

RAPPORT

Direction du transport
aérien

Service technique de
l'Aviation civile

Mai 2016

Aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle

Rapport de présentation des conditions d'obtention de la valeur de l'indicateur représentatif de l'énergie sonore (IGMP) pour l'année 2015



SOMMAIRE

RÉSUMÉ	4
ABSTRACT	5
INTRODUCTION	6
GUIDE DE LECTURE	7
1. MÉTHODOLOGIE ET ÉVOLUTIONS	8
2. MESURES RÉALISÉES EN 2015	9
2.1. CONDITIONS DE RÉALISATION DES MESURES	9
2.2. RÉPARTITION PAR STATION DES MESURES RÉALISÉES EN 2015	12
3. ÉVALUATION DE L'ÉNERGIE SONORE MESURÉE PONDÉRÉE POUR 2015	13
3.1. SYNTHÈSE DU TRAITEMENT DES MOUVEMENTS ET DES NIVEAUX DE BRUIT	13
3.2. NIVEAUX DE BRUIT MESURÉS ET VALIDÉS	15
3.2.1. <i>Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide la droite de régression propre à l'avion</i>	15
3.2.2. <i>Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide d'avions de substitution</i>	15
3.3. UTILISATION DES NIVEAUX DE BRUIT LE PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS	16
3.4. MOUVEMENTS NON DÉTECTÉS	16
4. VALEUR DE L'INDICATEUR POUR L'ANNÉE 2015	16
4.1. CALCUL DE L'INDICATEUR GLOBAL SUR L'ANNÉE 2015	16
4.2. RÉPARTITION JOURNALIÈRE DES ÉNERGIES SONORES	17
5. ANALYSE DES RÉSULTATS	19
5.1. MOUVEMENTS DÉTECTÉS	19
5.2. TAUX DE CORRÉLATION	19
5.3. INTERPRÉTATION DE L'IGMP 2015	20
5.4. RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE SONORE TOTALE	20
5.5. RÉPARTITION DU TRAFIC PAR CATÉGORIE ACOUSTIQUE D'AÉRONEFS	21
5.6. RÉPARTITION PAR NIVEAU DE BRUIT	23
5.7. RÉPARTITION JOUR / SOIRÉE / NUIT	25
5.8. PÉRIODE « NUIT »	30
5.9. PÉRIODE « CŒUR DE NUIT »	31
5.10. COMPARAISON NUIT / CŒUR DE NUIT	32
ANNEXE 1 - LISTE DES ABRÉVIATIONS	35
ANNEXE 2 - ARRÊTÉ DU 28 JANVIER 2003	36
ANNEXE 3 - ARRÊTÉ DU 12 SEPTEMBRE 2008	39
ANNEXE 4 - MÉTHODE D'EXCLUSION DES VALEURS ABERRANTES	41
ANNEXE 5 - CORRECTIFS DE NIVEAUX PAR RAPPORT À LA DISTANCE RÉELLE ET NIVEAUX DE BRUIT LES PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS - NOUVELLES DROITES DE RÉGRESSION 2015	45
1. À L'ATTERRISSAGE	45
2. AU DÉCOLLAGE	47
ANNEXE 6 - SUBSTITUTIONS	48
1. SUBSTITUTIONS TYPE COMPLET 2015	48
2. SUBSTITUTIONS TYPE COURT 2015	65
ANNEXE 7 - CALCUL DES DROITES DE RÉGRESSION	70

RÉSUMÉ

L'arrêté du 28 janvier 2003 définit l'indicateur représentatif de l'énergie sonore de l'aéroport Paris - Charles de Gaulle – communément appelé Indicateur Global Mesuré Pondéré (IGMP) – et limite sa valeur pour chaque année civile à son niveau moyen des années 1999, 2000 et 2001.

Depuis l'IGMP 2007, l'estimation de la valeur de cet indicateur est confiée par la DGAC au Service technique de l'aviation civile (STAC). Le calcul de l'IGMP 2015 se base sur les mesures de bruit et sur les corrélations entre mesures de bruit et trajectoires effectuées par le Laboratoire d'Aéroports de Paris (ADP).

Le ratio de mesures de bruit exploitables pour le calcul de l'IGMP 2015 est de **89,9%** pour **475 809** mouvements. Il confirme l'amélioration observée depuis 2012 par rapport aux années antérieures.

La valeur de **l'IGMP 2015 est de 71,6** et diminue par rapport à l'année 2014 (-3,9 points). Cette évolution entre 2014 et 2015 s'explique pour partie par l'influence combinée des trois facteurs suivants :

- La **variation de la répartition des mouvements selon les périodes jour/soirée/nuit,**
- La **modernisation des flottes,**
- **L'augmentation du trafic aérien** de 0,9% pour l'aéroport Charles de Gaulle.

Les deux premiers facteurs contribuent de manière équivalente à la diminution de l'indicateur 2015, le troisième atténue légèrement cette baisse.

Les travaux d'analyse des données disponibles se poursuivent à la date de restitution du présent rapport afin de déterminer d'autres causes possibles à l'évolution de l'indicateur 2015.

L'indicateur spécifique de la période « nuit » est également en baisse, atteignant sa valeur la plus faible depuis 2008 (75,3).

Par ailleurs, l'énergie sonore moyenne non pondérée par mouvement est toujours plus importante pour les mouvements de nuit que pour ceux de jour et de soirée. Ceci est lié au fait que les avions utilisés la nuit (fret) sont de masse et/ou de taille supérieure mais aussi de génération antérieure à ceux utilisés le jour ou en soirée.

ABSTRACT

A decree dated January 28th 2003 has defined an indicator to represent noise energy at Paris - Charles de Gaulle airport. This “weighted measure-based overall” indicator (called IGMP for “*Indicateur Global Mesuré Pondéré*”) restricts for each year the overall amount of noise energy emitted to the yearly average noise energy emitted in 1999, 2000 and 2001.

Since the computation of IGMP 2007 the French General Directorate for Civil Aviation (DGAC) has ordered the Technical Centre for Civil Aviation (STAC) to estimate each annual IGMP value. IGMP 2015 calculation is based on noise measurements and correlations between noise levels and tracks delivered by ADP (“*Aéroports de Paris*”) Laboratory.

In 2015, the ratio of reliable noise measurements is **89.9%**, out of **475 809** movements. It confirms the improvement observed since 2012.

IGMP 2015 value equals 71.6 and decreases comparing to the previous year (-3.9 points). This evolution between 2014 and 2015 is partly due to the combined effect of the three following factors:

- **The variation of traffic distribution among day, evening and night periods,**
- **The fleet modernization**
- **The air traffic increase** at Charles de Gaulle airport (+0.9%);

The first two factors have equivalent contributions to the decrease in IGMP 2015, whereas the third factor tends to slightly limit lowering the indicator.

In order to determine other possible explanations for the evolution of the 2015 indicator, analysis of the data available is continuing at the date the present report is returned.

The specific night period indicator keeps on decreasing since 2008, reaching its lowest value (75.3).

Moreover, average unweighted noise energy per aircraft is higher during night period than during the day or the evening because aircraft operated during night period (freight) are heavier, and/or bigger in size and of older generation than aircraft operated during day or evening periods.

INTRODUCTION

L'arrêté du 28 janvier 2003¹ définit l'indicateur représentatif de l'énergie sonore de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle – communément appelé Indicateur Global Mesuré Pondéré (IGMP) – et limite sa valeur pour une année civile à son niveau moyen des années 1999, 2000 et 2001.

L'estimation de la valeur de l'IGMP est confiée par la DGAC au Service technique de l'Aviation civile (STAC) depuis le calcul de l'indicateur 2007. Elle était précédemment effectuée par le Laboratoire d'Aéroports de Paris (ADP).

La valeur annuelle de l'IGMP est basée sur :

- les niveaux de bruit mesurés à l'aide d'un dispositif de mesures de bruit, mis en œuvre par ADP ;
- un suivi des trajectoires homologué par arrêté interministériel du 17 juillet 2006 ;
- une corrélation entre mesures de bruit et trajectoires, effectuée par ADP.

Les mouvements d'avions recensés sur l'année 2015 sont répartis en plusieurs catégories, selon qu'ils sont détectés et corrélés ou non avec une mesure de bruit. Une correction de distance est ensuite appliquée afin de ramener chaque mesure à une distance de référence pour l'IGMP par rapport aux seuils des pistes.

En pratique, le traitement de l'ensemble des données se fonde depuis 2006 sur la méthode définie par le groupe de travail (GT) établi entre l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA), la Direction générale de l'aviation civile (DGAC)², la Mission Bruit de la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR)³ et le Laboratoire d'ADP. Cette méthode de calcul a fait l'objet de plusieurs améliorations proposées par le groupe de travail et approuvées par l'ACNUSA, comme par exemple l'exclusion des mesures aberrantes prise en compte depuis le calcul de l'IGMP 2011, et elle est désormais optimale.

¹ : Voir annexe 2.

² : Représentée d'une part par la Direction des Affaires Stratégiques et Techniques (DAST) jusqu'en 2008 puis par la Direction du Transport Aérien (DTA) depuis et d'autre part par le STAC.

³ : Maintenant devenue la mission « Bruit et agents physiques » de la Direction générale de la prévention des risques (DGPR).

GUIDE DE LECTURE

Le chapitre 1 du présent rapport rappelle les principales évolutions méthodologiques décidées par le groupe de travail IGMP.

Le chapitre 2 précise les conditions des mesures : emplacement des stations, taux des mesures corrélées et causes d'absence de corrélation.

Le chapitre 3 indique les différentes catégories de niveaux de bruit utilisés pour le calcul de l'IGMP. Il s'appuie sur les définitions suivantes :

- **Correction de distance** : L'impossibilité physique d'implanter l'ensemble des stations à une distance rigoureusement identique par rapport à chaque seuil de piste et l'inégalité des longueurs de piste imposent d'effectuer sur les mesures des corrections de distance. La correction permet de ramener le niveau de bruit mesuré à celui d'une mesure équivalente effectuée à la distance de référence (9 200m au décollage et 5000 m à l'atterrissage). La correction est calculée à l'aide d'une droite de régression (voir Annexe 7).
- **LAm_{ax}** : Niveau maximal de bruit caractérisant un événement isolé.
- **Niveau de bruit mesuré** : Il s'agit du niveau de bruit LAm_{ax} mesuré au sol auquel est ajoutée la correction de distance, afin de le ramener au niveau d'une mesure qui serait effectuée à la distance de référence.
- **Niveau de bruit le plus fréquemment mesuré** : C'est, pour chaque type d'aéronefs, un niveau de bruit moyen établi suivant une méthode statistique basée sur un minimum de 100 valeurs de niveaux de bruit mesurés, avec au moins 25 mesures sur au moins 4 stations. Ce niveau de bruit le plus fréquemment mesuré est utilisé en cas de mesure manquante. Une fois qu'il a pu être calculé, ce niveau est repris pour les années suivantes.
- **Famille de substitution** : Lorsqu'on ne dispose pas, pour un avion donné, d'un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré parce que l'avion fréquente trop rarement la plate-forme, l'évaluation du niveau de bruit engendré par le vol nécessite le recours à une famille de substitution. Il s'agit de la famille d'aéronefs dont on connaît le niveau de bruit le plus fréquemment mesuré et dont les caractéristiques acoustiques et physiques se rapprochent le plus de l'avion considéré.

Les chapitres 4 et 5 présentent les résultats et analyses des différents calculs effectués : valeur de l'indicateur, calcul par catégorie acoustique d'aéronefs, selon la période de la journée, sur la période cœur de nuit...

Le chapitre 6 décrit une analyse comparée entre le calcul IGMP effectué par le STAC et celui effectué à des fins de vérification par ADP, leurs résultats étant proches pour 2015.

Les abréviations utilisées dans ce rapport sont explicitées en annexe 1.

1. MÉTHODOLOGIE ET ÉVOLUTIONS

Le calcul de l'IGMP 2015 repose sur la méthodologie arrêtée par le groupe de travail (GT) établi en 2006 entre l'Autorité de contrôle des nuisances aéroportuaires (ACNUSA), la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), la Mission Bruit de la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) et le Laboratoire d'ADP.

L'IGMP est basé sur le calcul :

- D'une énergie de référence dont la valeur correspond à la moyenne des énergies des années 1999, 2000, 2001. Par convention, cette énergie est ramenée à la valeur de base 100.
- De droites de régression utilisées pour le calcul des corrections de distance (voir définition en annexe 7). Ces droites sont basées principalement sur les mesures des années 2005 à 2014. Toutefois, comme le groupe de travail l'avait préconisé, les données mesurées en 2015 ont permis pour certains types d'avion d'atteindre pour la première fois un minimum de 25 mesures sur au moins 4 stations et de calculer de nouvelles droites de régression enrichissant le jeu existant.

