



**MINISTÈRE  
CHARGÉ  
DES TRANSPORTS**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



*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
<b>REDACTION</b>	Chef de programme	Xavier ROUSSEL	11/02/2022
<b>VERIFICATION</b>	Chef de division	Didier MARTIN	11/02/2022
<b>APPROBATION</b>	Chef de mission DSNA/ME	Alain BOURGIN	11/02/2022

## 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
V1R1	12/07/2004	Version initiale	
V2R1	06/12/2005	Mise à jour de la nouvelle charte documentaire.	
V2R2	29/04/2013	Réactualisation du guide	
V2R3	05/07/2013	Modifications suite à la présentation du guide en séance plénière de l'ACNUSA, le 3 juillet 2013.	
V3R1	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	
V3R2 (1), V3R3 (2), V3R4 (3)	/09/2014 (1), (2) et (3) /12/2014	Prise en compte des commentaires internes ME (1), (2) et (3)	
V3R5	25/02/2015	Présentation générale du document	Corps principal
V4R0	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
V5R0	22/04/2016	Intégration méthodologie impact consommation carburant et émissions gazeuses Refonte annexes Mise à jour charte graphique	Ensemble doc. (corps principal et annexes)
V5R1	09/05/2016	Corrections orthographiques et de mise en page	Ensemble doc.
V5R2	29/07/2016	Prise en compte des remarques SNA (après diffusion lors de la revue Environnementale du 16 juin 2016)	Introduction
V5R3	07/12/2016	Ajout de l'avis de l'ACNUSA concernant la dernière version de ce guide.	Annexe
V5R4	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
V5R5	10/02/2020	Prise en compte du courrier de l'ACNUSA du 19/06/2019 Introduction d'un paragraphe enquête publique en partie principale du document Actualisation des annexes (listes des terrains, utilisation	Corps principal Paragraphe 2.4  Annexes

		de la plateforme de calcul d'impact environnemental IMPACT, MAC, ...) Nouvelles données pour le calcul de population	Annexe 9
V5R6	11/02/2022	Mise à jour charte documentaire Ajout de définitions des périodes de référence Actualisation des Annexes (Données terrains pour 2019, Trajectoire moyenne, Outil ACROPOLE, ajout du $L_{Amax}/NA$ 62, nouvelle référence Arrêté procédure, nouveau Décret EP) Nouvelles Annexes (Modèle EICA de niveau 1, Enveloppe de trajectoires)	Ensemble §4.2 Annexes

## 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
V5R6	Interne: Dsname22_02AMO_GUIDE_EICA_V5R6 GEODE: GUIDE_EICA_V5R6

## Table des matières

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
1.1.	Contexte .....	9
1.2.	Objectifs d'une EICA .....	9
1.3.	Responsable de l'EICA : le porteur de projet .....	9
<b>2.</b>	<b>PREPARATION D'UNE EICA .....</b>	<b>11</b>
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.	Déclenchement éventuel de l'enquête publique .....	12
2.5.	Sélection du niveau de complexité de l'EICA à réaliser .....	12
2.5.1.	EICA de niveau 1 (étude qualitative) .....	12
2.5.2.	EICA de niveau 2 (étude simple) .....	12
2.5.3.	EICA de niveau 3 (étude complexe) .....	13
2.6.	Critères de détermination du niveau de complexité .....	13
2.7.	Fiche signalétique .....	13
<b>3.</b>	<b>EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX .....</b>	<b>15</b>
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 .....	16
3.5.1.	Indicateurs pour l'évaluation de l'impact visuel .....	16
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
<b>4.</b>	<b>CONSTITUTION D'UNE EICA .....</b>	<b>19</b>
4.1.	Généralités .....	19
4.2.	Périodes temporelles de référence .....	20
4.3.	EICA de niveau 1 .....	20
4.3.1.	Descriptif du scénario de statu quo .....	20
4.3.2.	Descriptif du projet et des options ou variantes .....	20
4.3.3.	Analyse de l'impact visuel .....	20
4.4.	EICA de niveau 2 .....	23
4.4.1.	Descriptif du scénario de statu quo .....	23
4.4.2.	Descriptif du projet et des options ou variantes .....	23
4.4.3.	Analyse des impacts .....	23
4.4.3.1.	Impact visuel .....	23
4.4.3.2.	Impact sonore .....	24
4.4.3.3.	Impact sur la consommation de carburant .....	25
4.4.3.4.	Impact sur les émissions gazeuses (CO <sub>2</sub> et NO <sub>x</sub> ) .....	25

<b>4.5.</b>	<b>EICA de niveau 3 .....</b>	<b>27</b>
4.5.1.	Descriptif du scenario de statu quo .....	27
4.5.2.	Descriptif du projet et des options ou variantes .....	27
4.5.3.	Analyse des impacts .....	27
4.5.3.1.	<i>Impact visuel</i> .....	28
4.5.3.2.	<i>Impact sonore</i> .....	30
4.5.3.3.	<i>Impact sur la consommation carburant</i> .....	32
4.5.3.4.	<i>Impact sur les émissions gazeuses (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>)</i> .....	33
<b>5.</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>35</b>
Annexe 1 :	Fiche signalétique .....	39
Annexe 2 :	Exemple d'application des critères de complexité en 2019 .....	41
	<b>Les 29 terrains du bulletin statistique de trafic aérien 2019 pour lesquels les critères nombre de passagers et nombre de mouvements commerciaux ne sont pas validés .....</b>	<b>41</b>
	<b>Les 43 terrains du bulletin statistique de trafic aérien 2019 pour lesquels une coordination avec la mission Environnement est nécessaire .....</b>	<b>42</b>
Annexe 3 :	Modèle EICA niveau 1 .....	45
	<b>Introduction .....</b>	<b>45</b>
	Contexte .....	45
	Niveau de complexité de l'EICA .....	45
	Flux concernés par les modifications de procédure .....	46
	Nombre moyen journalier de mouvements (arrivées et/ou départs) sur la plateforme (tous QFU) .....	46
	Utilisation des pistes .....	46
	Flux par secteur géographique ou procédure .....	47
	<b>Présentation du dispositif statu quo .....</b>	<b>47</b>
	Journée de trafic en QFU concerné par la modification .....	47
	Extraits de publication AIP .....	48
	Projections sur fond de carte IGN .....	48
	<b>Présentation du dispositif projet .....</b>	<b>50</b>
	Extraits de publication AIP .....	50
	Projections sur fond de carte IGN .....	50
	<b>Bilan environnemental du projet de modification .....</b>	<b>51</b>
	Caractéristiques des flux modifiés .....	51
	Nombre et typologie avion .....	51
	Tracé horizontal et évolution verticale .....	51
	Analyse qualitative de l'impact environnemental .....	51
	Impact visuel et sonore .....	51
	Impact consommation carburant et émissions gazeuses : évolution des distances volées .....	51
	<b>Glossaire .....</b>	<b>51</b>
	<b>Annexe .....</b>	<b>51</b>
Annexe 4 :	Méthodologie générale de calcul des indicateurs d'une EICA .....	53
	<b>Généralités .....</b>	<b>53</b>
	<b>Problématique des trajectoires à l'étude .....</b>	<b>54</b>
	<b>Principe de modélisation des performances d'un aéronef .....</b>	<b>54</b>
	<b>Phasage de l'analyse .....</b>	<b>56</b>

Annexe 5 : étude de situation .....	57
Analyse qualitative des modifications.....	57
Analyse de l'utilisation des procédures.....	57
Annexe 6 : Collecte des données de trajectoire .....	59
En situation de statu quo.....	59
Données radar .....	59
Identification d'un flux.....	59
En situation de projet .....	62
Simulateurs de trafic aérien : .....	62
Déformation de flux.....	63
Utilisation de modèles de performances avions.....	63
Annexe 7 : Techniques d'élaboration des trajectoires.....	65
Calcul de la trajectoire moyenne.....	65
Elaboration d'un flux par déformation .....	67
Définition des points de calage.....	68
Redéfinition des plots situés entre les points de calage .....	69
Calcul de la table des vecteurs de translation .....	69
Déformation du flux initial .....	70
Elaboration des profils de performance (altitude, vitesse, poussée) .....	72
Description d'un profil de performance .....	72
Création d'un profil de performance .....	73
Principaux outils utilisés dans l'élaboration des trajectoires.....	74
ELVIRA .....	74
Track-Express .....	74
Mostra-INM.....	75
Les bases de données et les modèles de performance BADA .....	75
AEDT 3d et IMPACT.....	75
ACROPOLE.....	75
Annexe 8 : Enveloppe de trajectoires .....	77
Annexe 9 : Indicateur d'impact visuel.....	83
Définition .....	83
Effet du lissage .....	84
Outil de calcul de l'indicateur d'impact visuel .....	84
Annexe 10 : Indicateurs d'impact sonore .....	87
Modélisation acoustique.....	87
Outil de calcul des indicateurs d'impact sonore .....	87
Bases de données aéronefs.....	89
Moteur de calcul : .....	89
Deux modes d'utilisation d'IMPACT .....	90
Version standard .....	90
Version utilisateur .....	91
Indicateurs d'impact sonore retenus .....	93
L <sub>Amax</sub> .....	94

NA .....	96
$L_{Aeq,T}$ .....	98
$L_{den}$ .....	100
<b>Annexe 11: Comptage de population.....</b>	<b>103</b>
<b>Principe.....</b>	<b>103</b>
<b>Données.....</b>	<b>103</b>
Données de population .....	103
Données de surface habitable .....	103
Croisement parcelle habitée et population.....	105
<b>Outils.....</b>	<b>105</b>
<b>Annexe 12 : Indicateurs de consommation de carburant et d'émissions gazeuses.....</b>	<b>107</b>
<b>Présentation des indicateurs .....</b>	<b>107</b>
<b>Périmètres d'étude.....</b>	<b>107</b>
Périmètre spatial .....	107
Indicateurs de consommation de carburant et d'émission de $CO_2$ .....	107
Indicateurs d'émission de $NO_x$ .....	109
Prise en compte des dispersions.....	109
<b>Calcul de la consommation de carburant .....</b>	<b>110</b>
<b>Calcul des émissions de <math>CO_2</math> .....</b>	<b>110</b>
<b>Calcul des émissions de <math>NO_x</math> .....</b>	<b>110</b>
<b>Hypothèses générales prises en compte .....</b>	<b>110</b>
Conditions atmosphériques.....	110
Paramètres de vol en croisière .....	111
Altitude de croisière.....	111
Vitesse de croisière.....	111
Masse avion.....	111
<b>Les outils de calcul des indicateurs consommation de carburant et émissions gazeuses .....</b>	<b>111</b>
La base OACI des émissions des moteurs d'aéronef (EEDB) .....	111
Les bases de données et les modèles de performance BADA 3 .....	112
Les bases de données et les modèles de performance BADA 4 .....	112
AEDT 3d et IMPACT.....	112
ID3D.....	113
Les données FDR.....	113
ACROPOLE.....	113
<b>Annexe 13 : Dispositif réglementaire et DGAC .....</b>	<b>115</b>
<b>Les critères de déclenchement et périmètre d'une enquête publique .....</b>	<b>115</b>
<b>Arrêté du 24 janvier 2022 relatif à l'établissement et à la conception des procédures de vol aux instruments.....</b>	<b>118</b>
<b>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 .....</b>	<b>119</b>
<b>Loi portant sur la participation du public.....</b>	<b>120</b>
<b>Extrait de l'article L6361-5 du Code des transports portant sur les missions de l'ACNUSA .....</b>	<b>120</b>



## 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 intéressée<sup>1</sup>.

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

- l'une 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,
- l'autre réglementaire en vertu des termes de l'arrêté du 4 octobre 2017 (cf. annexe page 118). 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.

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 CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>.

### 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

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

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...). Une attention particulière sera portée sur le contenu du dossier de saisine afin qu'il comporte l'ensemble des livrables attendus et décrits dans ce guide.

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. PREPARATION 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 modification.

## 2.4. Déclenchement éventuel de l'enquête publique

Le porteur de projet applique les critères de déclenchement d'une enquête publique à son projet de modification et détermine ainsi si ce dernier est soumis à enquête publique.

Le principe d'une enquête publique et ses implications sont décrits dans le Manuel NA et ENV de la DSNA.

La définition des critères de déclenchement d'une enquête publique et le principe de sélection des communes à consulter sont rappelés en annexe de ce document (page 115).

## 2.5. Sélection 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 2.6, un niveau de complexité d'EICA doit être sélectionné parmi les 3 niveaux possibles, en concertation avec la DSAC-IR territorialement compétente. Les livrables à fournir dépendront du niveau retenu.

### 2.5.1. EICA de niveau 1 (étude qualitative)

Le porteur de projet peut réaliser cette étude de manière autonome.

L'étude de l'impact de l'évolution des conditions de survol (impact visuel) est ce qui est attendu dans une EICA de niveau 1.

Les autres impacts (sonore, gazeux et consommation carburant) peuvent être toutefois qualitativement appréciés par analyse comparative des tracés des procédures nominales et des conditions d'exploitation avant et après modifications.

Il n'est en revanche pas attendu de comptage de population.

### 2.5.2. EICA de niveau 2 (étude simple)

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.

### 2.5.3. **EICA de niveau 3 (étude complexe)**

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 conditions de survol (impact visuel), 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.

## 2.6. 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.

## 2.7. Fiche signalétique

En coordination avec la DSAC-IR territorialement compétente, le porteur de projet renseigne une fiche signalétique (cf. annexe, page 39). 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. EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Le porteur du projet s'attache à réaliser une EICA qui rend compte, potentiellement selon son niveau de complexité, de l'évaluation des impacts environnementaux dans l'ensemble des domaines suivants:

- Impact visuel,
- Impact sonore,
- Impact sur la consommation de carburant,
- Impact sur les émissions gazeuses, notamment CO<sub>2</sub>.

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 (EICA de niveau 2) 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. L'indicateur NA qui indique le nombre d'évènements sonores ayant atteint ou dépassé un seuil de X dB(A) est l'indicateur privilégié d'une EICA de niveau 3.

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 93)

### 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 (CO<sub>2</sub>).

Hormis les EICA de niveau 1, il s'agira de produire un bilan chiffré de diminution ou d'augmentation des émissions de CO<sub>2</sub>.

L'émission de CO<sub>2</sub> étant directement liée à la consommation de carburant par une formule linéaire, l'impact sur l'émission de CO<sub>2</sub> 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 au-dessus de l'altitude terrain (ARP), une évaluation de l'impact sur les émissions NO<sub>x</sub> 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, 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 des indicateurs suivants :

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

(Les définitions et les seuils de ces indicateurs sont indiqués en annexe page 93)

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.

Selon la méthodologie adoptée, 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**

Selon la méthodologie adoptée, 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  $NO_x$ ).

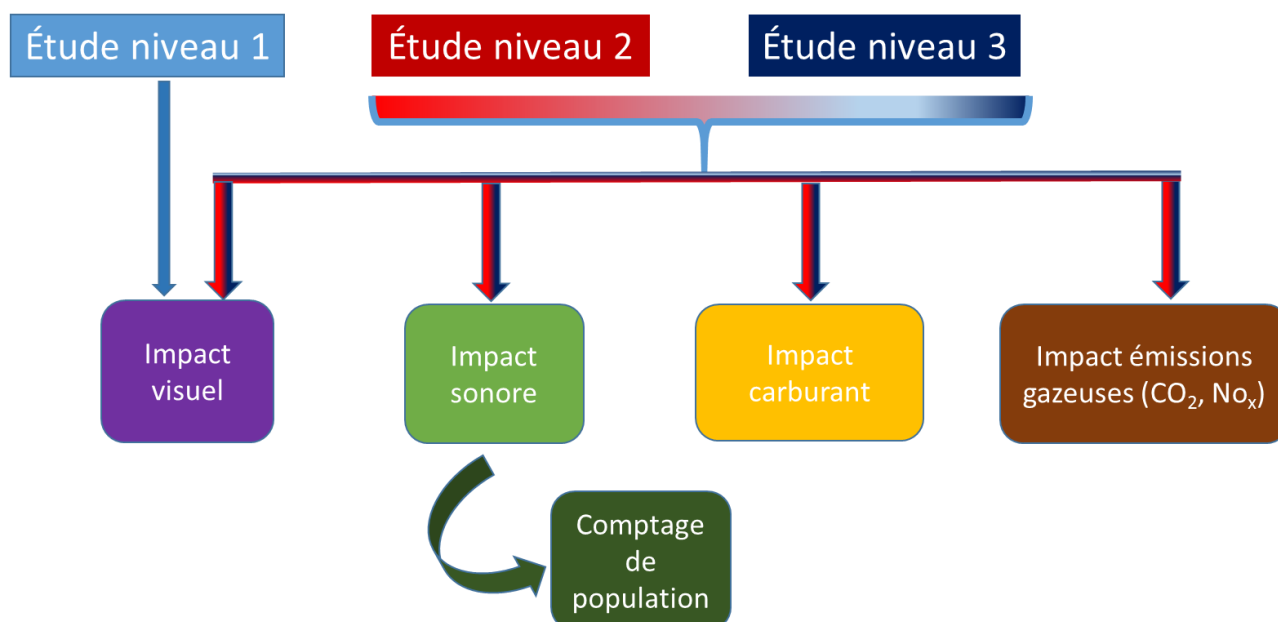
(Page intentionnellement laissée blanche)

## 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 attendus et décrits 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**

Le contenu de cette étude, une fois constituée, est :

- utilisé comme support des éléments de communication, de concertation et de saisine des instances consultatives. Le dossier EICA pourra être intégralement repris dans le dossier de saisine. Dans le cas d'une reprise partielle, le porteur de projet veillera à respecter que le dossier de saisine contient a minima les livrables attendus selon le niveau de complexité de l'étude.
- joint au dossier de procédure remis pour approbation à la DSAC-IR territorialement compétente.

## 4.2. Périodes temporelles de référence

Différentes périodes temporelles de référence sont considérées selon le contexte de l'étude :

- Une année complète pour:
  - faire le bilan de consommation de carburant et d'émissions gazeuses,
  - définir le trafic d'une journée de 24 heures,
  - définir le trafic d'une nuit de 8 heures (22h-06h),
- Une année partielle (lorsque le caractère saisonnier du trafic l'impose) pour:
  - définir le trafic d'une journée de 24 heures,
  - définir le trafic d'une nuit de 8 heures (22h-06h).

## 4.3. EICA de niveau 1

Pour ce niveau d'EICA, un modèle type à renseigner est indiqué en annexe page 45 que le porteur de projet renseignera en abordant les différents éléments suivants.

### 4.3.1. 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.

### 4.3.2. 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 de l'impact visuel

L'évaluation de l'impact visuel se limite à l'analyse qualitative de l'évolution des conditions de survol par les avions à partir des informations suivantes transmises dans le dossier :

- 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.

L'évaluation des autres impacts (sonore, carburant et gazeux) n'est pas attendue dans une étude de niveau 1. Elle peut toutefois être appréciée qualitativement en s'appuyant particulièrement sur:

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

L'exemple ci-après montre dans le cas d'une EICA niveau 1 à Nice-Côte d'Azur la comparaison des tracés des procédures secteur Ouest projet et statu quo sur fond carte IGN.

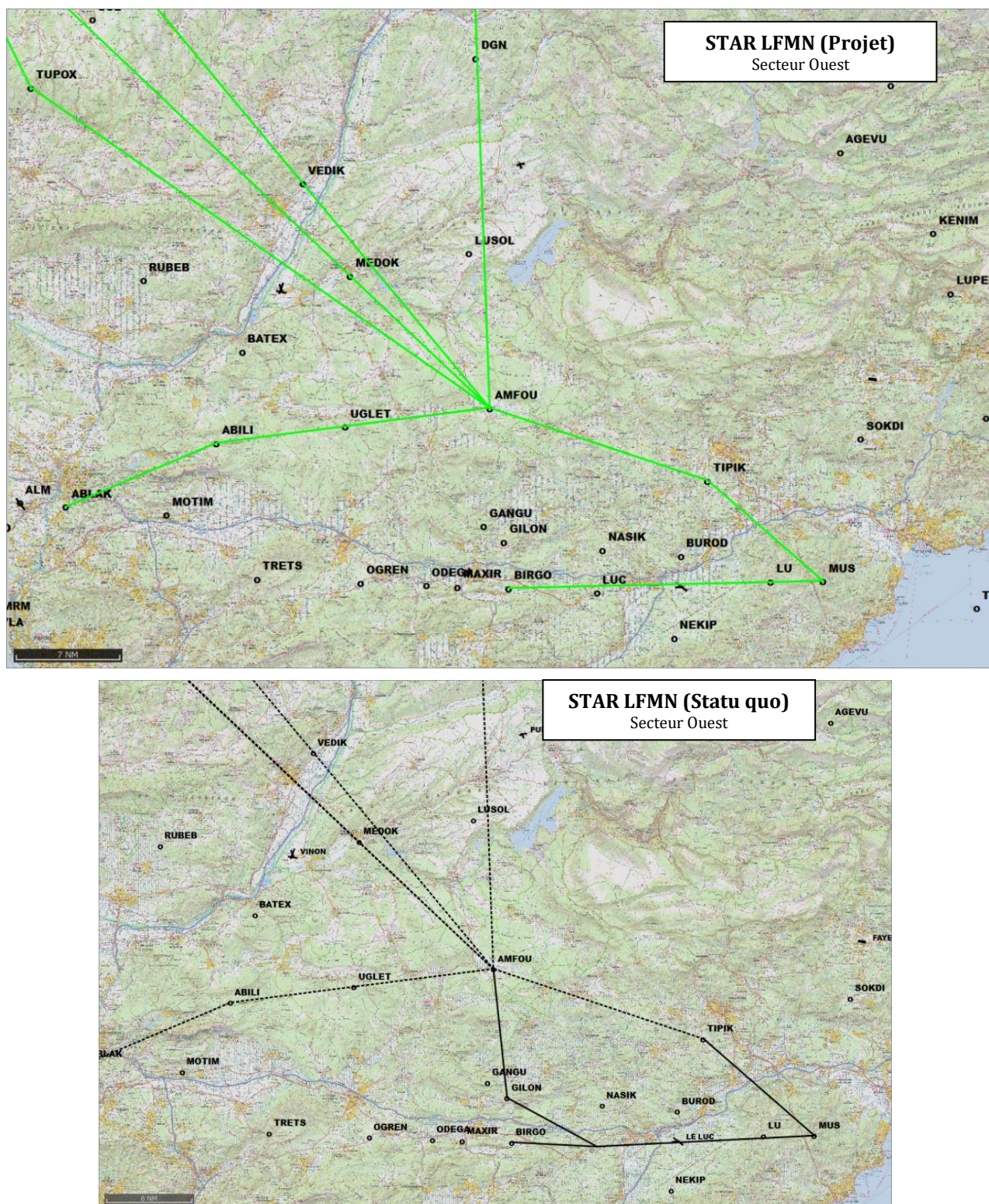


Figure 2 : Exemple d'évaluation qualitative d'une évolution d'impact environnemental (EICA niveau 1 à Nice-Côte d'Azur dans le cadre d'une modification de STAR)

Source : Interne (ELVIRA + carte IGN SCAN 100)

## 4.4. EICA de niveau 2

### 4.4.1. 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.

### 4.4.2. 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

#### 4.4.3.1. Impact visuel

L'évaluation de l'impact visuel se limite à l'analyse qualitative de l'évolution des conditions de survol par les avions à partir des informations suivantes transmises dans le dossier :

- 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<sup>2</sup>,
- le dessin des procédures de circulation aérienne en situation de statu quo, et/ou des trajectoires moyennes,

<sup>2</sup> 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.

- 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.

La Figure 3 illustre l'impact visuel d'une modification de procédure de départ en piste 18 étudiée à Chambéry.

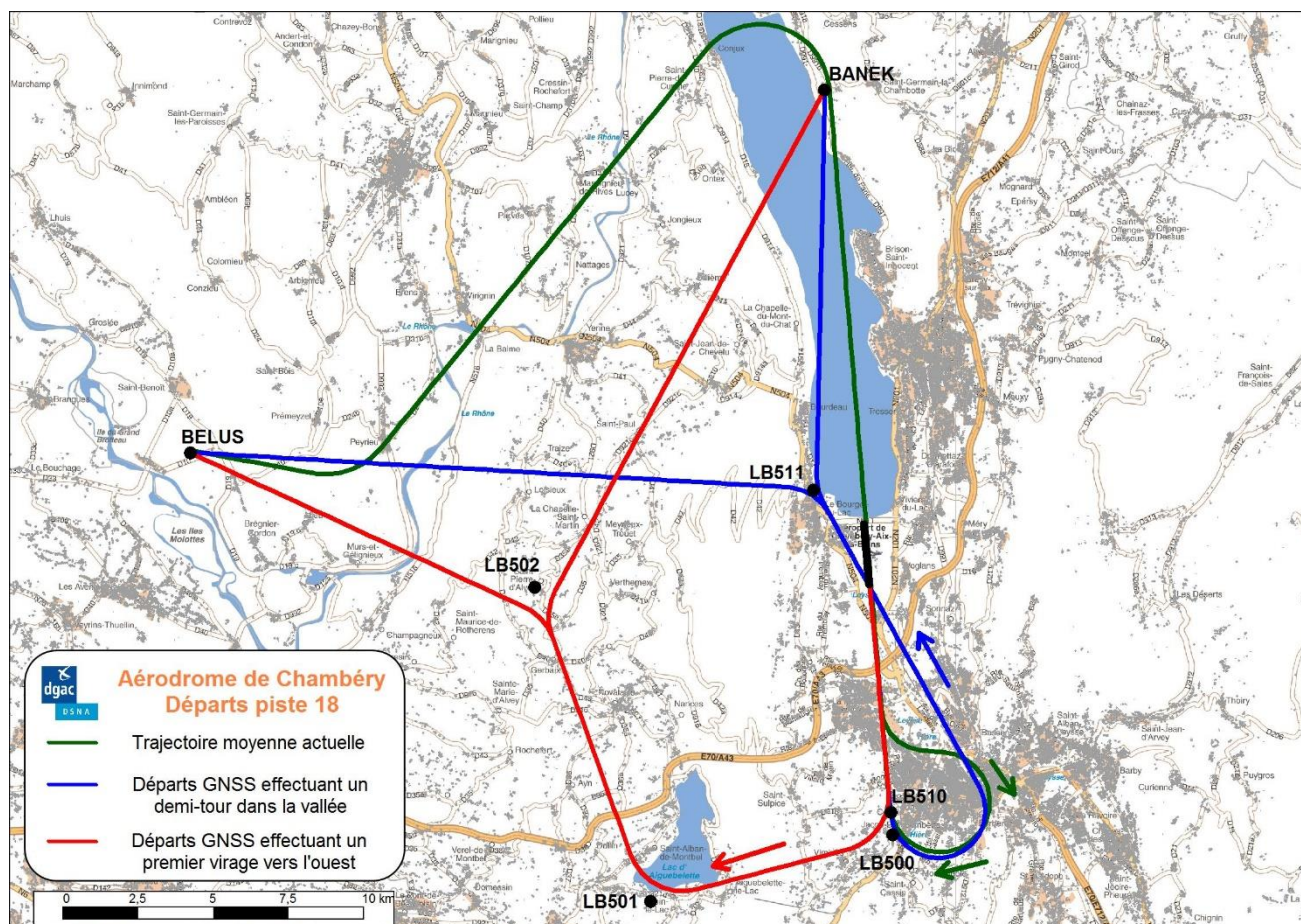


Figure 3 : Trajectoires de départ de Chambéry (situation de statu quo en vert et projet étudié comportant une variante en bleu et rouge)

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE + Parcelles habitées DGFIP)

#### 4.4.3.2. 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 et d'un comptage de population impactée.

Les cartes sonores sont produites 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 même niveau de bruit, aux seuils 62 et 65 dB(A) en  $L_{Amax}$ . Afin de faciliter l'appréciation de l'évolution de l'impact sonore, il peut être nécessaire de faire figurer d'autres contours iso-bruit à des seuils  $L_{Amax}$  différents.

