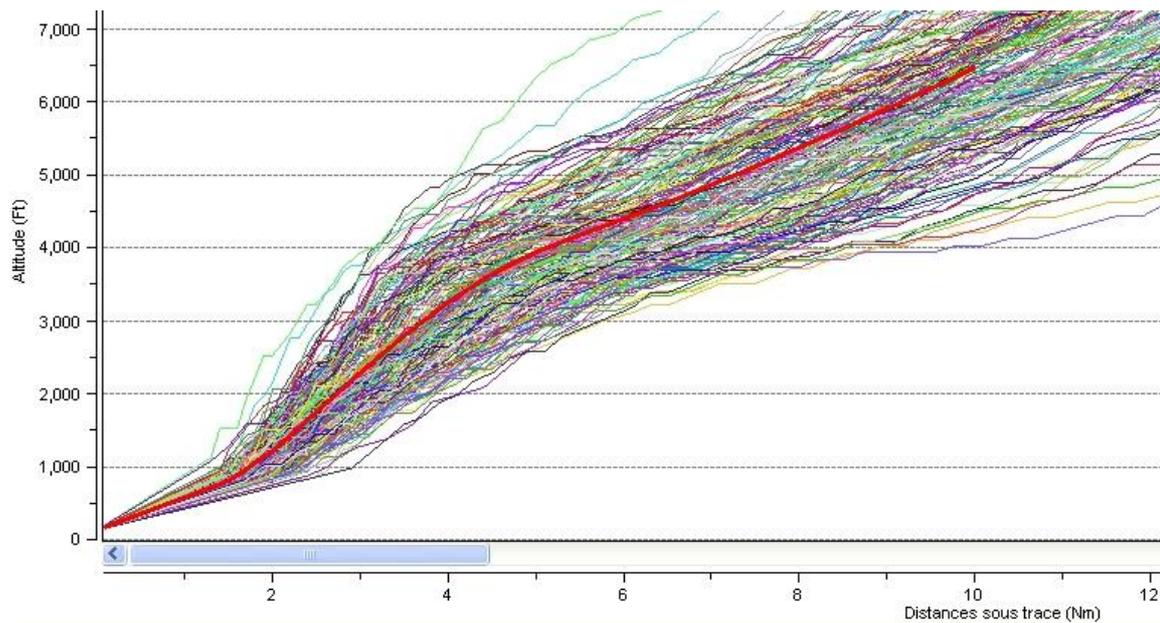


Figure 18 : Visualisation du profil moyen en altitude (cas d'un flux de départs)

Élaboration d'un flux par déformation

Le processus de déformation d'un flux existant comporte quatre étapes :

- Étape 1 préparatoire : construction d'une trajectoire de référence du flux initial, avant modification (le plus souvent par calcul d'une trajectoire moyenne à l'aide des enregistrements radar, voir paragraphe 0,),
- Étape 2 préparatoire : calcul d'une trajectoire de référence du flux de la procédure en projet (soit la trajectoire moyenne d'un flux obtenu par simulateur ou la trajectoire nominale obtenue par construction),
- Étape 3 préparatoire : positionnement des points de calage sur chacune des deux trajectoires de référence,
- Étape 4 déformation : opération de déformation du flux radar réel réalisée à partir des deux trajectoires de référence précédemment calculées et des points de calage définis.

Les étapes 3 et 4 sont décrites dans les paragraphes suivants.

Définition des points de calage

Il est défini le long de la trajectoire de référence du flux initial des «points de calage» (cf. Figure 19) qui ont une signification d'un point de vue de la géométrie du flux et/ou de la circulation aérienne, comme par exemple :

- seuils de piste,
- passage au-dessus d'une balise,
- début de descente/palier,
- début/milieu/fin de virage.

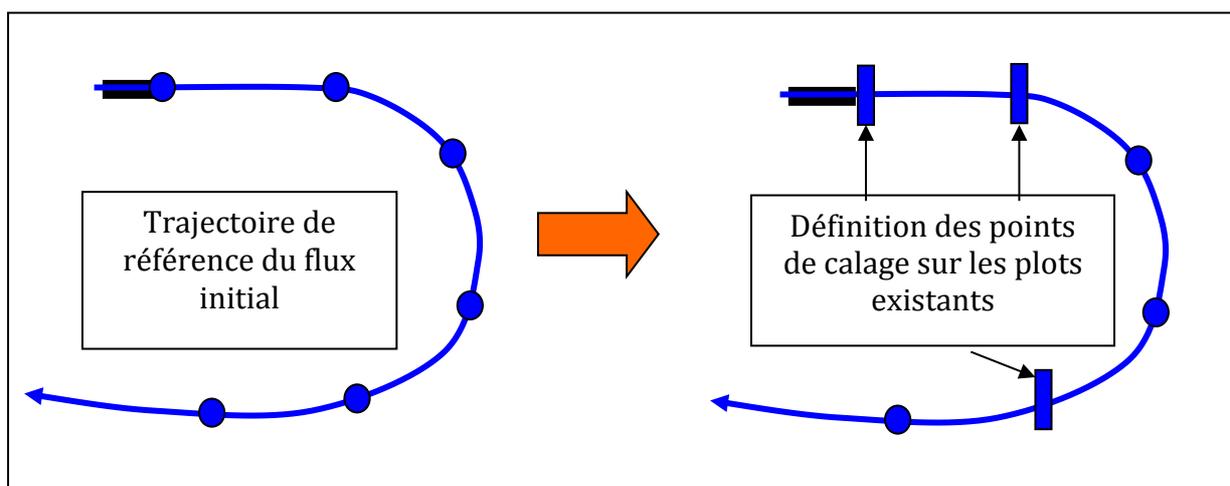


Figure 19 : Définition des points de calage sur la trajectoire de référence

Un même nombre de points de calage sur la trajectoire de référence de la procédure en projet est retenu et leur sélection suit la même analyse aéronautique (seuil de piste, début de virage, etc.) que précédemment.

Ils sont visualisés sur les deux trajectoires de référence (initial en bleu, et projet en vert) en Figure 20 et Figure 21.

Redéfinition des plots situés entre les points de calage

Une fois les points de calage déterminés, les nouveaux plots caractérisant la trajectoire de référence de la procédure en projet sont interpolés de telle manière qu'il existe, entre deux couples de point de calage corrélés au sens aéronautique, le même nombre de plots sur les deux trajectoires de référence.

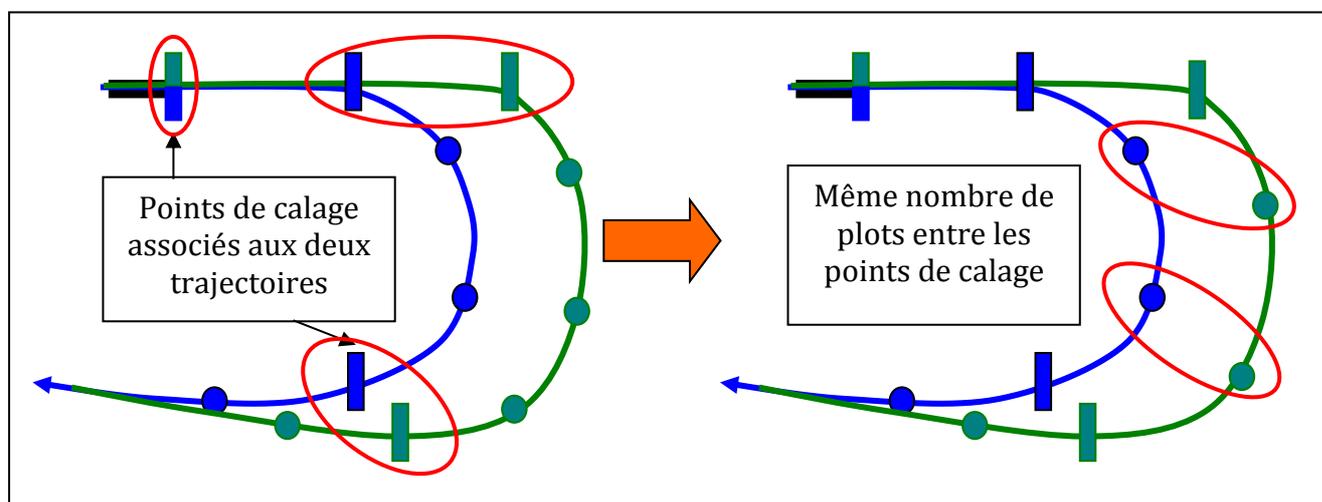


Figure 20 : Correspondance aéronautique entre les plots de calage sur les deux trajectoires de référence

Calcul de la table des vecteurs de translation

En associant, deux à deux, les plots des deux trajectoires dans l'ordre, il est constitué une table de vecteurs de translation.

Ces vecteurs, visualisés en rouge sur le schéma ci-contre, traduisent la déformation de la trajectoire de référence du flux initial vers la trajectoire de référence de la procédure en projet en chacun des plots.

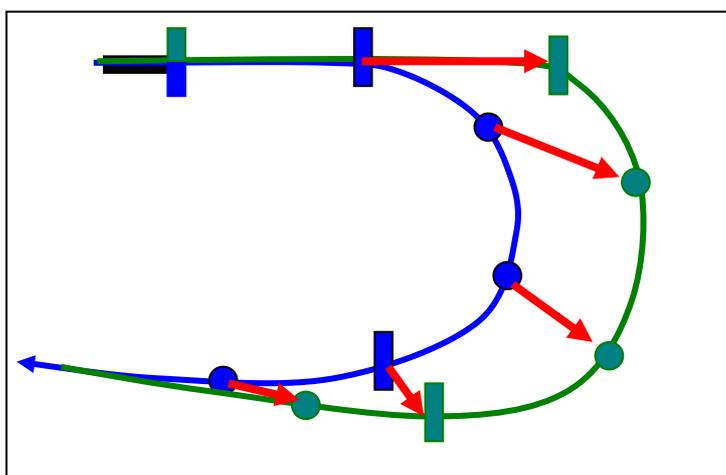


Figure 21 : Vecteurs de translation

Déformation du flux initial

Sur chaque trajectoire réelle du flux initial à déformer, il est effectué :

- une recherche automatique des points de calage propre à cette trajectoire : en sélectionnant les plots radar de la trajectoire réelle les plus proches des points de calage positionnés sur la trajectoire de référence du flux initial,
- un nouveau calcul des plots intermédiaires entre chaque point de calage identifié précédemment. Ce redécoupage est réalisé de manière à conserver un même nombre de plots entre les points de calage de la trajectoire de référence et les points de calage correspondant sur la trajectoire réelle,
- en chaque plot i de cette trajectoire réelle, une translation du vecteur i de la table des vecteurs de translation. On obtient ainsi une nouvelle trajectoire déformée qui tient compte de la déformation de la trajectoire de référence en situation de statu quo et de la trajectoire de référence en situation après changement.



Recommandation :

- La qualité du flux déformé dépend en grande partie du choix des points de calage,
- Les critères considérés dans le choix des points de calage sont les suivants :
 - un minimum de points de calage,
 - l'identification des points communs aux deux trajectoires de référence (i.e. procédures avant et après modification).

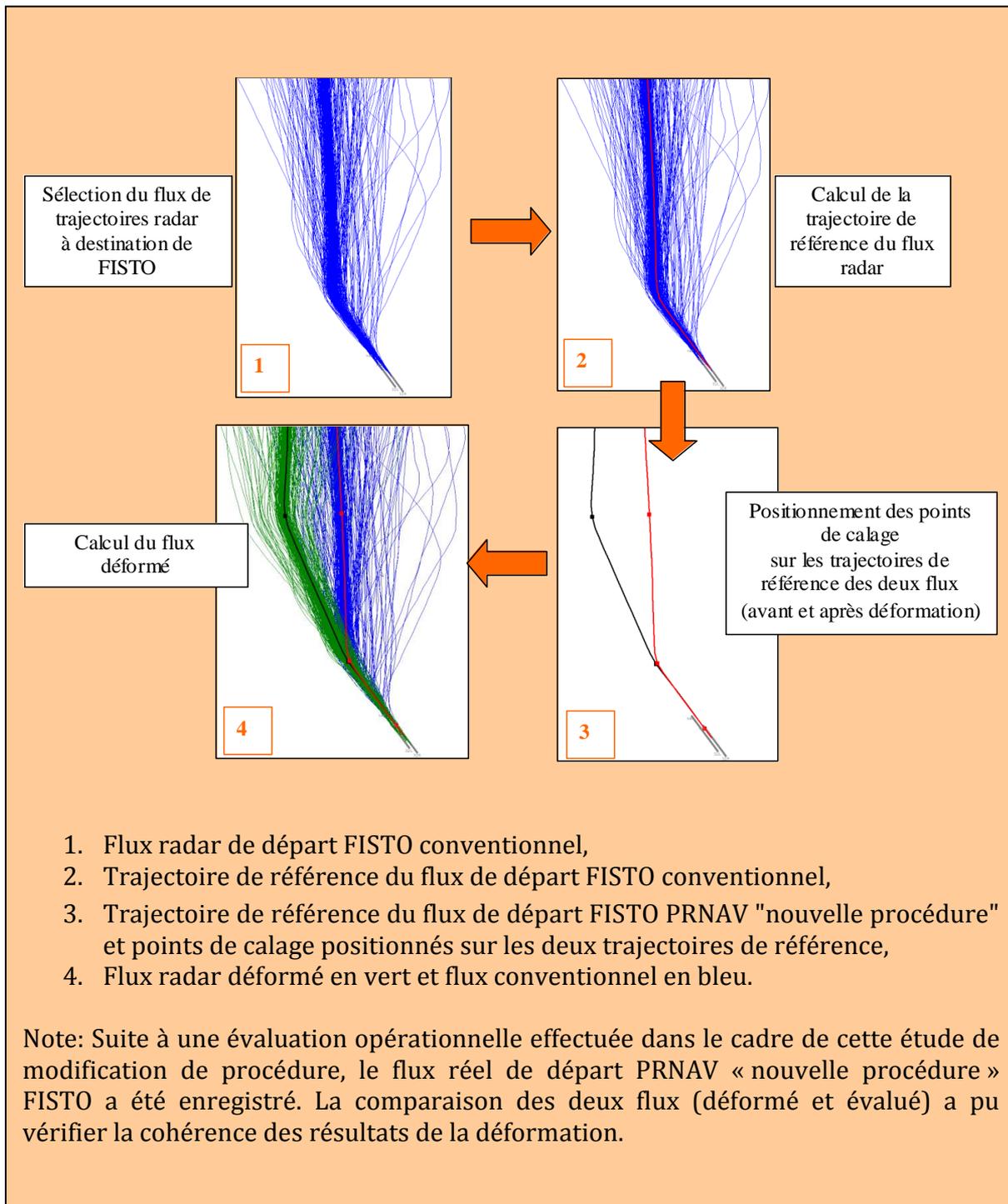


Figure 22 : Exemple d'une déformation d'un flux de départ vers le nord de Toulouse-Blagnac (procédure FISTO)

Élaboration des profils de performance (altitude, vitesse, poussée)

Description d'un profil de performance

Un profil de performances (ou profil de vol) est constitué d'une succession de segments, chacun constitué de consignes de poussée, de vitesse, d'altitude et d'accélération.

Les graphiques ci-dessous illustrent une partie d'un profil de descente de 4000 ft jusqu'au seuil de piste montrant l'évolution de l'altitude, de la vitesse vraie et de la poussée en fonction d'une distance parcourue.