Parmi ses objectifs, le GT fait notamment le bilan des travaux effectués sur l'IGMP et propose le cas échéant des pistes d'améliorations de la méthode de calcul de l'indice. Les principales évolutions méthodologiques apportées et appliquées au calcul de l'IGMP 2015 sont les suivantes :

- Mise en œuvre de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes pour la création des nouvelles droites de régression ainsi que pour le calcul de l'IGMP (décrite en annexe 4), validée par le GT en novembre 2011.
- Utilisation par ADP, depuis 2012, d'un nouveau système de détection du bruit des aéronefs et d'une méthode dite « de multi-validation » a permis d'augmenter de manière significative le nombre de mesures exploitables. Cette méthode comprend :
 - l'analyse de pente de la mesure acoustique,
 - la reconnaissance spectrale du bruit d'aéronef,
 - le filtrage sur critères de durée et de niveau sonore minimum.

2. MESURES RÉALISÉES EN 2015

2.1. CONDITIONS DE RÉALISATION DES MESURES

Aéroports de Paris dispose d'un réseau de stations de mesures spécifiquement implantées pour l'évaluation de l'indicateur. Ces stations sont situées sous les axes de chacune des 8 trouées à environ 5 000 mètres du seuil de piste le plus proche.

La carte ci-dessous présente la position effective des 8 stations utilisées pour le calcul de l'IGMP 2015.

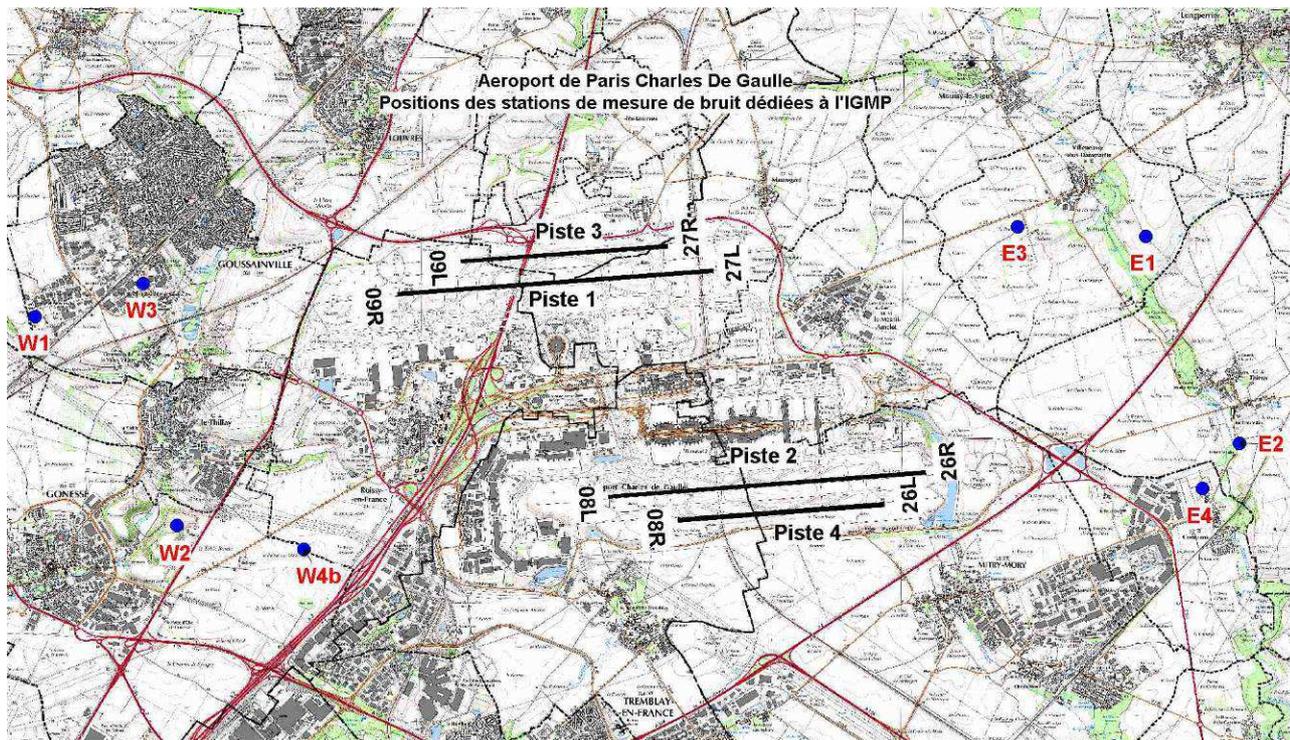


Figure 1 : Positionnement des stations de mesure de bruit IGMP.

Distances des stations :

Station	Atterrissage Par rapport au toucher des roues (en mètres)	Décollage Par rapport au lâcher des freins (en mètres)
E1	6 892	9 592
E2	5 269	7 984
E3	5 169	
E4	4 712	
W1	5 338	8 638
W2	6 295	9 610
W3	4 736	
W4b	5 500	

En 2015, ADP a enregistré 427 829 couples de mesures de bruit et trajectoires exploitables¹ sur un total de 475 809 mouvements pris en compte² pour le calcul de l'indicateur. Cela correspond à un taux de 89,9% de vols pour lesquels un niveau de bruit mesuré était utilisable pour l'IGMP. Ce ratio confirme l'amélioration apportée depuis 2012 par la nouvelle méthode de détection du bruit, comme le montre la *Figure 2*.

Pour 2015, le nombre de mouvements détectés par ADP est de 475 754, ce qui est très légèrement inférieur au total officiel NBA (475 809). Cet écart de 55 mouvements est pris en compte dans le calcul de l'IGMP (cf. section 3.4).

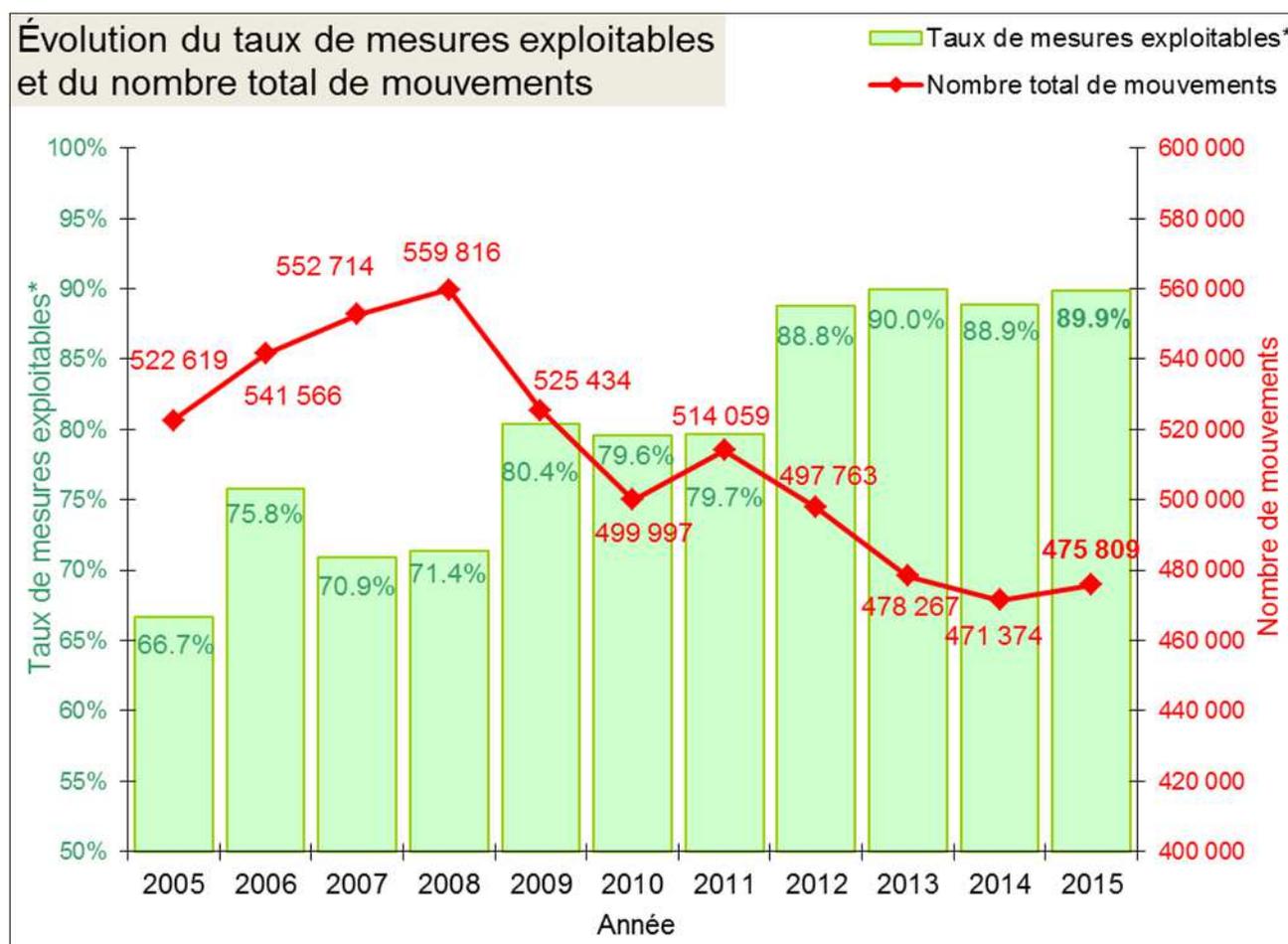


Figure 2 : Taux de mesures exploitables et nombre total de mouvements

L'absence de 47 980 couples de mesures de bruit et trajectoires s'explique principalement par les trois facteurs suivants :

- critères de détection non respectés (durée minimum, niveau minimum, pourcentage de reconnaissance spectrale minimum)
- maintenance, calibration ou dysfonctionnement des stations de mesure de bruit,

¹ On considèrera dans ce rapport comme mesures « exploitables » ou « utilisables » des mesures de bruit d'aéronefs ayant été corrélées à une trajectoire. A ces mesures « exploitables » ou « utilisables » est ensuite appliquée la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes. Une partie de ces mesures peut donc être ensuite exclue, si identifiée comme étant aberrante, du calcul de l'IGMP

² Le nombre de mouvements total pris en compte correspond au nombre total des mouvements officiellement répertoriés pour l'année 2015 pour l'aéroport de Paris-Charles de Gaulle (source NBA).

- absence d'enregistrement, liée au fait que certains petits appareils et turbopropulseurs au décollage effectuent des virages trop courts et ne survolent pas la station de mesure dans l'axe de leur piste de décollage.

La figure ci-dessous présente la contribution de ces facteurs pour l'année 2015 :

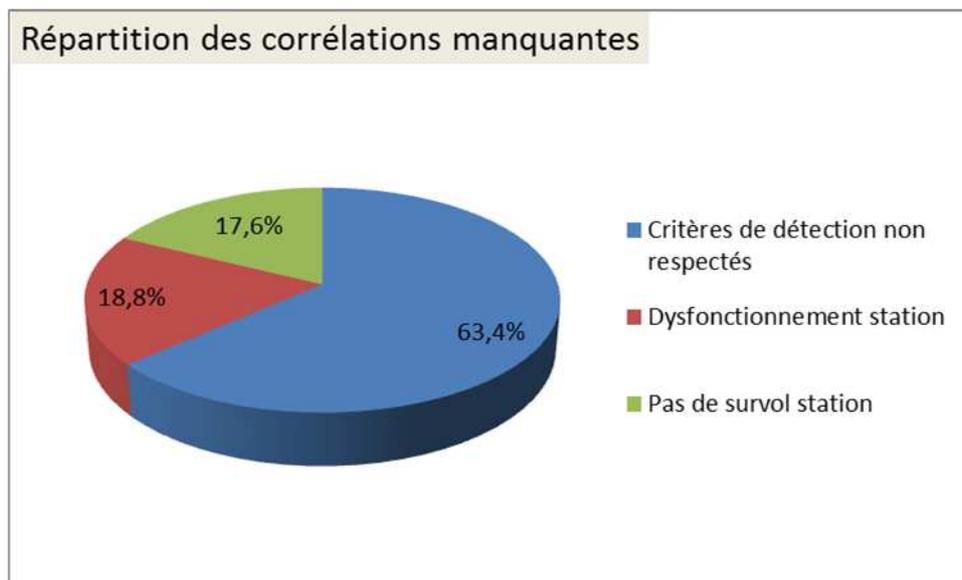


Figure 3 : Répartition des corrélations manquantes pour l'année 2015

Sur les 427 829 couples de mesures de bruit et trajectoires exploitables, la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes a entraîné l'exclusion de 687 mesures de bruit (soit 0,2% des mesures exploitables, comme en 2014), donc 427 142 couples de mesures de bruit et trajectoires ont été utilisés pour le calcul de l'IGMP.