La Figure 4 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 les courbes  $L_{Amax}$  62 et 65 dB(A).

#### 4.4.3.3. 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.

#### 4.4.3.4. Impact sur les émissions gazeuses (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>)

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 CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> entre les situations de statu quo et après changement.

Note : l'étude des émissions NO<sub>x</sub> n'est effectuée que dans le cas des projets comprenant des modifications de procédure intervenant sous 3000 ft au-dessus de l'altitude du terrain (ARP).

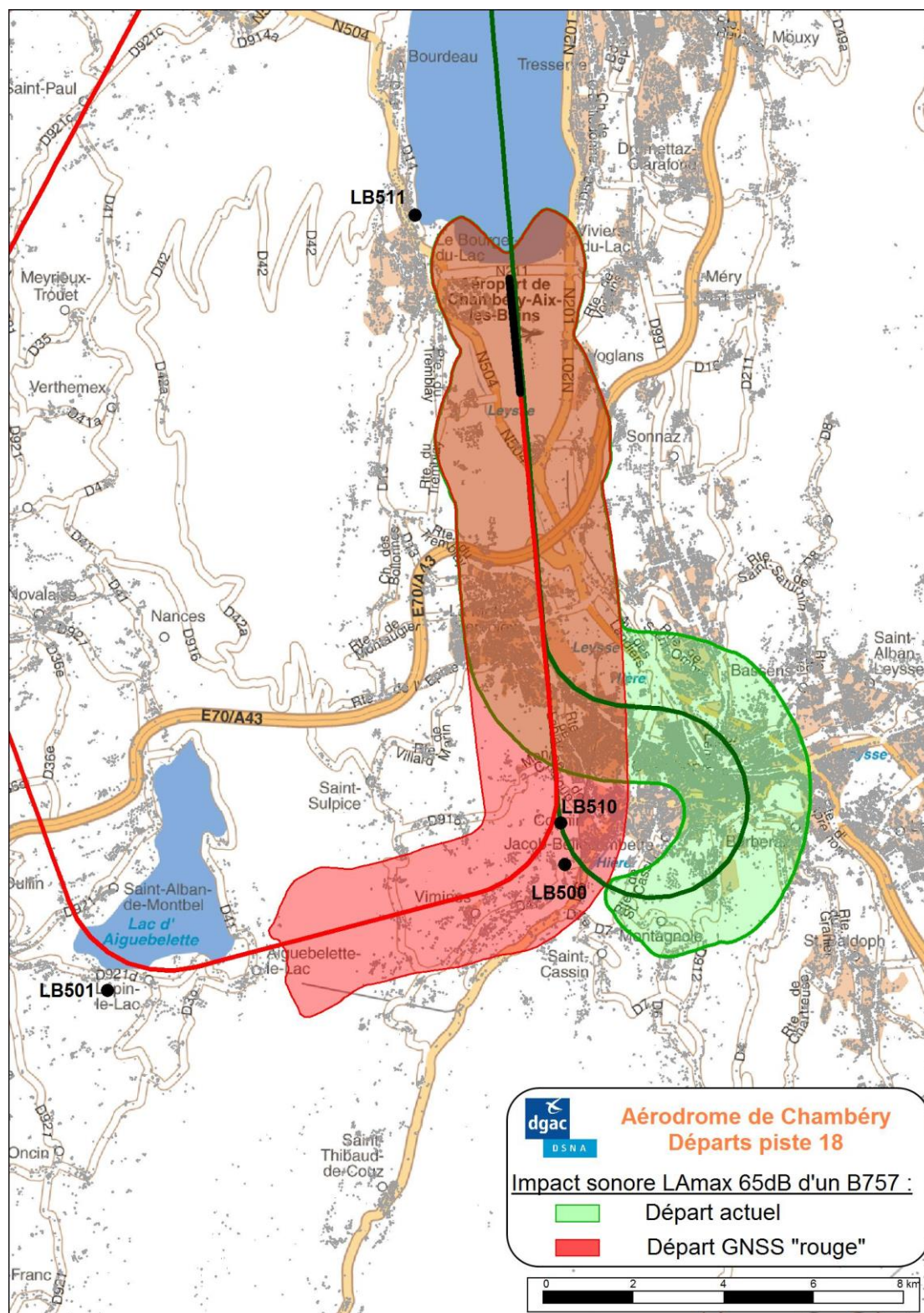


Figure 4 : Impact au sol des émissions sonores lors de départs d'un B737-800 de Chambéry (projet étudié variante rouge)

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE + Parcelles habitées DGFIP)

## 4.5. EICA de niveau 3

### 4.5.1. 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.

### 4.5.2. 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.

### 4.5.3. 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 CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> (l'impact des émissions NO<sub>x</sub> n'est calculé que dans le cas où le projet présente des modifications sous 3000 ft par rapport à l'altitude du terrain).

### 4.5.3.1. 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 30 survols<sup>3</sup> sous 6500 ft au-dessus de l'altitude du terrain,
- 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.

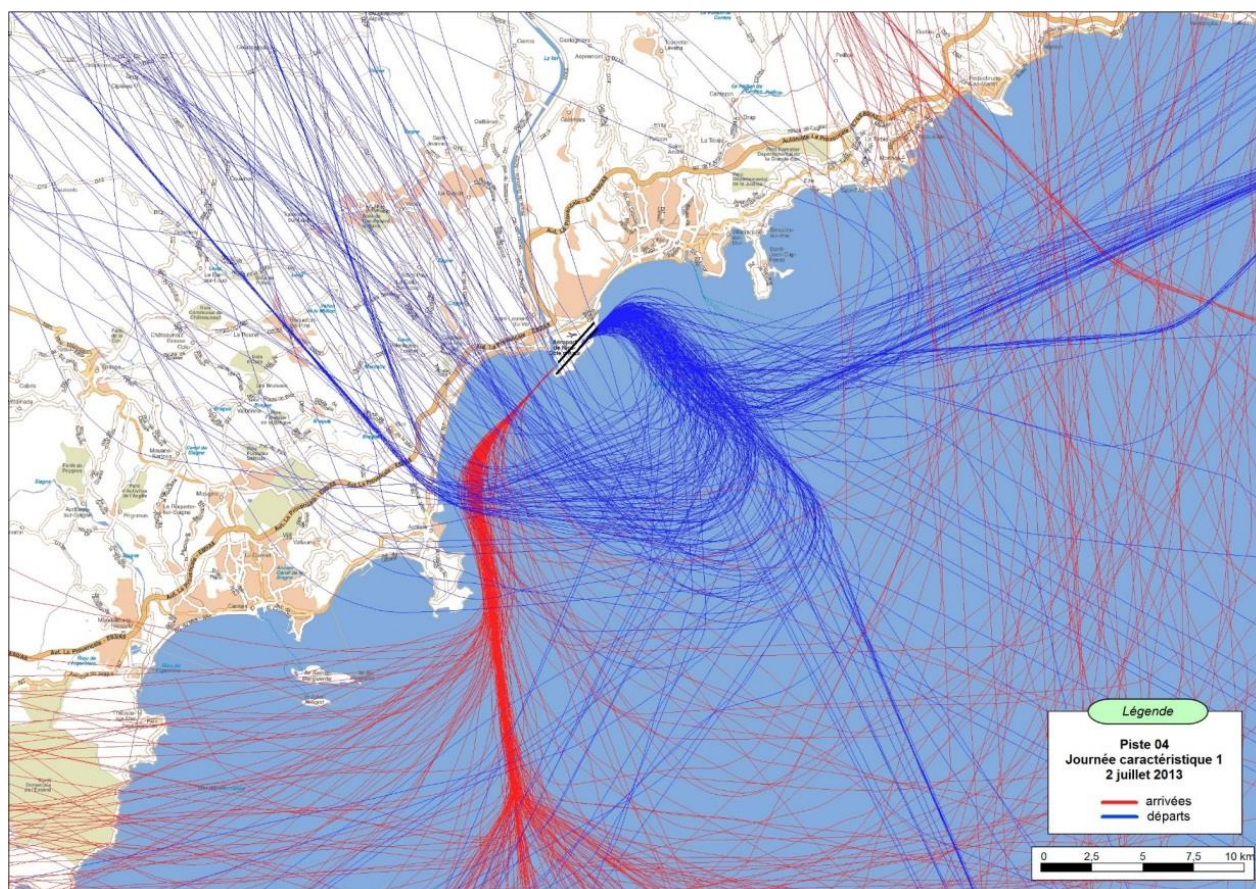
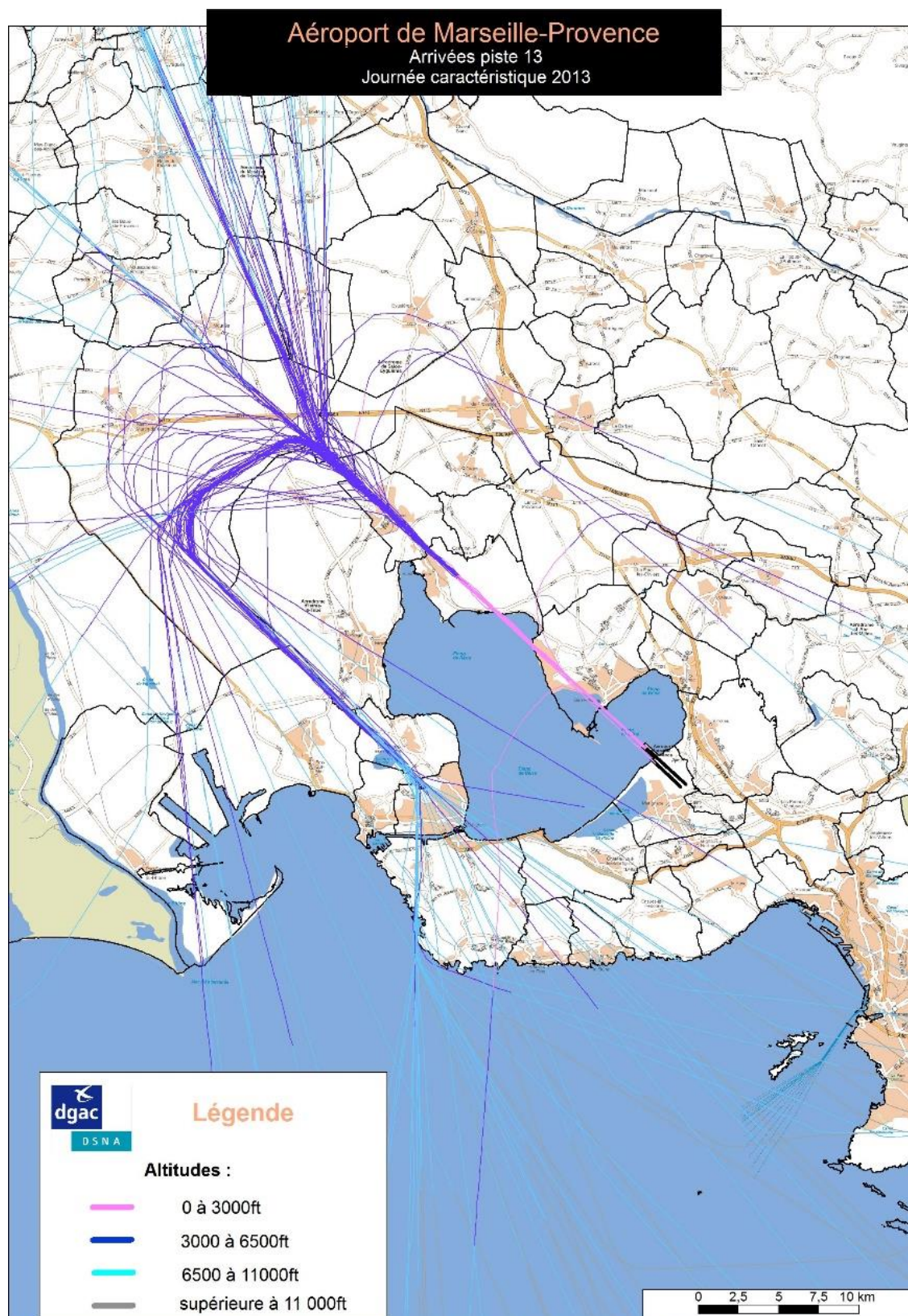


Figure 5 : Flux d'une journée de trajectoires à Nice (Configuration 04)

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

<sup>3</sup> Des densités de survols à des seuils plus bas ou sous des altitudes plus élevées peuvent être fournies à titre informatif.



**Figure 6 : Flux d'une journée de trajectoires en approche sur Marseille (face Sud) avec visualisation des tranches d'altitude**

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE + Parcelles habitées DGFIP)

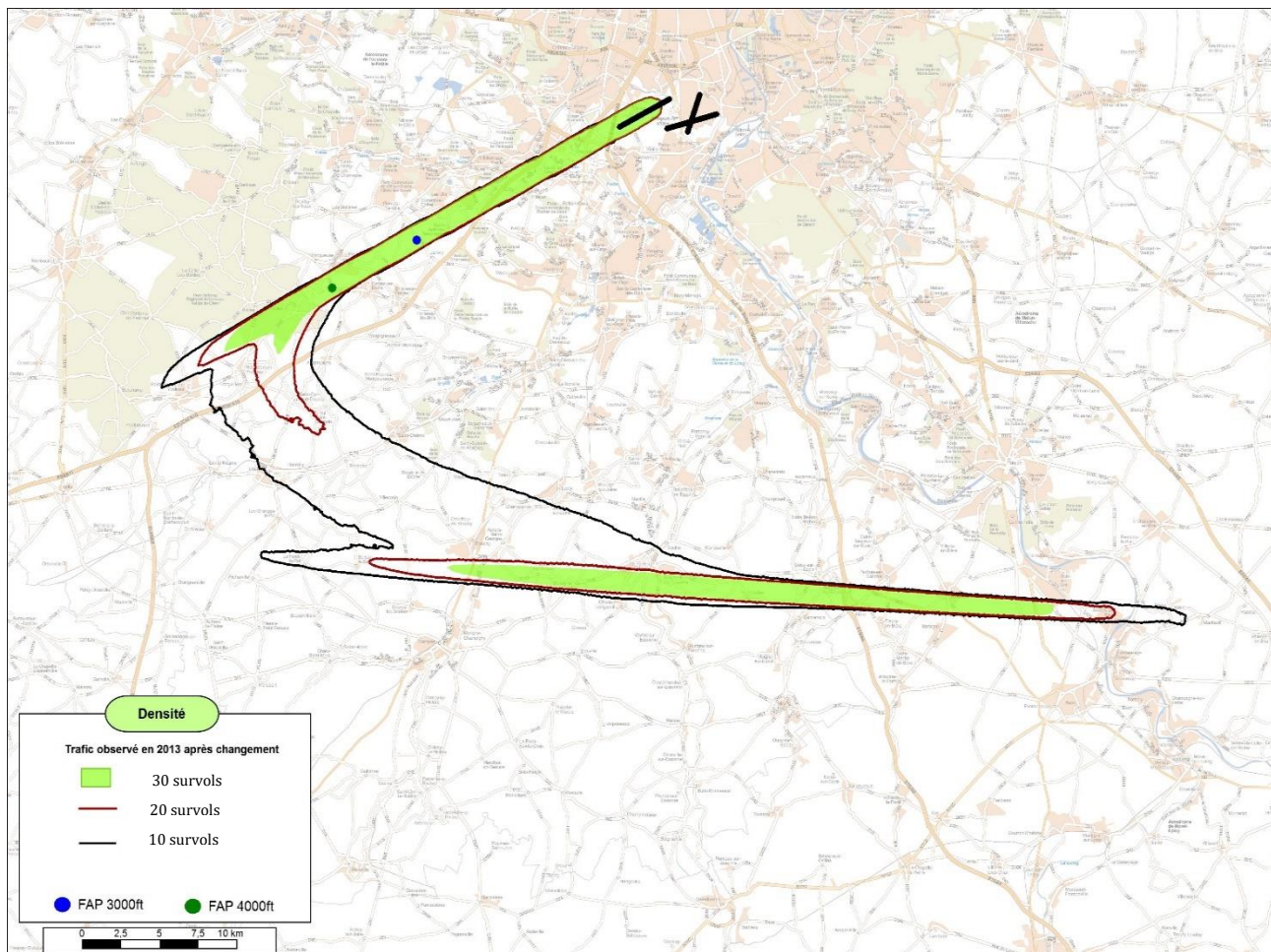


Figure 7 : Courbes de densité à des seuils 10, 20 et 30 survols à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

#### 4.5.3.2. 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 et d'un comptage de population impactée.

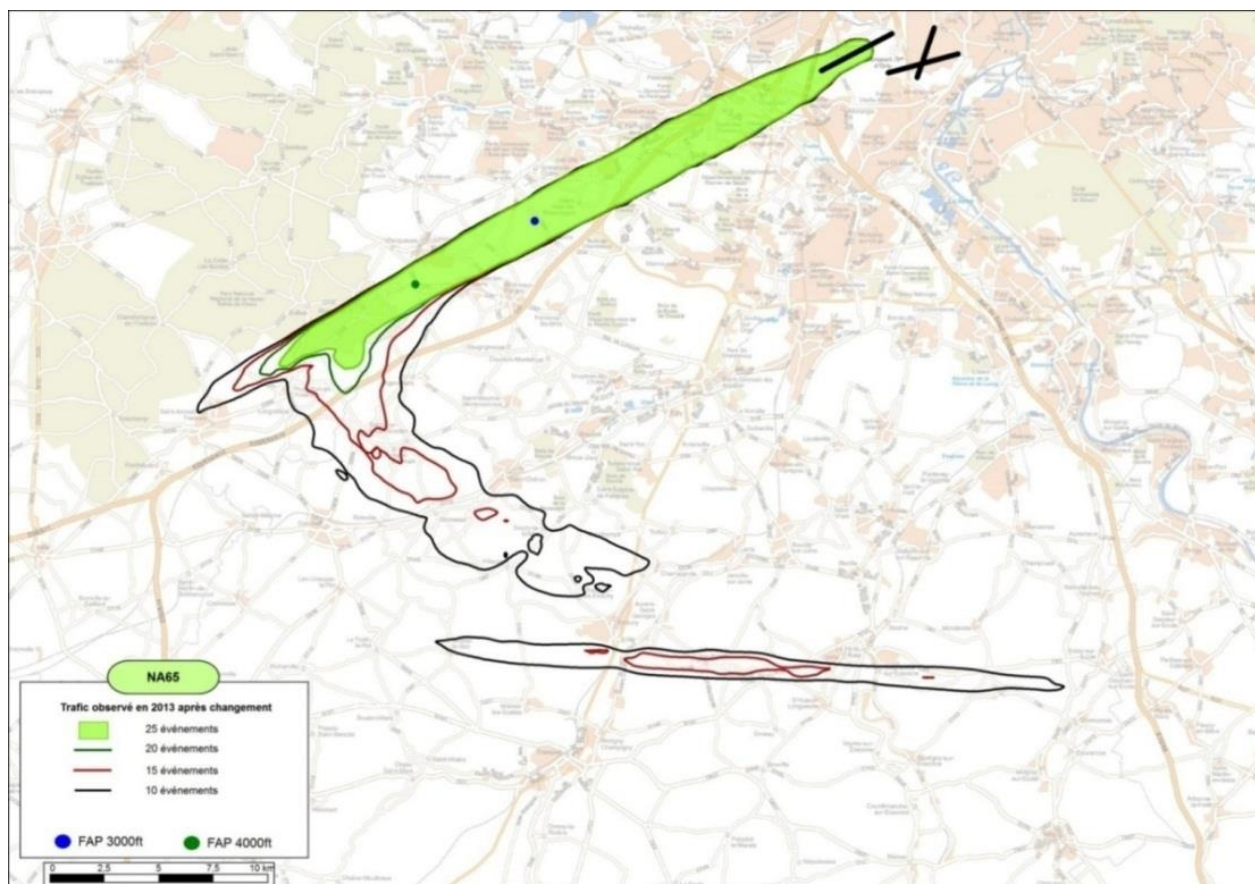
Les cartes sonores sont produites à partir des informations suivantes :

- 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 iso-niveau de l'indicateur NA aux seuils fixés pour une étude de niveau 3 à plus de 25 événements<sup>4</sup> de plus de  $L_{Amax}$  62 et 65 dB(A). Afin de faciliter l'appréciation de

<sup>4</sup> Le seuil de 25 événements correspond à l'analyse d'une journée complète (24 heures). Si la période d'analyse est plus réduite (exemple de l'étude de l'impact du trafic nocturne), le seuil pourra être plus bas.

l'évolution de l'impact sonore, il peut être nécessaire de faire figurer d'autres contours iso-bruit à des seuils et nombre d'événements différents.

Le comptage de population est effectué avant changement et après changement en considérant la population impactée par les courbes NA62 et NA65. Le nombre d'événements correspond à celui préconisé de 25 (ou à celui déterminé en raison du faible trafic concerné).



**Figure 8 : Courbes NA65 : 10, 15, 20, 25 événements à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)**

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

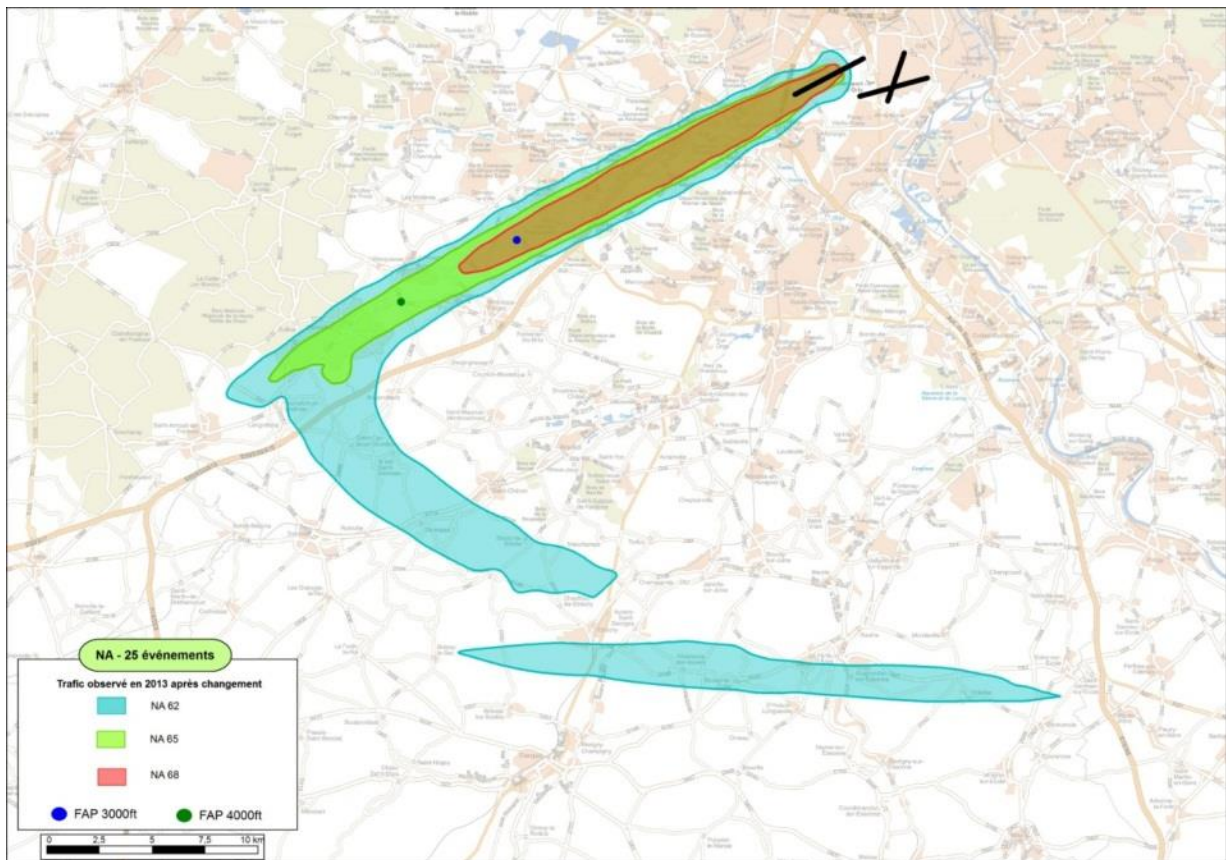


Figure 9 : Courbes de NA à des valeurs seuils de 62, 65 et 68 dB(A) à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06)

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

#### 4.5.3.3. 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.



#### 4.5.3.4. Impact sur les émissions gazeuses (CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>)

L'évaluation de l'impact sur les émissions gazeuses 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 chiffrage absolu, des émissions de CO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub> entre les situations de statu quo et après changement.