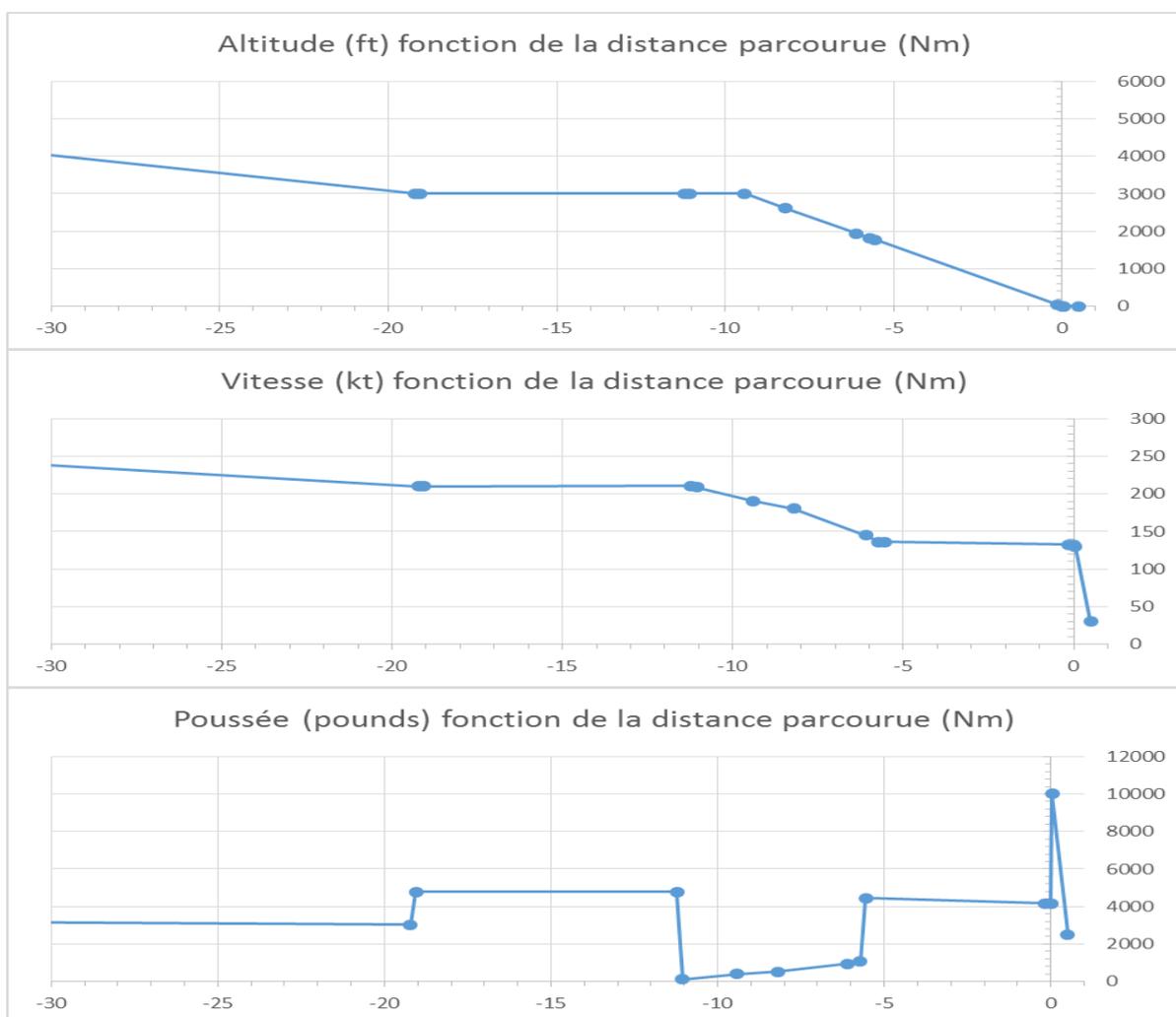


Figure 23 : Exemple de profils d'altitude, de vitesse et de poussée pour un A320 en approche

Ces trois profils sont liés entre eux par la performance de l'avion. Ils sont caractérisés par une suite de segments présentant des paramètres spécifiques :

- Altitude de départ,
- Altitude d'arrivée,
- Vitesse vraie initiale,
- Vitesse vraie finale,
- Vitesse verticale,
- Distance à parcourir,
- Angle de montée ou de descente,
- Type de poussée,
- Répartition d'énergie entre accélération horizontale et vitesse verticale.

Création d'un profil de performance

Lorsque les contraintes opérationnelles d'altitude et de vitesse d'une procédure ne permettent pas d'utiliser un profil de vol standard recommandé par le STAC, un profil adapté est créé. La création d'un profil se fait par l'analyse des contraintes opérationnelles d'altitude et de vitesse publiées à respecter sur le départ ou l'arrivée. Elle peut également s'appuyer sur des enregistrements radar ou des données compagnies.

La création d'un profil de performance nécessite de fixer plusieurs paramètres qui vont avoir des conséquences sur la forme du profil. Ces paramètres sont listés ci-dessous.

➤ **La masse de l'avion**

La masse de l'avion dépend de plusieurs paramètres difficilement maîtrisables: nombre de passagers, quantité de fret, distance à franchir, météorologie, stratégie de la compagnie. C'est pourquoi des hypothèses simples seront faites sur la masse de l'avion.

Sauf exception, les méthodes suivantes sont retenues :

- Pour une étude de départ, la masse avion au décollage sera choisie en fonction des contraintes de la procédure. La procédure peut par exemple ne pas être exploitable avec une masse maximale au décollage. Cette masse peut être affinée à partir de la ligne exploitée par l'avion retenu sur l'aérodrome considéré.
- Pour une étude d'arrivée, la masse avion à l'atterrissage sera égale à la masse maximale sans carburant plus une réserve de carburant (correspondant approximativement à une heure de vol à 1500 ft au-dessus de l'aérodrome).

Les données de masse nécessaires proviennent des certificats de type des aéronefs disponibles sur le site internet de l'EASA et des modèles de vol BADA.

Note : dans le cas d'une comparaison de procédure, la masse avion entre les procédures sera identique soit au décollage ou soit à l'atterrissage.

➤ **Conditions atmosphériques**

Si aucune particularité n'est précisée, des conditions atmosphériques standards ISA ($\Delta ISA=0$, un QNH égal à 1013.25 hPa) et un vent nul sont considérées. Les valeurs calculées de pression, de température, de densité de l'air, de vitesses vraies et de nombre de Mach le long des trajectoires dépendent de ces hypothèses météorologiques.

➤ **Configuration des trainées (volets, becs et trains d'atterrissage)**

La configuration des trainées sur un segment est choisie afin de garantir le respect des limitations d'enveloppe opérationnelle. La configuration des trainées adéquate sur un segment de vol est déterminée à partir des bases de données BADA et des profils de vitesse et d'altitude.

➤ **Consigne de poussée moteur**

La consigne de poussée moteur correspond à une position de manette des gaz. Elle est choisie en fonction du type de segment. Elle est utilisée pour les segments de départ et d'approche pour les phases de décollage, de montée, de descente et d'accélération.

➤ **Accélération**

Sur un segment comprenant une accélération, la valeur de l'accélération n'est pas un paramètre direct. Aucune hypothèse n'est faite sur ce paramètre. L'accélération est calculée à partir d'une répartition d'énergie entre accélération et vitesse verticale et de la consigne de poussée moteur affichée.

Principaux outils utilisés dans l'élaboration des trajectoires

ELVIRA

Elvira est un outil développé par la DGAC (DTI) qui permet de sélectionner les flux de trajectoires objet de l'étude par utilisation de différents filtres (spatial, temporel, QFU, type avion, destination/provenance, etc.)

Il permet également de constituer un fichier d'export des trajectoires sélectionnées dans un format texte tabulé avec les coordonnées Lat/Long WGS 84 (.geo). Ce fichier est utilisé par la suite, par exemple, lors du calcul des indicateurs ou de la visualisation des trajectoires sur fond de carte.

Track-Express

Track-Express est un outil développé par la DGAC (ME) qui permet d'effectuer différentes opérations sur les trajectoires importées depuis un fichier geo créé sous Elvira (calcul de trajectoire moyenne, déformation de flux, etc.).

Mostra-INM

Mostra-INM est un outil développé par la DGAC (ME) qui permet de construire des trajectoires nominales à partir de la définition d'une procédure aéronautique publiée et d'en générer un export sous un format utilisable par Elvira et Track-Express.

Les bases de données et les modèles de performance BADA

La base de données avions **BADA 3** créée par Eurocontrol dans les années 2000 est encore aujourd'hui une référence dans le domaine de la modélisation et simulation des performances avions. Cette base de données couvre près de 100% de la flotte opérant dans la zone CEAC et propose, en plus des coefficients destinés au calcul de performances et de trajectoires, des informations sur l'exploitation des machines permettant de formuler facilement des hypothèses nécessaires au calcul de consommation.

De plus, BADA 3 est approuvée par le CAEP OACI pour le calcul des performances avions.

BADA 4 est une amélioration de la base de données BADA 3. Elle présente des coefficients plus précis que ceux de la base BADA 3 pour modéliser les performances des avions et simuler des trajectoires. En revanche, elle ne couvre aujourd'hui que 70% de la flotte opérant dans la zone CEAC.

AEDT 2b

AEDT 2b (Aviation Environmental Design Tool) est un logiciel développé et utilisé par la FAA pour modéliser des trajectoires et évaluer l'impact en termes de bruit, de consommation et d'émission gazeuse.

Les principaux standards et modèles de performance avion intégrés pour le calcul de trajectoire et consommation sont:

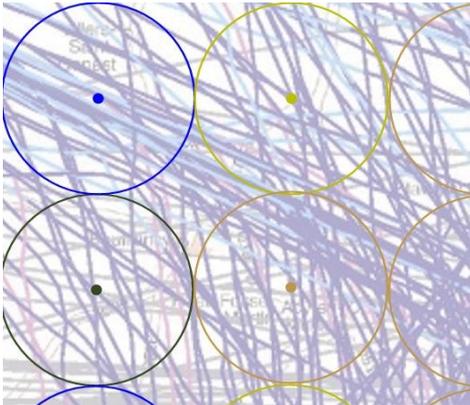
- SAE-AIR-1845,
- BADA 3,

AEDT est un outil approuvé par le CAEP OACI pour le calcul de la consommation et des émissions gazeuses des aéronefs.

Annexe 7 : Indicateur d'impact visuel

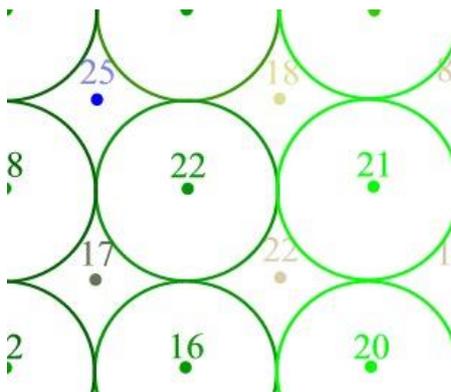
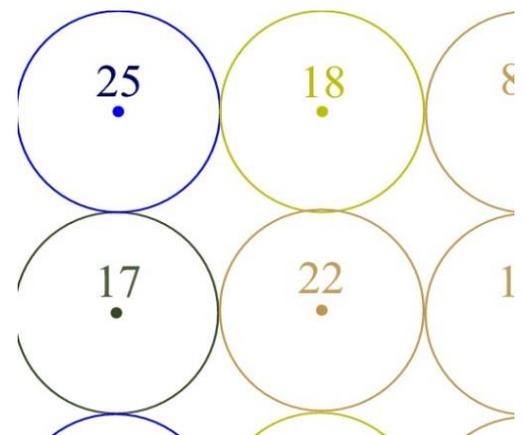
Définition

L'indicateur visuel retenu dans les EICA est la densité de survols. Son principe de calcul est le suivant :



Opération 1 : Constitution d'un maillage de points autour de l'aéroport et construction de cercles de 1000 mètres de diamètre autour de chacun des points

Opération 2 : Comptage du nombre de vols dans la tranche d'altitude choisie.



Opération 3 : L'opération 2) est répétée en décalant les grilles de calcul afin de lisser les courbes de densité. Ce redécoupage permet d'obtenir en lissage (cf. page suivante) le plus élevé, un pas maximum de 250 m entre les centres de cercle de comptage de 1 km de diamètre.

Opération 4 : Élaboration des contours pour les points présentant le même nombre de survols.

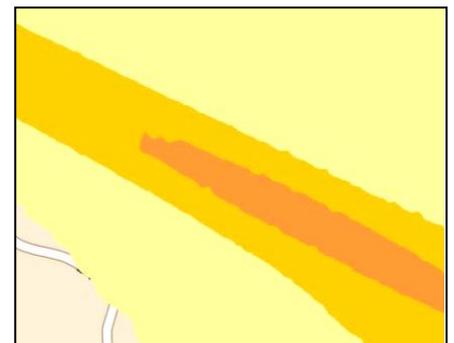


Figure 24 : Principe de calcul de la densité de survols

Effet du lissage

Cinq niveaux de lissage sont disponibles. Le lissage 1 permet d'avoir un aperçu rapide de la densité autour d'un aéroport. Le lissage 5 est celui qui est retenu pour le calcul des courbes définitives. Il aboutit à un quadrillage d'un pas de 250 m. La figure suivante présente sur un exemple l'évolution de la grille de calcul après chacun des différents niveaux de lissage.

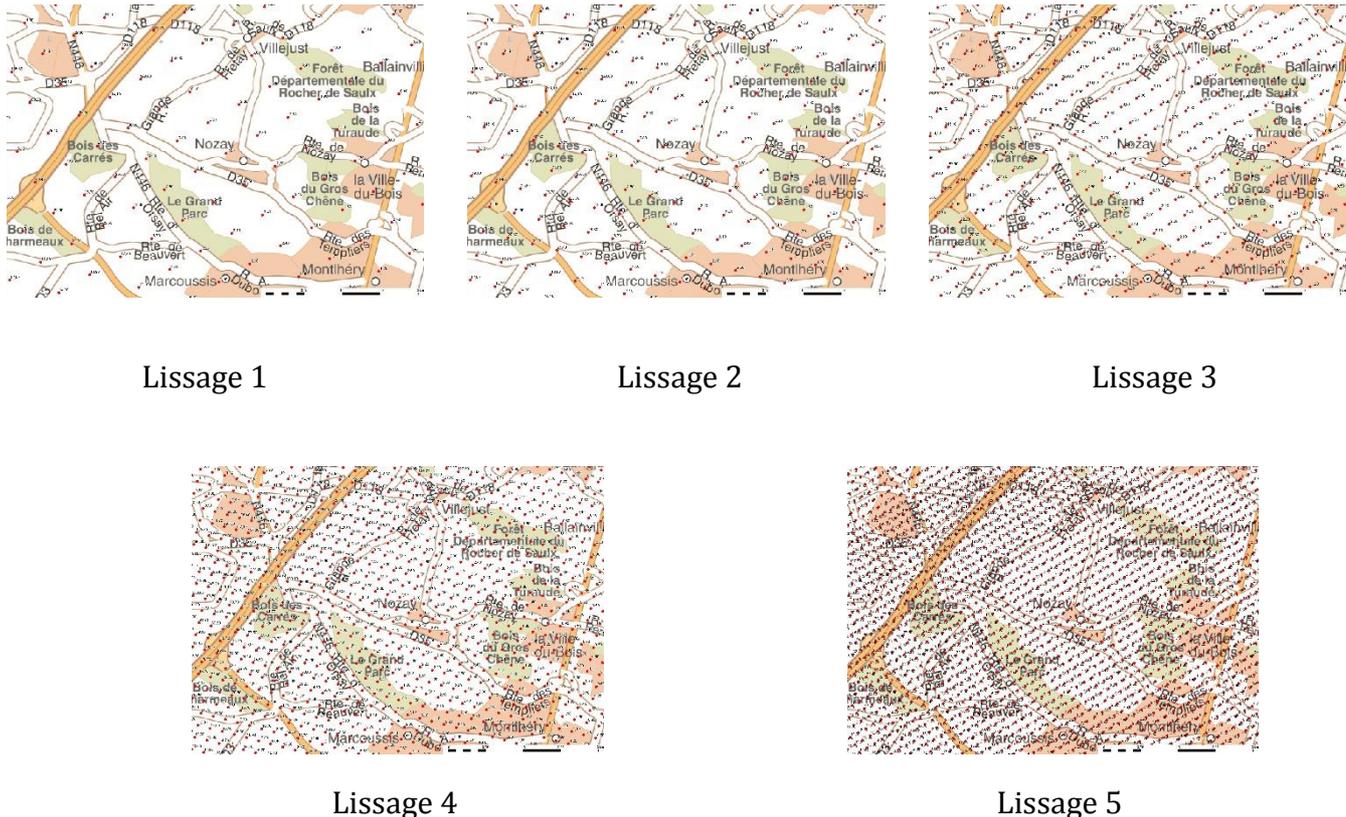


Figure 25 : Effet du lissage dans le calcul de densité de survols

Outil de calcul de l'indicateur d'impact visuel

Le calcul de la densité de survols est effectué à l'aide de l'outil OCDS développé par la DGAC (ME).



Avertissement :

- Les courbes de densité peuvent présenter des discontinuités liées essentiellement à la dispersion des flux ou au croisement de deux flux (cf. Figure 26),
- Les courbes de densité de survols dans les EICA sont calculées en prenant en compte les trajectoires jusqu'à une hauteur de 6500 ft au-dessus de l'altitude du point de référence de la plateforme (ARP).