En résumé, sur un total de **475 754 mouvements détectés** en 2015 sur la plate-forme :

- **427 829 (89,9%) mouvements ont fait l'objet d'une mesure exploitable** pour le calcul de l'IGMP, dont :
 - **427 142 ont été validés et utilisés** pour le calcul de l'IGMP, (application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes) ;
 - **687 ont été exclus** à la suite de l'application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes. Ces mouvements sont associés à un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré.
- **47 925 (10,1%) mouvements ont une mesure de bruit manquante ou inexploitable.** Ces mouvements sont associés à un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré.

Note : Une synthèse de la répartition des mouvements est présentée en partie 3.1.

2.2. RÉPARTITION PAR STATION DES MESURES RÉALISÉES EN 2015

Le tableau ci-après détaille, pour chaque station de mesures, les valeurs enregistrées durant l'année 2015. Le nombre de mouvements mesurés et corrélés à un avion correspond à tous les mouvements ayant fait l'objet d'une mesure exploitable (que celle-ci soit ou non ensuite exclue du calcul IGMP par la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes).

Remarquons que, si les pistes 3 et 4 sont des pistes courtes (2 700 mètres) réservées en temps normal aux atterrissages, quelques centaines de décollages chaque année sont aussi pratiqués sur ces pistes. ADP affecte par défaut ces décollages aux stations des pistes voisines (respectivement à la piste 1 et 2), le niveau sonore associé étant alors le niveau le plus fréquemment mesuré de l'aéronef ou à défaut celui d'un aéronef de substitution.

Station	Date de mise en service définitive	Nombre de décollages <u>mesurés et corrélés à un avion</u>	Nombre de décollages <u>effectués au-dessus de la station</u>	Nombre d'atterrissages <u>mesurés et corrélés à un avion</u>	Nombre d'atterrissages <u>effectués au-dessus de la station</u>
E1 Villeneuve-sous-Dammartin	05/07/2005	31 729	34 800	2 347	2 601
E2 Thieux	12/07/2005	47 632	51 749	3 433	3 655
E3 Villeneuve-sous-Dammartin	27/02/2008 ¹	-	-	45 520	50 975
E4 Compans	01/07/2003 déplacée de 100 m env. le 12/05/2006			81 853	90 363
W1 Goussainville	03/06/2005	63 827	68 278	1 750	2 340
W2 Gonesse	16/04/2007	73 179	80 407	2 526	3 510
W3 Goussainville	12/05/2005	-	-	31 595	34 457
W4b Gonesse	12/01/2012	-	-	42 438	48 508
Vols sans QFU ²		-	2 868	-	1 243
Total		216 367	238 102	211 462	237 652

Figure 4 : Répartition des mouvements mesurés par station.

¹ : Remplacement d'un sonomètre par une station fixe le 27/02/2008.

² : Trajectoires d'avions n'ayant pas survolé de station de mesure (avions ayant quitté rapidement l'axe de piste tels que les turbopropulseurs sur le doublet Nord).

3. ÉVALUATION DE L'ÉNERGIE SONORE MESURÉE PONDÉRÉE POUR 2015

Note : Le guide de lecture en début de rapport rappelle les définitions des termes spécifiques à l'IGMP utilisés dans cette section.

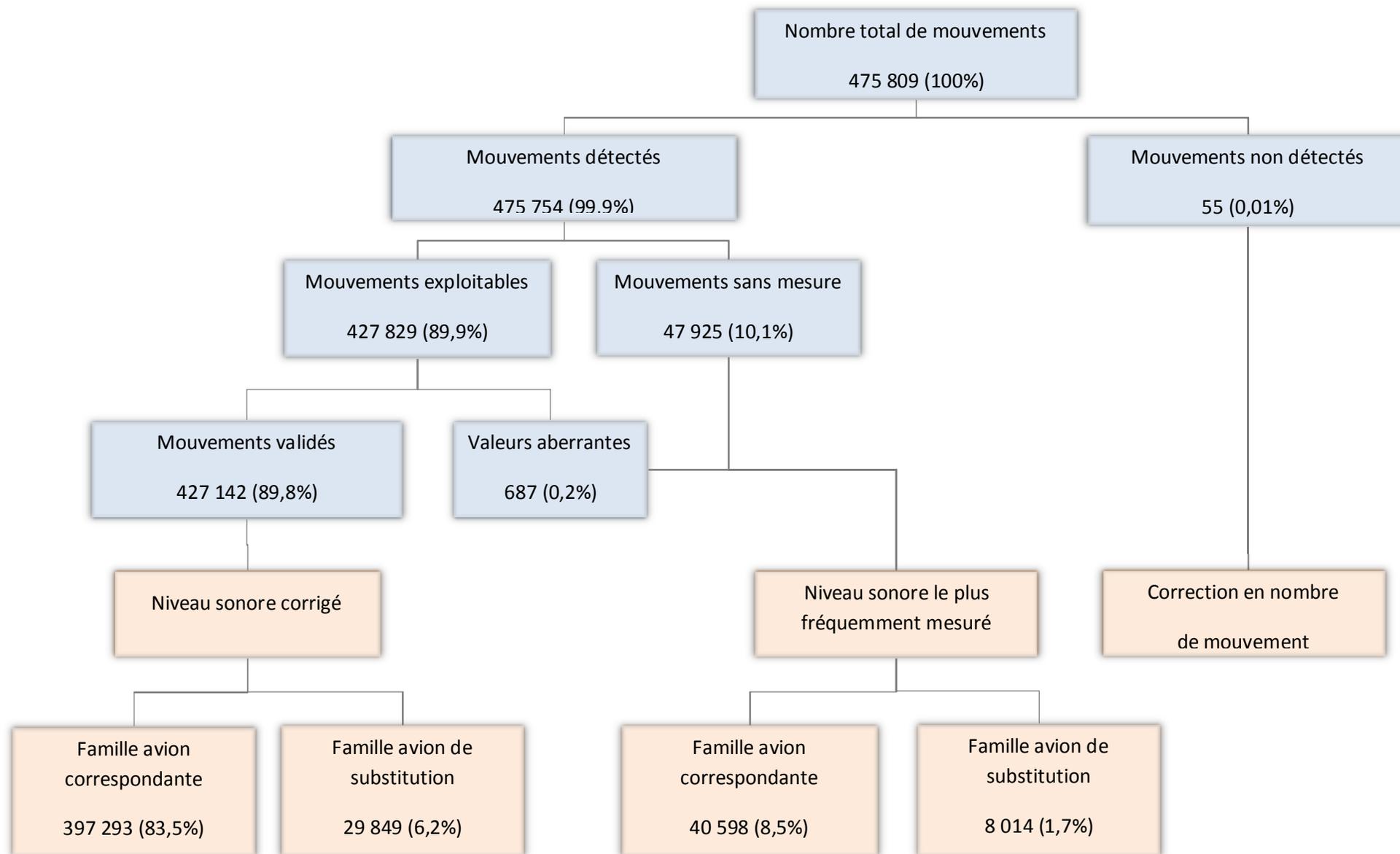
Conformément à la méthodologie arrêtée par le groupe de travail, l'énergie sonore engendrée par les mouvements constituant le trafic 2015 de l'aéroport de Paris – Charles-de-Gaulle a été évaluée en affectant à chaque mouvement :

- le niveau de bruit mesuré s'il est disponible et validé suite à l'application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes. Ce niveau de bruit est corrigé en distance, afin de le ramener à celui d'une mesure équivalente effectuée à la distance de référence.
- ou à défaut le niveau de bruit le plus fréquemment mesuré pour cet aéronef,
- ou encore si aucune de ces deux données n'est disponible, celui d'un appareil de substitution équivalent.

3.1. SYNTHÈSE DU TRAITEMENT DES MOUVEMENTS ET DES NIVEAUX DE BRUIT

Le traitement de l'ensemble des 475 809 mouvements de l'année 2015 et des niveaux de bruit associés peut être représenté par le logigramme suivant :

Répartition des mouvements
Niveau de bruit associé au mouvement



3.2. NIVEAUX DE BRUIT MESURÉS ET VALIDÉS

Les niveaux de bruit de 427 142 mouvements, soit 89,8% des mouvements effectués dans l'année, ont été mesurés et validés suite à l'application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes. Ils sont corrigés en distance à l'aide d'une droite de régression (voir annexe 7), cette dernière étant calculée à partir des mesures, sous condition d'un nombre minimal de mesures existantes de 25 par station sur au moins 4 stations de mesure.

3.2.1. Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide la droite de régression propre à l'avion

Pour la plupart des mouvements (397 293 mouvements, soit 93% des mesures corrélées validées), il existe une droite de régression propre à l'ensemble « type d'avion - motorisation - groupe acoustique » associé au mouvement (voir annexe 5), qui est utilisée pour corriger le niveau de bruit en distance.

3.2.2. Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide d'avions de substitution

Pour les 7% de niveaux de bruit mesurés restants (29 849 mouvements, soit 300 types d'aéronefs), aucune droite de régression n'est disponible pour le moment. La correction de distance utilisée est alors égale à celle de sa famille de substitution, pour laquelle les caractéristiques acoustiques et physiques sont voisines de celles des appareils considérés et une droite de régression a pu être calculée.

L'évolution du nombre des substitutions depuis 2011 est le suivant :

Année	2011	2012	2013	2014	2015
Nombre de mouvements substitués	54 803	29 693	25 817	21 307	29 849

L'augmentation du nombre de substitutions en 2015 par rapport aux trois années antérieures provient en grande partie du fait que la dénomination de certains moteurs a été légèrement modifiée pour l'année 2015 dans la base de données alimentant les mouvements de l'IGMP, entraînant alors la création d'un nouvel ensemble type/moteur/groupe (TMG) pour lequel il n'existe pas de droite de régression.

Par exemple, la dénomination du moteur de l'avion Airbus A321-230 (IAE) de groupe acoustique 5A était intitulée « V2533-A5SelectOne » en 2014 et les années antérieures et « 2533-A5SELECTONE » en 2015.

Les niveaux de bruit des TMG concernés par ces changements de dénomination moteur, qui représentent 21% des substitutions 2015, ont été corrigés à l'aide de la droite de régression de substitution du TMG avec l'ancienne dénomination moteur.

Les familles de substitution utilisées en 2015 sont présentées en annexe 6.

3.3. UTILISATION DES NIVEAUX DE BRUIT LE PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS

Comme le prévoit l'arrêté du 28 janvier 2003, pour chacun des 48 612 mouvements identifiés qui n'ont pu donner lieu à une mesure valide (absence de mesure, mesure inexploitable, ou bien mesure non prise en compte suite à l'application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes), un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré est affecté (voir annexe 7), en fonction de l'ensemble « type d'avion – motorisation – groupe acoustique » correspondant.

Pour les avions suffisamment fréquents sur la plate-forme pour avoir donné lieu à un nombre représentatif d'enregistrements de mesures de bruit (au moins 25 mesures par station sur au moins 4 stations de mesure), le niveau de bruit le plus fréquemment mesuré est celui propre à l'ensemble « type d'avion – motorisation – groupe acoustique » correspondant.

Pour les autres avions dont la mesure est non valide, le niveau le plus fréquemment mesuré de l'avion de substitution est utilisé.

3.4. MOUVEMENTS NON DÉTECTÉS

Le nombre de mouvements retenus pour le calcul de l'IGMP est pris en compte à travers l'usage des facteurs multiplicatifs :

- $\frac{Nb\ total\ atterr.}{Nb\ atterr.\ détectés}$ pour les atterrissages
- et $\frac{Nb\ total\ décoll.}{Nb\ décoll.\ détectés}$ pour les décollages

(voir section 5.1).

4. VALEUR DE L'INDICATEUR POUR L'ANNÉE 2015

4.1. CALCUL DE L'INDICATEUR GLOBAL SUR L'ANNÉE 2015

La valeur de l'IGMP au titre de 2015 s'élève à 71,6.

La figure ci-après rappelle la série des valeurs IGMP publiées depuis 2003.