Note : l'étude des émissions NO<sub>x</sub> 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).

(Page intentionnellement laissée blanche)

## 5. GLOSSAIRE

<b><u>ACROPOLE</u></b>	AirCRAFT Operations nOise & fuel Efficiency, projet développé par la Mission Environnement (DSNA) qui propose des solutions utilisant des technologies d'intelligence artificielle afin d'améliorer l'évaluation et le suivi de l'impact environnemental des opérations aériennes.
<b><u>ACNUSA</u></b>	Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires
<b><u>ARP</u></b>	« Airport Reference Position », point géographique de référence de l'aéroport notamment l'altitude du terrain.
<b><u>BADA</u></b>	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.
<b><u>CAEP</u></b>	Committee on Aviation Environmental Protection (comité technique dépendant de l'OACI)
<b><u>CEAC</u></b>	Conférence Européenne de l'Aviation Civile
<b><u>CCE</u></b>	Commission Consultative de l'Environnement
<b><u>EICA</u></b>	Etude d'Impact de la Circulation Aérienne
<b><u>DSAC</u></b>	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile
<b><u>DSAC-IR</u></b>	Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile – Inter-régionale
<b><u>DSNA</u></b>	Direction des Services de la Navigation Aérienne
<b><u>IMPACT</u></b>	Plateforme de modélisation acoustique et d'émissions gazeuses de trafic aérien développée par Eurocontrol. Le modèle de bruit d'IMPACT est utilisé pour l'élaboration des EICA, et des cartes réglementaires de bruit (CSB, PEB, PGS)
<b><u>INSEE</u></b>	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
<b><u>OACI</u></b>	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
<b><u>PEB</u></b>	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
<b><u>PGS</u></b>	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

---

<b><u>CSB</u></b>	Carte stratégique de bruit (application de la directive européenne 2002/49/CE de 2002)
<b><u>Procédure</u></b>	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
<b><u>QFU</u></b>	Identification d'une piste basée sur son orientation magnétique
<b><u>SIG</u></b>	Système 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.).
<b><u>SNA</u></b>	Service de la Navigation Aérienne
<b><u>STAC</u></b>	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

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

<b>B. Identification</b>		
Service :	Référence :	Date : / / 20

<b>C. Affaire suivie par</b>	
Nom du rédacteur de l'EICA :	Fonction :

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

<b>E. Mise en œuvre</b>		
<b>Modalités de mise en œuvre</b>		
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

<b>F. Diffusion</b>
<b>Destinataires pour action</b>
<b>Copie pour information</b>

<b>G. Détermination du niveau de complexité de l'EICA</b>			
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	
<b>Niveau de complexité de l'EICA</b>	<input type="checkbox"/> niveau 1	<input type="checkbox"/> niveau 2	<input type="checkbox"/> niveau 3
(*) 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. 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.			

<b>H. Documents joints à transmettre à la mission Environnement de la DSNA lors de la première prise de contact</b>
[Préciser notamment <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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,</li> <li>• 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)</li> <li>• Statistiques d'utilisation des pistes,</li> <li>• Pratiques actuelles et attendues du contrôle aérien (guidage radar, direct...),</li> <li>• (...)]</li> </ul>



## Annexe 2 : Exemple d'application des critères de complexité en 2019

**Les 29 terrains du bulletin statistique de trafic aérien 2019 pour lesquels les critères nombre de passagers et nombre de mouvements commerciaux ne sont pas validés**

Terrain	Nombre de mouvements	Nombre de passagers
AGEN-LA-GARENNE	1094	14,901
ALBERT-BRAY	709	3,465
ANGERS-MARCE	528	5,009
ANNECY-MEYTHET	2116	3,387
AURILLAC	1341	38,413
AVIGNON-CAUMONT	1723	6,857
BRIVE-SOUILLAC	2020	93,266
CASTRES-MAZAMET	1542	47,412
CHALONS-VATRY	1033	80,627
CHATEAUROUX-DEOLS	111	4,535
CHERBOURG-MAUPERTUS	205	3,640
COLMAR-HOUSSEN	324	1,857
COURCHEVEL	3191	6,207
DIJON-LONGVIC	344	3,028
DINARD-PLEURUIT-ST-MALO	1176	95,907
LE HAVRE-OCTEVILLE	195	6,633
LE MANS-ARNAGE	1067	6,189
LE PUY-LOUDES	880	5,399
NANCY-ESSEY	185	1,091
ORLEANS-ST-DENIS-DE-L'HOTEL	281	1,394
OUESSANT	960	3,244
QUIMPER-PLUGUFFAN	1550	57,203
RODEZ-AVEYRON	1983	87,124
ROUEN-VALLEE-DE-SEINE	491	11,284
ST-BRIEUC-ARMOR	510	3,876
ST-ETIENNE-LOIRE	404	5,313
ST-NAZAIRE-MONTOIR	1632	15,664
ST-TROPEZ-LA-MOLE	1906	3,453
VALENCIENNES-DENAIN	116	1,120

## Les 43 terrains du bulletin statistique de trafic aérien 2019 pour lesquels une coordination avec la mission Environnement est nécessaire

Terrain ACNUSA

Terrain	Nombre de mouvements	Nombre de passagers
AJACCIO-NAPOLEON-BONAPARTE	13226	1,507,488
BALE-MULHOUSE	80173	9,074,922
BASTIA-PORETTA	15613	1,558,900
BEAUVAIS-TILLE	23934	3,982,531
BERGERAC-DORDOGNE-PERIGORD	2873	283,803
BEZIERS-VIAS	1847	259,153
BIARRITZ-PAYS-BASQUE	9566	1,065,976
BORDEAUX-MERIGNAC	66031	7,692,726
BREST-BRETAGNE	14594	1,233,426
CAEN-CARPIQUET	4976	304,713
CALVI-STE-CATHERINE	4858	336,672
CANNES-MANDELIEU	7289	7,543
CARCASSONNE-SALVAZA	2307	351,851
CHAMBERY-AIX-LES-BAINS	5890	203,491
CLERMONT-FERRAND-AUVERGNE	8451	432,339
DEAUVILLE-NORMANDIE	1950	127,273
DOLE-TAUAUX	820	111,118
FIGARI-SUD-CORSE	9588	737,700
GRENOBLE-ALPES-ISERE	3825	308,012
LA ROCHELLE-ILE DE RE	3603	231,647
LILLE-LESQUIN	21868	2,188,910
LIMOGES-BELLEGARDE	4004	300,586
LORIENT-LANN-BIHOUE	3356	102,064
LYON-BRON	4072	12,190
LYON-ST-EXUPERY	113414	11,731,043
MARSEILLE-PROVENCE	97413	10,148,207
METZ-NANCY-LORRAINE	5126	251,759
MONTPELLIER-MEDITERRANEE	18515	1,935,911
NANTES-ATLANTIQUE	63187	7,225,390
NICE-COTE-D'AZUR	166381	14,484,299
NIMES-GARONS	1663	230,515

Terrain	Nombre de mouvements	Nombre de passagers
PARIS-CHARLES-DE-GAULLE	498172	76,167,233
PARIS-LE-BOURGET	48100	117,722
PARIS-ORLY	218378	31,855,126
PAU-PYRENEES	9647	602,302
PERPIGNAN-RIVESALTES	4675	476,696
POITIERS-BIARD	2620	114,015
RENNES-ST-JACQUES	14107	851,558
STRASBOURG-ENTZHEIM	16999	1,283,373
TARBES-LOURDES-PYRENEES	4260	465,166
TOULON-HYERES	10764	505,973
TOULOUSE-BLAGNAC	88773	9,642,925
TOURS-VAL-DE-LOIRE	1450	195,402

(Page intentionnellement laissée blanche)

## Annexe 3 : Modèle EICA niveau 1

### Introduction

#### Contexte

Objectif : Décrire les raisons de l'étude

#### Niveau de complexité de l'EICA

Objectif : Justifier le niveau de complexité à partir des informations DTA (Bulletin statistique du trafic aérien annuel)

**Tableau 1 : Analyse critères de complexité**

Question	Réponse	Critère
Nombre quotidien de mouvements commerciaux supérieur à 10 (soit 3650/an) (données DTA)	???	Oui/Non
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>	<u>6/jour</u> <u>(2307/an)</u>	<u>Non</u>
Nombre annuel de passagers commerciaux supérieur à 100000 ? (données DTA)	???	Oui/Non
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>	351851	Oui
Sensibilité environnementale du Terrain (Oui/Non)	???	Oui/Non
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza</u>		Non
<b>Bilan</b>		<b>Si Non aux trois réponses : niveau 1.</b>  <b>Cas contraire : contacter ME</b>

Source : Données DTA (bulletin statistique du trafic aérien annuel)

### **Flux concernés par les modifications de procédure**

*Objectifs : Caractériser le(s) flux concernés par la modification de procédure*

#### **Nombre moyen journalier de mouvements (arrivées et/ou départs) sur la plateforme (tous QFU)**

*Objectifs : Décrire le trafic global annuel (départs et/ou arrivées) sans distinction de procédure à partir des informations DTA (Bulletin statistique du trafic aérien annuel)*

**Tableau 2 : nombre(s) moyen(s) journalier(s) de mouvements**

<b>Type de vol</b>	<b>Nombre de mouvements (ARR et/ou DEP)</b>
<b>Commercial</b>	???
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>	1154 départs/an soit 3 départs/jour
<b>Non Commercial</b>	???
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>	10243 départs/an soit 28 départs/jour

*Source : Bulletin statistique du trafic aérien de 2019 (DTA)*

#### **Utilisation des pistes**

*Objectifs : Décrire l'utilisation des pistes (QFU) à partir des trajectoires RADAR Turboréacteurs et Turbopropulseurs (statistiques ELVIRA)*

**Tableau 3 : statistiques Turboréacteurs/Turbopropulseurs selon QFU**

<b>QFU</b>	<b>% d'utilisation</b>
<b>QFU 1</b>	???
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>	31% des départs en piste 10
<b>QFU 2</b>	???
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>	69% des départs en piste 28

*Source : Analyse statistique ELVIRA*

### Flux par secteur géographique ou procédure

*Objectifs : Décrire la répartition des flux Turboréacteurs/Turbopropulseurs à partir des trajectoires RADAR (statistiques ELVIRA)*

Il s'agit d'indiquer des statistiques d'utilisation des procédures en QFU dans lequel ont lieu les modifications.

**Tableau 4 : répartition des procédures en QFU concerné par la modification**

<b>Flux</b>	<b>%</b>	<b>Nombre de vols/jour</b>
Procédure A	???	???
Procédure B	???	???
(...)		
<u>Exemple Carcassonne-Salvaza (2019)</u>		
MASAM	81.5%	251
RAPES	10.1%	31
(...)		
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>???</b>

Source : Analyse statistique ELVIRA

### Présentation du dispositif statu quo

*Objectifs : Présenter le trafic statu quo sous forme de trajectoires radar et extraits de publication AIP.*

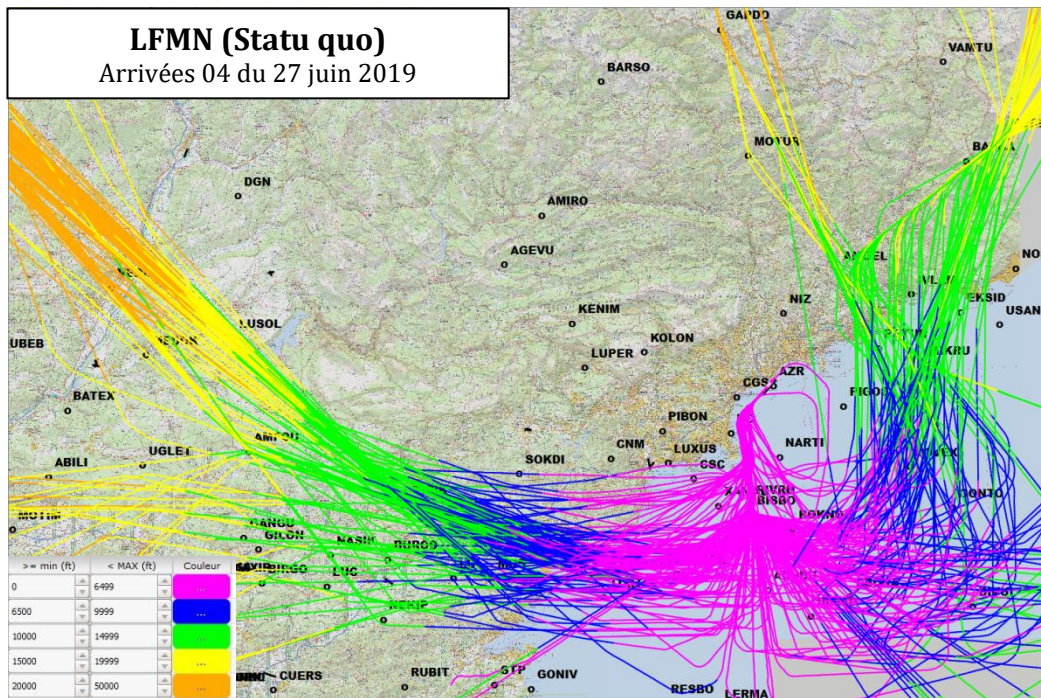
#### **Journée de trafic en QFU concerné par la modification**

*Objectifs : Présenter le trafic (départs et/ou arrivées) statu quo en QFU objet sous forme d'une journée de trajectoires radar sur fond de carte IGN.*

Une journée de trafic radar est présentée sur fond de carte IGN (Scan 100) à l'aide d'ELVIRA ou d'un SIG.

Contactez ME si besoin pour obtenir les cartes Scan 100.

Exemple Nice : journées d'arrivées en piste 04/22



**Figure 10 : Arrivées 04 du 27 juin 2019 à LFMN**

### Extraits de publication AIP

Carte et texte de(s) procédure(s) soumise(s) à modification.

### Projections sur fond de carte IGN

Les procédures sont présentées sur fond de carte IGN (Scan 100) à l'aide d'ELVIRA ou d'un SIG avec et sans les trajectoires radar de la journée de trafic sélectionnée précédemment.

Contactez ME si besoin pour obtenir les cartes Scan 100.



Exemple Nice (STAR secteur Ouest et trajectoires radar arrivées en piste 04):

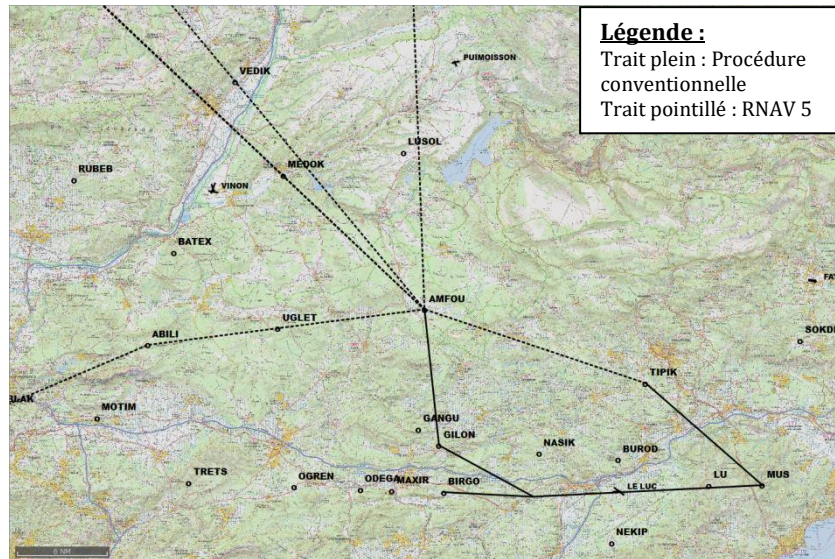


Figure 11 : STAR Secteur Ouest dispositif statu quo à LFMN

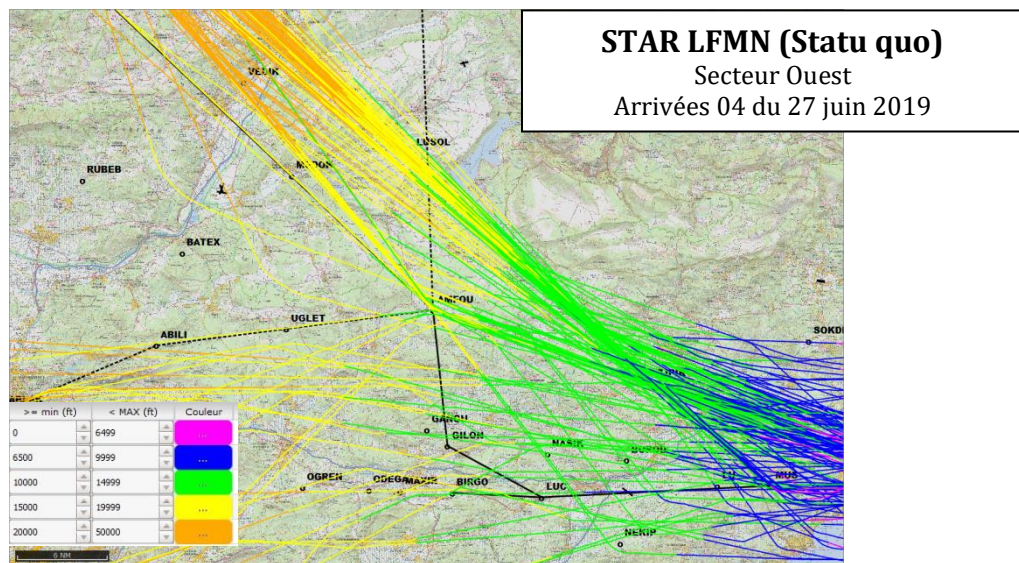


Figure 12 : STAR Secteur Ouest dispositif statu quo et trajectoires d'arrivées 04 du 27 juin 2019 à LFMN

Source : Interne (ELVIRA + carte IGN SCAN 100)

## Présentation du dispositif projet

Objectifs : Présenter le projet sous forme d'extraits de publication AIP et de projections sur fond de carte IGN Scan 100 de(s) tracé(s) horizontal de(s) procédure(s) projet.

### Extraits de publication AIP

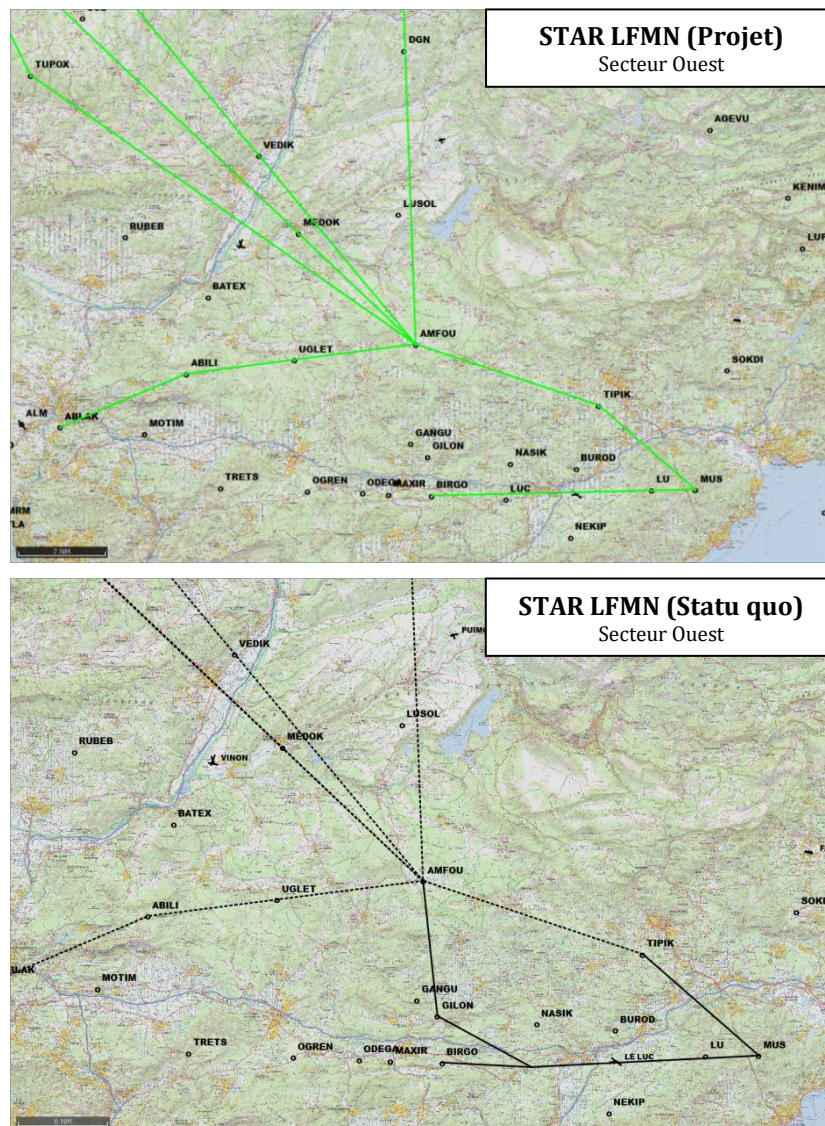
Carte et texte de(s) procédure(s) projet.

### Projections sur fond de carte IGN

Les procédures sont présentées sur fond de carte IGN (Scan 100) à l'aide d'ELVIRA ou d'un SIG.

Contactez ME si besoin pour obtenir les cartes Scan 100.

Exemple Nice (STAR secteur Ouest):



**Figure 13 : STAR Secteur Ouest dispositif projet et statu quo (pour comparaison) à LFMN**

Source : Interne (ELVIRA + carte IGN SCAN 100)

## Bilan environnemental du projet de modification

Objectifs : Synthétiser les caractéristiques des flux modifiés et l'analyse qualitative de l'impact environnementale du projet.

### Caractéristiques des flux modifiés

#### Nombre et typologie avion

##### Exemple Nice (STAR):

Il n'y a majoritairement pas d'évolution significative de trafic (en nombre et typologie) par rapport à la situation statu quo.

Certaines arrivées en provenance d'Italie utiliseront la nouvelle procédure OZMIC contribuant ainsi à diminuer le nombre d'arrivées passant par BORDI en situation statu quo.

#### Tracé horizontal et évolution verticale

##### Exemple Nice (STAR):

Peu d'évolutions significatives par rapport à la situation statu quo sont attendues. Les principaux changements horizontaux sont attendus dans le secteur Sud-Est au-dessus de la mer.

### Analyse qualitative de l'impact environnemental

#### Impact visuel et sonore

##### Exemple Nice (STAR):

Les modifications des conditions de survol des zones terrestres attendues sont faibles (tracés horizontaux et profils verticaux inchangés) donc l'évolution d'impact visuel et sonore devrait être faible.

De plus, l'utilisation de la nouvelle procédure OZMIC (secteur Est) contribuera à diminuer l'impact visuel et sonore de certaines arrivées d'Italie qui actuellement transitent par BORDI.

#### Impact consommation carburant et émissions gazeuses : évolution des distances volées

##### Exemple Nice (STAR):

Il ne devrait également pas avoir d'évolution significative des distances survolées et par conséquent de la consommation de carburant et des émissions gazeuses, à l'exception de l'arrivée par OZMIC.

L'utilisation de cette arrivée, nécessitant une coordination avec le centre de Milan, devait permettre un gain théorique jusqu'à 88 NM en distance volées pour les vols en provenance de UNITA (80 NM est-nord-est de LFMN).

## Glossaire

## Annexe

(Page intentionnellement laissée blanche)

## Annexe 4 : 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.

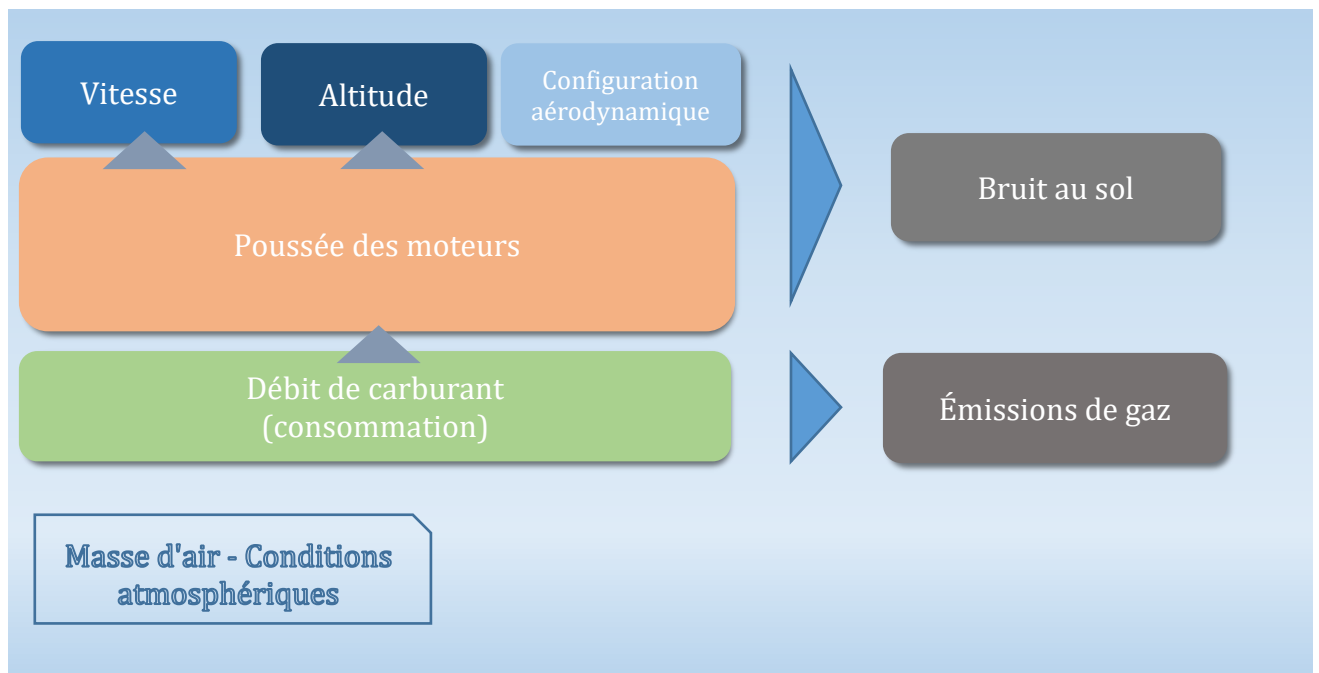


Figure 14: Relation entre poussée, bruit et émissions gazeuses

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 généralement pas possible de calculer l'ensemble des impacts uniquement à l'aide des données radar<sup>5</sup>. 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 15 illustre les relations entre les consignes d'entrée, les modèles et les sorties calculées.