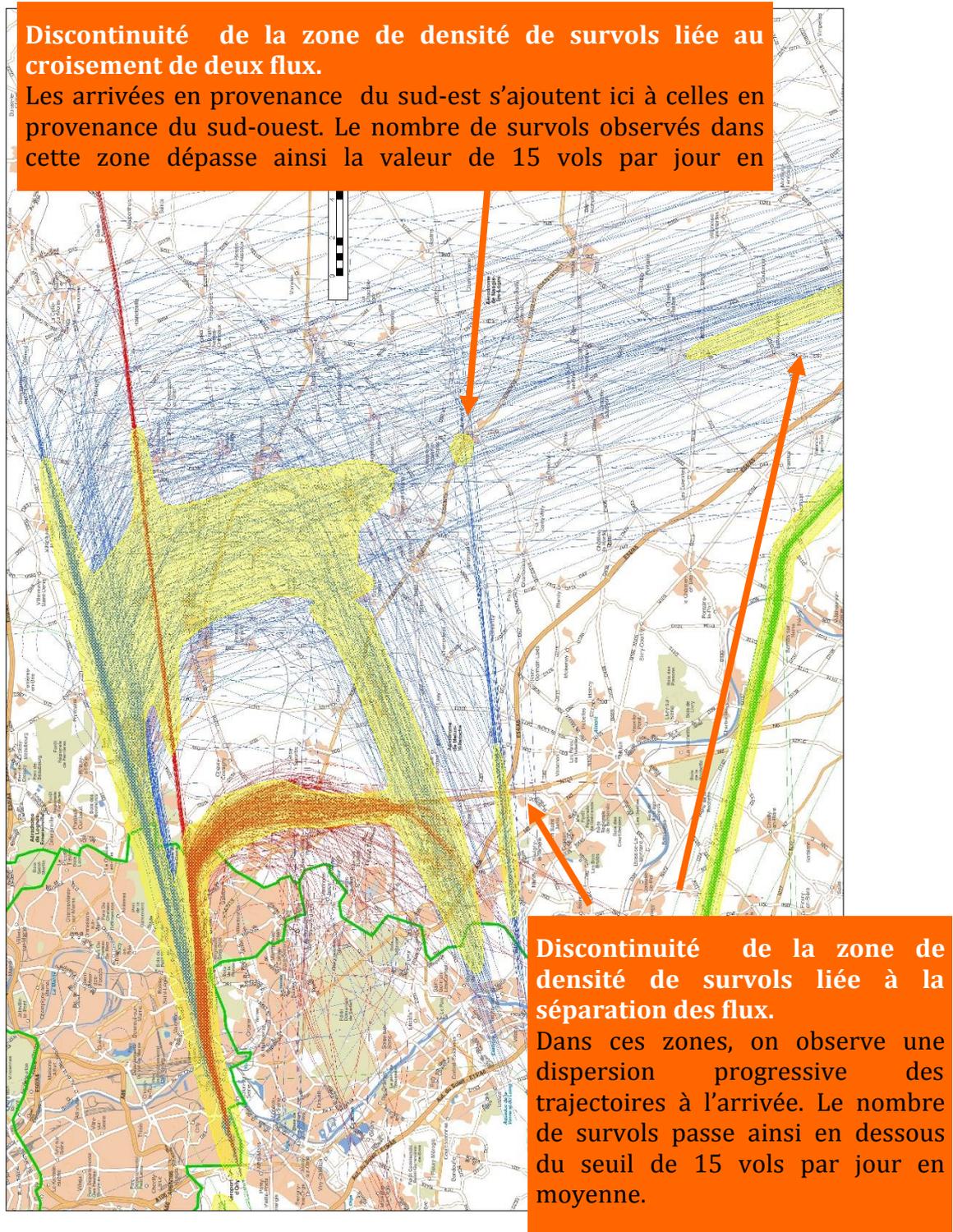


Figure 26 : Exemple de trajectoires de deux journées de trafic et de densité de survols (de plus de 15 survols/jour) sous 3000 mètres d'altitude à Paris-Orly

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 8 : Indicateurs d'impact sonore

Modélisation acoustique

Un modèle de bruit calcule, à partir de données entrantes définissant l'aéroport et le trafic aérien, des niveaux de bruit en des points d'une grille de calcul. À partir de cette grille sont ensuite tracées des courbes iso-phones.

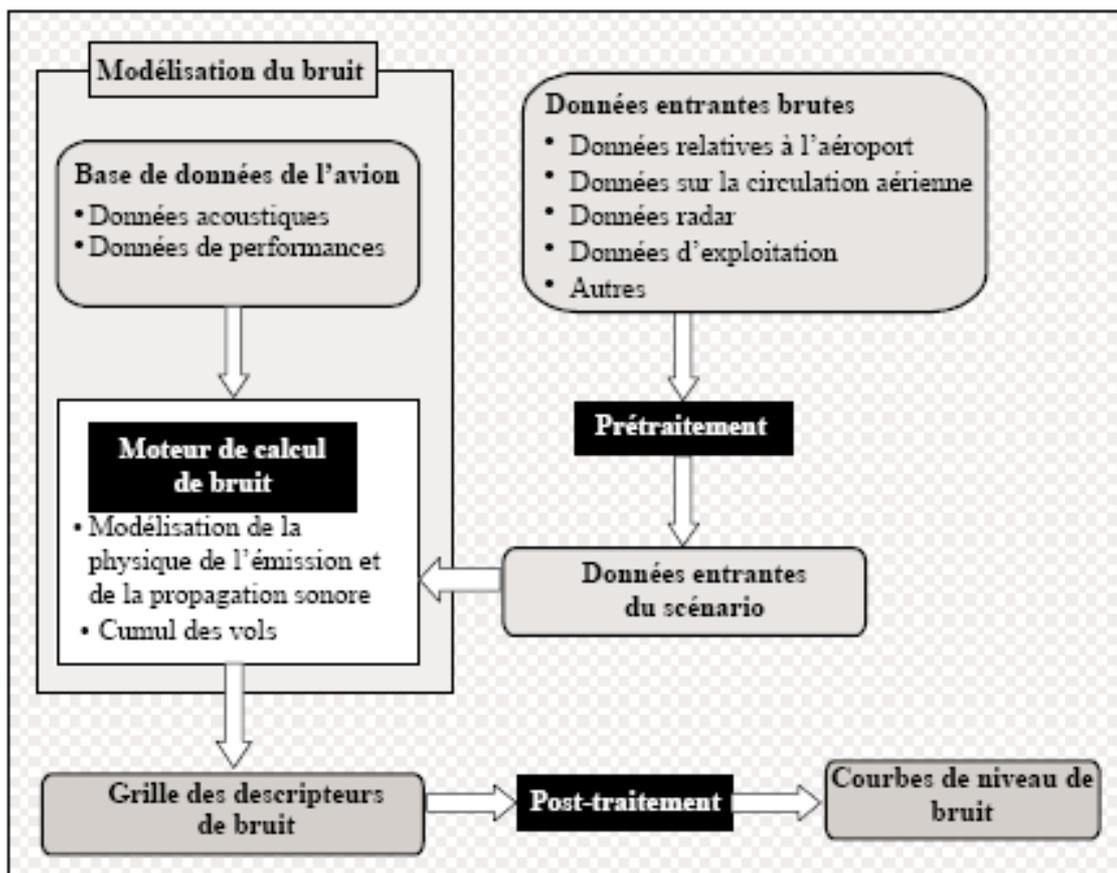


Figure 27 : Système de modélisation du bruit d'avion (CEAC doc 29, vol. 1)

Outil de calcul des indicateurs d'impact sonore

Le modèle de bruit utilisé par la DGAC depuis 2002 est le modèle INM (Integrated Noise Model) développé par l'administration américaine de l'aviation civile (Federal Aviation Administration).

INM est utilisé notamment pour établir les PEB, PGS, les cartes stratégiques de bruit (CSB) mais aussi des courbes sonores des EICA.

INM est conforme :

- à la directive européenne n° 2002/49/CE du 25/06/2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'aéronautique,
- ainsi qu'au Document 29 de la Conférence Européenne de l'Aviation Civile (CEAC), concernant le rapport sur la méthode normalisée de calcul des courbes de niveau de bruit autour des aéroports civils, 3ème édition, 2005,

Il permet notamment de:

- configurer graphiquement ou analytiquement la position des pistes aéroportuaires, de définir des trajectoires d'approche, de décollage et de survol et de positionner des localités susceptibles d'être gênées par le trafic,
- choisir un ensemble d'avions et un ensemble de trajectoires d'avions, représentatifs du trafic aérien local,
- affecter à chaque avion des caractéristiques sonores propres en fonction des phases de vol et des propriétés de l'avion (masse de l'avion, position des volets, poussée des moteurs, etc.),
- visualiser graphiquement les courbes de même niveau sonore,
- récupérer pour chaque localité les niveaux sonores.

INM est constitué d'un moteur de calcul de bruit et de deux bases de données : une base de données aéronaves qui comportent des données acoustiques et une base de données de performances aéronautiques propres à chaque avion.

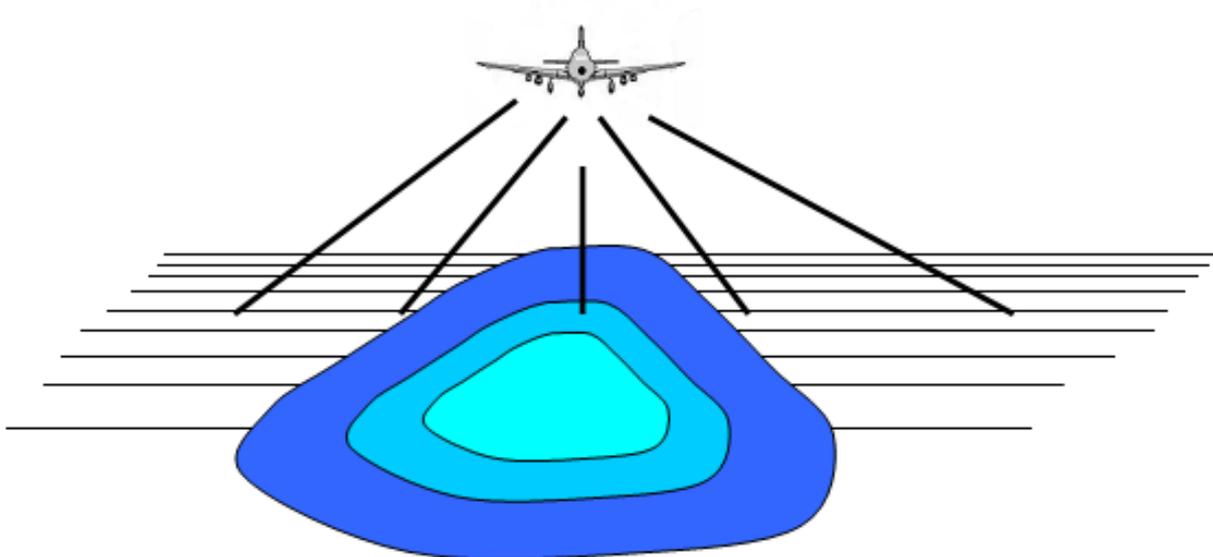


Figure 28 : le bruit est calculé en chacun des points de maillage au sol de part et d'autre de la trajectoire.

Bases de données aéronefs

Les bases de données INM (acoustique et performances) sont compatibles avec la base de données européenne ANP (Aircraft Noise and Performance Database, www.aircraftnoisemodel.org). Cette dernière est recommandée dans les textes français de transposition de la directive européenne sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement (art. 2 arrêté du 04/04/06).

Elles comportent des données validées par les avionneurs :

- Acoustiques : des courbes d'atténuation du bruit en fonction de la distance de propagation et du régime moteur (Noise Power Distance) pour chaque configuration de vol (atterrissage et décollage) et dans différentes métriques acoustiques (L_{Amax} , SEL, EPNL...); des classes spectrales qui permettent de modifier les NPD en fonction des paramètres météorologiques.
- Performances : des coefficients aérodynamiques et de propulsion/traction des moteurs qui permettent de calculer les profils de vol (altitude, vitesse et poussée moteur) utilisés par le moteur de calcul.

Moteur de calcul :

INM est un modèle dit intégré ou par segmentation : il cumule les contributions des segments discrets de la trajectoire de vol.

Les principaux effets acoustiques sont pris en compte :

- l'atténuation en fonction de la distance (géométrique et atmosphérique),
- l'atténuation latérale (interférence entre l'onde directe et l'onde réfléchiée par le sol),
- l'installation des moteurs (directivité latérale).

D'autres effets comme la directivité en virage ou la prise en compte d'obstacle par le relief peuvent être modélisés.

→ En savoir plus :

INM 7.0 Technical Manual , janvier 2008

→ Référence :

Directive n°2002/49/CE du 25/06/02 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement Arrêté du 04/04/06, art. 2

Deux modes d'utilisation d'INM

Il est distingué deux modes d'utilisation d'INM en fonction du type d'étude à réaliser :

- en version standard: INM est utilisé selon les mêmes recommandations suivies par les autres services de la DGAC notamment en charge des PEB, PGS, EGS ou CSB,
- en version utilisateur: INM est utilisé avec une base de données de bruit mesurée par le laboratoire de la mission Environnement. Pour répondre à ses besoins spécifiques (notamment à l'approche, loin du seuil de piste), la mission Environnement a recours à cette version utilisateur d'INM, la version standard actuelle n'étant pas adaptée. Avec la version utilisateur, l'altitude radar est prise en compte : l'impact d'un relèvement de palier d'interception est ainsi mieux modélisé.

Version standard

Quelques préconisations d'utilisation sont présentées dans cette partie.

➤ **Topographie :**

L'impact du relief par son incidence sur la distance de propagation entre la trajectoire de vol et le point de réception sonore est pris en compte par l'utilisation d'un modèle numérique de terrain (MNT). Le MNT utilisé par la mission Environnement provient d'une campagne de relevés topographique par satellite de la NASA (données SRTM : Shuttle Radar Topography Mission). Elles sont accessibles gratuitement sur Internet. La précision de ce MNT est de 3 secondes d'arc (soit à peu près 90 m) et de 16 mètres en altitude.

Un module de mise au format INM (3CD/3TX) de ces données a été développé par la mission Environnement.

Lors de chaque étude de modélisation, une zone de ce MNT définie par l'utilisateur autour de l'aéroport est exploitée en enregistrant les données au format INM.

➤ **Conditions météorologiques :**

En utilisation standard d'INM, les conditions atmosphériques ISA (International Standard Atmosphere) sont retenues (sauf situation particulière) :

- T = 15 °C,
- P = 1013 hPa,
- H = 70%,
- Vent de face = 8 kts.

➤ **Choix des avions et profils de vol :**

Les recommandations élaborées quant au choix de l'avion et du couple profil/masse par le STAC sont respectées par la mission Environnement. Une liste régulièrement mise à jour par le STAC est accessible par l'ensemble des modélisateurs INM de la DGAC.

À l'atterrissage, un seul profil de vol est généralement accessible. La mission Environnement évite la plupart du temps de modifier les profils de vol. Aussi, lorsqu'une étude d'impact de modification de la hauteur de palier d'interception ILS ou une analyse d'un profil d'approche en descente continue est demandée, la version utilisateur d'INM décrite dans le paragraphe suivant sera préférée.

➤ **Indice de bruit :**

INM propose en standard un ensemble d'indices de bruit (Menu Setup/Noise Metrics). Suivant les besoins de l'étude à réaliser, il est parfois nécessaire d'en rajouter ; c'est le cas du L_{den} ou le $L_{Aeq,T}$ nuit (L_n). Les paramètres de définition de ces derniers sont rappelés dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Exemple de définition d'indice de bruit dans INM

Indice	L_{den}	L_n
Pondération fréquentielle	Pondération A	Pondération A
Type	Exposition	Exposition
Coefficient jour	1	0
Coefficient soirée	3.16 (=10 ^{5/10})	0
Coefficient nuit	10 (=10 ^{10/10})	1
Constante de temps (10log[T])	49.37 (= 10 log [24*3600])	44.59 (= 10 log [8*3600])

Version utilisateur

Lorsque le besoin de prendre en compte l'évolution de l'altitude d'une trajectoire réelle (ou simulée), comme dans le cas de l'analyse d'une procédure d'approche en descente continue, la mission Environnement utilise une version adaptée d'INM.