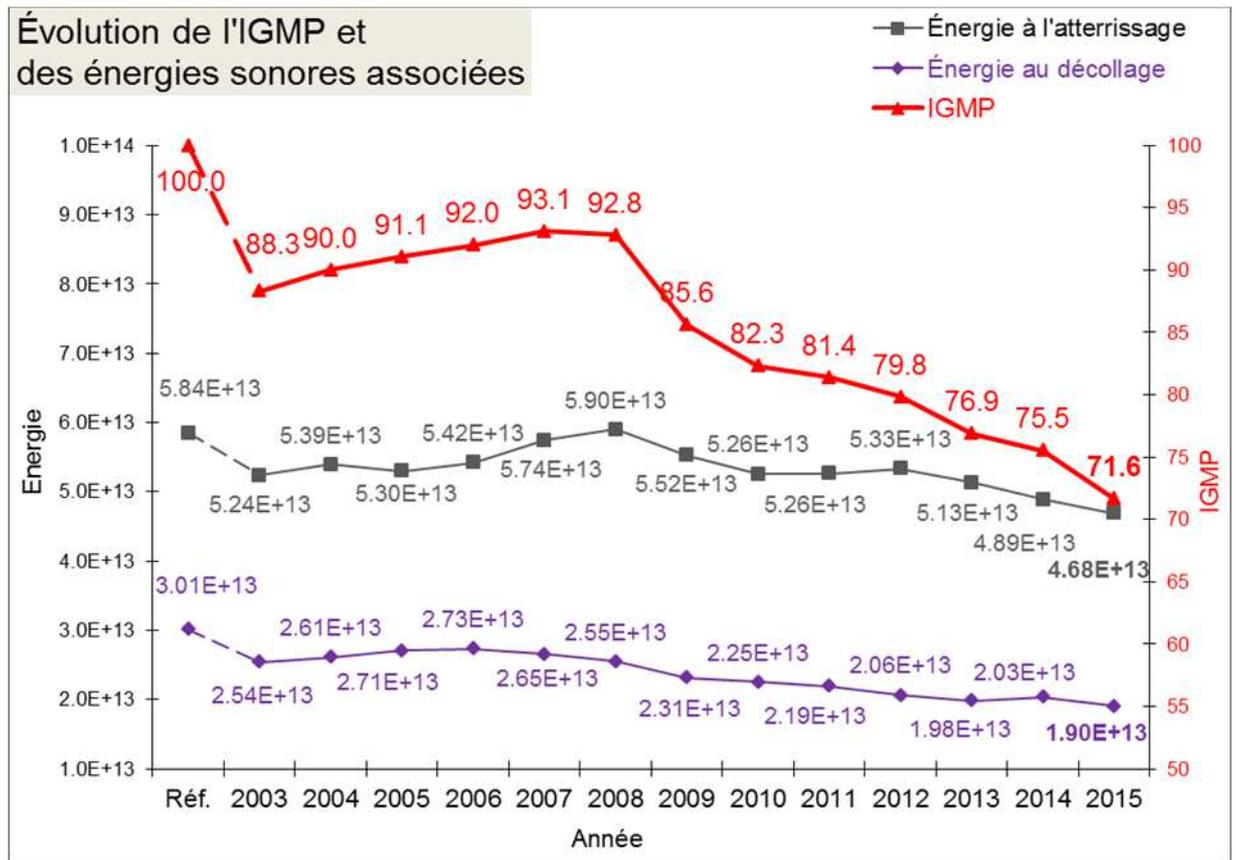


Figure 5 : Valeurs de l'IGMP de 2003 à 2014

4.2. RÉPARTITION JOURNALIÈRE DES ÉNERGIES SONORES

Les Figure 6 et Figure 7 présentent la répartition, en fonction des périodes de la journée, des énergies sonores par type de mouvement (atterrissage et décollage) pour l'année 2015 d'une part et pour la période de référence d'autre part.

ATTERRISSAGE	Energie 2015 (Wa,2015)	Energie de référence (Wa,0)
Jour (6h-18h)	1,12.10 ¹³	1,44.10 ¹³
Soirée (18h-22h)	0,95.10 ¹³	1,33.10 ¹³
Nuit (22h-6h)	2,61.10 ¹³	3,08.10 ¹³
Global	4,68.10¹³	5,85.10¹³

Figure 6 : Énergies sonores pour l'atterrissage

DÉCOLLAGE	Energie 2015 (Wd,2015)	Energie de référence (Wd,0)
Jour (6h-18h)	0,54.10 ¹³	0,73.10 ¹³
Soirée (18h-22h)	0,39.10 ¹³	0,82.10 ¹³
Nuit (22h-6h)	0,97.10 ¹³	1,46.10 ¹³
Global	1,90.10¹³	3,01.10¹³

Figure 7 : Énergies sonores pour le décollage

5. ANALYSE DES RÉSULTATS

5.1. MOUVEMENTS DÉTECTÉS

La Figure 8 présente la comparaison entre le nombre de mouvements détectés et le nombre de mouvements officiellement comptabilisés.

Mouvements	Atterrissage	Décollage	Total
Détectés	237 652	238 102	475 754
Officiels (NBA)	237 903	237 906	475 809
Différence (officiel-détectés)	+251	-196	+55

Figure 8 : Nombre de mouvements détectés

La différence entre le nombre de mouvements officiels et le nombre de mouvements détectés s'explique généralement par les pannes de transmission des données radar. Ces pannes conduisent soit à la perte de certaines trajectoires soit à leur dédoublement (en cas de coupure de courte durée mais excédant une demi-heure, les trajectoires peuvent être scindées en deux avec un identifiant distinct).

Le très faible écart entre les mouvements détectés et le total officiel permet de considérer que les énergies prises en compte pour le calcul de l'indicateur sont proportionnelles aux nombres de mouvements, respectivement pour les atterrissages et les décollages.

Les énergies pour l'atterrissage, $W_{a,2015}$, et pour le décollage, $W_{d,2015}$, sont donc calculées d'après les expressions suivantes :

$$W_{a,2015} = W_{a,2015} \text{ détecté} * (\text{Mvts totaux atterrissage} / \text{Mvts détectés atterrissage})$$

$$W_{d,2015} = W_{d,2015} \text{ détecté} * (\text{Mvts totaux décollage} / \text{Mvts détectés décollage})$$

5.2. TAUX DE CORRÉLATION

Depuis la mise en place, en 2012, de la nouvelle méthode de détection du bruit des aéronefs (méthode de multi-validation, voir section 1) le taux de mouvements corrélés a été amélioré. Il atteint la valeur de 89,9% pour l'année 2015.

5.3. INTERPRÉTATION DE L'IGMP 2015

On constate au premier abord que l'indicateur est en baisse par rapport à l'année 2014 (-3,9 points). L'indicateur atteint sa valeur la plus basse obtenue depuis 2003.

L'analyse des données appelle les commentaires suivants :

Entre 2014 et 2015, **les énergies sonores à l'atterrissage et au décollage diminuent respectivement de 4,2% et de 6,4%.**

Les facteurs contributifs à la baisse de l'énergie sonore globale sont pour partie :

- **La répartition des mouvements selon les périodes jour/soirée/nuit.** Celle-ci a évolué entre 2014 et 2015 : on observe une baisse du nombre de mouvements de nuit et une augmentation du nombre de mouvements de jour et de soirée. Toutes choses étant égales par ailleurs, **l'impact de ce facteur est estimé à -0,9 point¹ ;**
- **La modernisation des flottes** entre 2014 et 2015. **L'impact de ce facteur serait de l'ordre de -0,8 point¹ ;**
- **L'augmentation du nombre de mouvements** entre 2014 et 2015 (+0,9%) **qui aurait une influence sur l'indicateur de +0,7 point¹.**

Ces trois causes (répartition journalière, modernisation des flottes et augmentation du trafic) ne sont ni exhaustives ni totalement indépendantes ; elles n'expliquent pas totalement la différence d'indice entre 2014 et 2015 et **les impacts relatifs indiqués ci-dessus ne sauraient être sommés.**

Les travaux d'analyse des données disponibles se poursuivent à la date de restitution du présent rapport afin de déterminer d'autres causes possibles à l'évolution de l'indicateur 2015.

Les sections 5.4 à 5.10 présentent une analyse détaillée de la répartition de l'énergie sonore totale en fonction de la répartition du trafic par catégorie acoustique d'aéronefs, par niveau de bruit et par période de la journée, puis fournissent des données spécifiques à la période « nuit » et « cœur de nuit ».

5.4. RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE SONORE TOTALE

La figure suivante présente pour les années 2003 à 2015 l'évolution des énergies de décollage et d'atterrissage par rapport aux énergies de décollage et d'atterrissage de référence.

¹ Simulations basées sur les énergies sonores émises en 2014, recalculées en appliquant la variation d'un paramètre entre 2014 à 2015 (variation soit du nombre de mouvements, soit de la répartition des mouvements par catégorie acoustique, soit de la répartition des mouvements suivant les périodes de la journée), tous les autres paramètres étant considérés comme identiques d'une année sur l'autre.

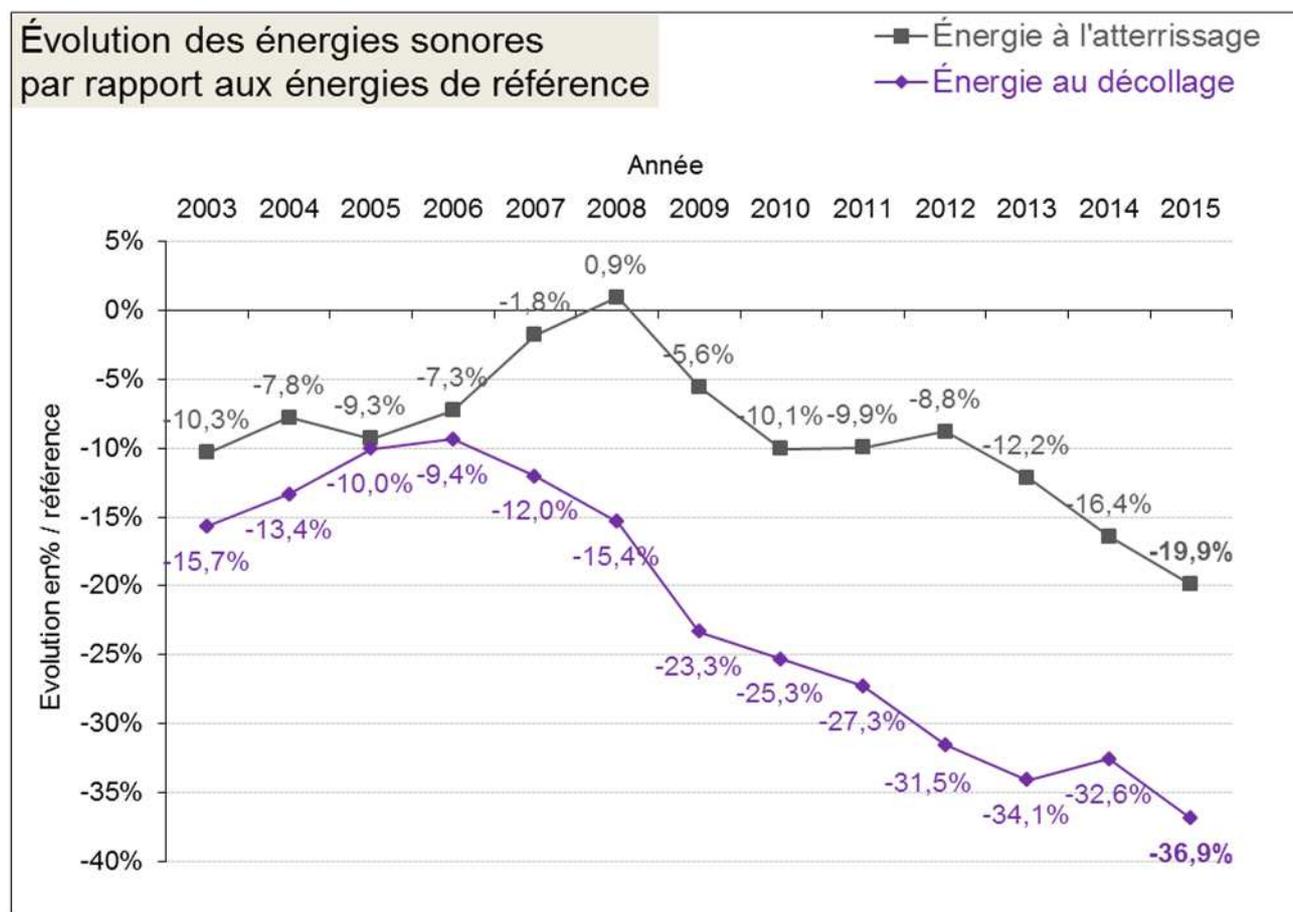


Figure 9 : Evolution des énergies de décollage et d'atterrissage par rapport aux énergies de référence

En 2015, les énergies à l'atterrissage et au décollage baissent pour atteindre leur valeur les plus faibles depuis 2003. (cf. Figure 5).

5.5. RÉPARTITION DU TRAFIC PAR CATÉGORIE ACOUSTIQUE D'AÉRONEFS

Les figures suivantes synthétisent la répartition des mouvements sur l'aéroport de Paris Charles-de-Gaulle entre les différentes catégories acoustiques d'appareils, pendant les années de référence d'une part et depuis 2005 d'autre part. Les catégories d'aéronefs sont établies par référence aux normes de l'OACI, par chapitre et selon les marges de conformité par rapport aux limites admissibles des chapitres 3, 4 et 5 de l'annexe 16 à la Convention relative à l'aviation civile internationale.

Il est important de noter que les marges considérées pour les années antérieures à 2010 d'une part, et depuis 2011 d'autre part, sont légèrement différentes suite au changement en 2011 de base de données par ADP. En effet :

- pour la période de référence et les années 2005 à 2010, la marge non corrigée, c'est-à-dire conforme au calcul défini dans l'annexe 16 de l'OACI, est prise en compte.
- pour les années 2011 et suivantes, la marge corrigée est prise en compte (voir la définition de la marge corrigée en annexe 3 – Article 1).