---

<sup>5</sup> Toutefois, le développement des modèles en intelligence artificielle laisse entrevoir des perspectives nouvelles où la détermination de certains indicateurs comme la consommation de carburant et les émissions CO<sub>2</sub> pourraient être évalués à l'aide des trajectoires radar seules (voir l'outil ACROPOLE développé par la DSNA, cf. ci-après)

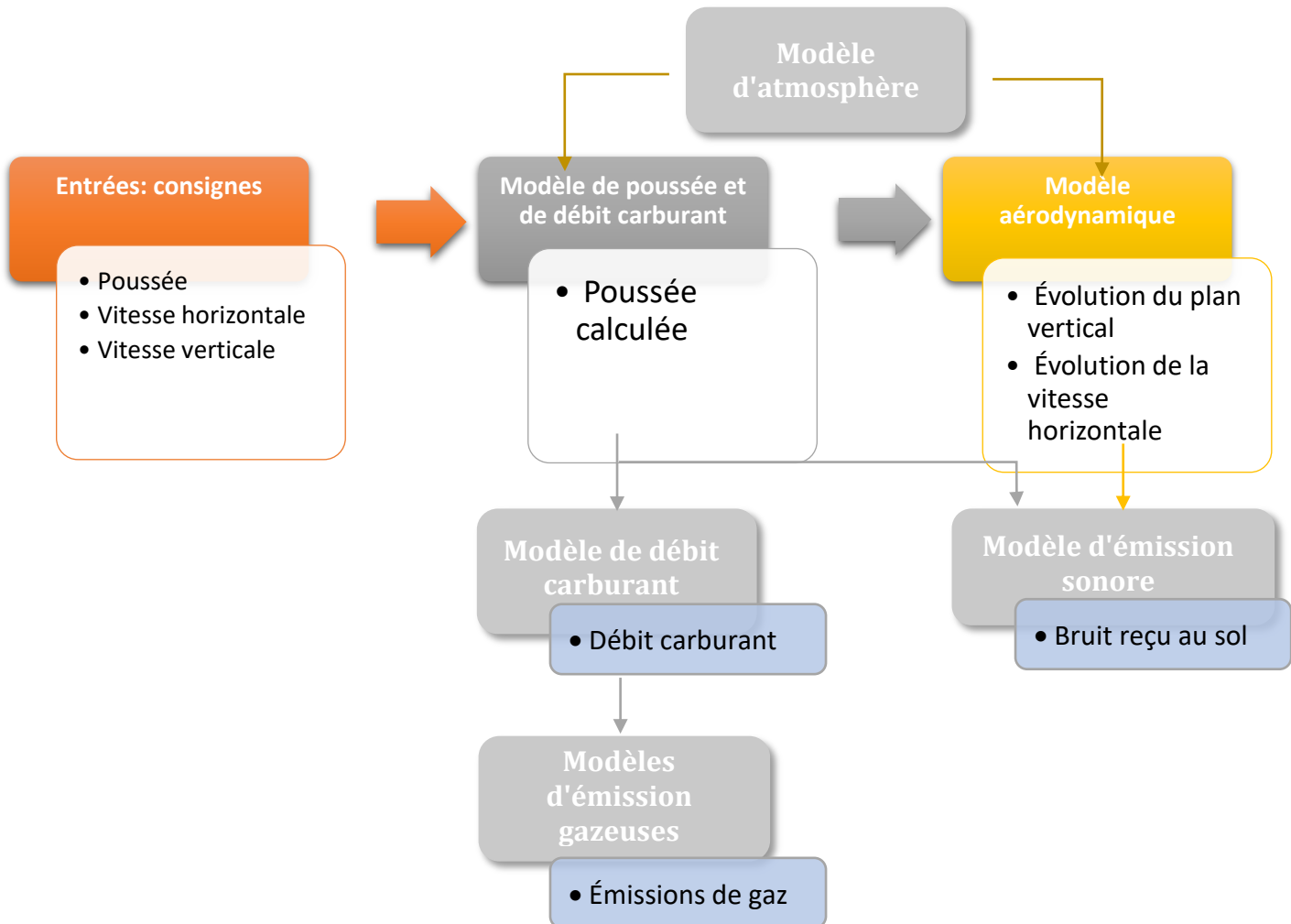


Figure 15 : Principe de modélisation des données

## Phasage de l'analyse

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

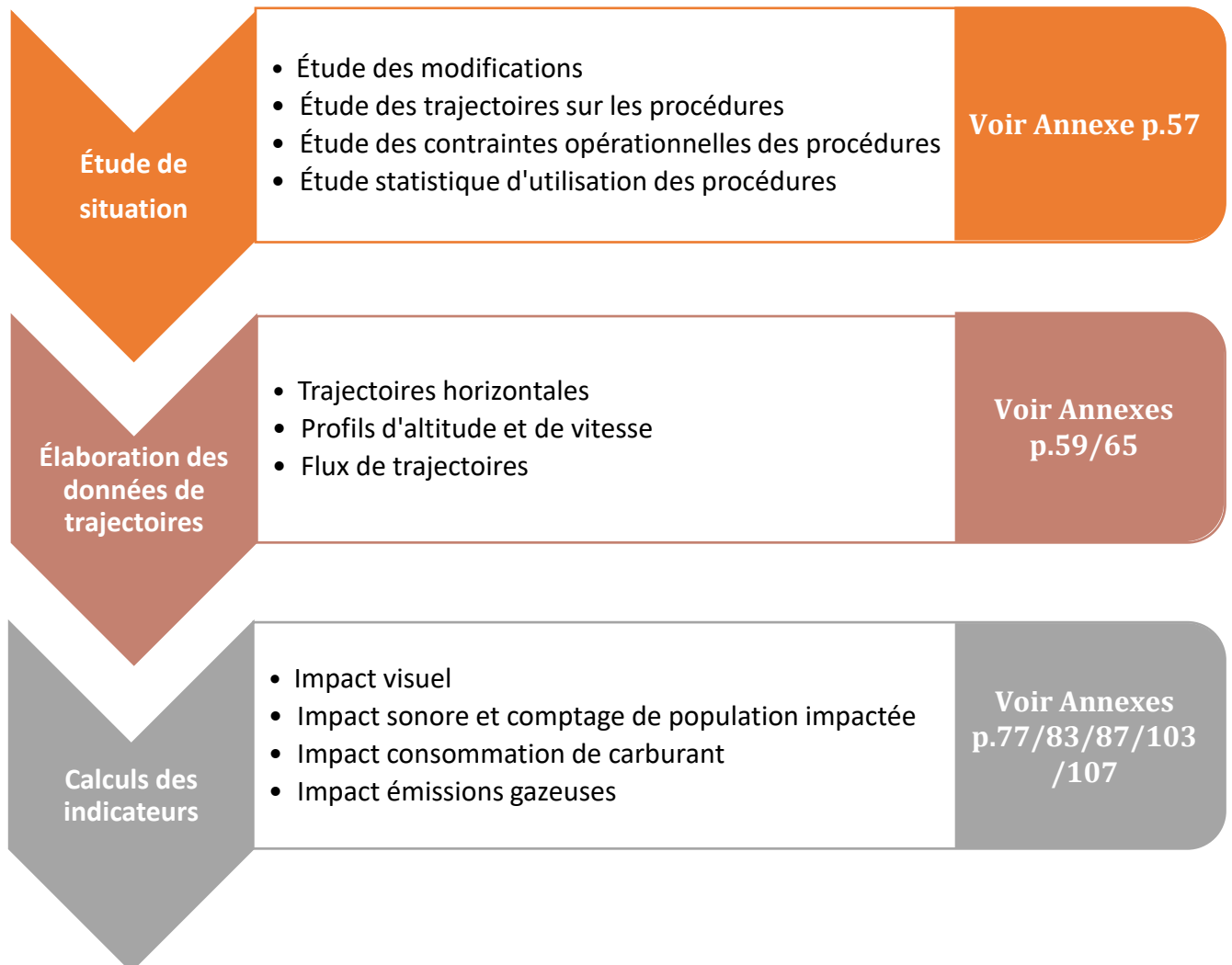


Figure 16 : Les principales étapes de la réalisation technique du dossier EICA



## **Annexe 5 : 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 CO<sub>2</sub>, 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 6 : 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 17 et Figure 18).

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 19 et Figure 20).

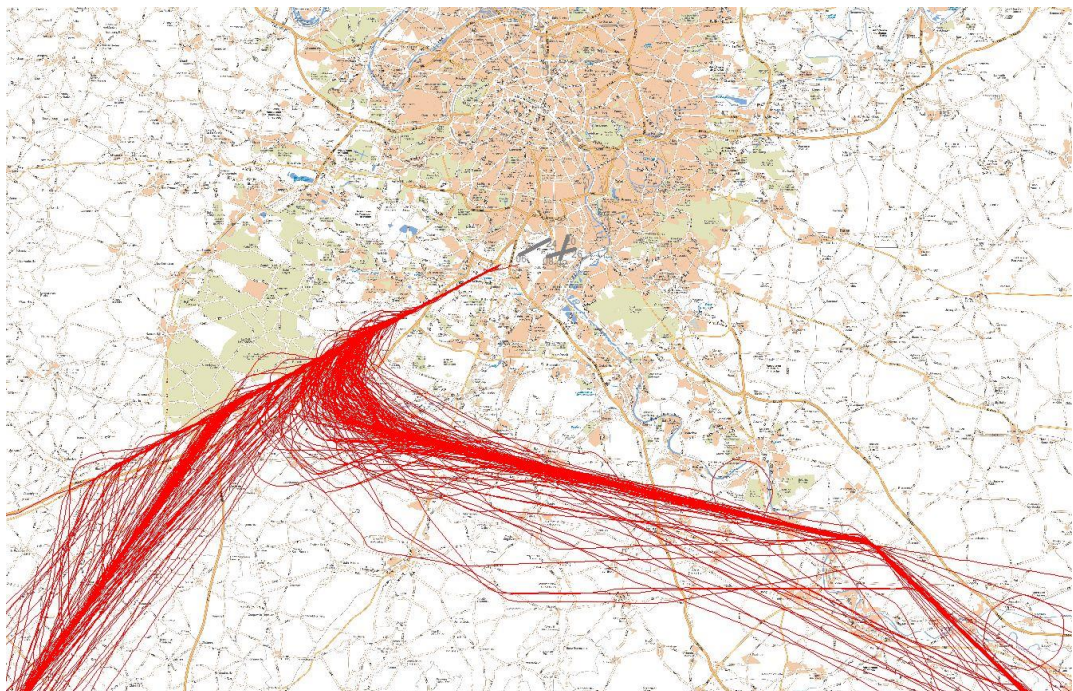
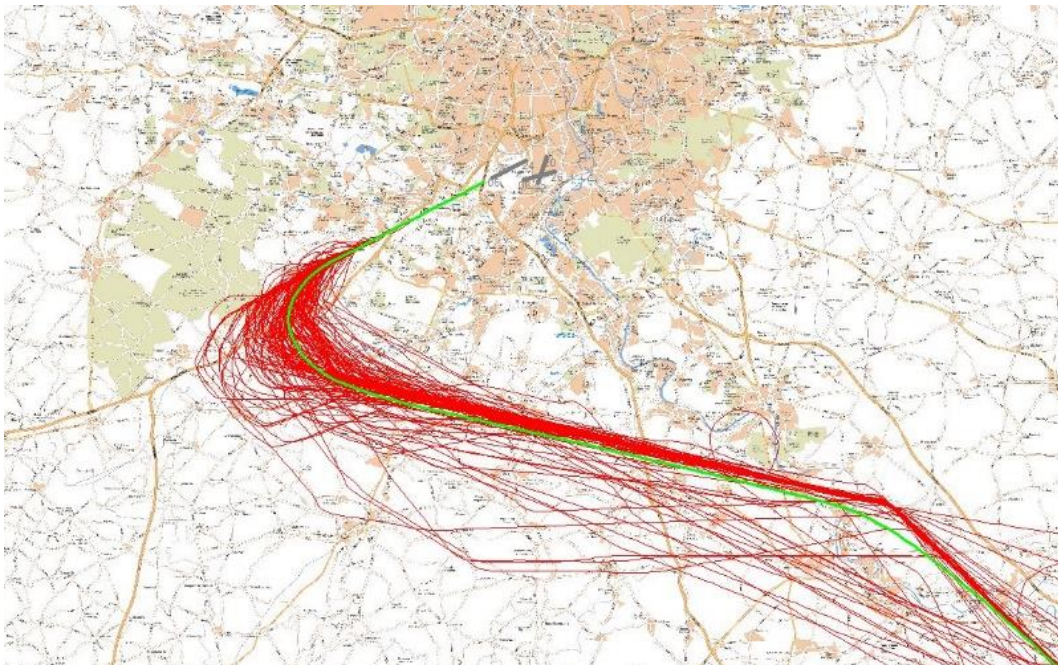
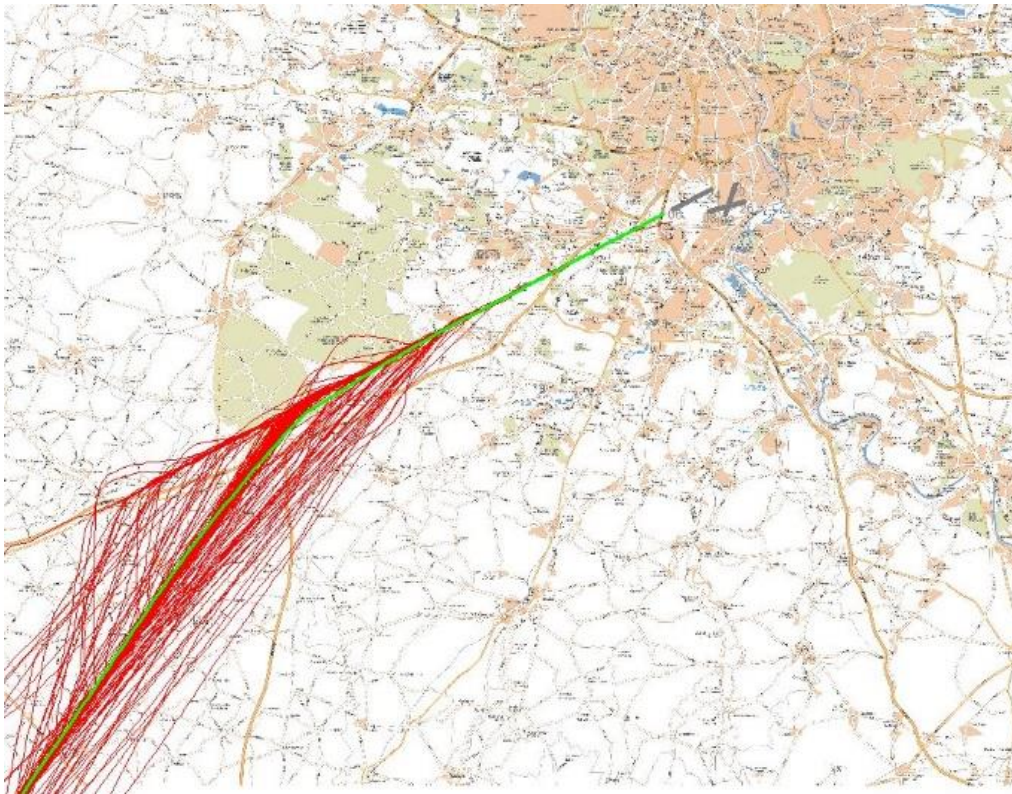


Figure 17 : Arrivées QFU 06 à Orly

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)



**Figure 18 : Distinction en deux flux des arrivées 06. Les trajectoires moyennes en vert sont également visualisées.**

*Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)*

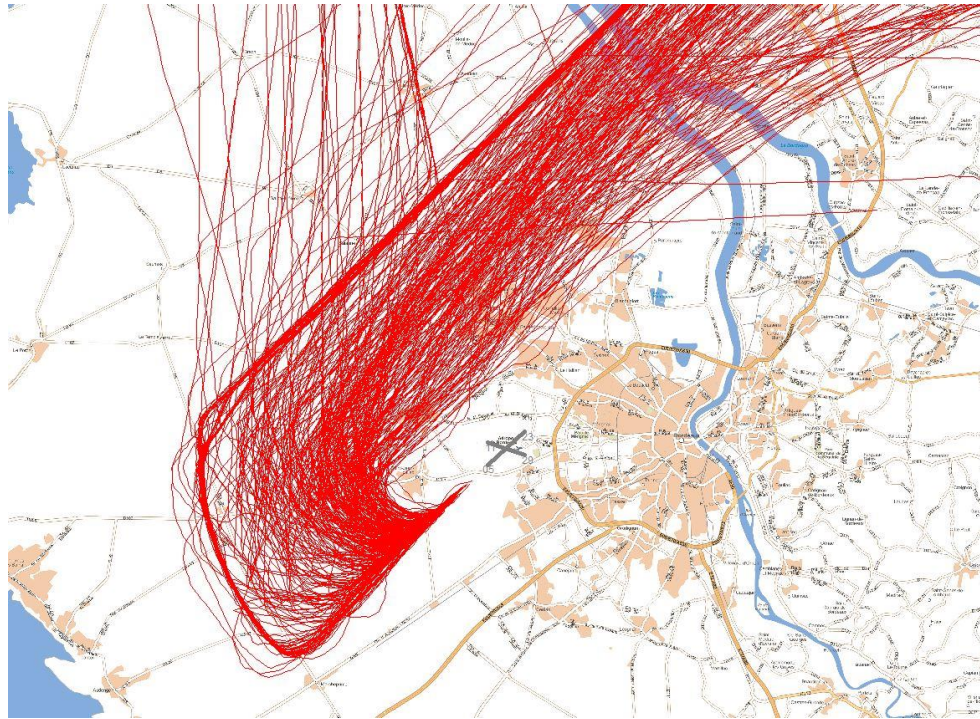


Figure 19 : Arrivées QFU 05 sur Bordeaux-Mérignac



Figure 20 : Distinction des arrivées 05 en deux flux (VOR-DME à gauche et approches à vue à droite)

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

## En situation de projet

Lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser des trajectoires radar obtenues après une phase d'évaluation (par SUP AIP), les trajectoires correspondant au projet étudié sont définies par simulation selon trois méthodes :

1. Utilisation des résultats d'un simulateur de trafic aérien,
2. Application d'une technique de déformation de flux réel développée par la mission Environnement,
3. Utilisation de modèles de performances avions.

### Simulateurs de trafic aérien :

Il existe deux types de simulateur de trafic aérien:

- les simulateurs arithmétiques : ils ne font intervenir ni contrôleurs, ni pilotes. Ils permettent 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. page 67).



### **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 page 67.

### **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 7 : 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 NM<sup>6</sup>); de nouveaux plots sont ainsi créés, différents des plots radar originaux (cf. Figure 21),
- Phase 2 : Une première approximation de la trajectoire moyenne est calculée selon la démarche suivante : le plot de rang N de la trajectoire moyenne est calculé comme le barycentre (moyenne de toutes les coordonnées) des plots de rang N des trajectoires de l'ensemble du flux.
- Phase 3 : En chaque plot de rang N de la trajectoire moyenne calculée en phase 2 :
  - Pour chaque trajectoire, le plot de celle-ci le plus proche du plot (de rang N) de la trajectoire moyenne est retenu,
  - Un nouveau plot de rang N est calculé comme le barycentre des plots les plus proches de chaque trajectoire,
- Phase 4 : la trajectoire moyenne dans sa version finale est formée par l'ensemble des points barycentres calculés en Phase 3 (cf. Figure 22),

S'agissant du profil vertical de la trajectoire moyenne, il est calculé à partir de l'évolution de l'altitude moyenne calculée en chacun des points barycentres déterminés en Phase 2 (cf. Figure 23).

<sup>6</sup> 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.

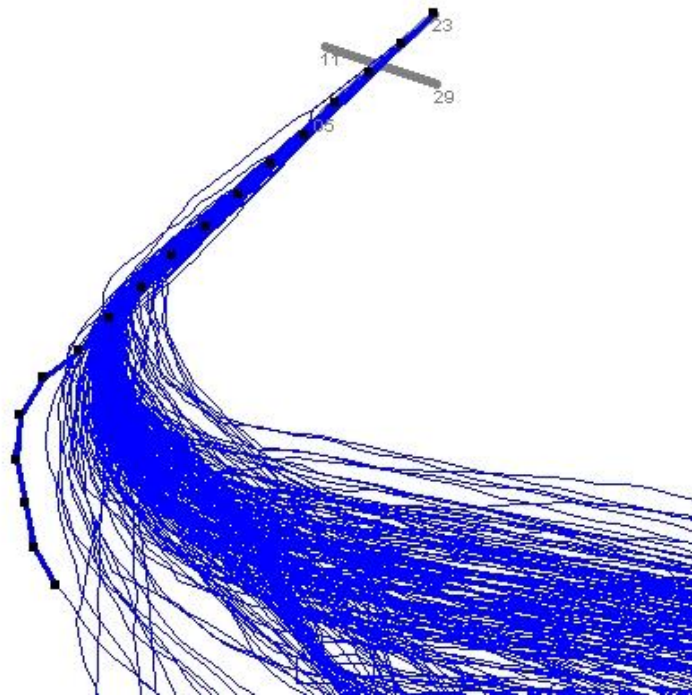


Figure 21 : Exemple d'échantillonnage des trajectoires (pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés)

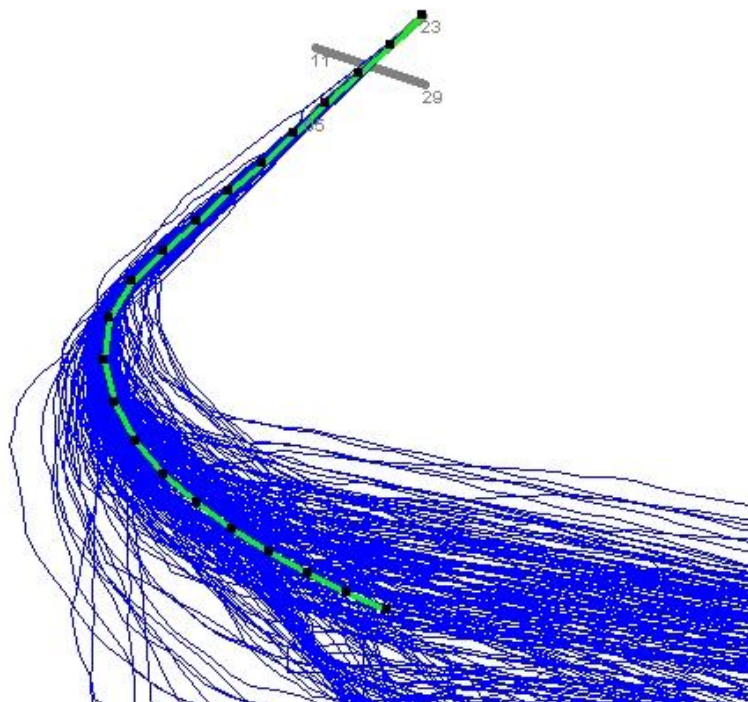


Figure 22 : Calcul de la trajectoire moyenne (points barycentres). Pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés.

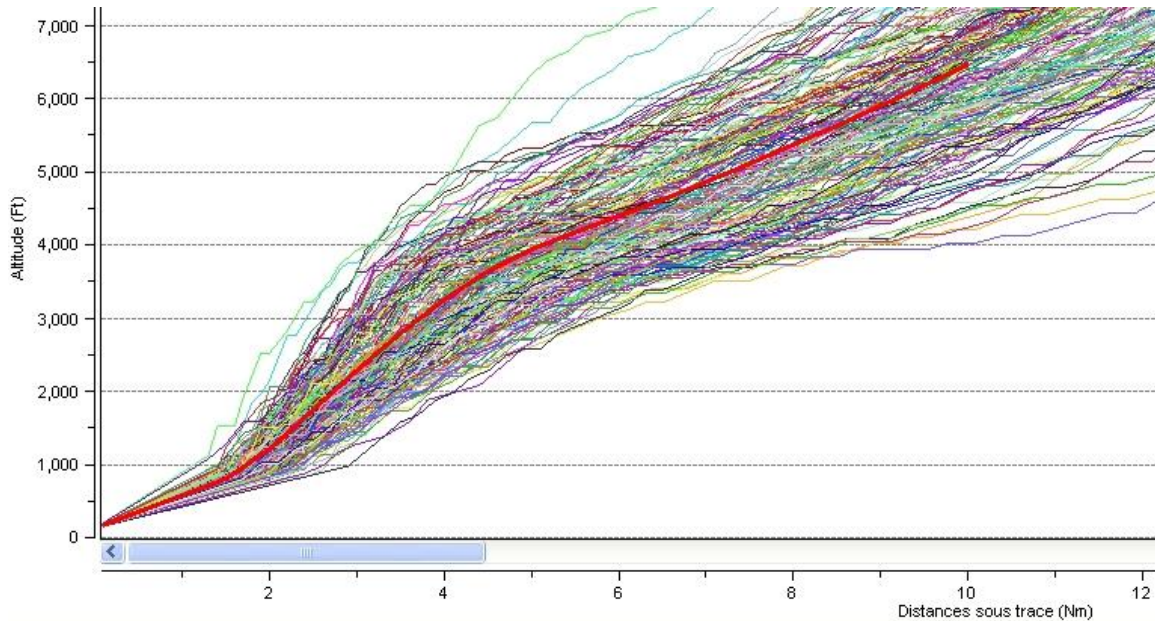


Figure 23 : Visualisation du profil moyen en altitude (cas d'un flux de départs)

## Elaboration 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 24) 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.