Les profils de vol proposés par INM ne sont pas utilisés (l'altitude réelle ou simulée de la trajectoire est utilisée). Les niveaux de bruit calculés, dans ce cas sont uniquement disponibles en L_{Amax} . Les paramètres poussée/moteur/vitesse n'interviennent pas dans les calculs de bruit dans ce cas.

La base de données avion/bruit est remplacée par une base utilisateur simplifiée. Les niveaux de bruit L_{Amax} au décollage et à l'approche, pour une famille type d'avions, sont données en fonction de la distance de propagation. Cette base a été élaborée en exploitant des résultats de mesurages sonores réalisés par le laboratoire de la mission Environnement. Un exemple d'exploitation des résultats mesurés à l'approche dans le cas de la famille A320 est illustré en Figure 29.

Niveau sonore à l'arrivée famille A320s

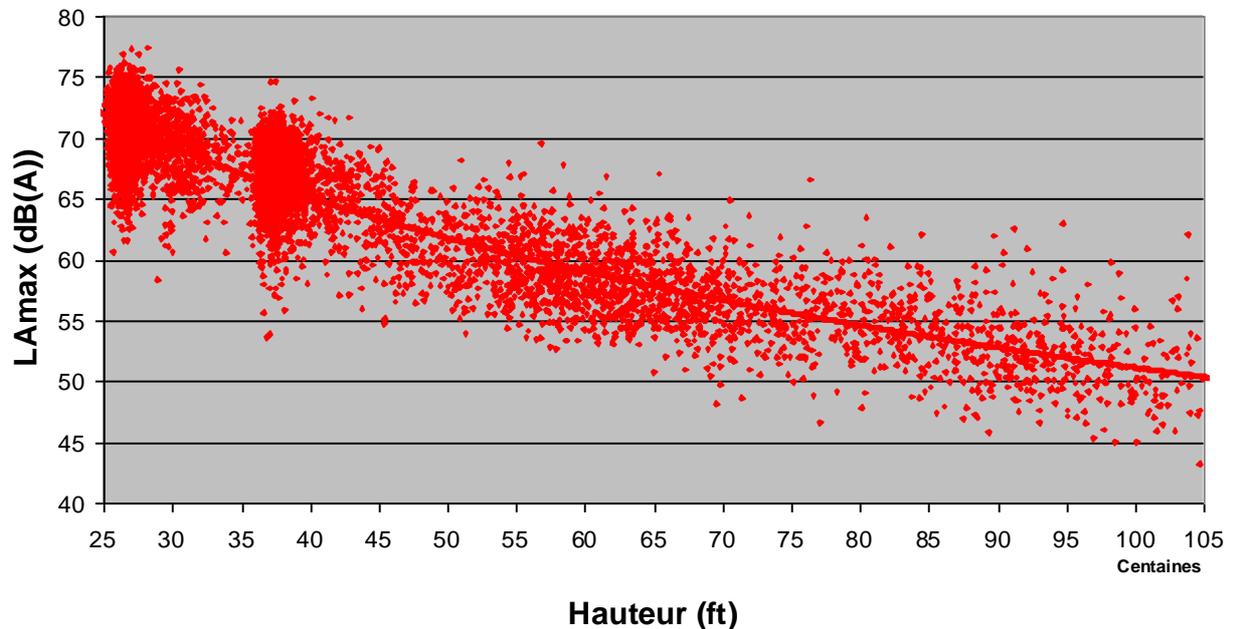


Figure 29 : Bruit mesuré à l'arrivée des avions de la famille A320

➤ **Topographie :**

Les prescriptions en version standard sont également appliquées ici.

➤ **Conditions météorologiques :**

Les données de profil et de bruit sont des données réelles (base de bruit et profil radar), donc les paramétrages des conditions météorologiques proposés dans INM n'ont pas d'influence dans la version utilisateur.

➤ **Choix des avions et profils de vol :**

Les avions sont regroupés en quatorze familles type décrites dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Définition des familles d'avion pour INM version utilisateur

Famille	Avions
S_A300	A306, A30B, A310
S_A320	A318, A319, A320, A321
S_A330	A332, A333
S_A340	A342, A343, A345, A346
S_A380	A388
S_B737	B733, B734, B735, B736, B737, B738
S_B747	B743, B744
S_B757	B752, B753, B762, B763, B764
S_B777	B772, B773
S_BA46	B461, B462, B463, RJ1H, RJ70, RJ85
S_CRJ1	CRJ1, CRJ2, E135, E145
S_CRJ7	CRJ7, CRJ9, E170, E190, F70, F100
S_MD11	MD11
S_TURB	AT42, AT43, AT72, B190, SB20, E120, ATP, D328, DH8, F27, F50

Les profils de vol de la version standard d'INM ne sont pas utilisés. Les données X, Y, Z des trajectoires (réelles ou simulées) sont exploitées dans le modèle.

➤ **Indice de bruit :**

Seul l'indice L_{Amax} est disponible. La limite d'étude à $L_{Amax} \geq 62$ dB(A) est toujours appliquée.

Indicateurs d'impact sonore retenus

Il existe de multiples échelles de bruit et indicateurs associés utilisés selon le type de source sonore observé. Pour le bruit aéronautique des avions en exploitation, c'est l'échelle de bruit dB(A), la plus commune en environnement, qui est employée par la DGAC.

Cette échelle traduit la sensibilité de l'oreille humaine aux diverses fréquences sonores du domaine audible.

Conformément aux recommandations de l'ACNUSA, les indicateurs principaux utilisés dans les études et campagnes de mesure de bruit menées par la DSNA sont :

- pour caractériser l'impact d'un survol : L_{Amax} ,
- pour caractériser l'impact d'un trafic aéronautique : NA, L_{den} , $L_{Aeq,T}$

L'ensemble de ces trois indicateurs n'est pas systématiquement utilisé dans chaque EICA.

L_{Amax}

Le L_{Amax} est le niveau de bruit maximal pondéré A atteint durant la durée d'un survol d'avion (cf. Figure 30).

Cet indicateur est couramment utilisé dans la vie courante et bien compris par les riverains des aéroports.

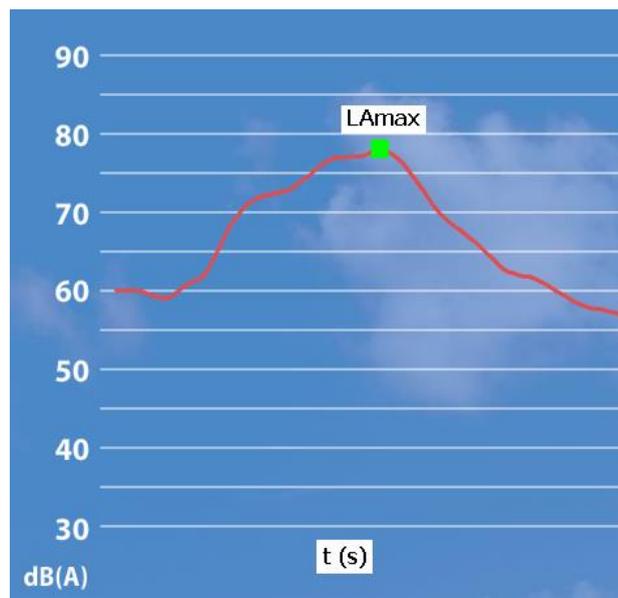


Figure 30 : Indicateur L_{Amax}

La comparaison de deux empreintes sonores L_{Amax} 65 dB(A) de flux d'arrivées (classiques et PRNAV) sur l'aéroport de Charles-De-Gaulle est visualisée en Figure 31. Ces deux flux ne sont constitués que de quelques survols.

Chacun des contours indique, pour un flux donné, l'ensemble des lieux où le niveau de bruit aéronautique instantané maximum pondéré A (L_{Amax}) a atteint au moins 65 dB(A).



Recommandation :

- Une valeur de L_{Amax} 65 dB(A), correspondant à un niveau couvrant une conversation, est généralement utilisée,
- La précision du modèle conduit à ne pas effectuer de calcul en dessous d'une valeur de L_{Amax} égale à 62 dB(A).

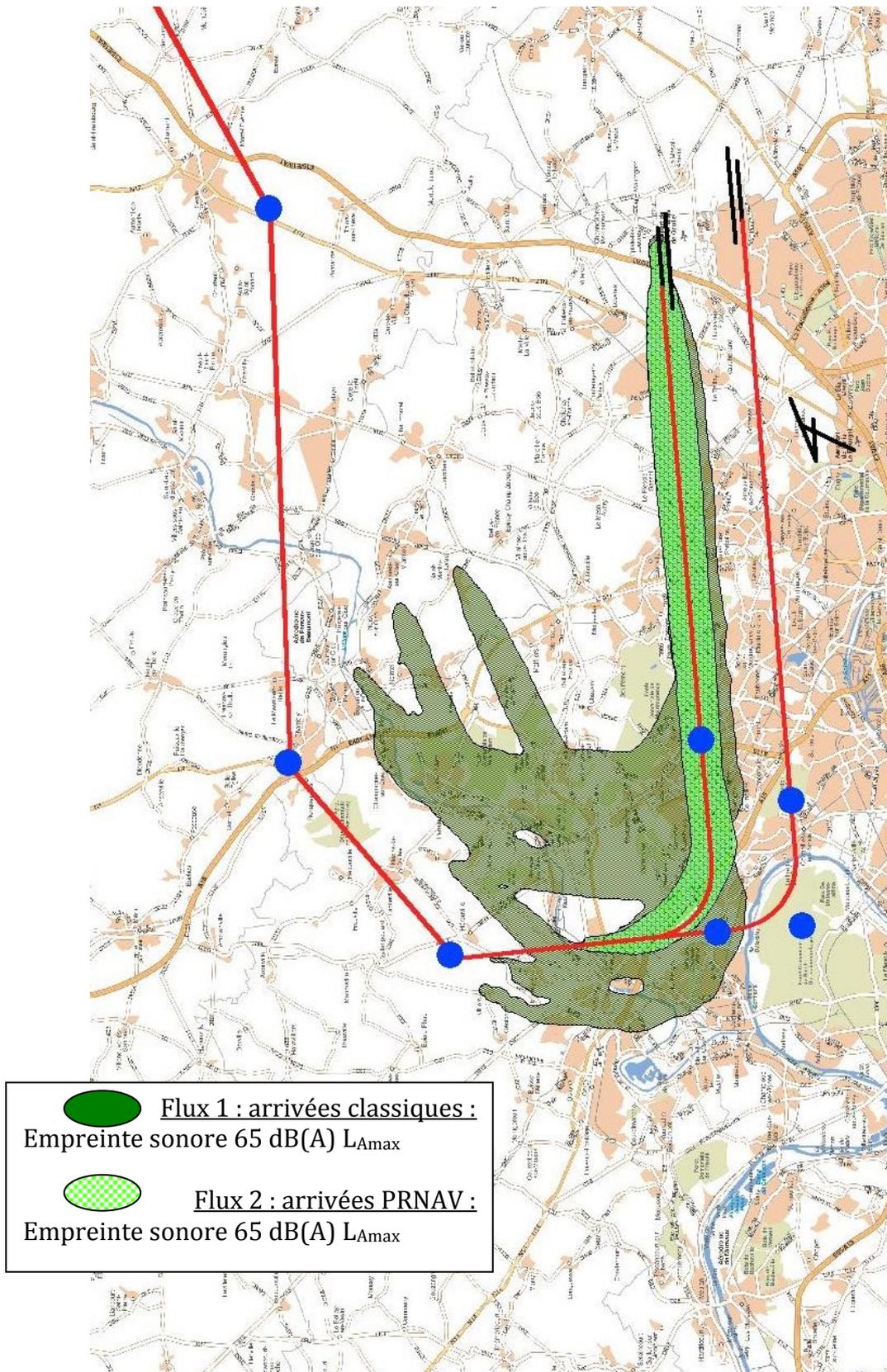
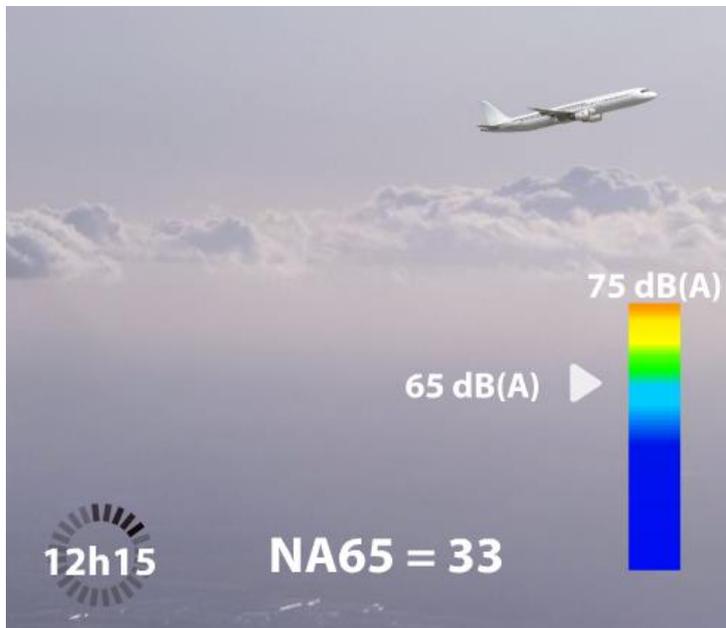


Figure 31 : Empreintes sonores L_{Amax} 65 dB(A) d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle

NA



Le NA (Number of events Above) comptabilise en un site et une période donnés le nombre d'événements sonores avion ayant dépassé un seuil de bruit, exprimé en L_{Amax} .

Il permet d'associer la fréquence des évènements sonores sur une période donnée et le niveau instantané maximum pondéré A (L_{Amax}) propre à chacun.

Contrairement à d'autres sources, comme le bruit routier ou le bruit industriel, le bruit d'avion se distingue par la présence d'une succession de courtes périodes bruyantes émergentes et par là même génératrices de gêne.

Figure 32 : Indicateur NA65

Cet indicateur de type événementiel apporte un point de vue complémentaire d'une approche plus classique basée sur la sommation énergétique de bruit, pondéré (L_{den}) ou pas ($L_{Aeq,T}$). Un exemple de résultat est illustré en Figure 33.

Le calcul du NA s'effectue en trois étapes :

- Étape 1 : la modélisation du bruit par INM : constitution d'une grille détaillée de niveaux L_{Amax} en chaque nœud de maillage pour chacun des survols d'aéronef,
- Étape 2 : le calcul du nombre d'événements supérieurs à un seuil par un logiciel développé par la Mission Environnement (N-INM),
- Étape 3 : le tracé des courbes NA par le logiciel traceur de courbe utilisé par INM (NMPLLOT).



Recommandation :

- Le seuil de 65 dB(A) est préconisé (à titre informatif, des courbes à NA62 et NA68 pourront être calculées),
- La précision du modèle conduit à ne pas effectuer de calcul en dessous d'une valeur NA62,
- Le nombre d'événements supérieurs à 65 dB(A) de 25 est préconisé. Une valeur inférieure pourra être retenue dans le cas de l'étude d'un faible trafic.