Les figures ci-dessous illustrent la poursuite de la modernisation de la flotte, avec l'augmentation de la part des avions les moins bruyants (avec une marge ≥ 13 dB).

REPARTITION DES MOUVEMENTS PAR CATEGORIE	Ch 2 et Ch3, 4 ou 5 marge<5	Ch 3, 4, 5 5≤ marge< 8	Ch 3, 4, 5 8≤ marge<13	Ch 3, 4, 5 marge≥13 et autres chapitres
Référence	31 125	21 900	242 970	208 152
2005	5 044	12 077	178 213	327 285
2006	3 867	13 528	173 623	350 648
2007	1 866	10 787	165 291	374 770
2008	203	8 044	150 031	401 538
2009	46	5 842	123 241	396 305
2010	73	5 025	107 921	386 978
2011	253	2 613	111 937	399 256
2012	70	2 170	100 427	395 096
2013	94	1 517	91 260	385 396
2014	99	1 009	86 239	384 027
2015	552	425	79 847	394 985

Figure 10 : Répartition des mouvements par catégorie acoustique d'aéronefs
(Rappel : à partir de 2011, référence légèrement différente pour les marges acoustiques)

En 2015 le nombre de mouvements du groupe 2 est en augmentation par rapport aux années précédentes. Ces mouvements correspondent principalement à des avions Boeing 747-400 de motorisation PW4056 de la compagnie Delta Airlines.

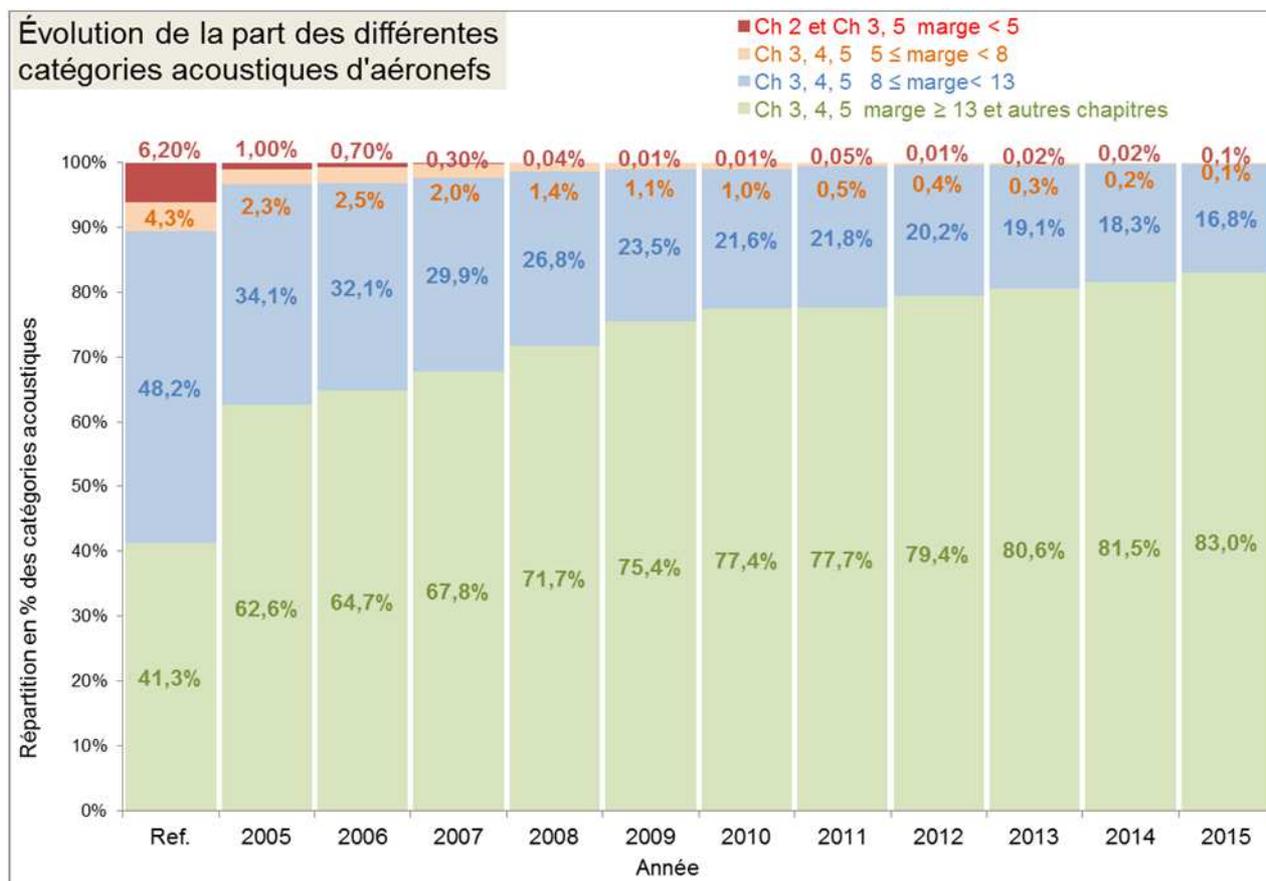


Figure 11 : Part des différentes catégories acoustiques d'aéronefs

(Rappel : à partir de 2011, référence légèrement différente pour les marges acoustiques)

5.6. RÉPARTITION PAR NIVEAU DE BRUIT

Les graphes ci-dessous représentent la répartition du nombre de mouvement en fonction des niveaux sonores mesurés corrigés (par tranche de 5dB(A)) avec l'énergie pondérée associée, pour les années 2014 et 2015.

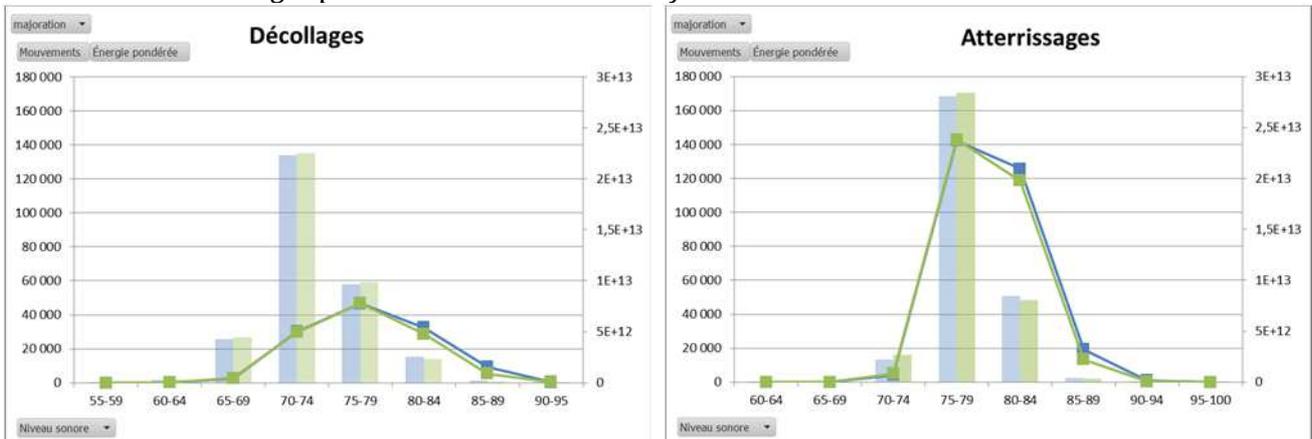
Quelle que soit la période de journée et le type de mouvement, on observe qu'entre 2014 et 2015 le nombre de mouvements des avions les plus bruyants (>80 dBA) diminue alors que celui des avions les moins bruyants augmente, ce qui corrobore les phénomènes observés liés à la modernisation de la flotte.

Entre 2014 et 2015, l'énergie totale pondérée est stable pour les avions les moins bruyants et elle diminue pour les avions les plus bruyants notamment pour la nuit. Ce qui se traduit par une baisse significative de l'énergie totale pondérée entre 2014 et 2015.

Légende :

- 2014 - Mouvements
- 2015 - Mouvements
- 2014 - Énergie pondérée
- 2015 - Énergie pondérée

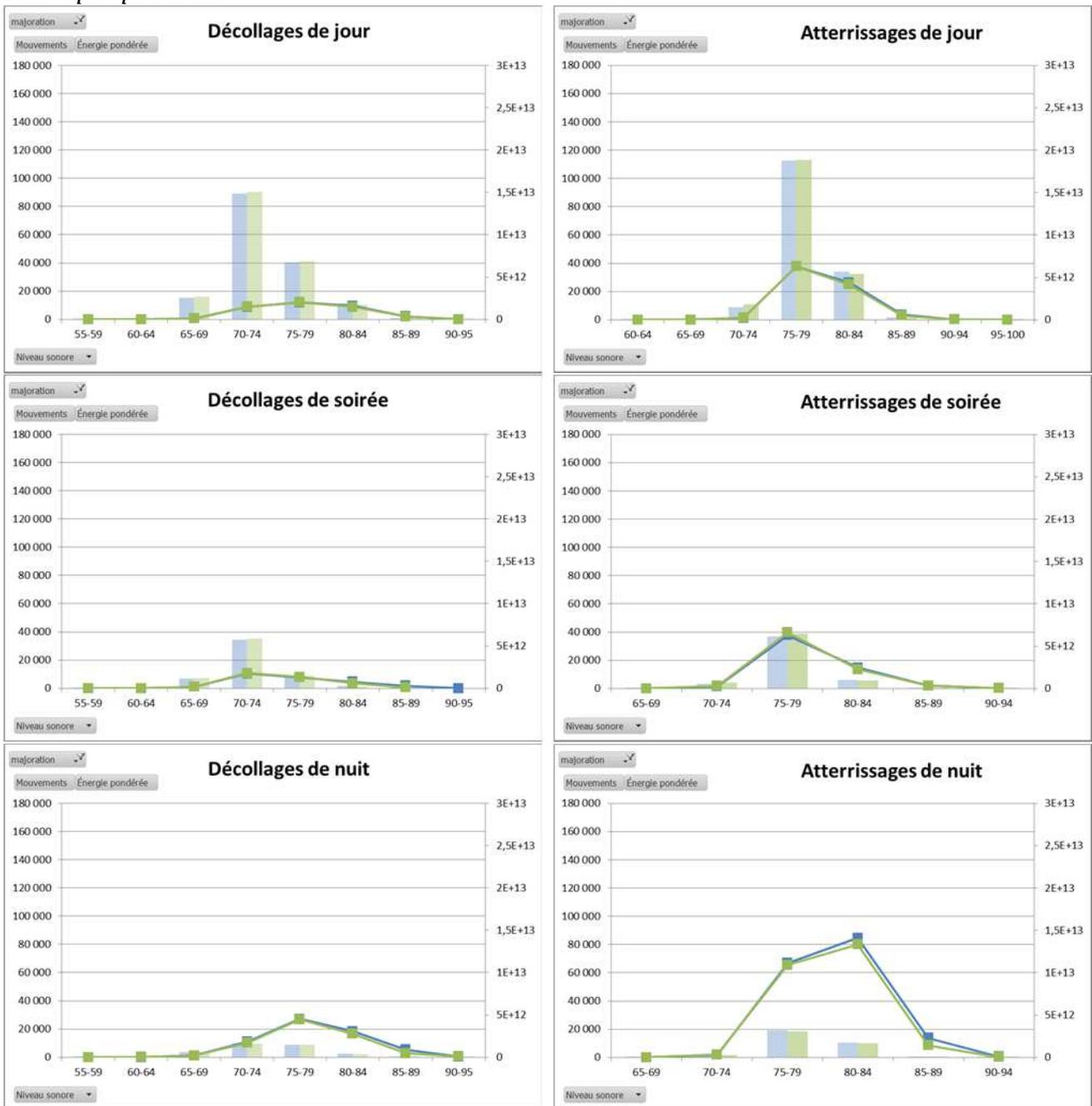
Mouvements et énergie pondérée 2014 et 2015 en fonction des niveaux sonores :



Légende :

- 2014 - Mouvements
- 2015 - Mouvements
- 2014 - Énergie pondérée
- 2015 - Énergie pondérée

Détail par période :



5.7. RÉPARTITION JOUR / SOIRÉE / NUIT

Cette section détaille la répartition par période de la journée :

- des mouvements¹ (Figure 12 et Figure 13)
- de l'énergie sonore globale pondérée (Figure 14 et Figure 15)
- de l'énergie sonore moyenne non pondérée (Figure 16 et Figure 17)

Répartition des mouvements selon la période de la journée :

D'après la Figure 12 et la Figure 13, l'augmentation globale du nombre de mouvements par rapport à 2014 se répartit sur les périodes jour et soirée (respectivement +2517 et +3130 mouvements). Le nombre de mouvements de nuit diminue par rapport à 2014 (-1211) pour atteindre son niveau le plus faible depuis 2003. Cela se traduit par une augmentation de la part des mouvements de soirée et d'une baisse de la part des mouvements de nuit.