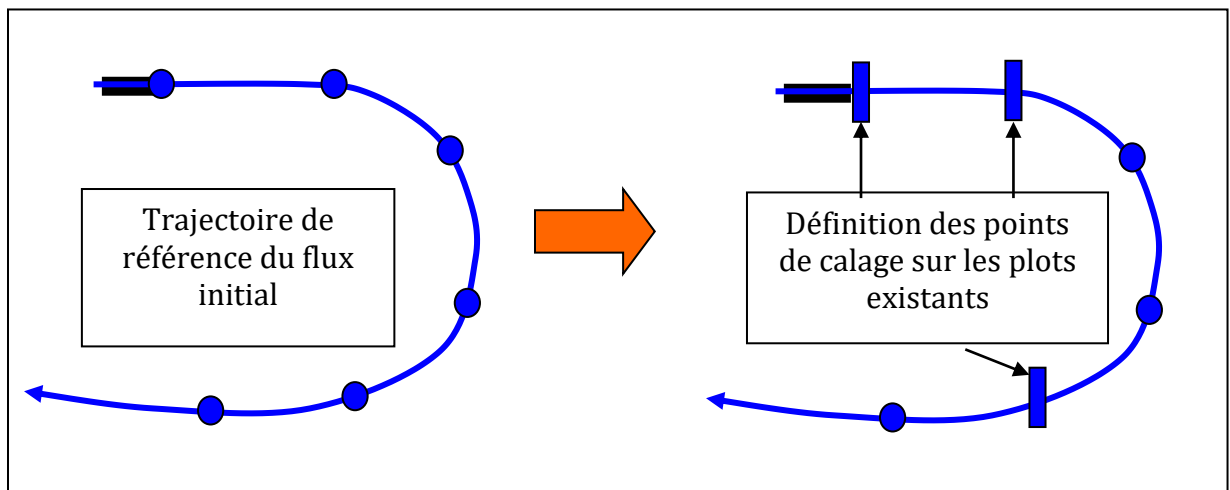


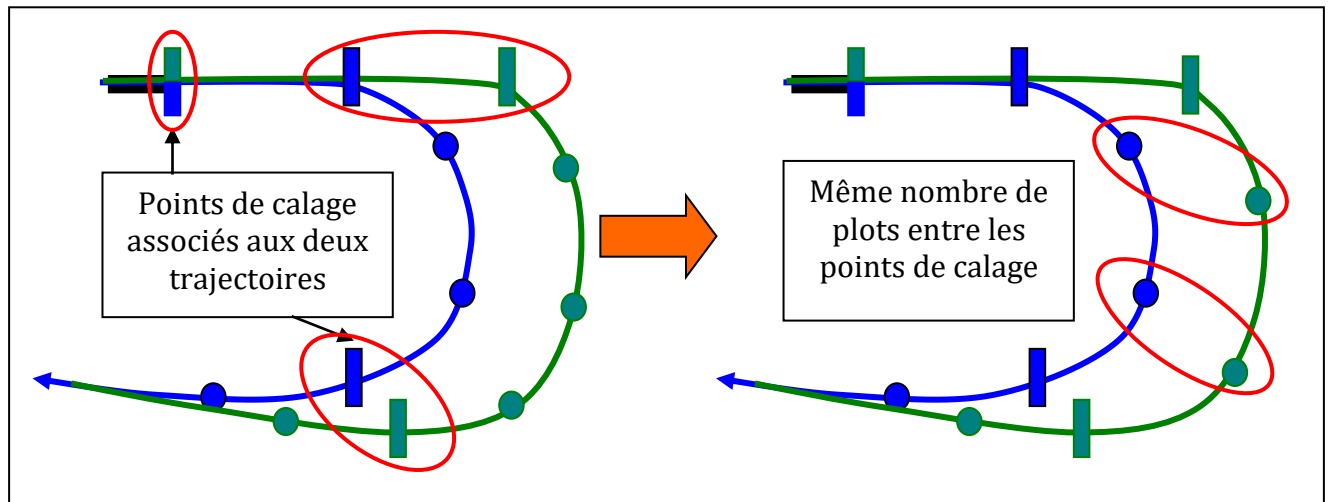
Figure 24 : Définition des points de calage sur la trajectoire de référence

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 25 et Figure 26.

### 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.

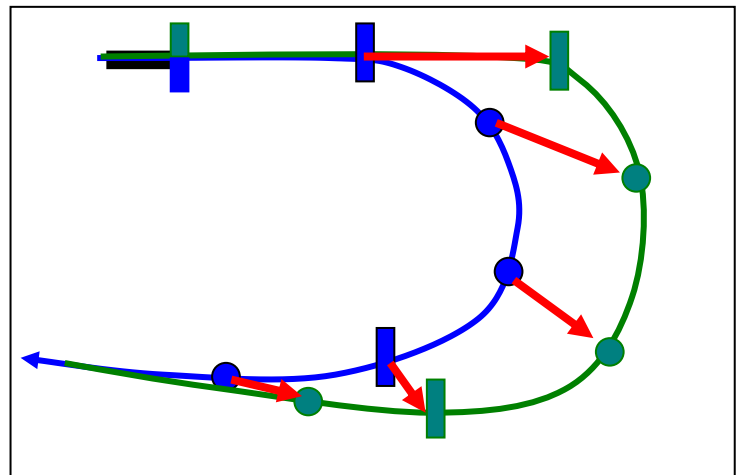


**Figure 25 : Correspondance aéronautique entre les plots de calage sur les deux trajectoires de référence**

### 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 26 : Vecteurs de translation**

### Déformation du flux initial

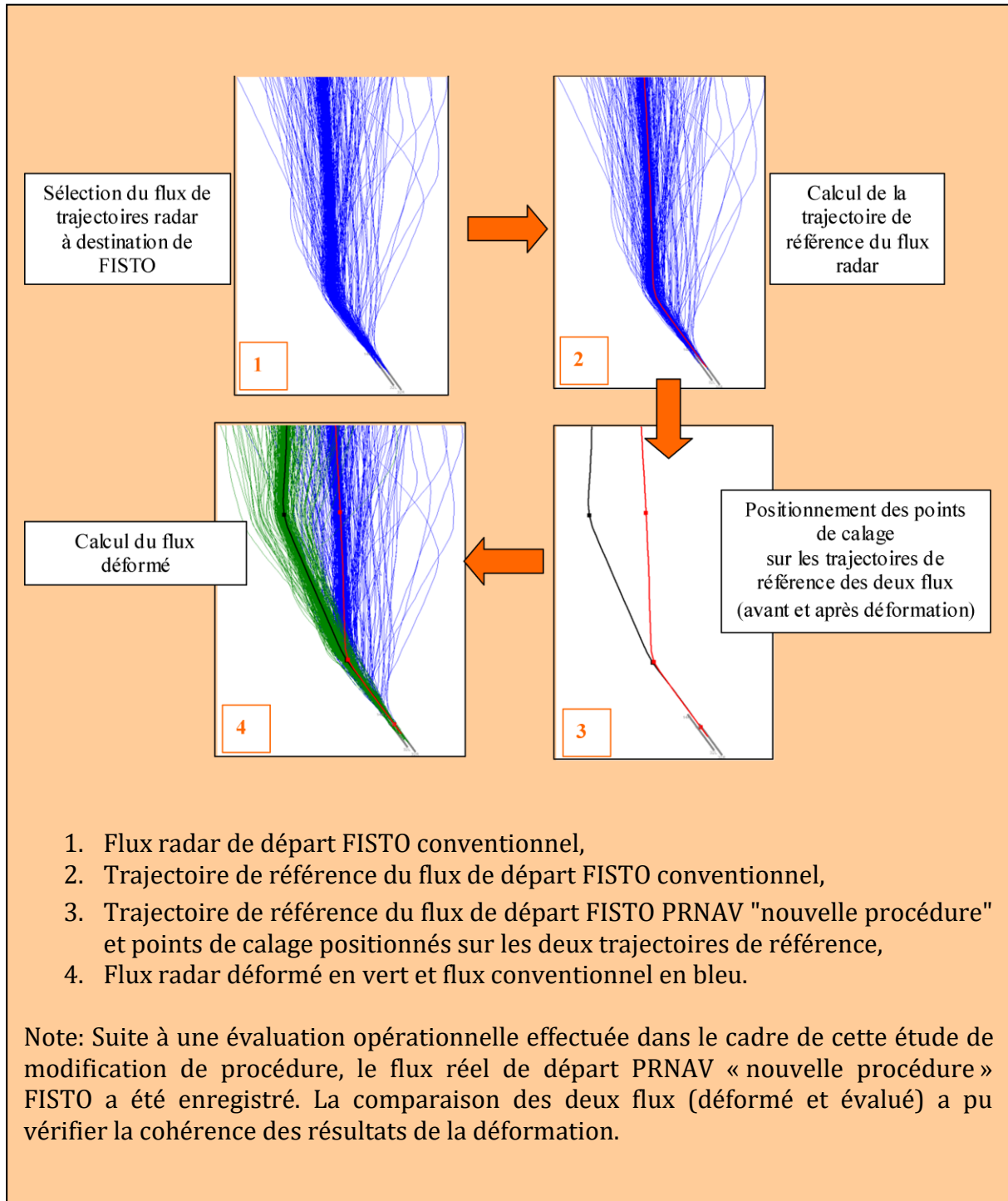
Sur chaque trajectoire réelle du flux initial à déformer, il est effectué :

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

## Elaboration 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.

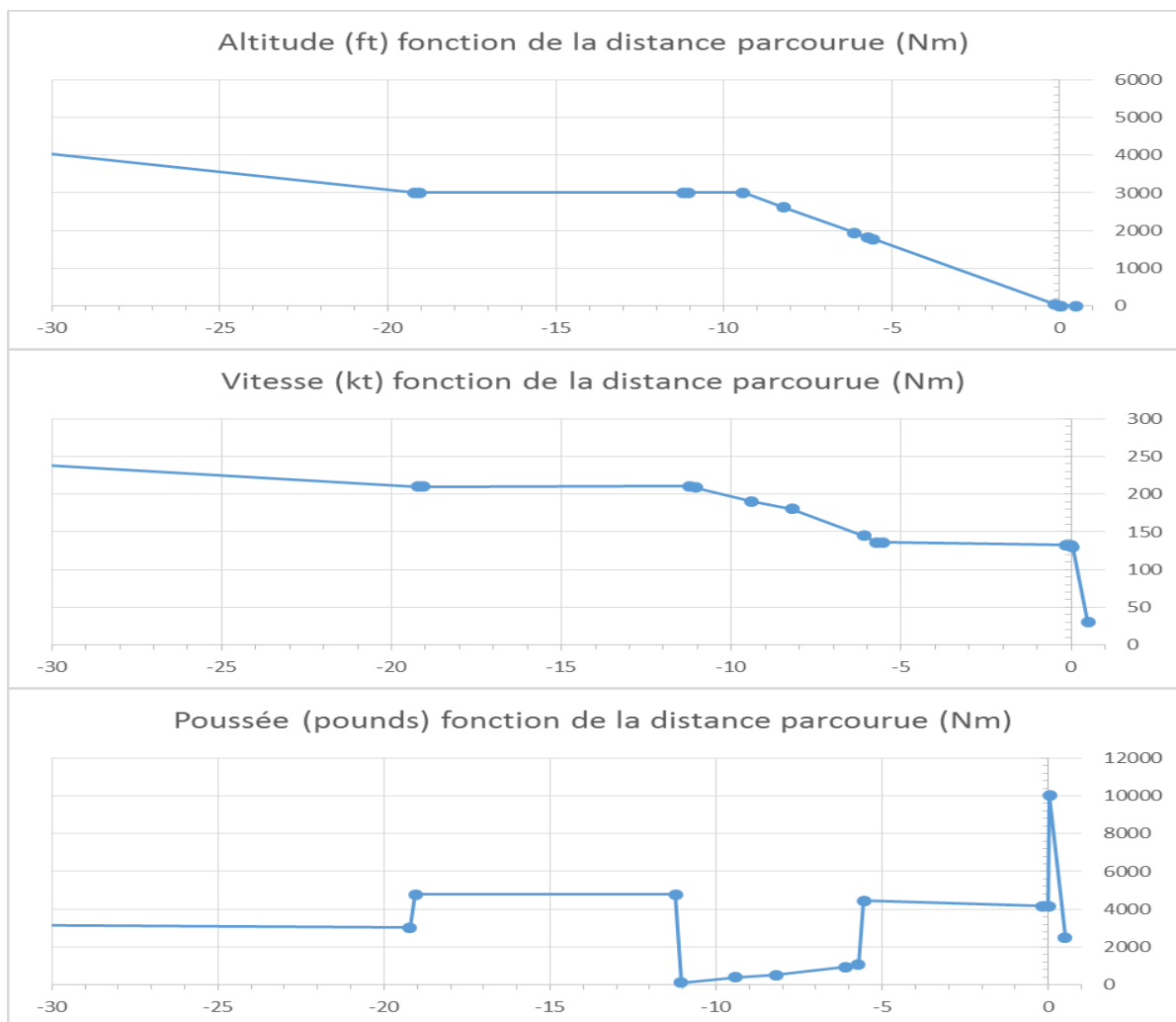


Figure 28 : Exemple de profils d'altitude, de vitesse et de poussée pour un A320 en approche (extrait de la base de performances ANP utilisée dans la modélisation acoustique IMPACT)



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.

#### ➤ **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 3d et IMPACT

AEDT 3d (Aviation Environmental Design Tool, développé par la FAA) et IMPACT (plateforme de modélisation d'impact environnemental du trafic aérien développée par Eurocontrol) sont des outils pour modéliser des trajectoires et évaluer l'impact en termes de bruit, de consommation et d'émissions gazeuses.

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

- SAE-AIR-1845,
- BADA 3,

Ces outils sont approuvés par le CAEP OACI pour le calcul du bruit, de la consommation et des émissions gazeuses des aéronefs.

### ACROPOLE

Lorsque des trajectoires radar sont disponibles (toujours en situation statu quo et parfois en situation projet lorsqu'une période d'évaluation a été réalisée), l'analyse de la consommation de carburant et des émissions CO<sub>2</sub> est réalisée à l'aide du logiciel ACROPOLE.

Celle-ci repose sur l'analyse des données radar comme décrit en Figure 29 et Figure 30.

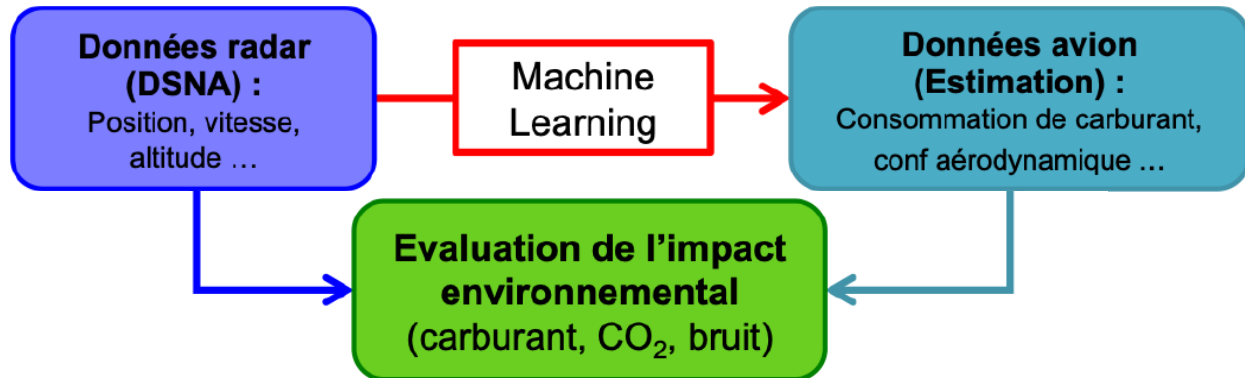


Figure 29 : Schéma de principe d'analyse de la consommation de carburant et des émissions CO<sub>2</sub> avec ACROPOLE

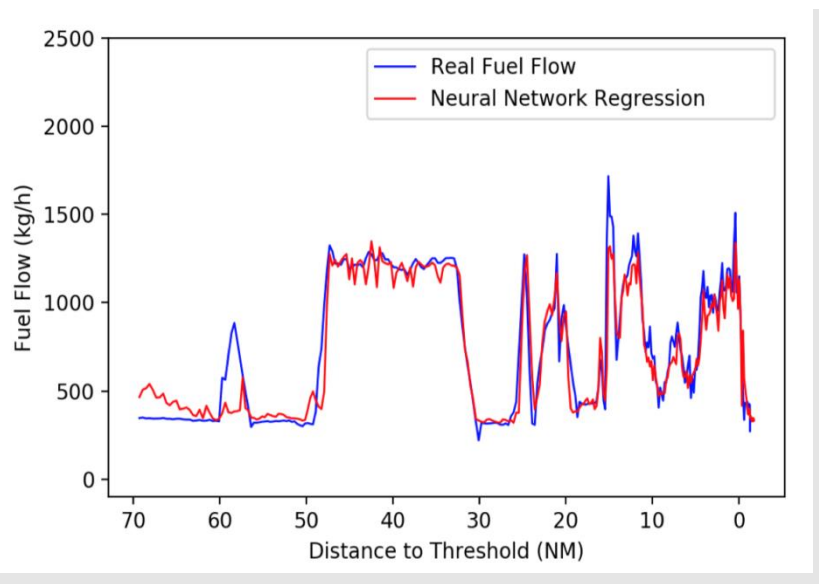


Figure 30 : Exemple de comparaison de l'estimation du fuel flow avec ACROPOLE comparée à la valeur mesurée

Le modèle de calcul de la consommation de carburant utilisé dans ACROPOLE a été mis au point (machine Learning sur un ensemble de 15000 trajectoires FDR) dans le cadre des travaux d'une thèse réalisée à l'ENAC. Ces travaux ont montré une bonne corrélation dans le cas des A320 : pour un échantillon de 1000 trajectoires différentes de celles utilisées pour l'apprentissage, et sur l'ensemble du vol, l'erreur moyenne absolue de la consommation obtenue est de 2.3%, et pour la phase de descente l'erreur moyenne absolue de la consommation est de 6.6%.

## Annexe 8 : Enveloppe de trajectoires

Anciennement utilisée dans l'analyse des critères de déclenchement d'une enquête publique, l'enveloppe de trajectoire peut être utile lors de la caractérisation de l'impact visuel.

C'est à partir de la trajectoire moyenne, dont la méthode de calcul a été décrite en page 65, 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 31), 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.

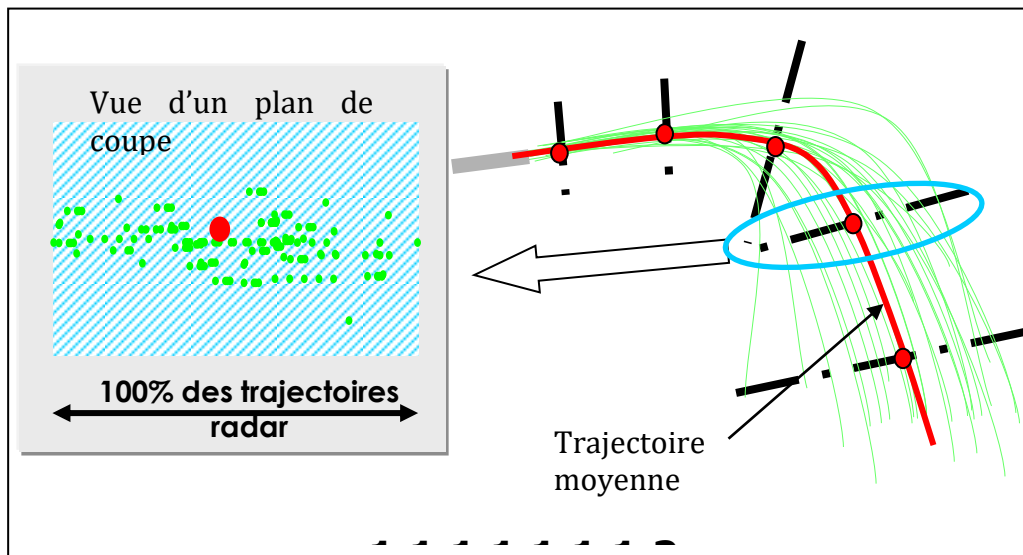
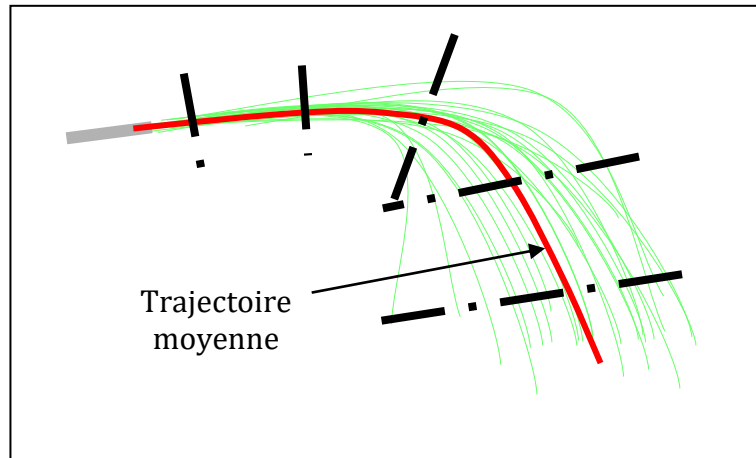
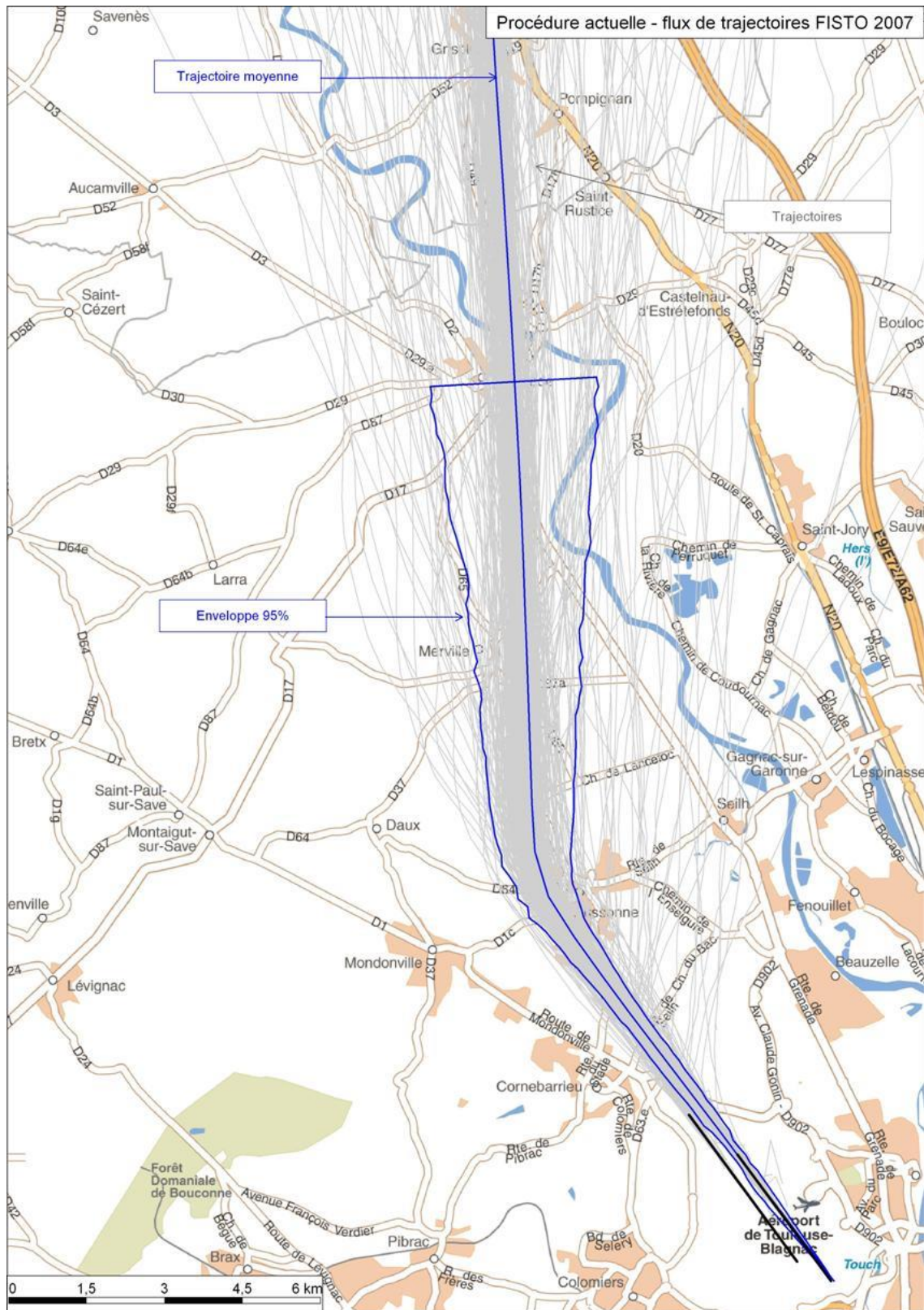
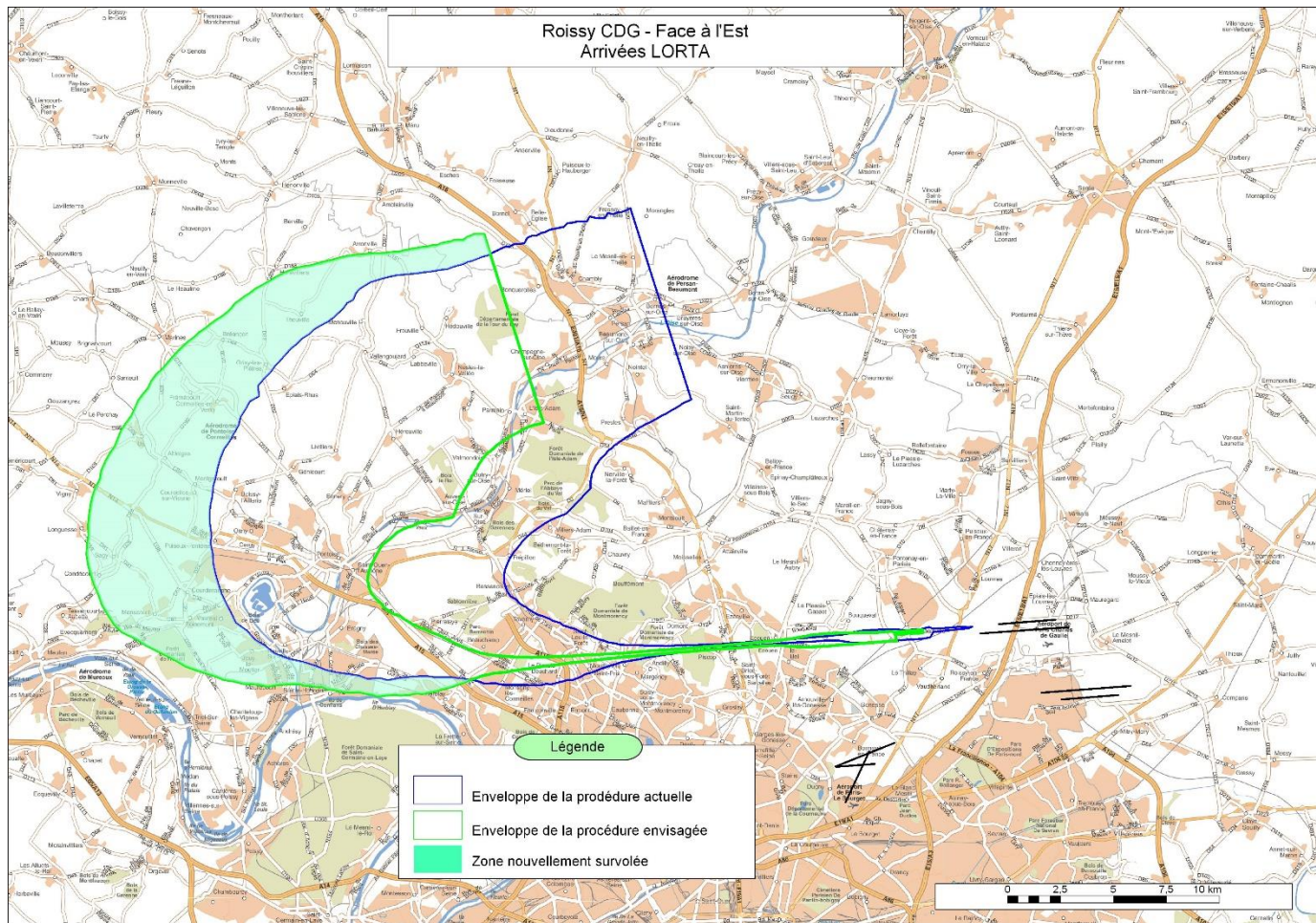


Figure 31 : Principe de détermination d'une enveloppe de trajectoires



**Figure 32 : Exemple d'enveloppe de trajectoires de départ de Toulouse-Blagnac**

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)



**Figure 33 : Exemple d'enveloppes de trajectoires d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle**

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

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 34, 28 jours de trafic sur une procédure d'arrivée à Paris-Charles-de-Gaulle, soit 1898 vols, sont exploités.