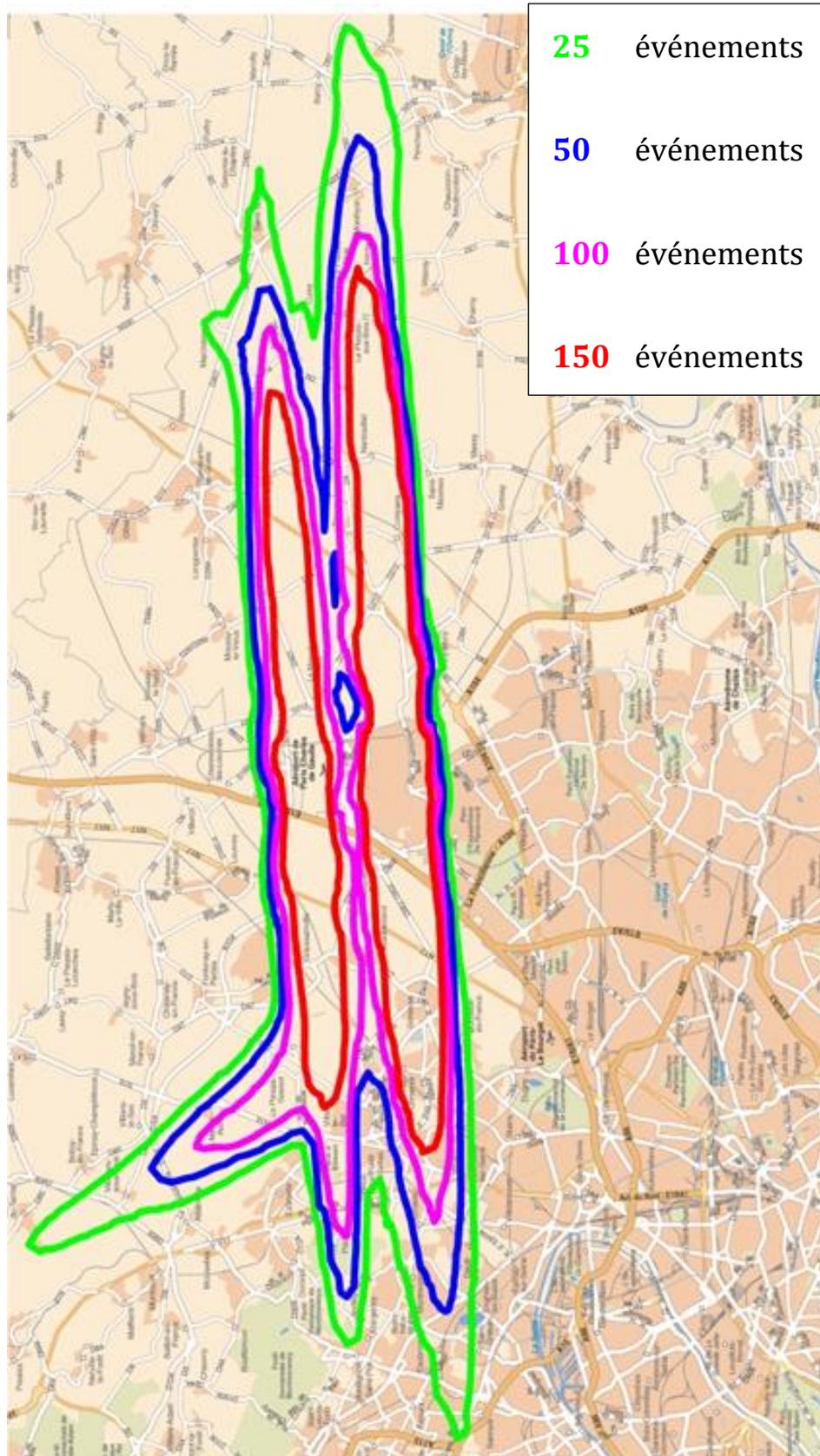
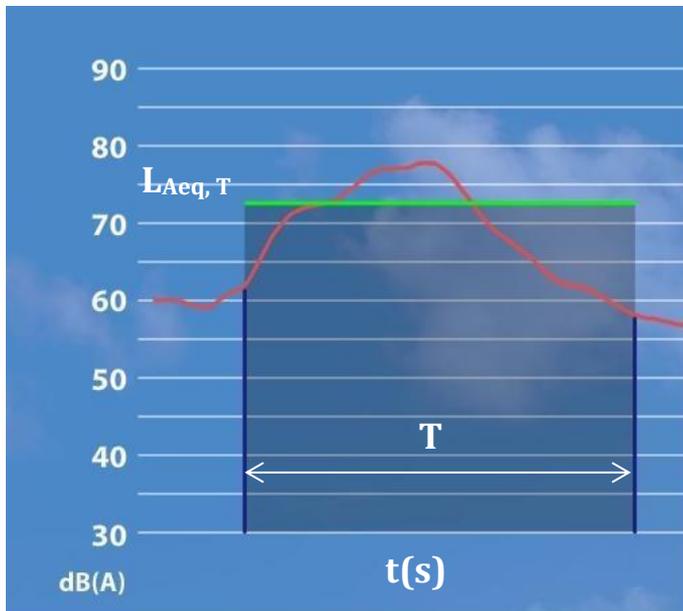


Figure 33 : Exemple d'empreintes NA65 sur Paris - Charles-De-Gaulle

$L_{Aeq,T}$



Le $L_{Aeq,T}$ est le niveau sonore aéronautique moyen pondéré A calculé sur une durée T (cf. Figure 34).

Ce descripteur est rarement utilisé pour décrire l'impact d'un seul survol d'un aéronef. Par contre, il l'est pour décrire l'impact d'un trafic aéronautique.

La durée T est alors égale à la journée (24 heures) ou, selon le type d'étude, à une période particulière (de nuit par exemple, cf. Figure 35)

Figure 34 : Indicateur $L_{Aeq,T}$



Recommandation :

- Le seuil minimal qui sera retenu pour une étude avec le $L_{Aeq,T}$ (en particulier pour les études sur la période nocturne) devra être en cohérence avec la recommandation sur le L_{Amax} (≥ 62 dB(A)),
- Dans la littérature (WHO, 1999), il est mentionné une valeur maximale L_{Amax} de 45 dB(A) à l'intérieur durant la nuit. Soit, considérant la recommandation de seuil minimal $L_{Amax} = 62$ dB(A) à l'extérieur, cela reviendrait à considérer une isolation phonique de l'habitat, de faible qualité (17 dB(A)).

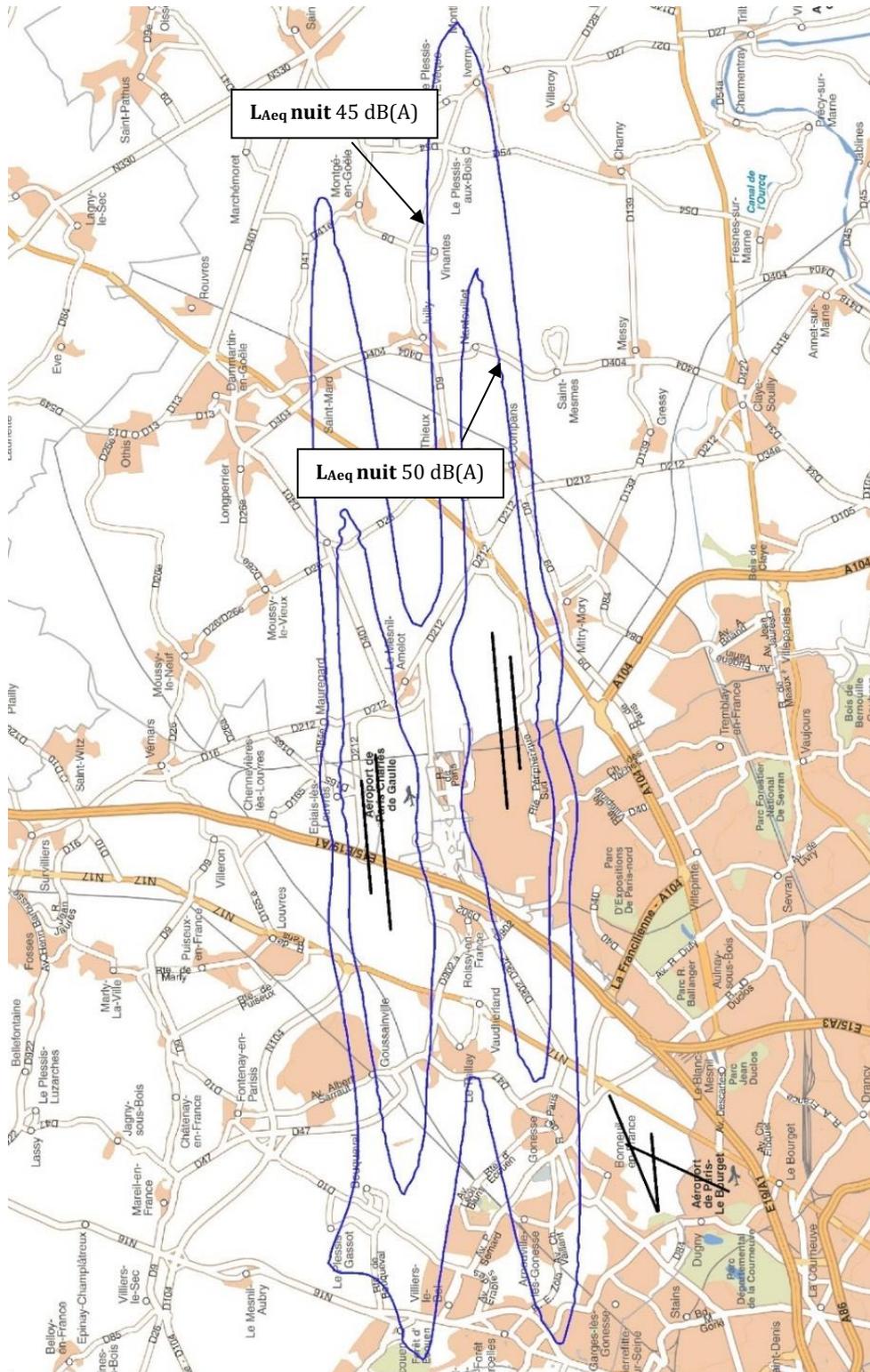


Figure 35 : Empreintes sonores L_{Aeq} nuit (plage horaire 22h00-06h00, appelé dans ce cas L_{night}) en ne considérant que l'impact du trafic nocturne

Lden

Le L_{den} (Level Day Evening Night) est l'indice utilisé pour cartographier les nuisances sonores dans le cadre de l'élaboration du plan d'exposition au bruit (maîtrise de l'urbanisme) et des plans de gêne sonore (aide à l'insonorisation des logements).

Préconisé au niveau européen pour tous les moyens de transport, il est construit sur une journée type, à partir de l'impact des émissions sonores de chaque passage d'avion, pondéré afin de tenir compte de la gêne accrue la nuit (de 22h à 6h) et aussi en soirée (de 18h à 22h).

Un exemple d'empreinte sonore L_{den} 50 dB(A) est visualisé en Figure 36.

Dans ce cas, il apparaît clairement que cet indicateur n'est pas le plus adapté pour décrire des modifications d'impact des émissions sonores attendues après changement de la procédure de départ. La courbe sonore de la procédure avant modification n'atteint pas la zone d'intérêt matérialisée par le cercle rouge.

D'autres indicateurs acoustiques ont été privilégiés dans ce cas (NA, L_{Amax})

Pondération du L_{den}

La pondération énergétique du L_{den} variable suivant l'apparition du survol au cours de la journée, implique une équivalence d'impact sonore, pour un même aéronef:

- 1 vol de nuit est équivalent à 10 vols de jour
- 1 vol de soirée est équivalent à un peu plus de 3 vols de jour.

La formulation du L_{den} est la suivante :

$$L_{den} = 10 * \log [(1/24) * [(12 * 10^{L_{jour}/10} + 4 * 10^{(L_{soirée} + 5)/10} + 8 * 10^{(L_{nuit} + 10)/10})]]$$

Avec L_{jour} , $L_{soirée}$ et L_{nuit} étant les niveaux $L_{Aeq,T}$ aéronautique calculés sur chacune des trois périodes considérées.

→ Référence :

Directive n°2002/49/CE du 25/06/02 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement



Recommandation :

- La valeur basse de L_{den} utilisée dans les PEB/PGS est prise comme valeur plancher (55 dB(A) pour la plupart voire 50 dB(A) dans certains cas)

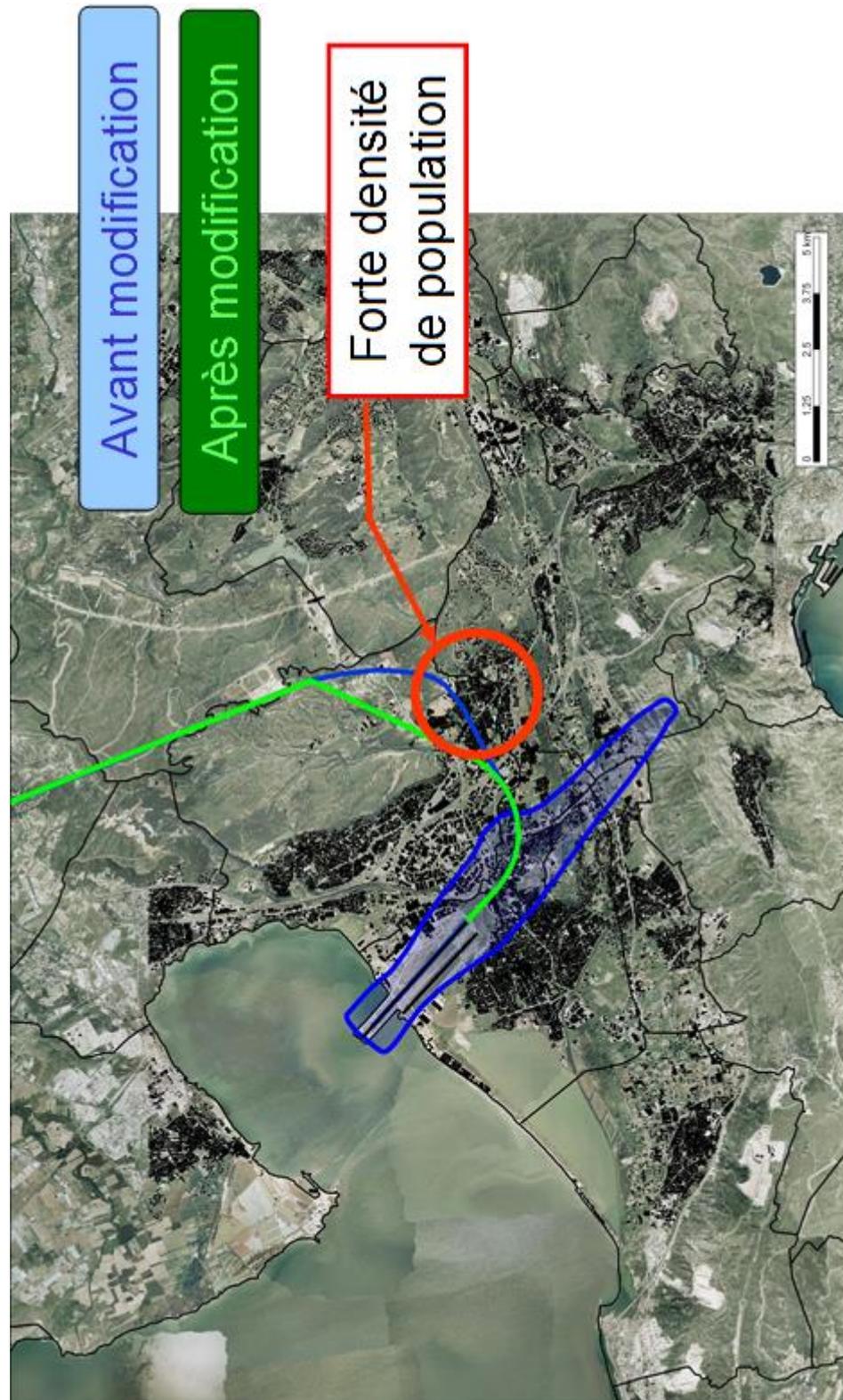


Figure 36 : Enveloppe $L_{den} 50 \text{ dB(A)}$ calculée pour des départs de Marseille Provence

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 9: Comptage de population

Le comptage de population permet de comparer le nombre de personnes impactées par les modifications sonores suite à la modification du dispositif de circulation aérienne.

Principe

Le comptage de population consiste à calculer le nombre de personnes situées à l'intérieur d'une empreinte sonore calculée en NA (ou L_{Amax} , L_{den} , $L_{Aeq,T}$).

Le comptage est effectué comme suit :

- Étape 1 : recherche de l'intersection entre la surface d'étude (courbe sonore) et les bâtis de chacune des communes concernées,
- Étape 2 : calcul par commune du cumul des habitants de chacun des bâtis impactés par la courbe sonore.

Cette méthode permet de bien prendre en compte la présence des irrégularités de densité de population.

Outils

Le nombre d'habitants d'une commune est issu de la base de données de population INSEE la plus récente à disposition.

La surface habitable développée (qui tient compte des étages) par commune est calculée à l'aide de la source de données BD Topo de l'IGN.

Les données bâtis sont enrichies d'un nombre d'habitants calculé en fonction du rapport de la surface habitable développée du bâti à la surface totale de la commune et du nombre total d'habitants de la commune.

Un Système d'Information Géographique (Geoconcept, QGIS, ...) est utilisé pour effectuer le croisement des différentes couches (courbe sonore, bâtis, limites de commune...) et en calculer un nombre de personnes impactées par commune.