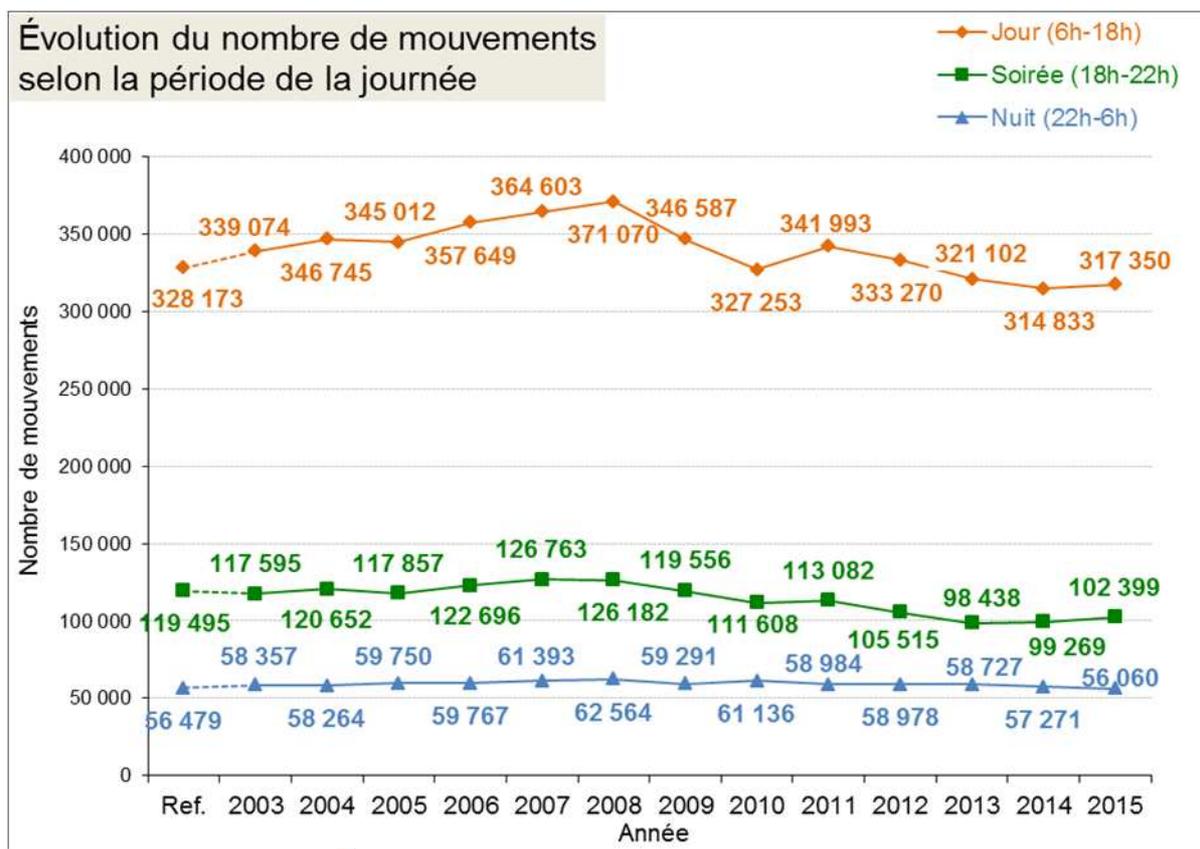


Figure 12 : Évolution du nombre de mouvements selon la période de la journée

¹ Les mouvements de chaque période sont corrigés comme indiqué au § 5.1

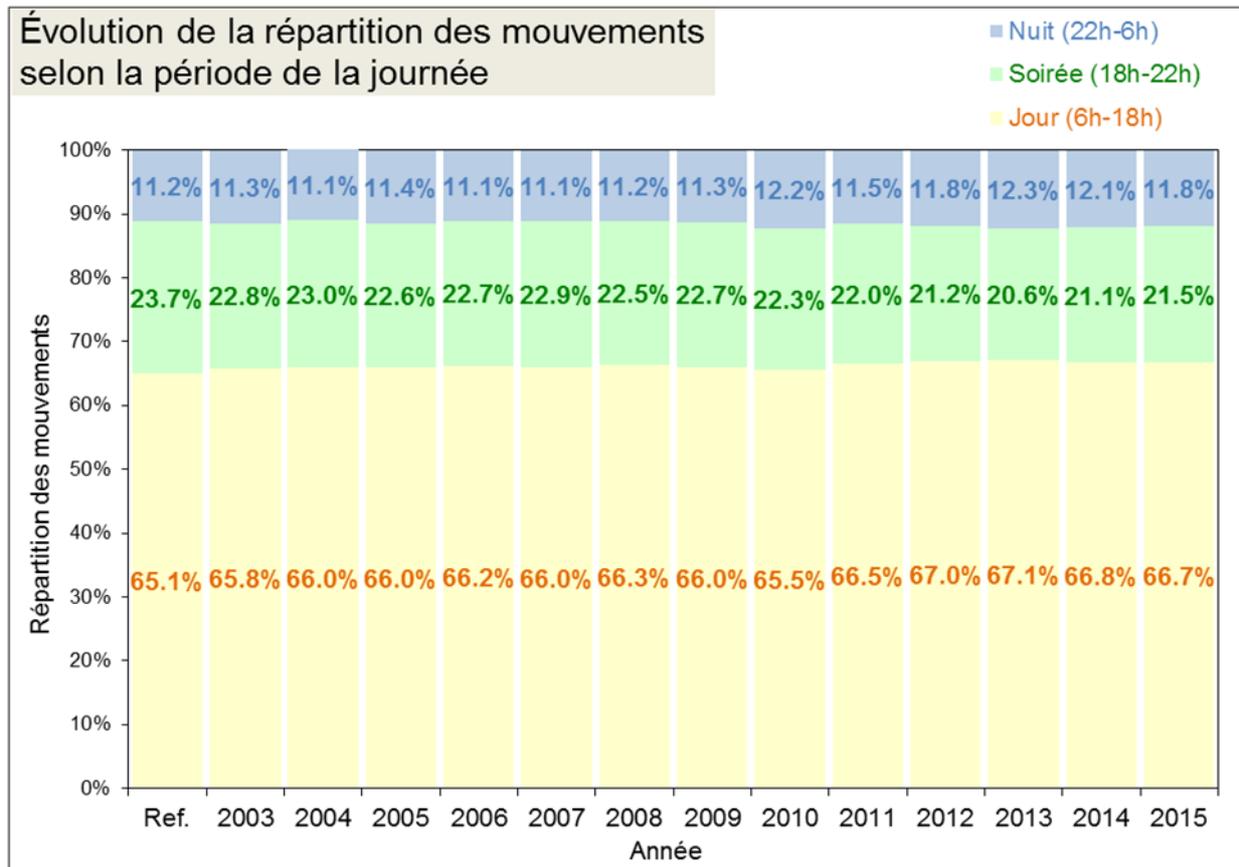


Figure 13 : Évolution de la répartition des mouvements selon la période de la journée

Répartition de l'énergie sonore globale pondérée selon la période de la journée :

Il convient de traduire la répartition des mouvements par période de la journée en énergie sonore afin de mieux comprendre l'incidence de la répartition horaire des mouvements sur l'indicateur.

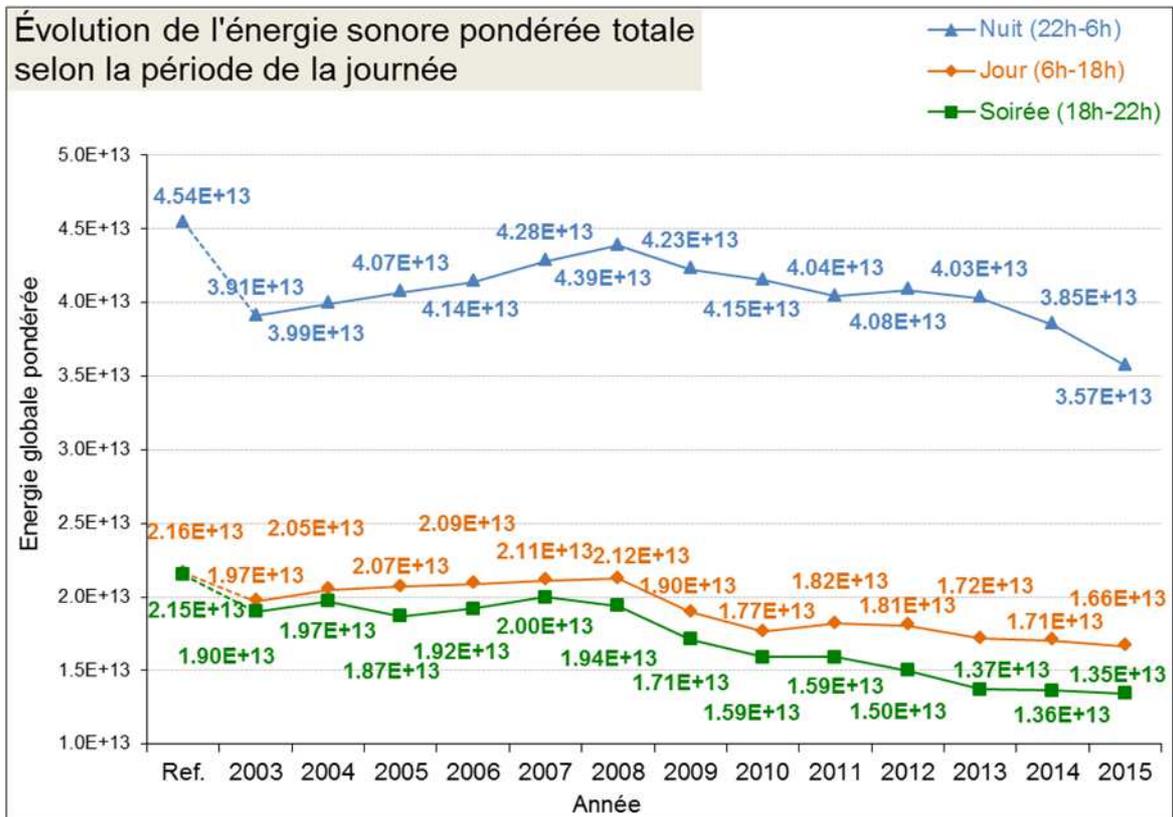


Figure 14 : Évolution de l'énergie sonore pondérée totale selon la période de la journée

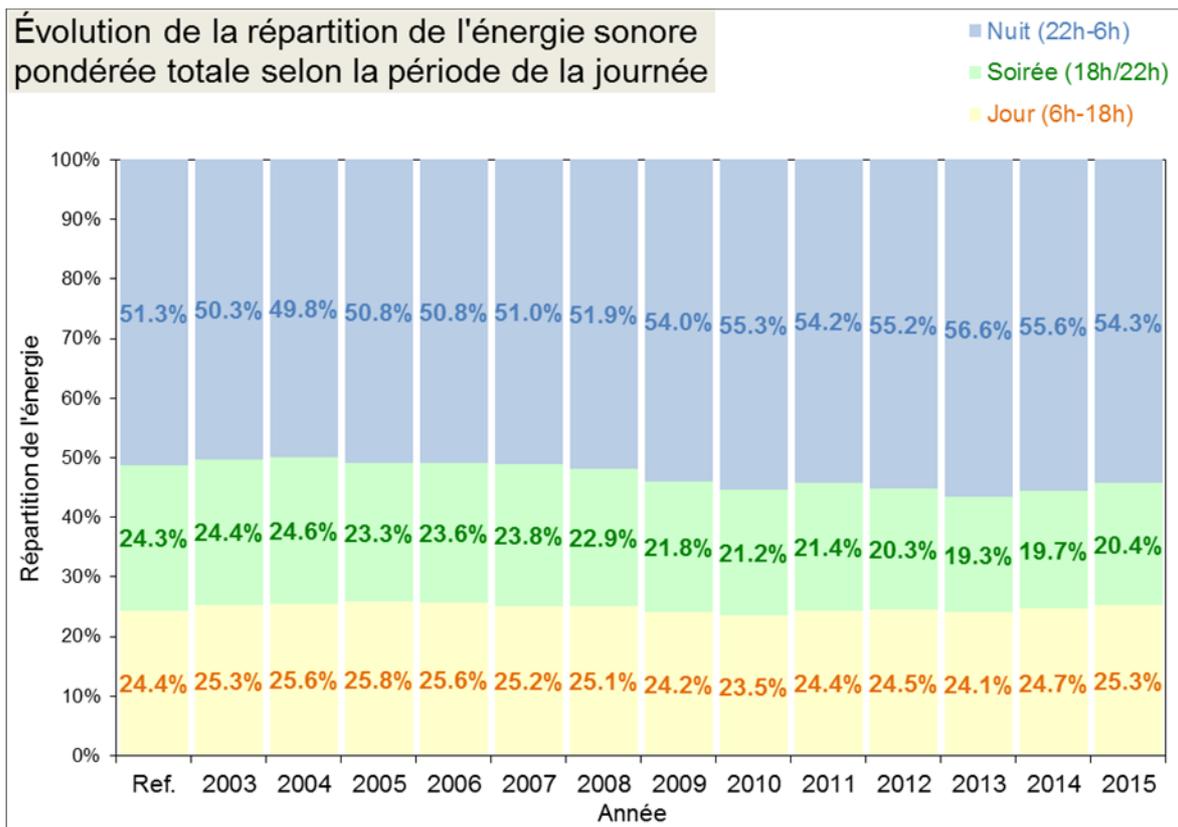


Figure 15 : Évolution de la répartition de l'énergie sonore pondérée totale selon la période de la journée

L'énergie sonore totale baisse sur les 3 périodes de la journée par rapport à 2014, de manière plus marquée pour la période nuit (-7%) que pour la période soirée (-2%) ou jour (-1%).

Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée selon la période de la journée :

En 2015, on note que l'énergie sonore moyenne non pondérée diminue pour chaque période de la journée à la fois pour les atterrissages et les décollages.

On remarque d'après la Figure 16 et la Figure 17 que l'énergie sonore moyenne non pondérée par appareil est plus importante pour les mouvements exercés de nuit que pour ceux de jour et de soirée. Ceci est lié au fait que les avions utilisés la nuit (fret) sont de masse et/ou de taille supérieure mais aussi de génération antérieure à ceux utilisés le jour et en soirée.

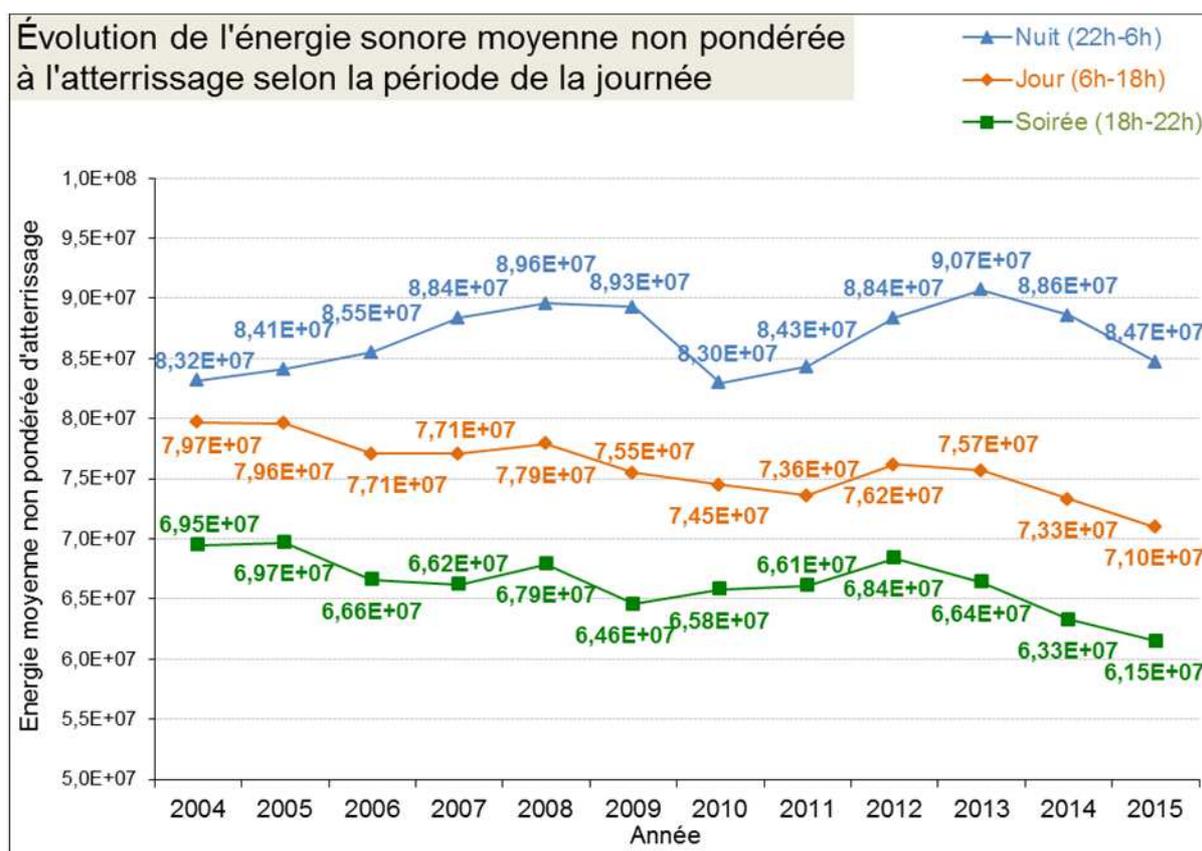


Figure 16 : Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée d'atterrissage par période de la journée

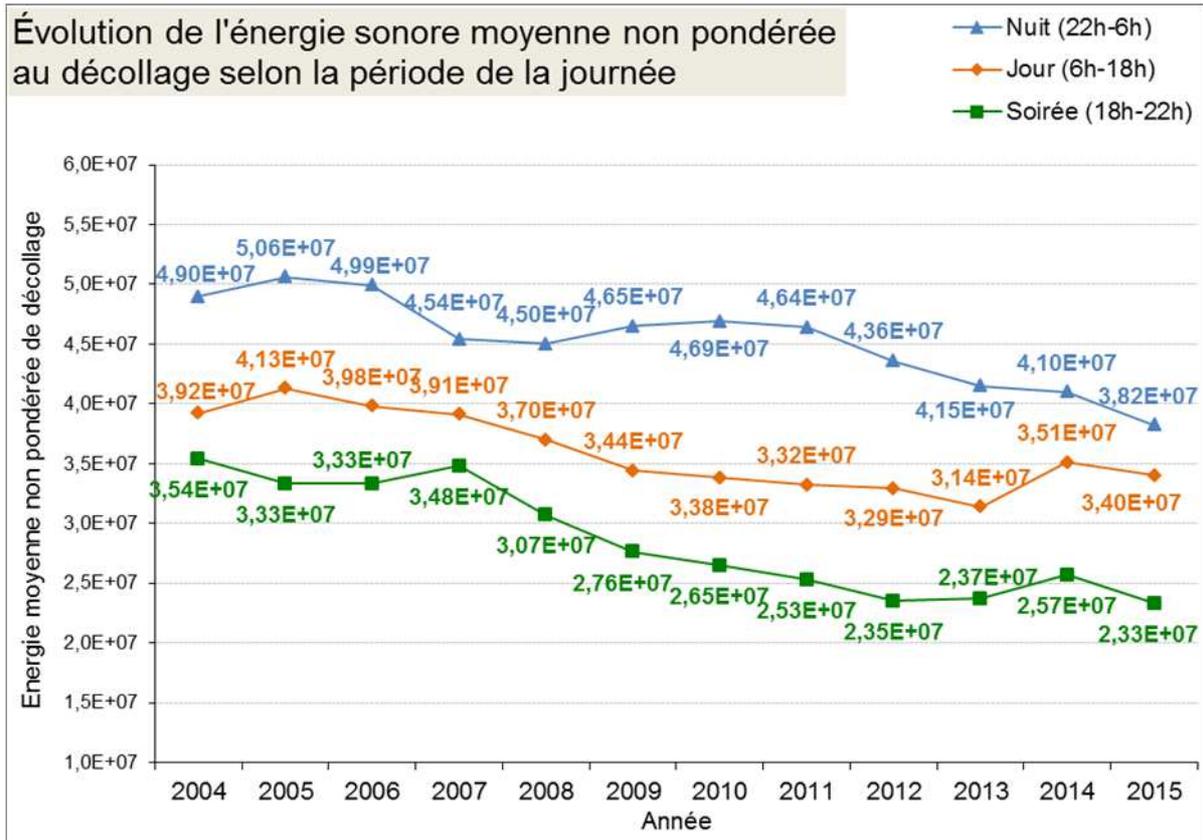


Figure 17 : Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée de décollage par période de la journée

5.8. PÉRIODE « NUIT »

La figure suivante présente l'évolution d'un indicateur de nuit, calculé sur le même principe que l'indicateur global IGMP mais basé sur les énergies de référence atterrissage et décollage de la période « nuit » (définie en Figure 6 et Figure 7).

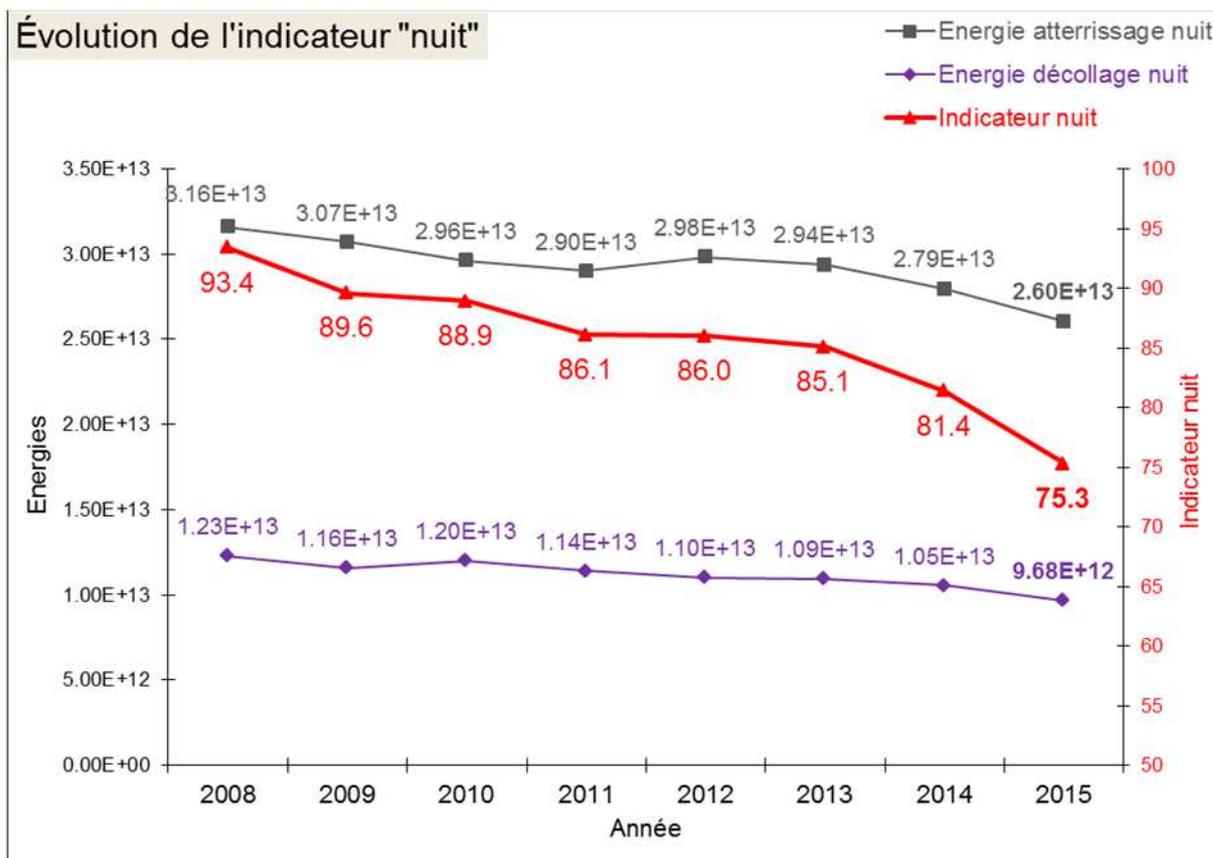


Figure 18 : Évolution de l'indicateur « nuit » et des énergies correspondantes

L'indicateur « nuit » baisse de 6,1 points par rapport à 2014, résultat de la baisse simultanée de l'énergie nuit à l'atterrissage (-7%) et au décollage (-8%).

5.9. PÉRIODE « CŒUR DE NUIT »

Dans cette section, la période « cœur de nuit » est définie comme la période 0h15-5h15, avec comme référence horaire l'heure de survol de la station de mesure de bruit IGMP. La Figure 18 présente l'évolution de l'énergie sonore globale pondérée pour le cœur de nuit.

Note : Les valeurs indiquées dans cette figure correspondent uniquement aux mouvements détectés (données non corrigées du nombre de mouvements total).