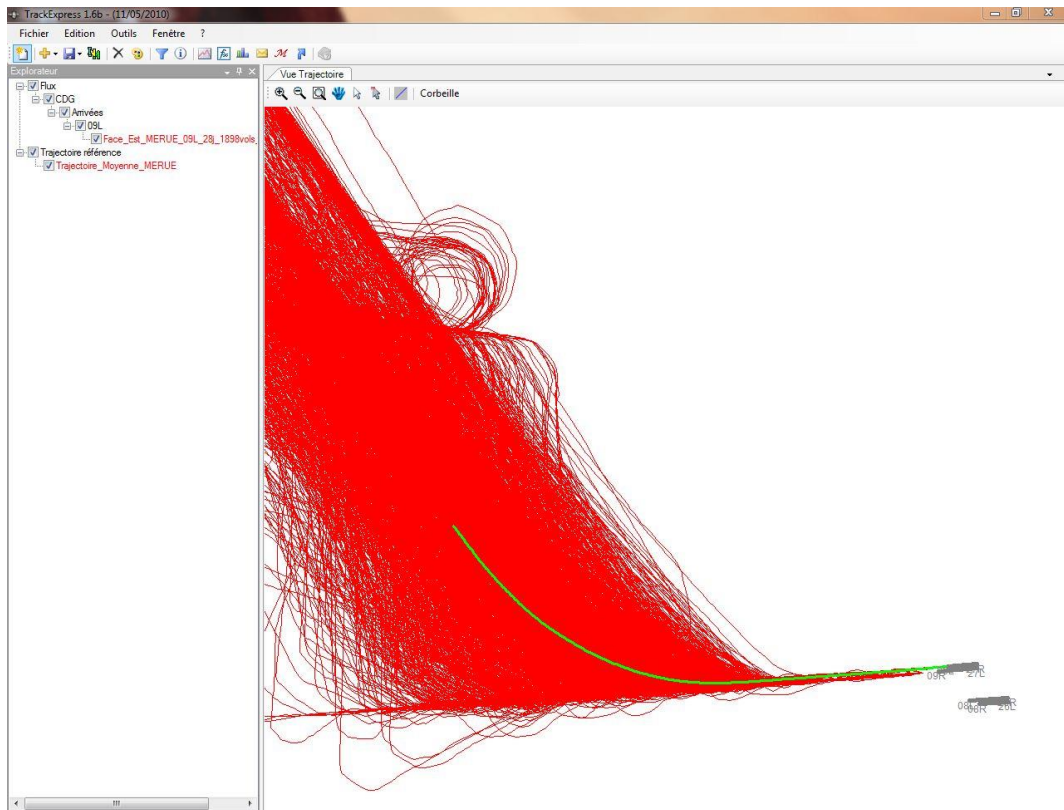
Le logiciel Track-Express calcule ensuite la trajectoire moyenne de ce flux arrêtée au FL65. Puis, il réunit les points calculés sur chaque plan de coupe distant de 0,1 NM pour constituer une enveloppe contenant 95% des trajectoires de ce flux.



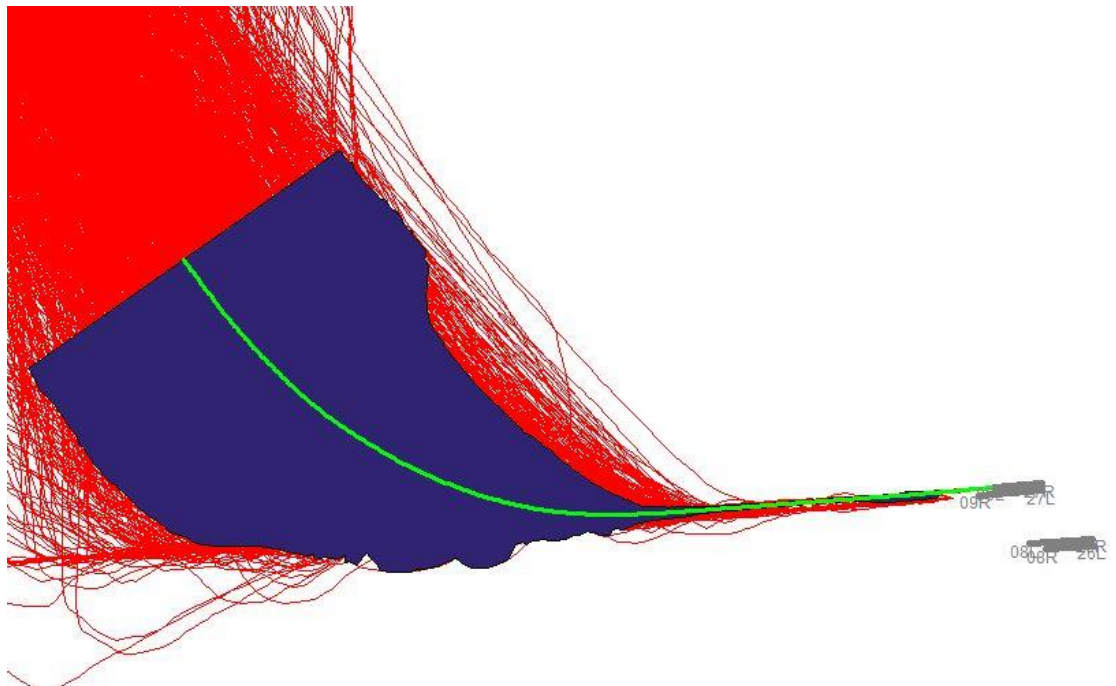
**Avertissement:**

- Une procédure comportant un virage serré peut conduire à des aberrations de résultats notamment à l'intérieur du virage. Une correction manuelle s'avère nécessaire.





**Figure 34 : Détermination de la trajectoire moyenne d'un flux de trajectoires, première étape lors du calcul d'enveloppe**



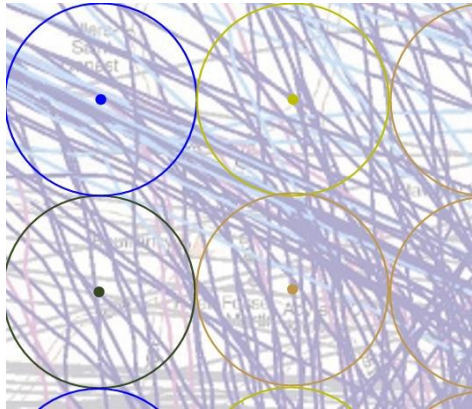
**Figure 35 : Résultat d'un calcul d'enveloppe**

(Page intentionnellement laissée blanche)

## Annexe 9 : Indicateur d'impact visuel

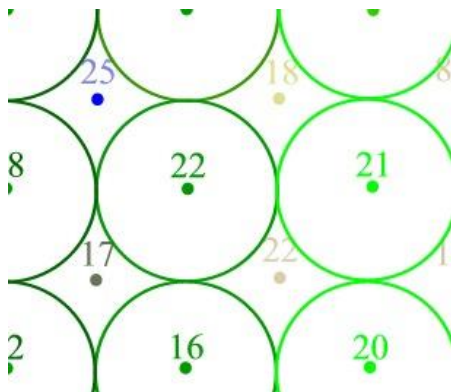
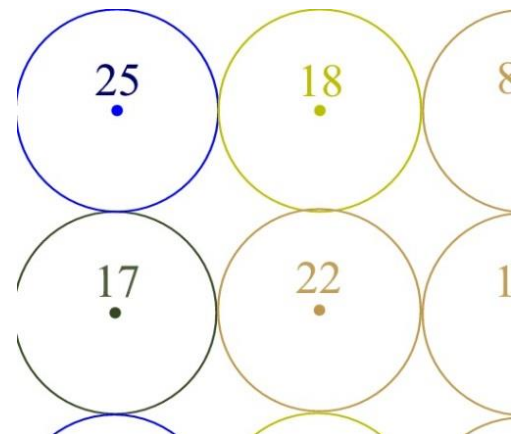
### Définition

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.



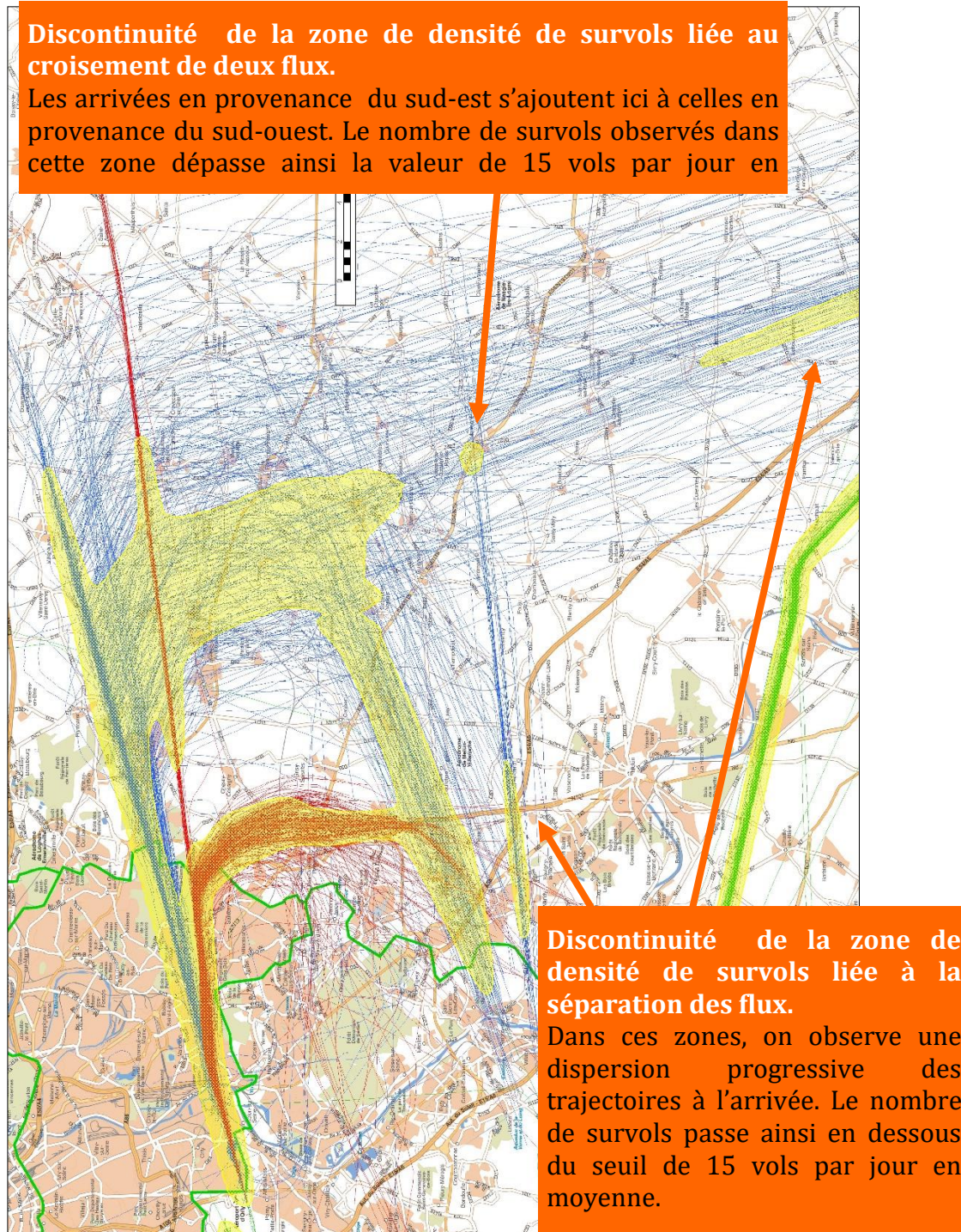
Opération 3 : L'opération 2) est répétée en décalant les grilles de calcul afin de lisser les courbes de densité. Ce redécoupage permet d'obtenir en lissage (cf. page suivante) le plus élevé, un pas maximum de 250 m entre les centres de cercle de comptage de 1 km de diamètre.

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



Figure 36 : Principe de calcul de la densité de survols





**Figure 38 : 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**

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

(Page intentionnellement laissée blanche)

## Annexe 10 : 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.

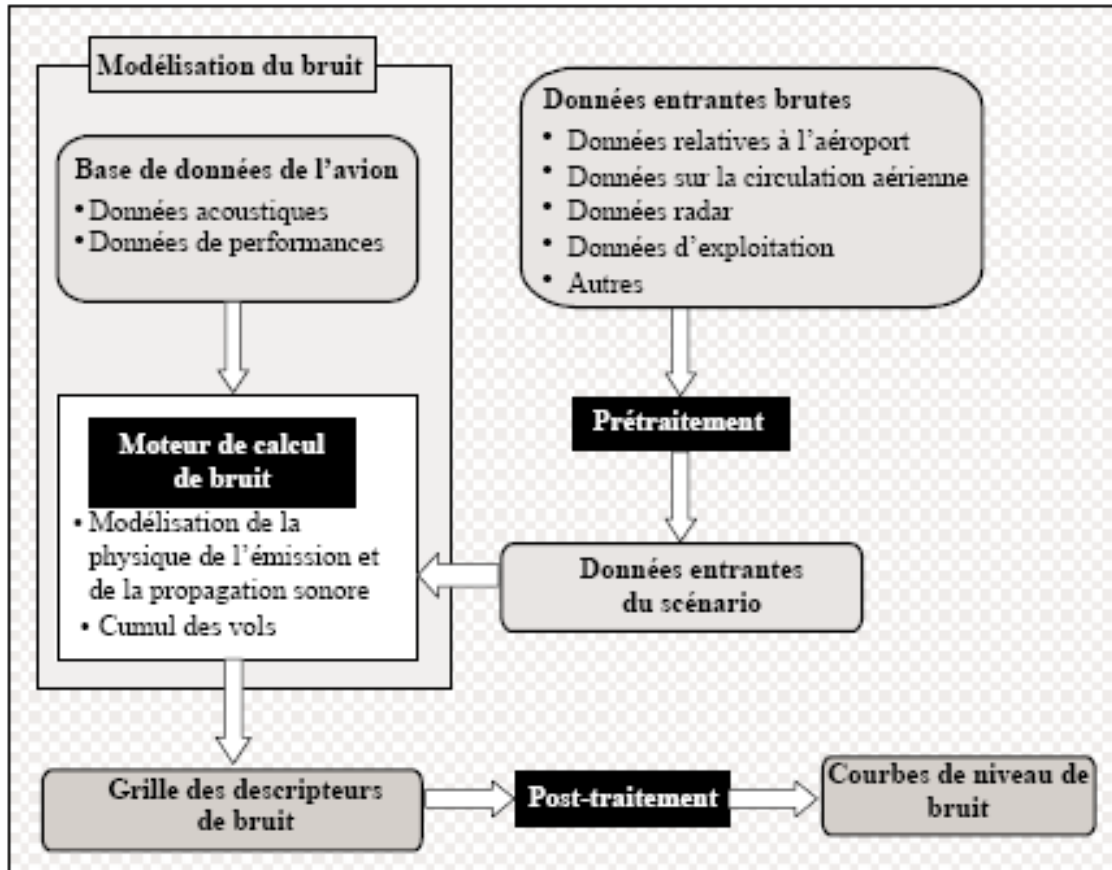


Figure 39 : Système de modélisation du bruit d'avion (CEAC doc 29, vol. 1)

### Outil de calcul des indicateurs d'impact sonore

La plateforme IMPACT développée par Eurocontrol est utilisée depuis 2020 par la DGAC pour établir les PEB, PGS, les cartes stratégiques de bruit (CSB) mais aussi des courbes sonores des EICA.

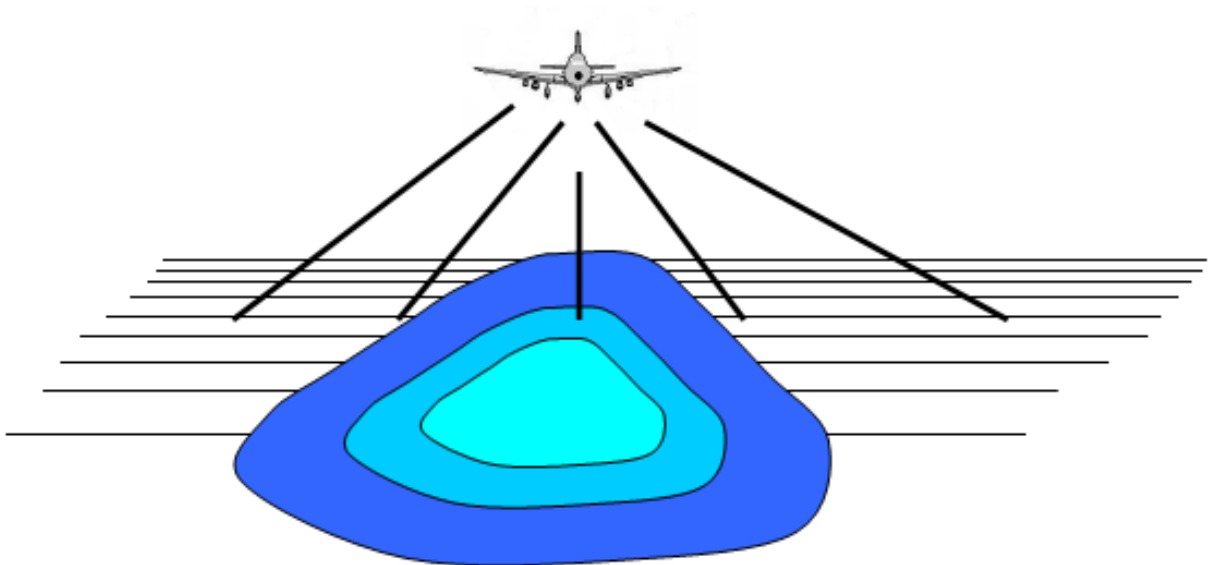
IMPACT est conforme :

- 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,
- aux éditions les plus récentes de la méthode de calcul du bruit d'avion au sol recommandée dans le Document 9911 de l'OACI et le Document 29 de la CEAC (Conférence Européenne de l'Aviation Civile, 4ème édition, décembre 2016),

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.

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



**Figure 40 : 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 IMPACT (acoustique et performances) proviennent de la base de données européenne ANP (Aircraft Noise and Performance Database, [www.aircraftnoisemodel.org](http://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 :**

IMPACT 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 réfléchi 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 :**

<https://www.eurocontrol.int/platform/integrated-aircraft-noise-and-emissions-modelling-platform>

#### **→ 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'IMPACT**

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

- en version standard: IMPACT 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: IMPACT 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'IMPACT, 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 de l'IGN (BD ALTI® 75 m)

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 compatible pour IMPACT.

#### ➤ **Conditions météorologiques :**

En utilisation standard d'IMPACT, 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 IMPACT 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'IMPACT décrite dans le paragraphe suivant sera préférée.

➤ **Indicateurs de bruit :**

IMPACT propose en standard un ensemble d'indices de bruit dont ceux utilisés dans les EICA ( $L_{Amax}$  et NA).

### 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'IMPACT.

Les profils de vol proposés par IMPACT 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 41.

## Niveau sonore à l'arrivée famille A320s

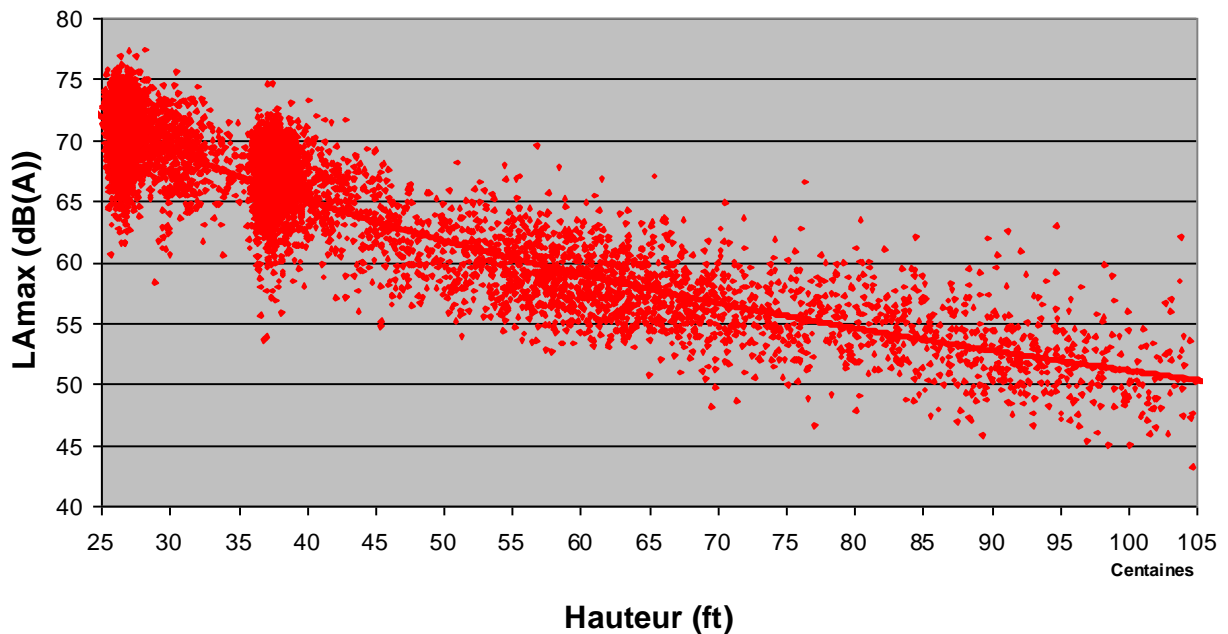


Figure 41 : Bruit mesuré à l'arrivée des avions de la famille A320

➤ **Topographie :**

Les prescriptions en version standard sont également appliquées en version utilisateur.

➤ **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 IMPACT 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 IMPACT version utilisateur

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

Les profils de vol de la version standard d'IMPACT 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 principaux indicateurs utilisés dans les études et campagnes de mesure de bruit menées par la DGAC sont :

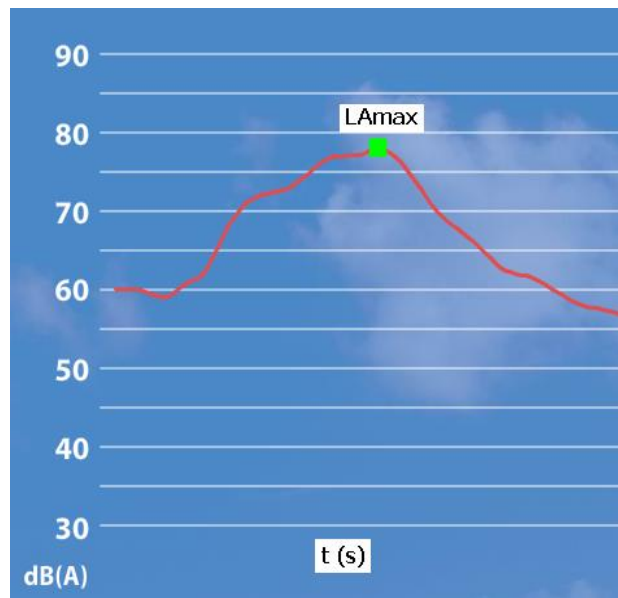
- pour caractériser l'impact d'un survol :  $L_{Amax}$ ,
- pour caractériser l'impact d'un trafic aérien : NA,  $L_{den}$ ,  $L_{Aeq,T}$

Le  $L_{Amax}$  et le NA sont les indicateurs de référence utilisés dans une 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 42). Il est préconisé dans une EICA de niveau 2.

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



**Figure 42 : 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 43. 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).