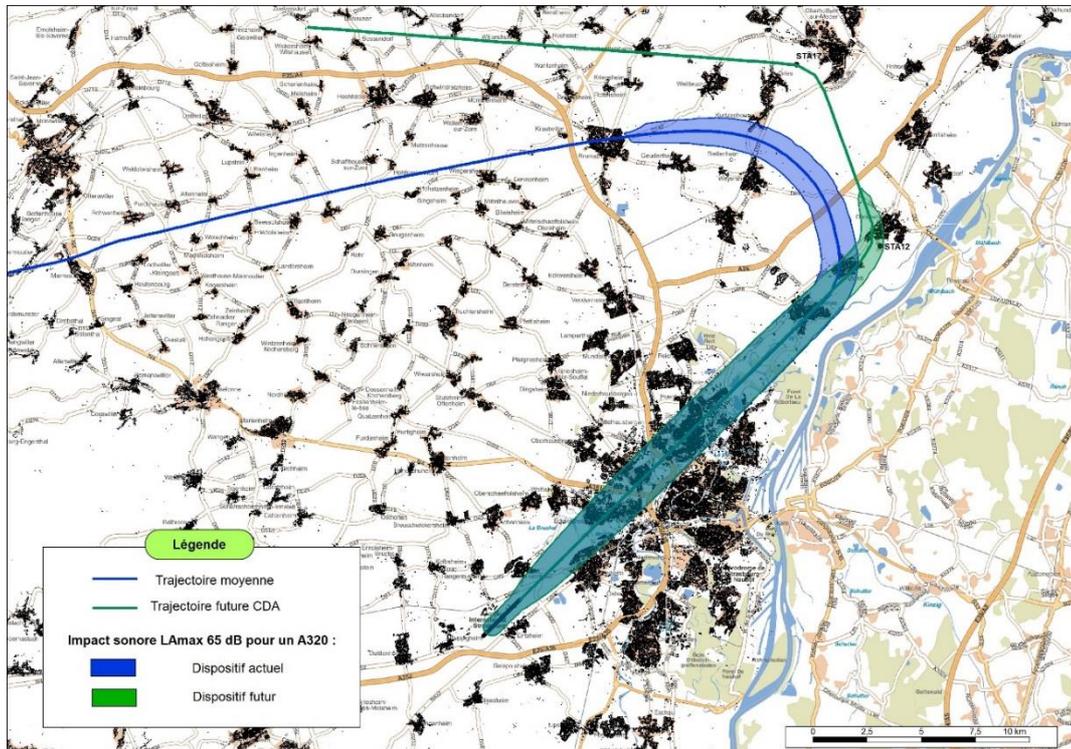


Figure 37 : Exemple d'intersection entre surfaces d'étude et zones habitées dans le cas d'une étude de niveau 2 (L_{Amax} 65 dB(A))

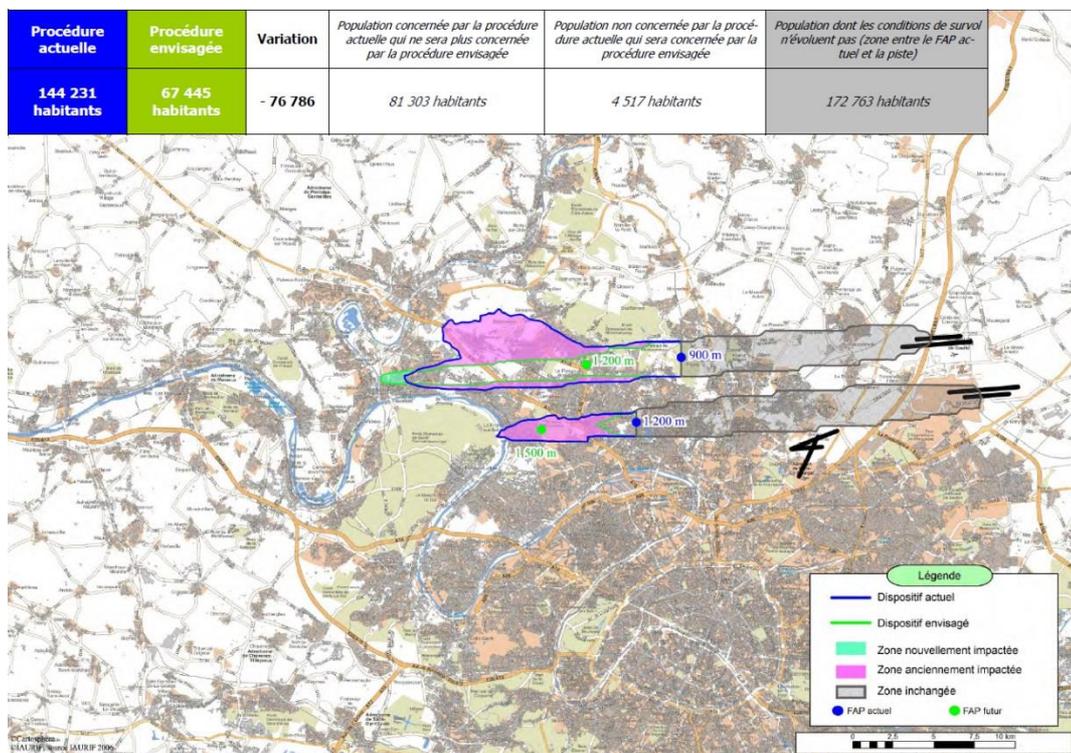


Figure 38 : Exemple d'intersection entre surfaces d'étude et zones habitées et résultat du comptage dans le cas d'une étude de niveau 3 (NA65:25 évènements)

Annexe 10 : Indicateurs de consommation de carburant et d'émissions gazeuses

Présentation des indicateurs

- L'indicateur de consommation de carburant permet de quantifier la quantité de carburant consommé par l'avion sur une trajectoire ou une portion de trajectoire.
- L'indicateur d'émission de CO₂ (dioxyde de carbone) permet de quantifier la quantité de gaz à effet de serres de type CO₂ émis par l'avion sur une trajectoire ou une portion de trajectoire.
- L'indicateur d'émission de NO_x (oxydes d'azote) permet de quantifier la quantité de gaz polluant de type NO_x émis par l'avion sur une trajectoire ou une portion de trajectoire. Le terme NO_x (les oxydes d'azote) regroupe les gaz polluants de type NO (monoxyde d'azote) et NO₂ (dioxyde d'azote).

Ces trois indicateurs sont liés entre eux par le calcul du débit instantané de carburant à chaque instant de vol le long d'une trajectoire.

En fonction de l'étude, ces indicateurs peuvent être fournis en valeur absolue de consommation et d'émission ou en différence de consommation entre deux situations.

Ces trois indicateurs sont exprimés en kg ou en tonne.

Périmètres d'étude

Périmètre spatial

Indicateurs de consommation de carburant et d'émission de CO₂

Les indicateurs de consommation de carburant et d'émission de CO₂ ont le même périmètre d'étude. Leur évaluation est basée sur l'étude du débit de carburant le long d'une trajectoire ou portion de trajectoire comprenant des points caractéristiques de début et de fin. Ces points sont choisis en fonction des variables suivantes:

- Coordonnées spatiales (Latitude et Longitude),
- Altitude de survol,
- Vitesse de survol.

Lors de l'évaluation d'une différence d'impact entre deux situations, il est important que les points de début et de fin des portions de trajectoire comparées présentent les mêmes caractéristiques.

L'exemple suivant montre le périmètre spatial d'une étude de comparaison de deux procédures (Figure 39 et Figure 40).

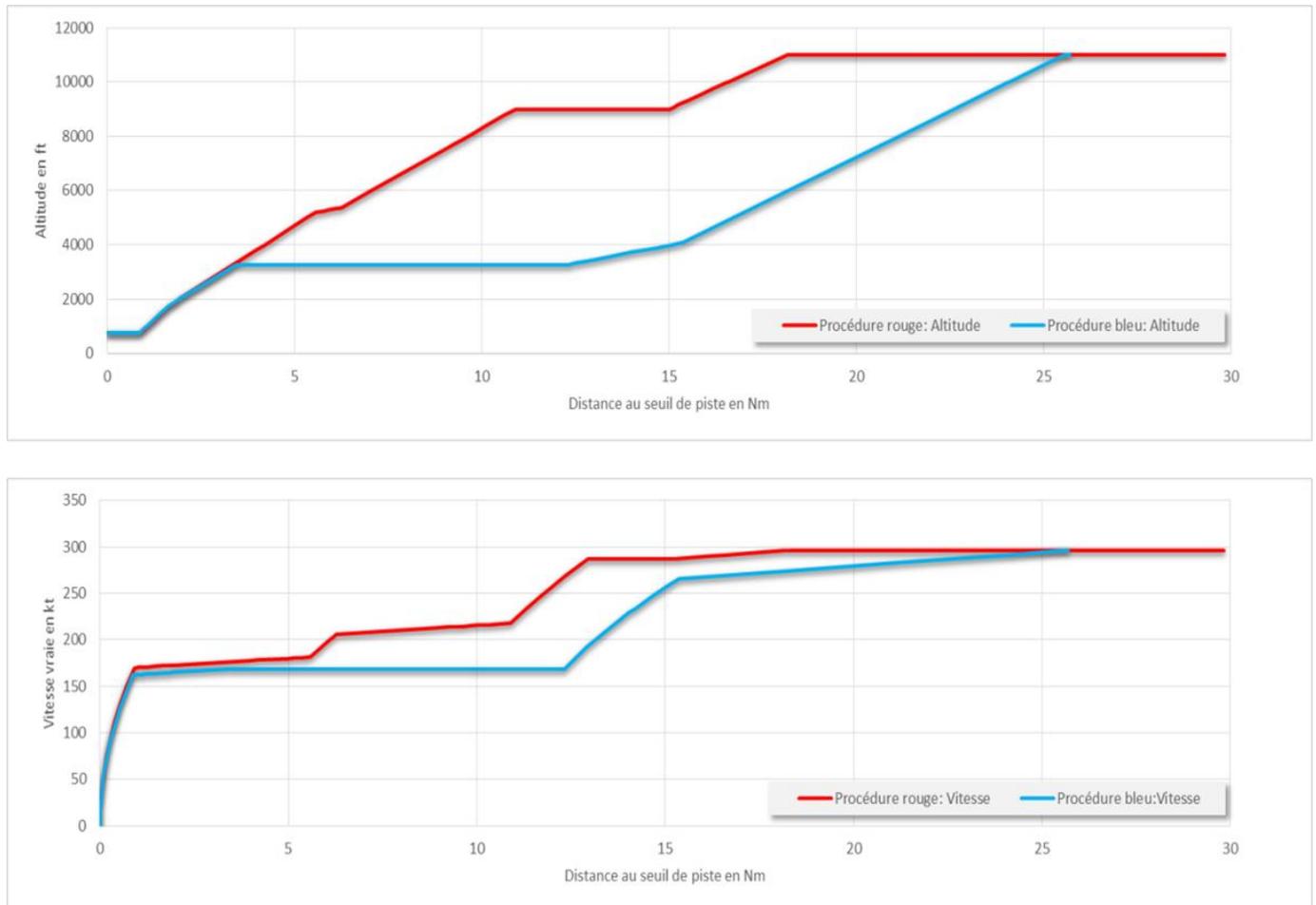


Figure 40 : Exemple de périmètre spatial d'étude (profils verticaux)

Indicateurs d'émission de NO_x

L'indicateur d'émission de NO_x est calculé dans un périmètre spatial allant de l'altitude de l'aérodrome (ARP) jusqu'à une hauteur de 3000 ft au-dessus de l'aérodrome. Toutes les portions de trajectoire de vol à l'intérieur de ce périmètre sont prises en compte.

Il est considéré qu'au-dessus de cette altitude les polluants émis, ne se mélangeant pas avec les autres polluants existant au sol, n'ont pas d'effet sur la qualité de l'air local.

Prise en compte des dispersions

En fonction des résultats de l'analyse de l'exploitation de la procédure à l'étude, l'étude peut intégrer ou non l'impact des dispersions de trajectoires autour de la trajectoire nominale. Si la dispersion des trajectoires est prise en compte, cette dispersion est quantifiée sur une période temporelle permettant d'obtenir des statistiques de suivi de trajectoires suffisamment robustes. Le bilan de l'étude d'impact se limitera alors à cette période temporelle.

Calcul de la consommation de carburant

La consommation de carburant sur un segment de vol est calculée à partir du débit carburant et du temps passé sur ce segment, par la relation suivante :

$$\text{Masse}_{\text{carburant}} = \text{Débit Carburant} \times \text{Temps de vol}$$

La consommation totale sur une trajectoire ou une portion de trajectoire est obtenue par la somme des consommations sur les différents segments la composant.

Calcul des émissions de CO₂

La quantité de CO₂ (dioxyde de carbone), émise par un aéronef sur une trajectoire dépend directement de la quantité de carburant consommée par la relation linéaire suivante :

$$\text{Masse}_{\text{CO}_2} = 3.155 \times \text{Masse}_{\text{carburant}}$$

C'est donc à partir de l'évaluation totale de la consommation de carburant que la quantité de CO₂ émis est déterminée.

Calcul des émissions de NO_x

L'outil AEDT utilisé pour calculer les NO_x dans le cadre des EICA s'appuie sur une méthode connue sous le nom de 'Boeing Fuel Flow Method 2'. Pour calculer la quantité de NO_x émis sur un segment de vol, cette méthode utilise :

- les relations entre les quantités de gaz émises et les débits carburants en fonction des régimes moteurs (cycle LTO) présents dans la base de données des émissions des moteurs distribuée et maintenue par l'OACI (Exhaust Emission Data Bank),
- le débit carburant réel dans les conditions du segment vol,
- le carburant consommé sur le segment de vol.

L'évaluation de la quantité de NO_x émis se fait donc, comme pour la consommation, à chaque instant du segment de vol.

Hypothèses générales prises en compte

Conditions atmosphériques

D'une manière générale, une étude d'impact sur la consommation de carburant et les émissions gazeuses est réalisée sous condition atmosphérique ISA (avec $\Delta\text{ISA}=0$) et vent nul.

Paramètres de vol en croisière

Généralement, et si les modèles de performances sont utilisés, les conditions de vol en croisière retenues sont les suivantes:

Altitude de croisière

L'altitude de croisière est égale à l'altitude maximum de croisière à la masse maximale au décollage présente dans la base de données BADA, arrondi au niveau de vol le plus proche.

Si des spécificités opérationnelles apparaissent lors de l'étude, le choix de cette altitude peut être affiné. Par exemple, si une étude porte sur une flotte de court-courrier, l'altitude de croisière peut être plafonnée en fonction de la distance à parcourir.

Vitesse de croisière

La vitesse air vraie en croisière sera égale à celle qui correspond au régime haute vitesse en croisière (high speed cruise regime or fixed Mach cruise) définie dans la base de données BADA à l'altitude de croisière choisie.

Si des spécificités opérationnelles apparaissent lors de l'étude, le choix de cette vitesse peut être affiné. Par exemple, étude d'un vol avec un COSTINDEX connu, ou statistique de vitesse sur un flux particulier.

Masse avion

La masse avion en fin de croisière sera égale à la masse maximale sans carburant plus une réserve de carburant correspondant approximativement à une heure de vol à 1500 ft au-dessus de l'aérodrome.

Les outils de calcul des indicateurs consommation de carburant et émissions gazeuses

Dans le cadre des études EICA, la mission Environnement de la DSNA utilise le logiciel AEDT 2b comme outil de simulation principal. D'autres outils, complémentaires, sont utilisés pour déterminer des hypothèses de simulations, confronter des résultats ou effectuer des calculs de consommation et en particulier les modèles de performance BADA 3 et BADA 4.

Ci-après se trouvent des généralités sur les bases de données, modèles de performance et outils utilisés dans les études d'impact de consommation de carburant et d'émissions gazeuses.

La base OACI des émissions des moteurs d'aéronef (EEDB)

Dans le but de contrôler la pollution de l'activité aéronautique autour des aéroports, l'OACI a établi des standards contenant des normes associées à des procédures de mesure des polluants.

Les procédures de mesure sont basées sur l'utilisation d'un cycle dénommé LTO pour "Landing and take-off". Le cycle LTO a été caractérisé afin de représenter les performances opérationnelles des moteurs d'aéronef autour d'une plateforme aéroportuaire.

Les normes définies dans ce standard sont applicables pour tout nouveau moteur de type turboréacteur ou turbopropulseur dont les performances de poussées excèdent 26.7 kN en atmosphère standard et en statique au niveau de la mer.

L'ensemble des standards ont pris effet en 1986. Chaque nouveau moteur concerné par ces standards est testé par son constructeur selon la méthodologie décrite dans l'annexe 16 de l'OACI de 1993.

L'ensemble des résultats sont publiés dans la base de données des émissions : "the ICAO exhaust emissions data bank (ICAO 1995b)" (EEDB). L'EEDB est une base de données approuvée par le CAEP de l'OACI pour l'évaluation de la qualité de l'air local et des émissions des gaz à effet de serre.

Cette base de données est utilisée par tous les outils capables de calculer les émissions gazeuses produites par les aéronefs.

Les bases de données et les modèles de performance BADA 3

La base de données avions BADA 3 créée par Eurocontrol dans les années 2000 est encore aujourd'hui une référence dans le domaine de la modélisation et simulation des performances avion.

Cette base de données couvre près de 100% de la flotte opérant dans la zone CEAC et propose, en plus des coefficients destinés au calcul de performances et de trajectoires, des informations sur l'exploitation des machines permettant de formuler facilement des hypothèses nécessaires au calcul de consommation.

De plus, BADA 3 est approuvée par le CAEP de l'OACI pour le calcul des performances avions.

Les bases de données et les modèles de performance BADA 4

BADA 4 est une amélioration de la base de données BADA 3. Elle présente des coefficients plus précis que ceux de la base BADA 3 pour modéliser les performances avion et simuler des trajectoires. En revanche, elle ne couvre aujourd'hui que 70% de la flotte opérant dans la zone CEAC.

AEDT 2b

AEDT 2b (Aviation Environmental Design Tool) est un logiciel développé et utilisé par la FAA pour évaluer l'impact en termes de bruit, de consommation et d'émission gazeuse.

Les principaux standards et modèles de performance avion intégrés pour le calcul de trajectoire et consommation sont:

- SAE-AIR-1845,
- BADA 3,
- Senzig-Fleming-Iovinelli.

Cet outil propose une démarche cohérente partant du dessin de la procédure sur un terrain jusqu'à l'affichage sur un fond de carte des émissions sonores, gazeuses et les calculs de consommation sur un flux de trajectoires d'une flotte définie par l'utilisateur en prenant en compte des profils de vol spécifiques et un contexte atmosphérique particulier.

AEDT est un outil approuvé par le CAEP de l'OACI pour le calcul de la consommation et des émissions gazeuses des aéronefs.

ID3D

L'indicateur 3D (ID3D) est un modèle linéaire simplifié mis au point par DSNA/DTI/PER permettant de faire facilement une estimation moyenne de la consommation de carburant à partir de la géométrie d'une trajectoire. Cet indicateur prend en compte l'évolution de l'altitude et de la distance parcourue.

L'indicateur a été calibré à partir de simulations basées sur les modèles de performance BADA 3 et BADA 4 et de statistiques d'évolution de trafic dans la zone FABEC. Cet outil, ne prenant pas en compte spécifiquement les vitesses, ne convient pas à tous les types d'étude. En revanche, par une facilité de mise en œuvre, il devient très intéressant dans le cas d'études ne nécessitant pas la construction de profils de vol, ou d'évaluation de la quantité de NO_x.

Les données FDR

Les données FDR sont des paramètres de vol enregistrés à bord d'un avion. Ces données sont d'une grande aide pour obtenir des informations de consommation, générer et valider les hypothèses de simulation. Elles sont en revanche difficilement accessibles de par leur extraction nécessitant du temps et les clauses de confidentialité existantes au sein des compagnies aériennes.

(Page intentionnellement laissée blanche)

Annexe 11 : Dispositif réglementaire et DGAC

Critères de déclenchement d'une enquête publique

Définition des critères d'enquête publique

(J.O n° 140 du 18 juin 2004 page 10913)

Décret n° 2004-558 du 15 juin 2004 pris pour l'application de l'article L. 227-10 du code de l'aviation civile et modifiant la partie réglementaire de ce code et le décret n° 85-453 du 23 avril 1985

NOR: EQUA0400279D

(...)

Article 1

Il est inséré, après l'article R. 227-6 du code de l'aviation civile, un article R. 227-7 ainsi rédigé:

« Art. R. 227-7. - La procédure d'enquête publique prévue à l'article L. 227-10 est mise en œuvre pour tout projet de modification permanente de la circulation aérienne de départ et d'approche aux instruments en dessous d'une altitude égale au niveau de vol FL 65, soit 1 981 mètres par rapport au niveau de la mer en conditions standards de température et de pression, lorsque les conditions suivantes sont réunies :

1. Le flux moyen journalier d'utilisation de la procédure projetée de circulation aérienne concerne au moins 30 vols d'avions munis de turboréacteurs;
2. La superficie, après modification, des zones nouvellement survolées de "l'enveloppe des trajectoires est supérieure » à 10 % de la superficie de cette enveloppe avant modification. "L'enveloppe des trajectoires est définie comme la projection au sol dans sa partie terrestre de 95 % des trajectoires des avions munis de turboréacteurs en dessous du niveau de vol FL 65.

L'enquête publique a lieu dans les communes dont le territoire est situé dans les zones nouvellement survolées de "l'enveloppe des trajectoires correspondant au projet de modification de la circulation aérienne. »

Article 2

Il est ajouté au 9° du tableau annexé au décret du 23 avril 1985 susvisé un alinéa ainsi rédigé:

« Modification permanente de la circulation aérienne de départ ou d'approche aux instruments en application de l'article R. 227-7 du code de l'aviation civile. »

(...)

Détermination des enveloppes de trajectoires à 95%

C'est à partir de la trajectoire moyenne, dont la méthode de calcul a été décrite en page 55, qu'est calculée l'enveloppe à 95 % du flux de trajectoires, selon les prescriptions suivantes :

- toutes les trajectoires sont conservées sans limitation de niveau,
- la trajectoire moyenne est construite jusqu'au FL 65,
- à chaque plan de coupe (cf. Figure 41), construit tous les 0,1 NM perpendiculairement à la trajectoire moyenne, les 5 % des plots radars les plus extrêmes en latéral sont éliminés,
- l'enveloppe est constituée par la rejointe des points extrêmes des plans de coupe.

Cette méthode a été présentée à l'ACNUSA qui la considère comme la plus représentative et la plus robuste.



Recommandation :

- La constitution d'enveloppes nécessite un nombre conséquent de trajectoires. Un nombre de trajectoires supérieur à 1000 est conseillé afin d'atténuer les effets des trajectoires marginales qui diffèrent d'une journée à l'autre.
- Dans le cas d'une nouvelle procédure, une première analyse conduit à calculer l'enveloppe du flux simulé, lorsqu'il est disponible, constitué d'un faible nombre de trajectoires. Cette analyse permet de valider le calcul d'une seconde enveloppe réalisée à partir d'un flux de trajectoires réelles déformées. Le nombre de trajectoires exploitées se trouve alors augmenté et garantit la représentativité de l'enveloppe calculée.

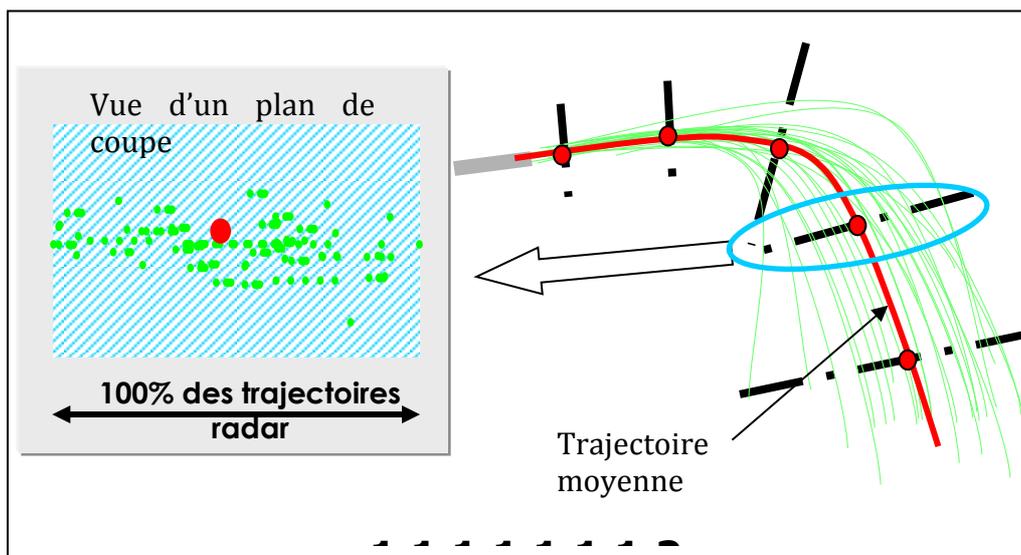
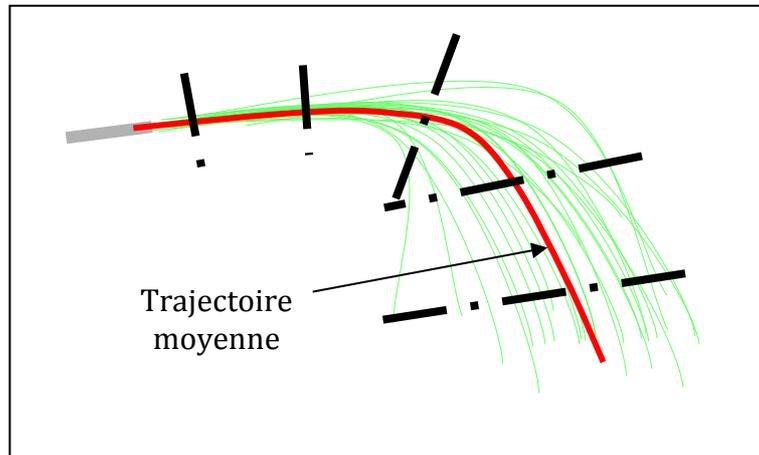


Figure 41 : Principe de détermination d'une enveloppe de trajectoires

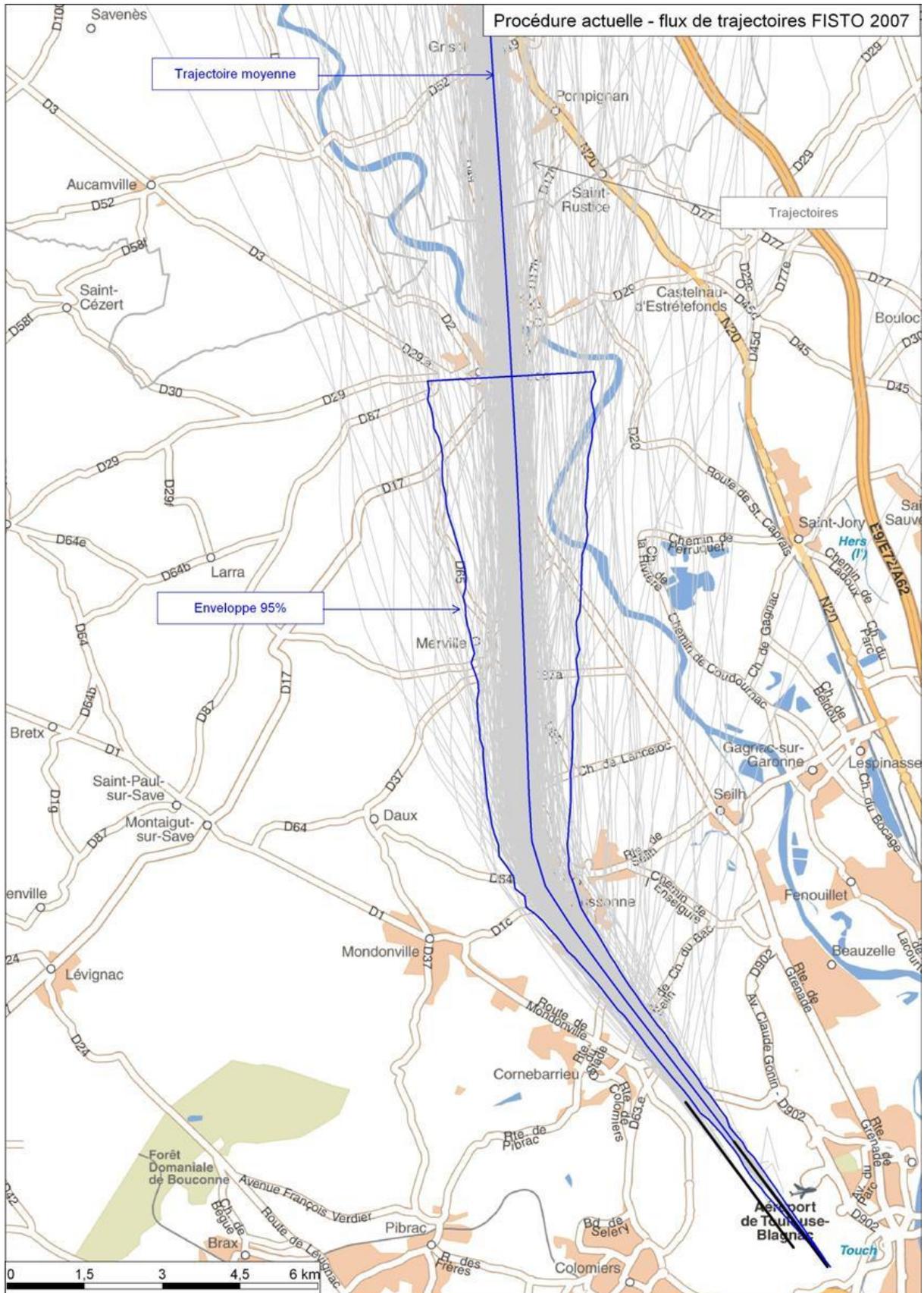


Figure 42 : Exemple d'enveloppe de trajectoires de départ de Toulouse-Blagnac

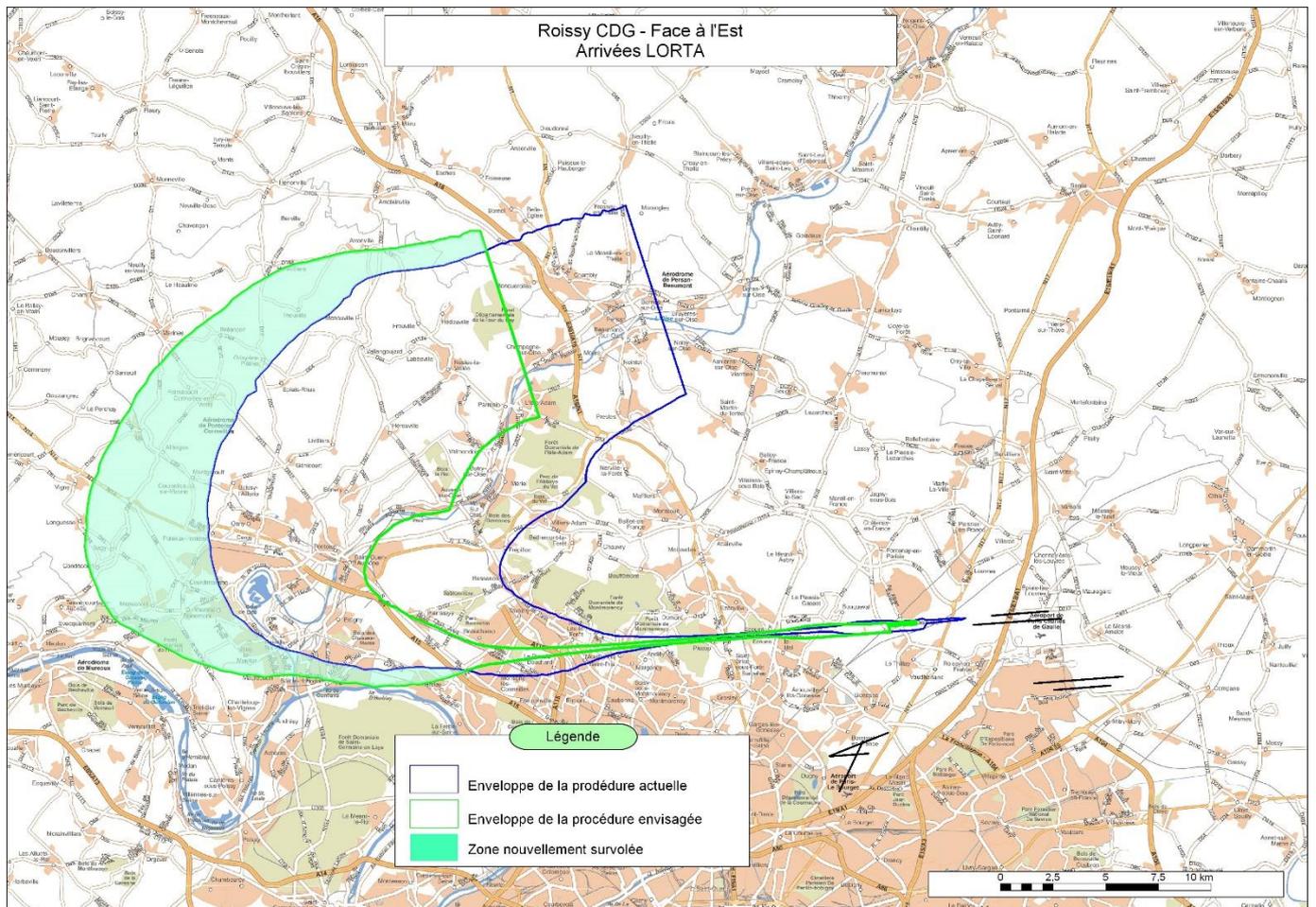


Figure 43 : Exemple d'enveloppes de trajectoires d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle

Le calcul des enveloppes s'opère dans le logiciel Track-Express développé pour la mission Environnement. La première étape consiste à importer un fichier de trajectoires.