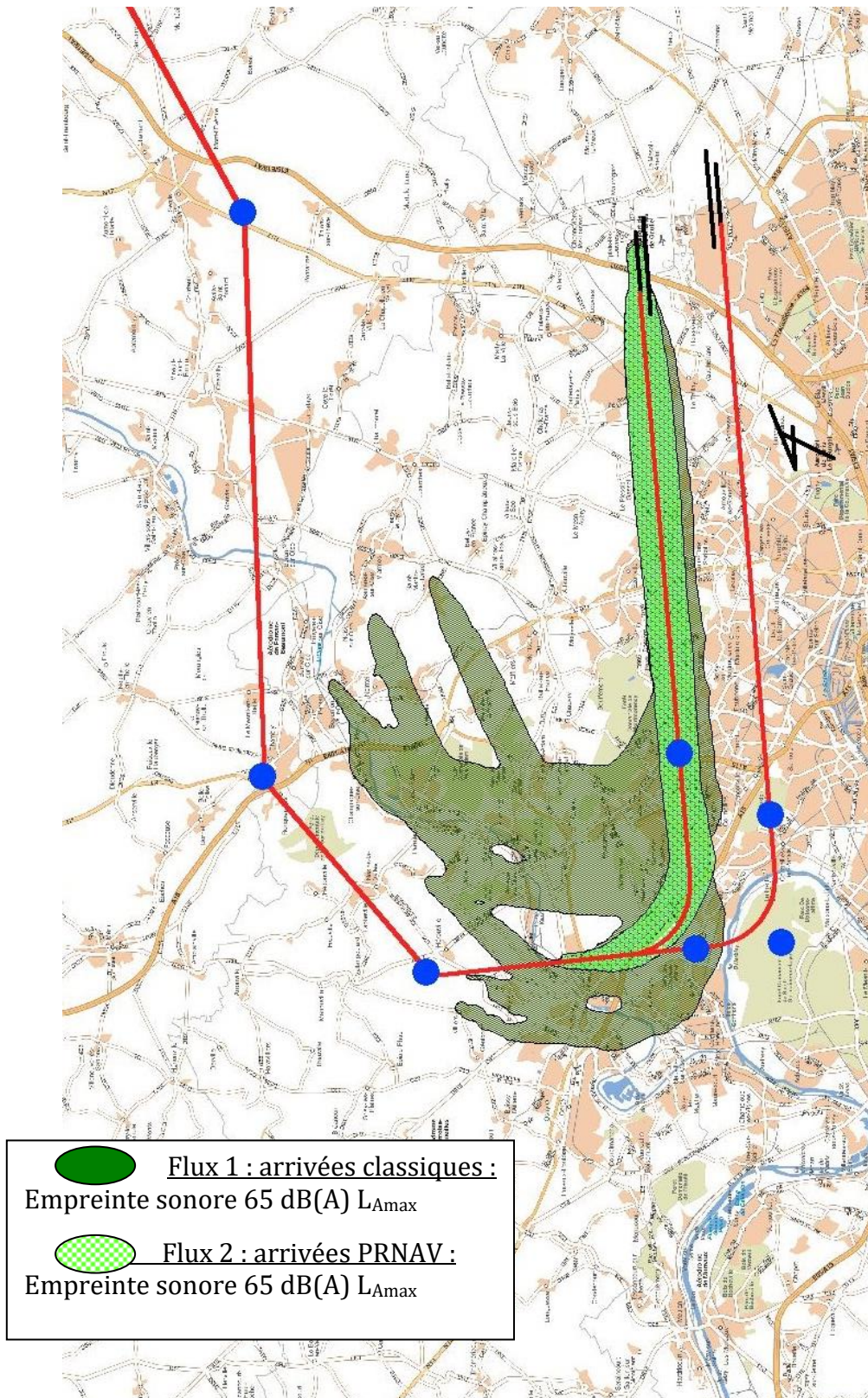
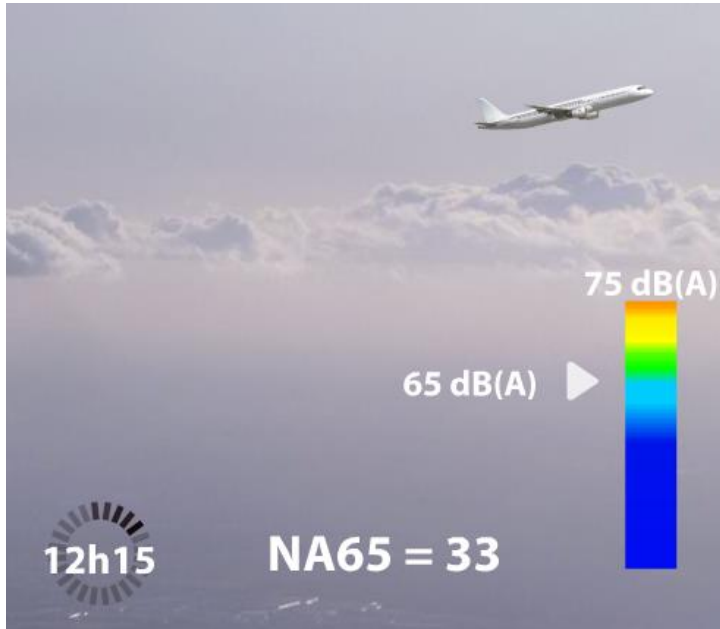


Figure 43 : Empreintes sonores  $L_{Amax}$  65 dB(A) d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

## 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 est préconisé dans une EICA de niveau 3.

Il permet d'associer la fréquence des événements 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 44 : 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 45.



### Recommandation :

- Les seuils de 62 et 65 dB(A) sont préconisés (à titre informatif, des courbes à d'autres seuils pourront être calculées),
- La précision du modèle conduit à ne pas effectuer de calcul en dessous de la valeur seuil 62dB(A),
- Le nombre d'événements supérieurs à 62 dB(A) / 65 dB(A) de 25 est préconisé. Une valeur inférieure pourra être retenue dans le cas de l'étude d'un faible trafic.



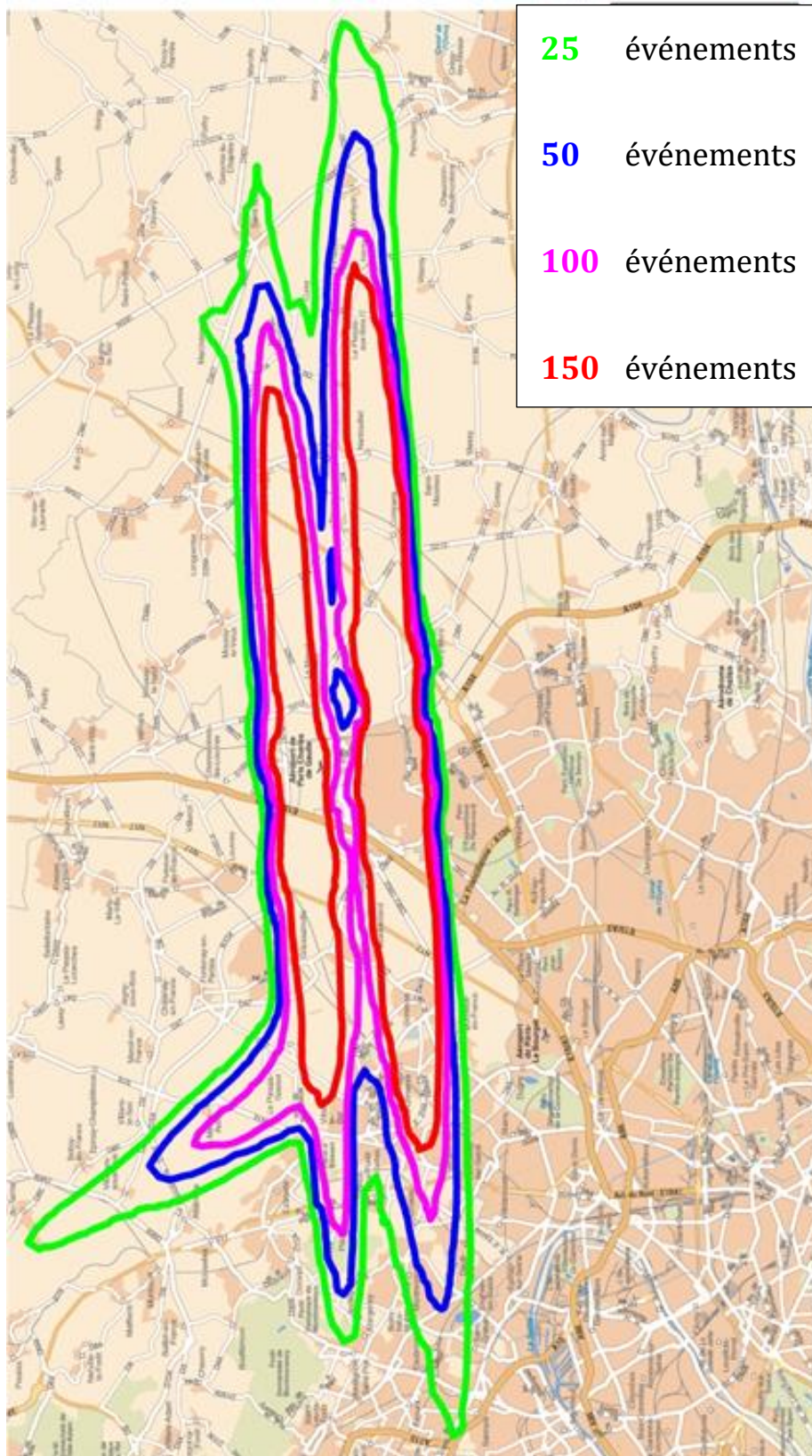
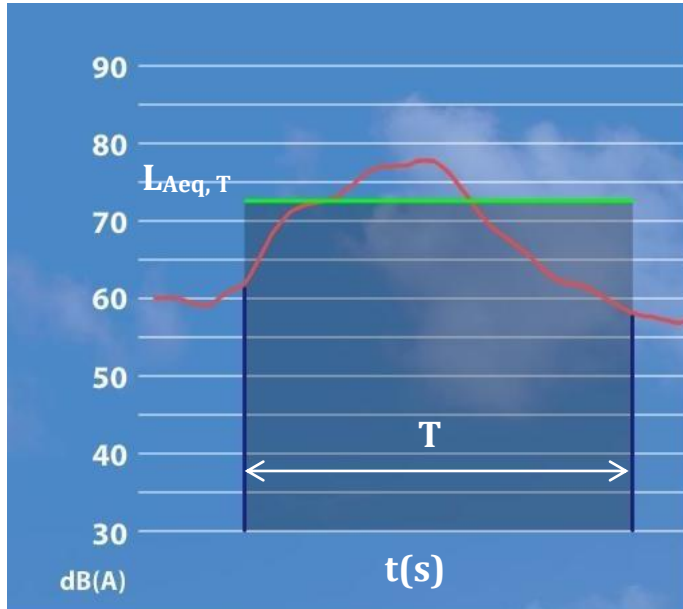


Figure 45 : Exemple d'empreintes NA65 sur Paris - Charles-De-Gaulle

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

### $L_{Aeq,T}$



Le  $L_{Aeq,T}$  est le niveau sonore aéronautique moyen pondéré A calculé sur une durée T (cf. Figure 46).

Cet indicateur 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 aérien.

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 47)

Figure 46 : 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  $L_{Amax}$  ( $\geq 62$  dB(A)),

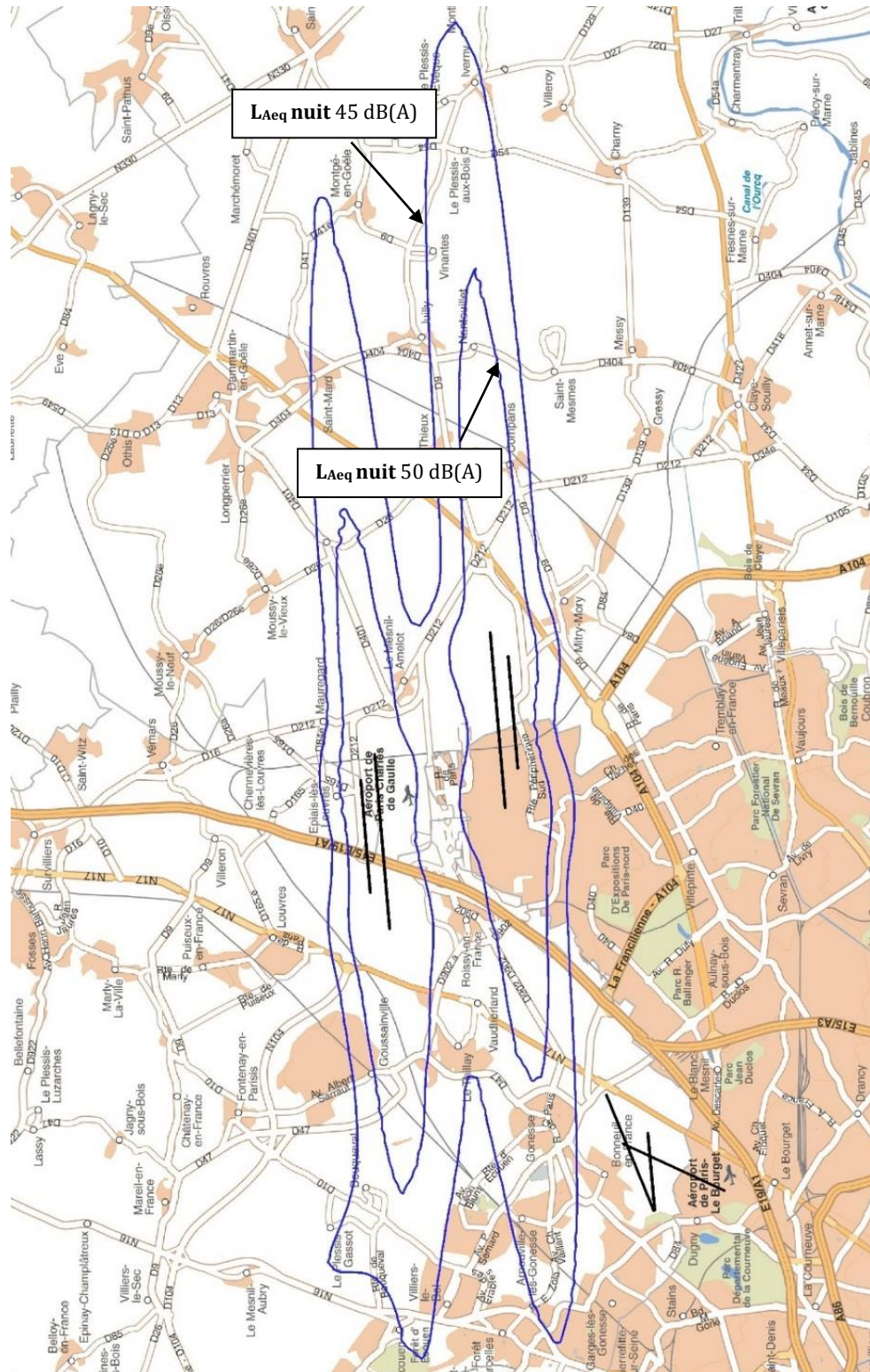


Figure 47 : Empreintes sonores  $L_{Aeq}$  nuit (plage horaire 22h00-06h00, appelé dans ce cas  $L_{night}$ ) en ne considérant que l'impact du trafic nocturne

Source : Interne (SIG + carte CARTOSPHERE)

### L<sub>den</sub>

Le L<sub>den</sub> (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<sub>den</sub> 50 dB(A) est visualisé en Figure 48.

Dans cet exemple, 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, ceux recommandés pour une EICA (NA, L<sub>Amax</sub>)

#### **Pondération du L<sub>den</sub>**

La pondération énergétique du L<sub>den</sub> 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<sub>den</sub> 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<sub>jour</sub>, L<sub>soirée</sub> et L<sub>nuit</sub> étant les niveaux L<sub>Aeq,T</sub> 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<sub>den</sub> utilisée dans les PEB/PGS est prise comme valeur plancher (55 dB(A) pour la plupart voire 50 dB(A) dans certains cas)

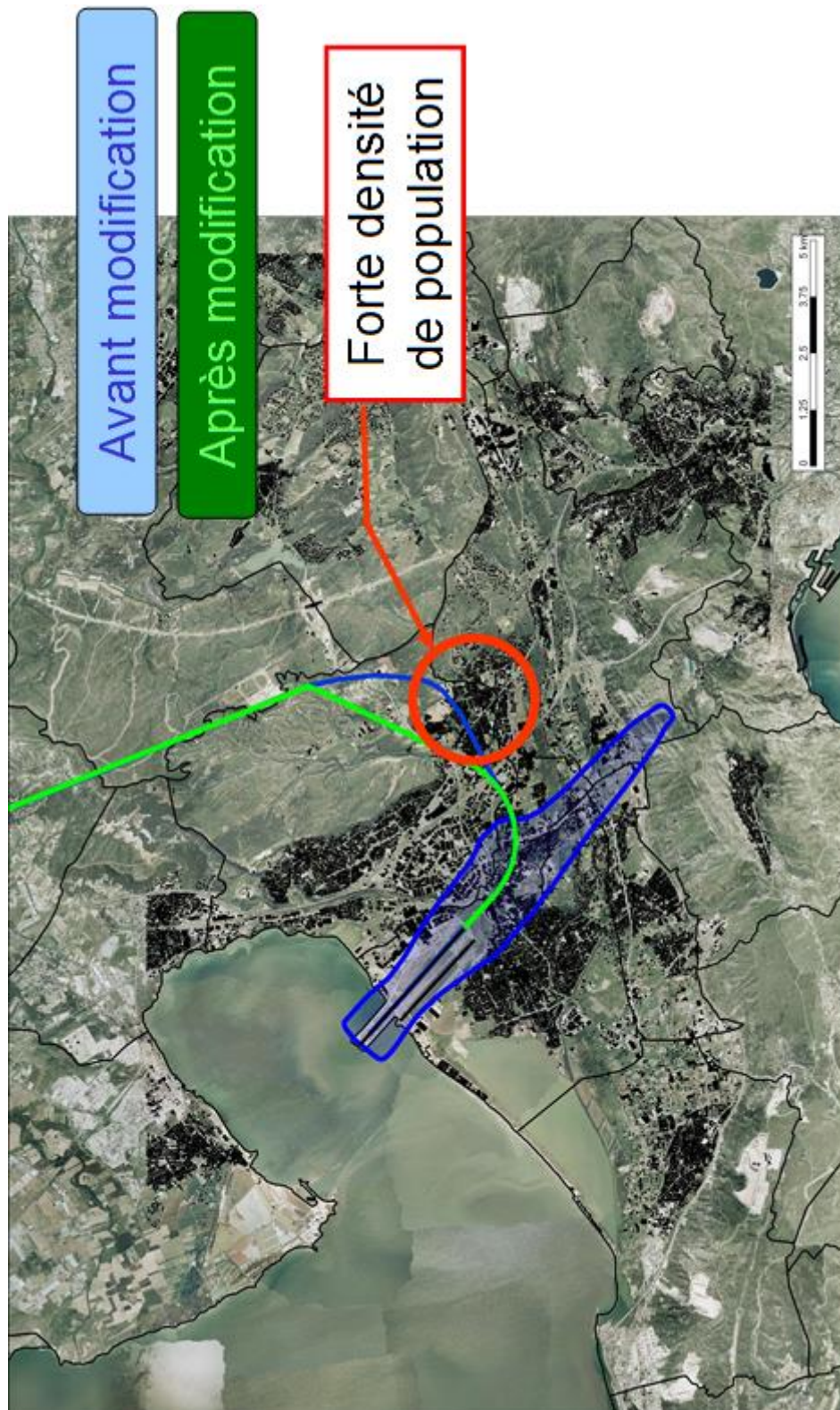


Figure 48 : Enveloppe  $L_{den}$  50 dB(A) calculée pour des départs de Marseille Provence

Source : Interne (SIG + image satellite)

(Page intentionnellement laissée blanche)

## Annexe 11: 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.

Le comptage est effectué comme suit :

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

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

### Données

Le calcul de population nécessite l'utilisation de plusieurs sources de données émanant d'une part de l'INSEE, de l'IGN et de la Direction Générale des Finances Publiques (DGFip).

#### Données de population

L'INSEE comptabilise le nombre d'habitants à l'intérieur de contours IRIS produits par l'IGN.

Les contours IRIS sont des découpages plus fins que le contour de la commune : ils constituent des sous-ensembles de communes et comportent en général 2000 habitants pour les villes de plus de 5000 habitants (exemple de Toulouse, cf. Figure 49).

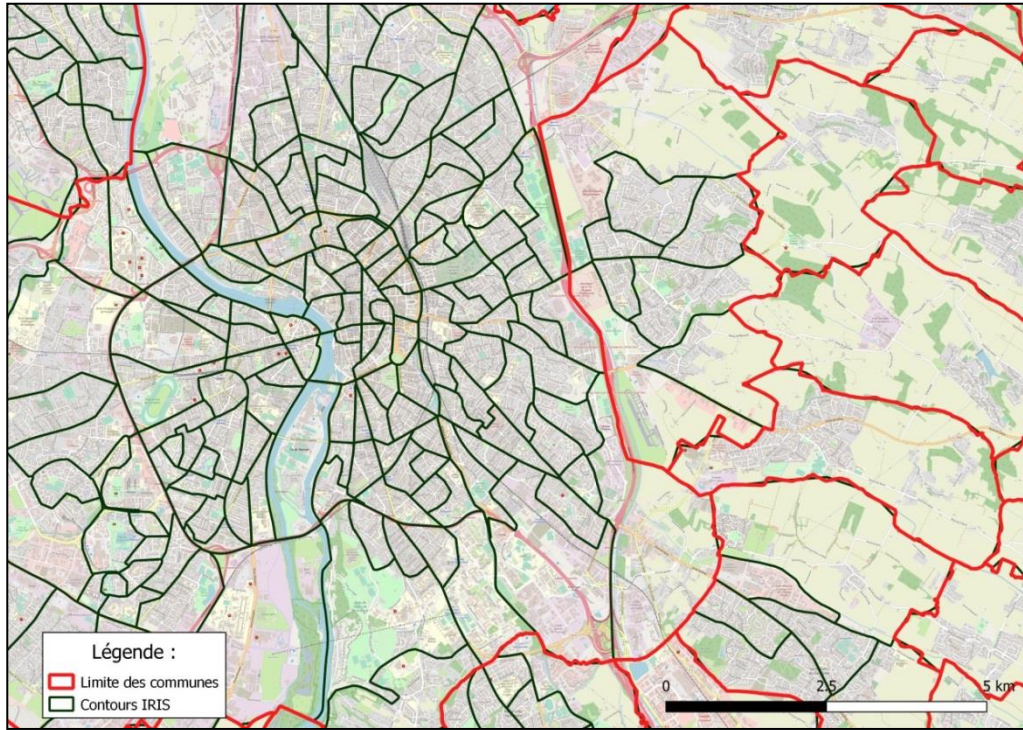
Pour être en conformité avec les mises à jour des données INSEE de référence des populations par commune, le nombre d'habitants des contours IRIS est modifié chaque 1er janvier, en prenant en compte :

- la population actualisée des communes,
- la dernière donnée de population INSEE connue des contours IRIS,
- et la surface occupée par les habitations dans les communes et les contours.

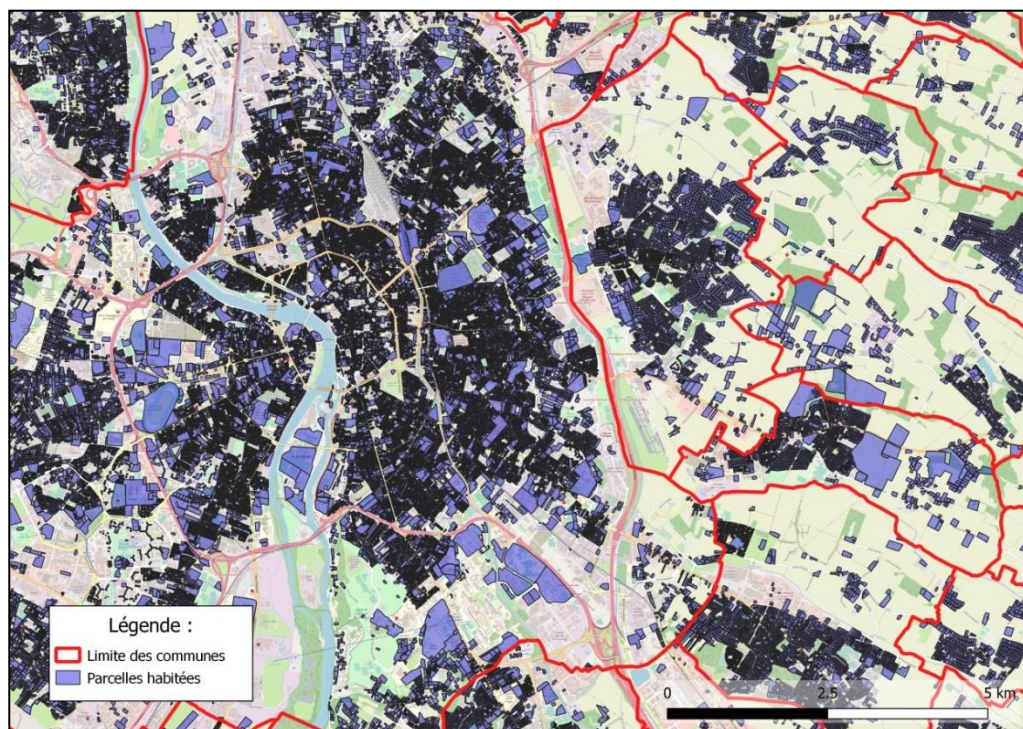
#### Données de surface habitable

Les données de parcelles habitées (lieux d'habitation dont le contour et la localisation sont parfaitement connus, cf. exemple de Toulouse Figure 50) sont issues des « Fichiers fonciers » de la Direction Générale des Finances Publiques (DGFip).

Ces fichiers sont retraités, complétés et livrés chaque année par le CEREMA (centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement).



**Figure 49 : Découpages commune/contours IRIS à Toulouse**



**Figure 50 : Parcelles habitées à Toulouse**

Source : Interne (SIG + carte OpenStreetMap + Contours IRIS + Parcelles habitées DGFIP)



### **Croisement parcelle habitée et population**

Chaque parcelle habitée est enrichie d'un nombre d'habitants résultat de la multiplication du rapport de la surface de la parcelle considérée à la surface totale des parcelles habitées du contour IRIS par le nombre total d'habitants du contour.