Dans l'exemple en Figure 44, 28 jours de trafic sur une procédure d'arrivée à Paris-Charles-de-Gaulle, soit 1898 vols, sont exploités.

Le logiciel Track-Express calcule ensuite la trajectoire moyenne de ce flux arrêtée au FL65. Puis, il réunit les points calculés sur chaque plan de coupe distant de 0,1 NM pour constituer une enveloppe contenant 95% des trajectoires de ce flux.



Avertissement:

- Une procédure comportant un virage serré peut conduire à des aberrations de résultats notamment à l'intérieur du virage. Une correction manuelle s'avère dans ce cas nécessaire et l'enveloppe corrigée est soumise pour validation à l'ACNUSA (avis du 8 juillet 2010).

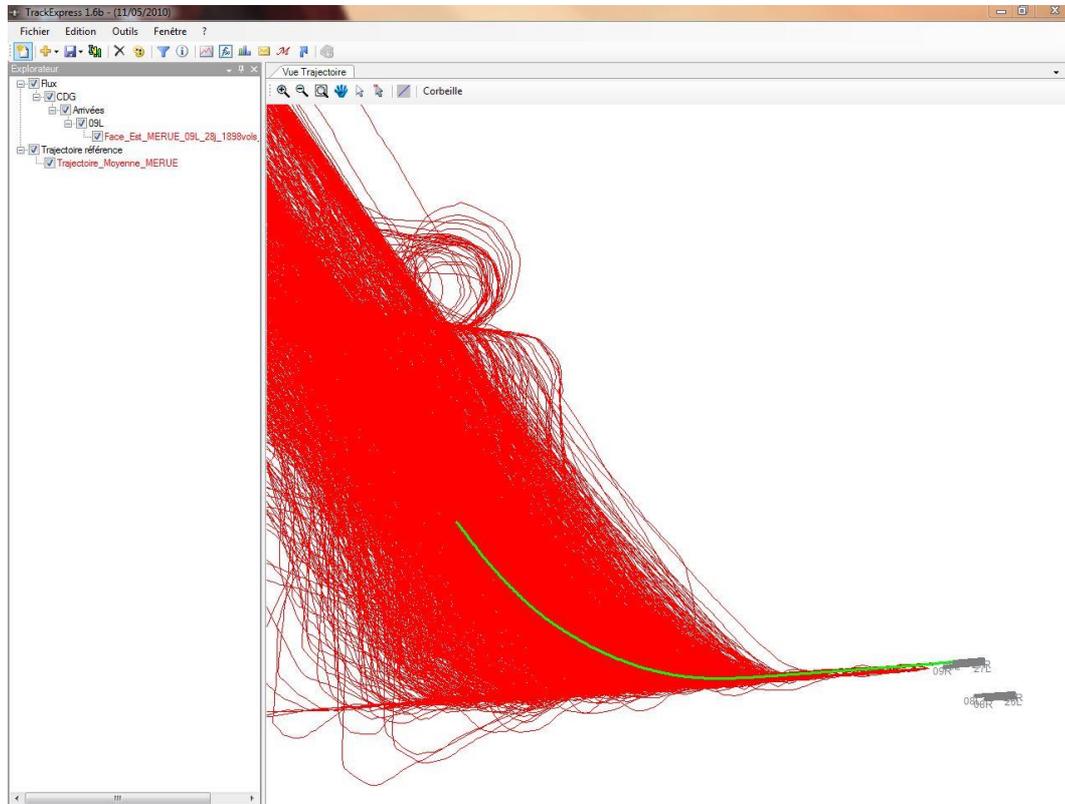


Figure 44 : Détermination de la trajectoire moyenne d'un flux de trajectoires, première étape lors du calcul d'enveloppe

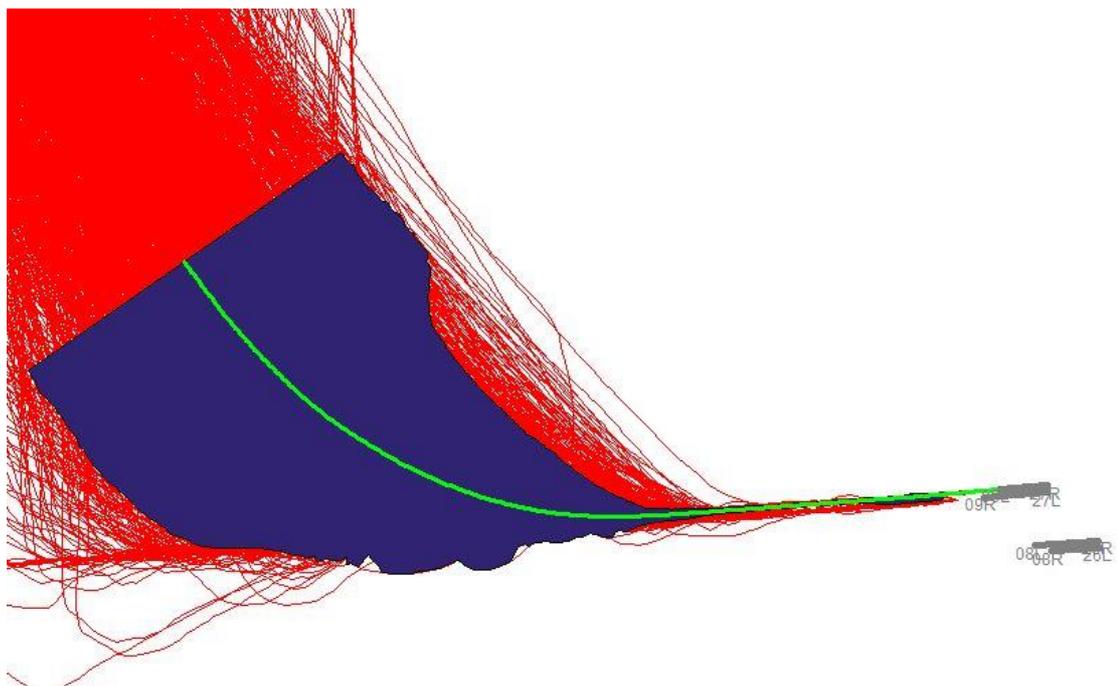


Figure 45 : Résultat d'un calcul d'enveloppe

Arrêté relatif à l'établissement des procédures de vol aux instruments au bénéfice des aéronefs évoluant selon les règles applicables à la circulation aérienne générale

Extrait de l'arrêté du 4 octobre 2017

(...)

1.4.2. Étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement

À l'exclusion des aérodromes pour lesquels le ministre de la défense est affectataire principal ou unique, l'établissement d'une procédure de vol aux instruments fait l'objet d'une étude d'impact de la circulation aérienne qui décrit l'impact environnemental associé à l'introduction de la nouvelle procédure, ou la modification de la procédure existante.

L'organisme porteur de projet réalise cette étude ou la fait réaliser sous sa responsabilité.

1.4.2. Consultation des instances de concertation en matière d'environnement

L'organisme porteur de projet soumet pour avis l'étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement à la commission consultative de l'environnement (CCE) de l'aérodrome concerné lorsqu'elle est constituée.

Pour les aérodromes mentionnés au I de l'article 1609 quatertervicies A du code général des impôts, l'autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA) est également consultée pour avis. Une enquête publique est organisée par l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente en application des dispositions de l'article L.6362-2 du code des transports.

(...)

Moyens acceptables de conformité (MAC) à l'arrêté du 4 octobre 2017 relatif à la conception et à l'établissement des procédures de vol aux instruments

(Dans l'attente de sa mise à jour, il est présenté ci-dessous un extrait du MAC en vigueur)

(...)

1.2.2 Étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement

Dans l'attente de recensement des « sites répertoriés en raison de leur importance écologique », une étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement sera réalisée suivant les modalités définies dans le guide validé par l'autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA).

Consultations

1.2.3 Étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement

Il est nécessaire que l'organisme porteur de projet effectue ou coordonne la demande de présentation à la CCE avec le préfet concerné plusieurs mois à l'avance (au moins 6 mois, voire un an). En effet la CCE n'est généralement réunie par le préfet qu'une fois par an.

(...)

Loi portant sur la participation du public

Extrait de la loi n° 2012-1460 du 27 décembre 2012 relative à la mise en œuvre du principe de participation du public défini à l'article 7 de la Charte de l'environnement

Article 1

Le 4° du II de l'article L. 110-1 du code de l'environnement est remplacé par des 4° et 5° ainsi rédigés :

« 4° Le principe selon lequel toute personne a le droit d'accéder aux informations relatives à l'environnement détenues par les autorités publiques ;

« 5° Le principe de participation en vertu duquel toute personne est informée des projets de décisions publiques ayant une incidence sur l'environnement dans des conditions lui permettant de formuler ses observations, qui sont prises en considération par l'autorité compétente. »

Extrait de l'article L6361-5 du Code des transports portant sur les missions de l'ACNUSA

(Loi du 12 juillet 2010)

L'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires peut émettre, à son initiative ou sur saisine d'un ministre, d'une commission consultative de l'environnement mentionnée à l'article L. 571-13 du code de l'environnement, d'une commune ou d'un établissement public de coopération intercommunale inclus pour tout ou partie dans le périmètre du plan d'exposition au bruit ou du plan de gêne sonore d'un aéroport, ou d'une association concernée par l'environnement aéroportuaire, des recommandations sur toute question relative aux nuisances environnementales générées par le transport aérien sur et autour des aéroports. Pour les nuisances sonores, ces recommandations sont relatives à la mesure du bruit, et notamment à la définition d'indicateurs de mesure adéquats, à l'évaluation et à la maîtrise des nuisances sonores du transport aérien et de l'activité aéroportuaire ainsi qu'à la limitation de leur impact sur l'environnement, notamment par les procédures particulières de décollage ou d'atterrissage élaborées en vue de limiter les nuisances sonores.

L'autorité prend connaissance des informations et propositions émises par l'ensemble des parties concernées par la pollution atmosphérique liée à l'exploitation des aéroports ou le bruit lié aux aéroports et aux trajectoires de départ, d'attente et d'approche. Lorsque les territoires couverts par le schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie ou le plan de protection de l'atmosphère comprennent un aéroport visé au I de l'article 1609 quater viciés A du code général des impôts ou sont affectés par la pollution atmosphérique de ces aéroports, elle est consultée par les autorités compétentes chargées d'élaborer ce plan ou schéma. Elle rend un rapport faisant état de la synthèse de ces informations et propositions chaque année. Les services de l'administration locale ou centrale répondent à ce rapport et, d'une façon générale, aux avis et recommandations de l'autorité dans un délai de six mois.

(Page intentionnellement laissée blanche)

Table des illustrations

Figure 1 : Différents impacts environnementaux calculés dans une EICA en fonction de son niveau de complexité	19
Figure 2 : Trajectoires de départ de Chambéry (situation de statu quo en vert et projet étudié comportant une variante en bleu et rouge)	23
Figure 3 : Impact au sol des émissions sonores lors de départs d'un B737-800 de Chambéry (projet étudié variante rouge)	24
Figure 4 : Flux d'une journée de trajectoires à Nice (Configuration 04)	27
Figure 5 : Flux d'une journée de trajectoires en approche sur Marseille (face Sud) avec visualisation des tranches d'altitude	28
Figure 6 : Courbes de densité à des seuils 10, 20 et 30 survols à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)	29
Figure 7 : Courbes NA65 : 10, 15, 20, 25 événements à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)	30
Figure 8 : Courbes de NA à des valeurs seuils de 62, 65 et 68 dB(A) à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06) ..	30
Figure 9: Relation entre poussée, bruit et émissions gazeuses	43
Figure 10 : Principe de modélisation des données	45
Figure 11 : Les principales étapes de la réalisation technique du dossier EICA	46
Figure 12 : Arrivées QFU 06 à Orly	49
Figure 13 : Distinction en deux flux des arrivées 06. Les trajectoires moyennes en vert sont également visualisées.	50
Figure 14 : Arrivées QFU 05 sur Bordeaux-Mérignac	51
Figure 15 : Distinction des arrivées 05 en deux flux (VOR-DME à gauche et approches à vue à droite)	51
Figure 16 : Exemple d'échantillonnage des trajectoires (pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés)	55
Figure 17 : Calcul de la trajectoire moyenne (points barycentres). Pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés.	56
Figure 18 : Visualisation du profil moyen en altitude (cas d'un flux de départs)	56
Figure 19 : Définition des points de calage sur la trajectoire de référence	57
Figure 20 : Correspondance aéronautique entre les plots de calage sur les deux trajectoires de référence	58
Figure 21 : Vecteurs de translation	58
Figure 22 : Exemple d'une déformation d'un flux de départ vers le nord de Toulouse-Blagnac (procédure FISTO)	60
Figure 23 : Exemple de profils d'altitude, de vitesse et de poussée pour un A320 en approche	61
Figure 24 : Principe de calcul de la densité de survols	65
Figure 25 : Effet du lissage dans le calcul de densité de survols	66
Figure 26 : Exemple de trajectoires de deux journées de trafic et de densité de survols (de plus de 15 survols/jour) sous 3000 mètres d'altitude à Paris-Orly	67
Figure 27 : Système de modélisation du bruit d'avion (CEAC doc 29, vol. 1)	69
Figure 28 : le bruit est calculé en chacun des points de maillage au sol de part et d'autre de la trajectoire.	70
Figure 29 : Bruit mesuré à l'arrivée des avions de la famille A320	74
Figure 30 : Indicateur L_{Amax}	76
Figure 31 : Empreintes sonores L_{Amax} 65 dB(A) d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle	77
Figure 32 : Indicateur NA65	78
Figure 33 : Exemple d'empreintes NA65 sur Paris - Charles-De-Gaulle	79
Figure 34 : Indicateur $L_{Aeq,T}$	80

Figure 35 : Empreintes sonores LAeq nuit (plage horaire 22h00-06h00, appelé dans ce cas Lnight) en ne considérant que l'impact du trafic nocturne.....	81
Figure 36 : Enveloppe L _{den} 50 dB(A) calculée pour des départs de Marseille Provence	83
Figure 37 : Exemple d'intersection entre surfaces d'étude et zones habitées dans le cas d'une étude de niveau 2 (L _{Amax} 65 dB(A)).....	86
Figure 38 : Exemple d'intersection entre surfaces d'étude et zones habitées et résultat du comptage dans le cas d'une étude de niveau 3 (NA65:25 évènements)	86
Figure 39 : Exemple de périmètre spatial d'étude (trajectoires horizontales)	88
Figure 40 : Exemple de périmètre spatial d'étude (profils verticaux)	89
Figure 41 : Principe de détermination d'une enveloppe de trajectoires	97
Figure 42 : Exemple d'enveloppe de trajectoires de départ de Toulouse-Blagnac.....	98
Figure 43 : Exemple d'enveloppes de trajectoires d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle	99
Figure 44 : Détermination de la trajectoire moyenne d'un flux de trajectoires, première étape lors du calcul d'enveloppe	100
Figure 45 : Résultat d'un calcul d'enveloppe.....	100

(Page intentionnellement laissée blanche)

DSNA
Mission Environnement
50, rue Henry Farman
75720 Paris CEDEX 15

Tél. : 01 58 09 48 19
Fax : 01 58 09 49 15