### **Outils**

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

(Page intentionnellement laissée blanche)

## Annexe 12 : 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 CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) permet de quantifier la quantité de gaz à effet de serres de type CO<sub>2</sub> émis par l'avion sur une trajectoire ou une portion de trajectoire.
- L'indicateur d'émission de NO<sub>x</sub> (oxydes d'azote) permet de quantifier la quantité de gaz polluant de type NO<sub>x</sub> émis par l'avion sur une trajectoire ou une portion de trajectoire. Le terme NO<sub>x</sub> regroupe les gaz polluants de type NO (monoxyde d'azote) et NO<sub>2</sub> (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

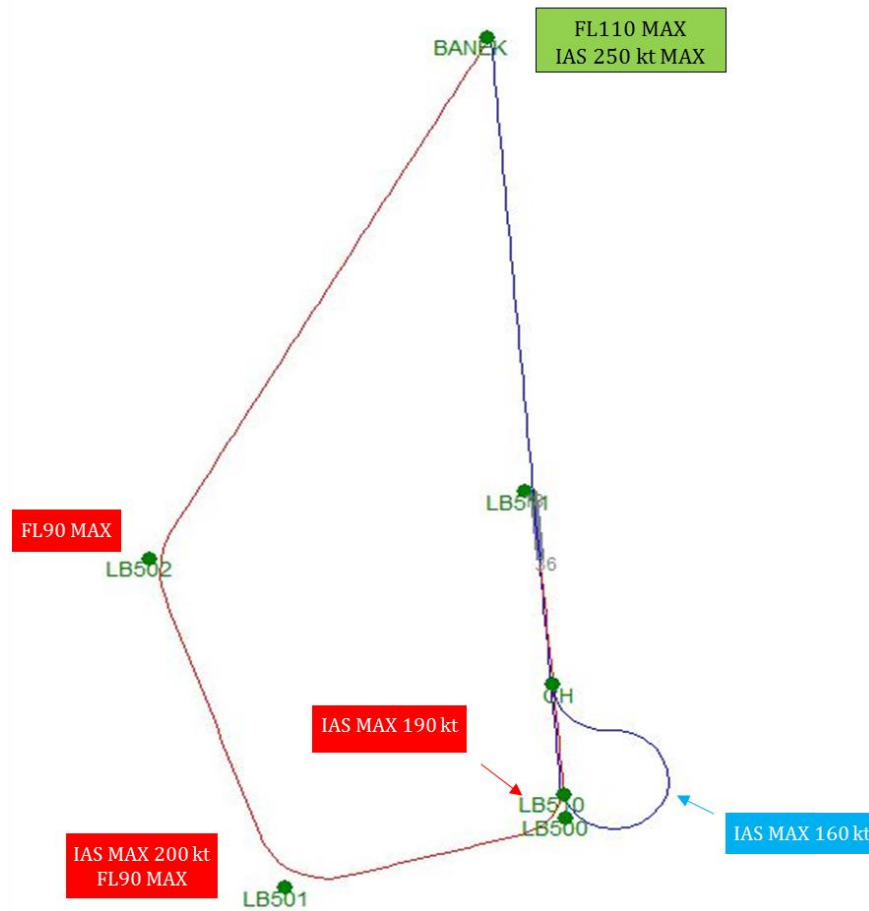
#### **Indicateurs de consommation de carburant et d'émission de CO<sub>2</sub>**

Les indicateurs de consommation de carburant et d'émission de CO<sub>2</sub> 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 51 et Figure 52).

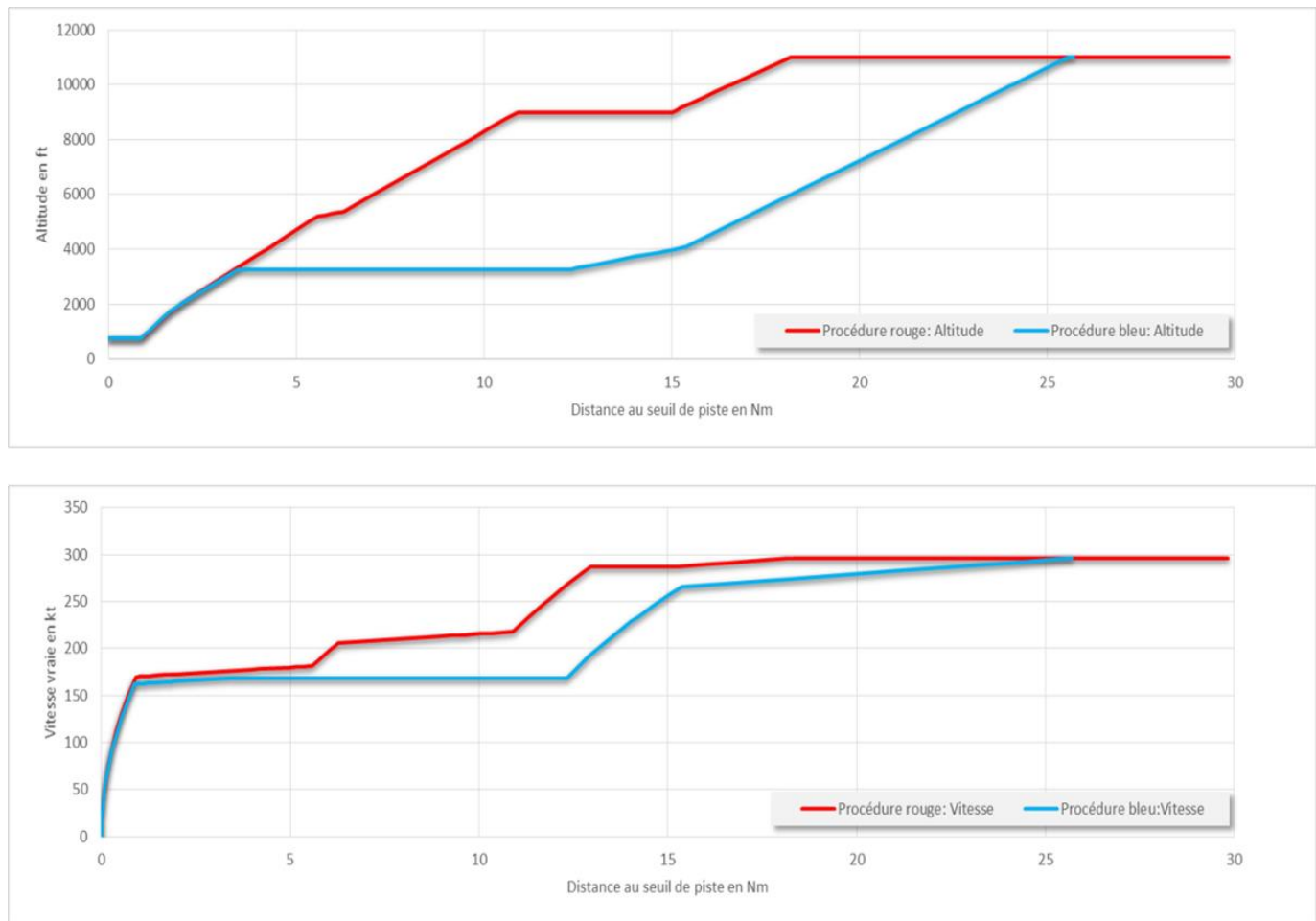


**Figure 51 : Exemple de périmètre spatial d'étude (trajectoires horizontales)**

Les pentes de montée et les vitesses des deux procédures sont imposées. Elles impliquent des profils de vol différents à partir du décollage jusqu'au point BANEK au nord de la piste.

Dans cet exemple, le point de divergence des deux procédures est le seuil de décollage ; le point de convergence des deux procédures est le point BANEK au FL110 à 250 kt IAS. Les caractéristiques de ces points sont identiques pour les deux procédures.

Note : Pour une modification de trajectoire ne concernant que la trajectoire horizontale c'est-à-dire sans modification du profil de vol, les impacts consommation de carburant et émissions de CO<sub>2</sub> seront évalués avec des paramètres de vol en croisière.



**Figure 52 : Exemple de périmètre spatial d'étude (profils verticaux)**

### Indicateurs d'émission de NO<sub>x</sub>

L'indicateur d'émission de NO<sub>x</sub> 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 CO<sub>2</sub>

La quantité de CO<sub>2</sub> (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 CO<sub>2</sub> émis est déterminée.

## Calcul des émissions de NO<sub>x</sub>

L'outil AEDT utilisé pour calculer les NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> 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  $\Delta ISA=0$ ) 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 3b comme outil de simulation principal. D'autres outils, complémentaires, sont utilisés pour déterminer des hypothèses de simulation, 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 3d et IMPACT**

AEDT 3d (Aviation Environmental Design Tool développé par la FAA) et IMPACT (plateforme de modélisation d'impact environnemental développée par Eurocontrol) sont utilisés 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, BADA4,
- Senzig-Fleming-Iovinelli.

Ces outils proposent 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 et IMPACT sont des outils approuvés par le CAEP de l'OACI et les instances européennes (s'agissant d'IMPACT).

### **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<sub>x</sub>.

### **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.

### **ACROPOLE**

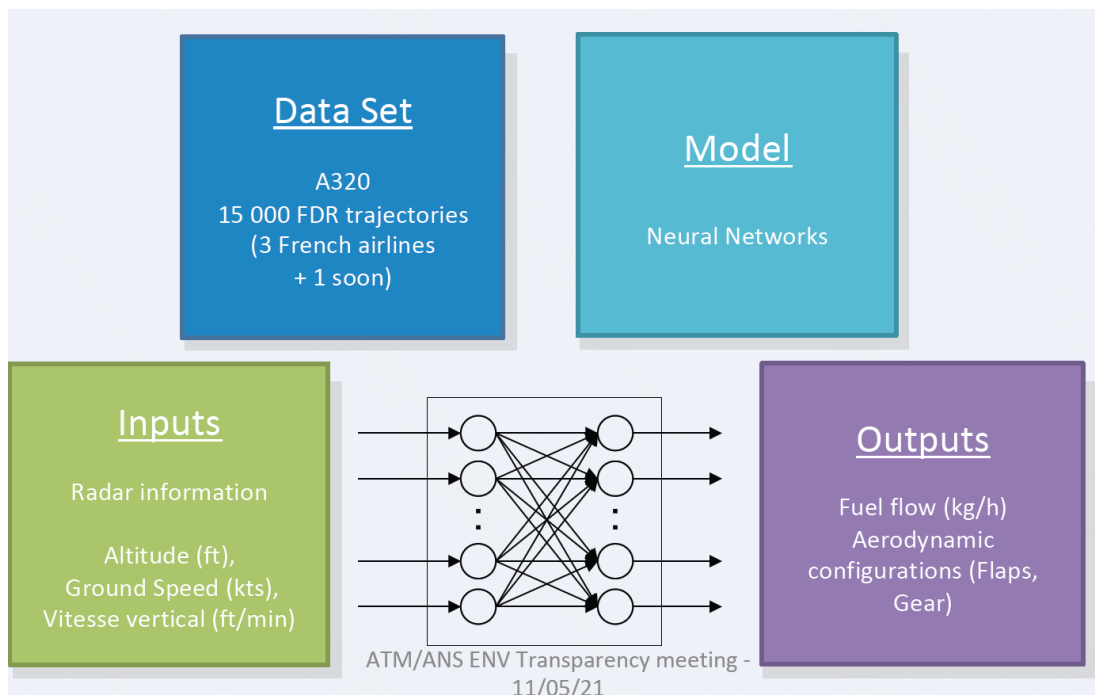
Le modèle de calcul de la consommation de carburant développé dans ACROPOLE a été mis au point dans le cadre des travaux d'une thèse réalisée à l'ENAC. Ces travaux ont montré une bonne corrélation dans le cas des A320 notamment et du B737 également.

D'autres données FDR de différents types avion sont en cours d'analyse afin d'augmenter le nombre de modèles.

De manière complémentaire, une méthode dite « Scaling » s'appuyant sur la base de données émissions de l'OACI (ICAO Aircraft Engine Emissions Databank) et sur le modèle

neuronal A320 d'ACROPOLE utilisé comme avion proxy a été développée et testée dans le cas du B737. Les résultats encourageants obtenus couplés aux développements de modèles neuronaux pour des avions représentatifs permettront à termes d'étendre les capacités d'analyse avec ACROPOLE à l'ensemble de la flotte.

Remarque: L'utilisation d'un modèle avion unique (A320) offre déjà l'intérêt de quantifier, en s'affranchissant des effets de variété de flotte, la performance environnementale d'un dispositif de circulation aérienne.



**Figure 53 : Principe d'analyse de la performance environnementale avec ACROPOLE**

## Annexe 13 : Dispositif réglementaire et DGAC

### Les critères de déclenchement et périmètre d'une enquête publique

(29 octobre 2021 JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE)

Décret n.2021-1399 du 27 octobre 2021 relatif à l'enquête publique préalable à une modification de la circulation aérienne de départ et d'approche aux instruments pour les aérodromes mentionnés au I de l'article 1609 *quatervicies* A du code général des impôts

NOR : TRAA2115146D

**Publics concernés:** communes et habitants riverains des aérodromes.

**Objet:** modification des conditions de réalisation d'une enquête publique en cas de modification de la circulation aérienne: prise en compte de nouveaux critères pour l'ouverture de l'enquête et pour la sélection des communes sur le territoire desquelles est menée l'enquête.

**Entrée en vigueur:** lendemain du jour de publication au Journal officiel du décret.

**Notice:** le code des transports (article L. 6362-2) prévoit que tout projet de modification permanente de la circulation aérienne de départ et d'approche aux instruments, en provenance ou à destination des aérodromes mentionnés à l'article 1609 *quatervicies* A du code général des impôts, et ayant pour effet de modifier de manière significative les conditions de survol, fait l'objet d'une enquête publique conforme aux dispositions du code de l'environnement. Le code de l'aviation civile (article R. 227-7) détaille les conditions à remplir pour qu'une telle enquête soit ouverte et précise les communes dans lesquelles l'enquête doit être menée. Afin de clarifier certains points de ce dispositif, il s'agit notamment d'élargir l'obligation de l'enquête à toute modification portant sur une procédure dont au moins un segment est très utilisé, de prendre en compte la densité de survols au-dessus des zones nouvellement survolées, et de retenir un niveau minimal d'exposition au bruit pour déterminer le périmètre géographique de l'enquête publique. Ces évolutions devraient aboutir à une ouverture plus fréquente des enquêtes publiques en cas de modification de la circulation aérienne et de mieux informer les communes réellement impactées par la modification.

**Références:** l'article R. 227-7 du code de l'aviation civile et le décret peuvent être consultés sur le site Légifrance (<https://www.legifrance.gouv.fr>).

Le Premier ministre, Sur le rapport de la ministre de la transition écologique,

Vu le code de l'aviation civile, notamment son article R. 227-7;

Vu le code général des impôts, notamment son article 1609 *quatervicies* A;

Vu le code des transports, notamment son article L. 6362-2;

Vu les observations formulées lors de la consultation du public réalisée du 5 au 26 octobre 2020, en application de l'article L. 123-19-1 du code de l'environnement;

Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu, Décrète:

**Art. 1<sup>er</sup>.** –

I. – Pour l'application du présent article, on entend par:

1. "Procédure": une procédure de vol aux instruments constituée de segments définis par arrêté du ministre chargé de l'aviation civile;
2. "Jour pertinent": une période de vingt-quatre heures au cours de laquelle le sens d'utilisation de la piste a été exclusivement celui permettant l'utilisation de la procédure à créer ou à modifier;
3. "Année civile de référence": une année civile représentative du trafic aérien de l'aérodrome considéré;
4. "Flux moyen journalier": la moyenne, sur les jours pertinents de l'année civile de référence, du nombre de départs ou d'arrivées d'avions munis de turboréacteurs ou de turbopropulseurs utilisant un segment de procédure donné;
5. "Zone survolée": toute zone terrestre qui a fait l'objet d'un flux moyen journalier d'au moins trente survols d'avions munis de turboréacteurs ou de turbopropulseurs en dessous de 2 000 mètres par rapport à l'altitude de l'aérodrome;
6. "Nombre d'événements sonores aéronautiques de niveau instantané d'au moins 62 dB (A)": la moyenne, sur les jours pertinents de l'année civile de référence, du nombre de tels événements pour l'aérodrome considéré.

II. – L'enquête publique mentionnée à l'article L. 6362-2 du code des transports concerne tout projet de création ou de modification permanente de procédure en dessous de 2 000 mètres par rapport à l'altitude de l'aérodrome considéré lorsque les conditions suivantes sont réunies:

1. La procédure à créer ou à modifier concerne une piste qui est utilisée, lors de l'année civile de référence, pour au moins dix pour cent du nombre total de départs et d'arrivées de l'aérodrome concerné;
2. Le flux moyen journalier sur au moins un segment de procédure à créer ou à modifier est d'au moins trente survols d'avions munis de turboréacteurs ou de turbopropulseurs;
3. La superficie des zones nouvellement survolées du fait de la création ou de la modification de la procédure est supérieure à dix pour cent de la superficie des zones survolées avant création ou modification où le nombre ou l'altitude des survols est appelé à varier après création ou modification.

III. – L'enquête publique est organisée dans les communes où le nombre ou l'altitude des survols varie du fait de la création ou de la modification de la procédure et qui remplissent l'une des conditions suivantes:

1. Leur territoire était, avant création ou modification, exposé en tout ou partie à un nombre d'événements sonores aéronautiques de niveau instantané d'au moins 62 dB (A) supérieur à dix;
2. Leur territoire sera, après création ou modification, exposé en tout ou partie à un nombre d'événements sonores aéronautiques de niveau instantané d'au moins 62 dB (A) supérieur à dix.

**Art. 2.** – Les projets de modification permanente de la circulation aérienne qui ont fait l'objet sur le fondement de l'article L. 6362-2 du code des transports d'une enquête publique ouverte avant l'entrée en vigueur du présent décret, demeurent régis par les dispositions applicables antérieurement à sa publication.

**Art. 3.** – La ministre de la transition écologique et le ministre délégué auprès de la ministre de la transition écologique, chargé des transports, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 27 octobre 2021.

JEAN CASTEX

Par le Premier ministre :

*Le ministre délégué auprès de la ministre de la transition écologique,  
chargé des transports,*

JEAN-BAPTISTE DJEBBARI

*La ministre de la transition écologique,*  
BARBARA POMPILI

## Arrêté du 24 janvier 2022 relatif à l'établissement et à la conception des procédures de vol aux instruments

(remplace l'arrêté du 4 octobre 2017)

### Extrait

(...)

#### III.1.5.2. Etude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement

A l'exclusion des aérodromes pour lesquels le ministère de la défense est affectataire unique ou principal, 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 à la modification de la procédure existante.

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

(...)

#### III.1.6.2. 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 quater viciés A du code général des impôts, l'autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA) est également consultée pour avis sans préjudice, le cas échéant, de l'enquête publique réalisée 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

(Note du 20/02/2019)

(...)

### 1.3.2 Étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement

Exigence(s) réglementaire(s)	Interprétations et moyens acceptables de conformité
<p>A 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.</p> <p>L'organisme porteur de projet réalise cette étude ou la fait réaliser sous sa responsabilité</p>	<p>Sur les aérodromes pour lesquels l'autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA) dispose de compétences spécifiques, cette étude est réalisée suivant les modalités définies dans le « Guide méthodologique relatif à la réalisation des études d'impact de la circulation aérienne » (EICA) validé par l'ACNUSA.</p>

(...)

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

Exigence(s) réglementaire(s)	Interprétations et moyens acceptables de conformité
<p>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.</p> <p>Pour les aérodromes mentionnés au I de l'article 1609 quater virgicelles A du code général des impôts, l'autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA) est également consultée pour avis.</p> <p>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.</p>	<p>Il est nécessaire que l'organisme porteur de projet propose la saisine de la CCE à la DSAC-IR qui 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.</p> <p>Des comptes rendus de réunion ou des avis de non opposition peuvent être des preuves acceptables.</p> <p>Dans le cas où le préfet ne pourrait (ou ne souhaiterait) pas réunir la CCE dans l'année calendaire, la transmission à l'autorité de l'aviation civile territorialement compétente par l'organisme porteur de projet de la lettre soumettant au préfet concerné l'étude d'impact de la circulation aérienne sur l'environnement et demandant que cette étude soit soumise pour avis à la prochaine CCE, ainsi que la réponse du préfet déclarant ne pas pouvoir (ou ne pas souhaiter) réunir la CCE d'ici la fin de l'année calendaire est un moyen acceptable de conformité en vue de l'approbation.</p>

(...)

## 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 aérodrome, 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 aérodromes ou le bruit lié aux aérodromes 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 aérodrome visé au I de l'article 1609 quater viciés A du code général des impôts ou sont affectés par la pollution atmosphérique de ces aérodromes, 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.



## Table des illustrations

Figure 1 : Différents impacts environnementaux calculés dans une EICA en fonction de son niveau de complexité .....	19
Figure 2 : Exemple d'évaluation qualitative d'une évolution d'impact environnemental (EICA niveau 1 à Nice-Côte d'Azur dans le cadre d'une modification de STAR) .....	22
Figure 3 : Trajectoires de départ de Chambéry (situation de statu quo en vert et projet étudié comportant une variante en bleu et rouge) .....	24
Figure 4 : Impact au sol des émissions sonores lors de départs d'un B737-800 de Chambéry (projet étudié variante rouge).....	26
Figure 5 : Flux d'une journée de trajectoires à Nice (Configuration 04) .....	28
Figure 6 : Flux d'une journée de trajectoires en approche sur Marseille (face Sud) avec visualisation des tranches d'altitude .....	29
Figure 7 : Courbes de densité à des seuils 10, 20 et 30 survols à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06) .....	30
Figure 8 : Courbes NA65 : 10, 15, 20, 25 événements à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06) .....	31
Figure 9 : Courbes de NA à des valeurs seuils de 62, 65 et 68 dB(A) à Orly (flux arrivées MOLBA en QFU 06).....	32
Figure 10 : Arrivées 04 du 27 juin 2019 à LFMN .....	48
Figure 11 : STAR Secteur Ouest dispositif statu quo à LFMN.....	49
Figure 12 : STAR Secteur Ouest dispositif statu quo et trajectoires d'arrivées 04 du 27 juin 2019 à LFMN .....	49
Figure 13 : STAR Secteur Ouest dispositif projet et statu quo (pour comparaison) à LFMN ..	50
Figure 14: Relation entre poussée, bruit et émissions gazeuses .....	53
Figure 15 : Principe de modélisation des données.....	55
Figure 16 : Les principales étapes de la réalisation technique du dossier EICA.....	56
Figure 17 : Arrivées QFU 06 à Orly.....	59
Figure 18 : Distinction en deux flux des arrivées 06. Les trajectoires moyennes en vert sont également visualisées. ....	60
Figure 19 : Arrivées QFU 05 sur Bordeaux-Mérignac .....	61
Figure 20 : Distinction des arrivées 05 en deux flux (VOR-DME à gauche et approches à vue à droite) .....	61
Figure 21 : Exemple d'échantillonnage des trajectoires (pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés).....	66
Figure 22 : Calcul de la trajectoire moyenne (points barycentres). Pour des raisons de lisibilité, les plots avec un pas de 0,5 NM sont visualisés. ....	66
Figure 23 : Visualisation du profil moyen en altitude (cas d'un flux de départs) .....	67
Figure 24 : Définition des points de calage sur la trajectoire de référence .....	68
Figure 25 : Correspondance aéronautique entre les plots de calage sur les deux trajectoires de référence .....	69

Figure 26 : Vecteurs de translation .....	69
Figure 27 : Exemple d'une déformation d'un flux de départ vers le nord de Toulouse-Blagnac (procédure FISTO) .....	71
Figure 28 : Exemple de profils d'altitude, de vitesse et de poussée pour un A320 en approche (extrait de la base de performances ANP utilisée dans la modélisation acoustique IMPACT) .....	72
Figure 29 : Schéma de principe d'analyse de la consommation de carburant et des émissions CO <sub>2</sub> avec ACROPOLE.....	76
Figure 30 : Exemple de comparaison de l'estimation du fuel flow avec ACROPOLE comparée à la valeur mesurée.....	76
Figure 31 : Principe de détermination d'une enveloppe de trajectoires .....	78
Figure 32 : Exemple d'enveloppe de trajectoires de départ de Toulouse-Blagnac.....	79
Figure 33 : Exemple d'enveloppes de trajectoires d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle...80	
Figure 34 : Détermination de la trajectoire moyenne d'un flux de trajectoires, première étape lors du calcul d'enveloppe.....	81
Figure 35 : Résultat d'un calcul d'enveloppe .....	81
Figure 36 : Principe de calcul de la densité de survols .....	83
Figure 37 : Effet du lissage dans le calcul de densité de survols.....	84
Figure 38 : 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 .....	85
Figure 39 : Système de modélisation du bruit d'avion (CEAC doc 29, vol. 1) .....	87
Figure 40 : le bruit est calculé en chacun des points de maillage au sol de part et d'autre de la trajectoire.....	88
Figure 41 : Bruit mesuré à l'arrivée des avions de la famille A320 .....	92
Figure 42 : Indicateur L <sub>Amax</sub> .....	94
Figure 43 : Empreintes sonores L <sub>Amax</sub> 65 dB(A) d'arrivées sur Paris - Charles-De-Gaulle .....	95
Figure 44 : Indicateur NA65 .....	96
Figure 45 : Exemple d'empreintes NA65 sur Paris - Charles-De-Gaulle .....	97
Figure 46 : Indicateur L <sub>Aeq,T</sub> .....	98
Figure 47 : Empreintes sonores LAeq nuit (plage horaire 22h00-06h00, appelé dans ce cas L <sub>night</sub> ) en ne considérant que l'impact du trafic nocturne.....	99
Figure 48 : Enveloppe L <sub>den</sub> 50 dB(A) calculée pour des départs de Marseille Provence.....	101
Figure 49 : Découpages commune/contours IRIS à Toulouse.....	104
Figure 50 : Parcelles habitées à Toulouse.....	104
Figure 51 : Exemple de périmètre spatial d'étude (trajectoires horizontales) .....	108
Figure 52 : Exemple de périmètre spatial d'étude (profils verticaux).....	109
Figure 53 : Principe d'analyse de la performance environnementale avec ACROPOLE .....	114

(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**