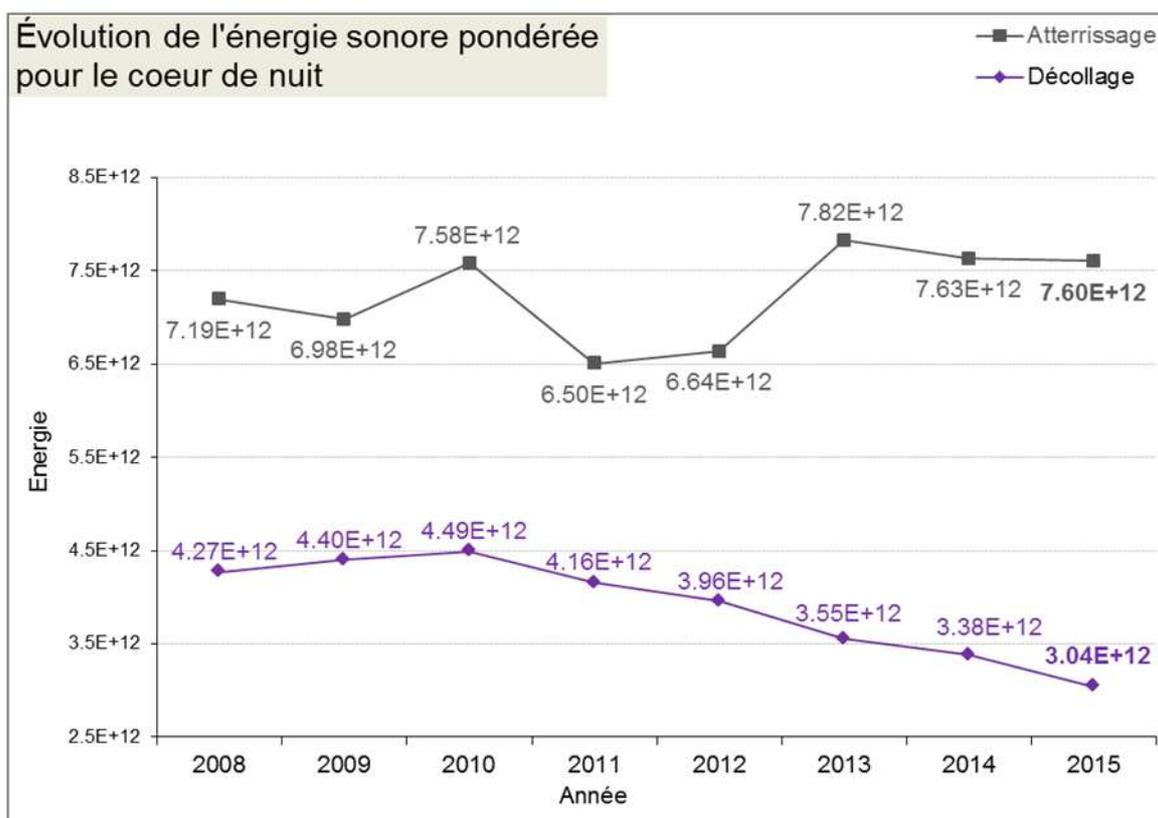


Figure 18 : Evolution de l'énergie sonore globale pondérée pour le cœur de nuit

L'énergie « cœur de nuit » est en baisse par rapport à 2014, aussi bien pour les décollages (-10%) que pour les atterrissages (-2,5%).

5.10. COMPARAISON NUIT / CŒUR DE NUIT

Dans cette section les énergies mentionnées, notées **énergies***, sont des énergies sonores **non pondérées et moyennes** par mouvement.

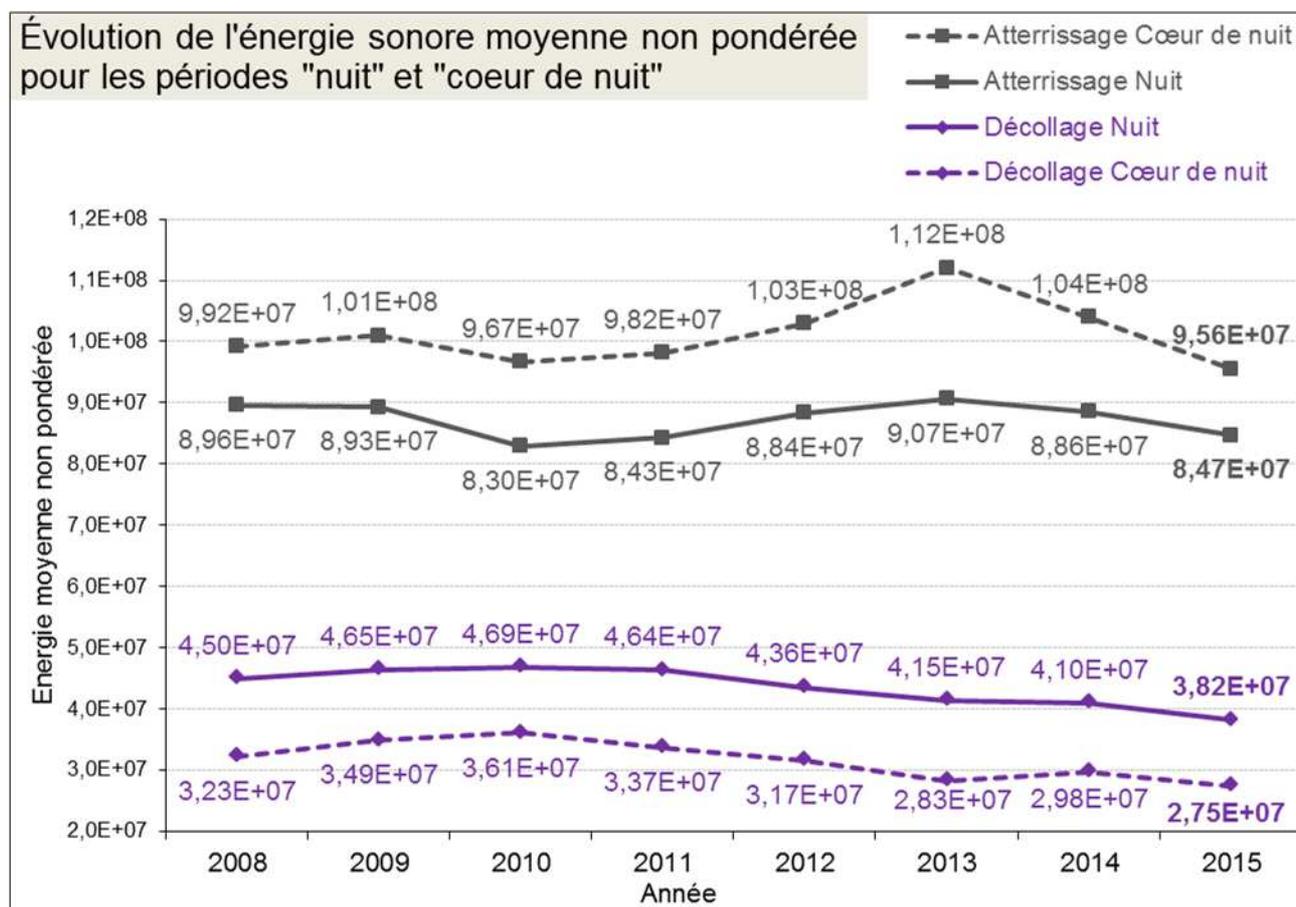


Figure 19 : Evolution de l'énergie sonore moyenne par mouvement non pondérée pour les périodes nuit et cœur de nuit

D'après la Figure 19, l'énergie* des décollages et des atterrissages de nuit et de cœur de nuit diminuent par rapport à 2014.

Pour les atterrissages, la baisse d'énergie* est plus marquée pour le cœur de nuit (-8%) que pour l'ensemble de la période nuit (-4%).

Annexes



ANNEXE 1 – LISTE DES ABRÉVIATIONS

ACNUSA :	Autorité de Contrôle des NuisanceS Aéroportuaires
ADP :	Aéroports de Paris
DAST :	Direction des Affaires Stratégiques et Techniques de la DGAC (actuelle DTA)
DGAC :	Direction Générale de l'Aviation Civile
DGPR :	Direction Générale de la Prévention des Risques
DPPR :	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (actuelle DGPR)
DTA :	Direction du Transport Aérien de la DGAC
GT :	Groupe de travail
IGMP :	Indicateur Global Mesuré Pondéré
MMD :	Masse Maximale au Décollage
NBA :	Niveaux de Bruit des Aéronefs – Base utilisée par la DTA, qui regroupe les mouvements sur les principaux aéroports français, avec le détail de chaque aéronef associé
OACI :	Organisation de l'Aviation Civile Internationale
QFU :	Orientation magnétique d'une piste arrondie à la dizaine de degrés
SDD :	Sous-Direction du Développement durable au sein de la DTA
STAC :	Service Technique de l'Aviation Civile
TMG :	Ensemble d'avions ayant les mêmes type-avion, moteur et groupe acoustique
UTC :	Universal Time Coordinated

ANNEXE 2 – ARRÊTÉ DU 28 JANVIER 2003

JORF n°46 du 23 février 2003

Texte n°8

ARRETE

Arrêté du 28 janvier 2003 instituant un indicateur représentatif de l'énergie sonore engendrée par l'activité aérienne de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle

NOR: EQUA0201947A

Le ministre de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer,

Vu la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, ensemble les protocoles qui l'ont modifiée, et notamment le protocole du 24 septembre 1968 concernant le texte authentique trilingue de la convention relative à l'aviation civile internationale ;
Vu le règlement (CEE) n° 2408/92 du Conseil du 23 juillet 1992 concernant l'accès des transporteurs aériens communautaires aux liaisons intracommunautaires, et notamment son article 8, paragraphe 2 ;

Vu le code de l'aviation civile, notamment ses articles L. 227-5 (7°) et R. 221-3 ;

Vu le code de l'environnement, notamment son article L. 571-13 ;

Vu l'avis de la commission consultative de l'environnement de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle en date du 25 novembre 2002 ;

Vu l'avis de l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires en date du 6 décembre 2002,

Arrête :

Article 1

Il est institué, dans les conditions définies ci-après, un indicateur représentatif de l'énergie sonore engendrée par l'activité aérienne de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle :

I. - Au sens du présent arrêté, on désigne par :

- « mouvement », tout décollage ou atterrissage d'un aéronef subsonique ;

- « type d'aéronef », la catégorie d'aéronef dont les principales caractéristiques figurant sur les documents de navigabilité sont homogènes ;

- « distances de référence », 9,2 kilomètres pour le décollage et 5 kilomètres pour

l'atterrissage, mesurées à partir des seuils de piste ;

- « niveau de bruit LA_{max} », le niveau de bruit équivalent maximal mesuré pendant une seconde exprimé en dB(A) à la décimale près ;
- « niveau de bruit mesuré », le niveau établi à partir du niveau de bruit LA_{max} mesuré à l'aide d'une station fixe, cette station étant installée dans l'axe de piste à des distances aux seuils de piste proches des distances de référence et ce niveau LA_{max} étant ramené au niveau d'une mesure équivalente effectuée à la distance de référence correspondant au mouvement considéré ;
- « niveau de bruit le plus fréquemment mesuré », le niveau de bruit établi pour chaque type d'aéronef suivant une méthode statistique basée sur un minimum de 100 valeurs de niveau de bruit mesuré ;
- « niveau de bruit modélisé », le niveau de bruit établi pour chaque type d'aéronef à l'aide d'un modèle de propagation du son sur la base des niveaux de bruit figurant dans les documents de navigabilité du type d'aéronef considéré ;
- « énergie sonore pondérée d'un mouvement d'aéronef », la valeur W obtenue par la formule $W = 10^{L/10}$ où la valeur de L est :
 - . celle du niveau de bruit mesuré du mouvement considéré ;
 - . en l'absence d'une mesure de bruit valide, celle du niveau de bruit le plus fréquemment mesuré pour le type de l'aéronef considéré ;
 - . en l'absence d'une mesure de bruit valide et d'un niveau de bruit le plus fréquemment mesuré, celle du niveau de bruit modélisé pour le type de l'aéronef considéré.

Par ailleurs, la valeur de L est :

- . augmentée de 5 dB pour les mouvements observés entre 18 heures et 21 h 59, heures locales ;
 - . augmentée de 10 dB pour les mouvements observés entre 22 heures et 5 h 59, heures locales ;
- « $W_{D,n}$ », le cumul des valeurs w des énergies sonores pondérées des décollages de l'année n ;
 - « $W_{D,0}$ », le tiers du cumul des valeurs w des énergies sonores pondérées des décollages des années 1999, 2000 et 2001 ;
 - « $W_{A,n}$ », le cumul des valeurs w des énergies sonores pondérées des atterrissages de l'année n ;
 - « $W_{A,0}$ », le tiers du cumul des valeurs w des énergies sonores pondérées des atterrissages des années 1999, 2000 et 2001.

II. - L'indicateur pour l'année n est la valeur I_n définie par la formule :

$$I_n = \frac{1}{2} \left(\frac{W_{A,n}}{W_{A,0}} + \frac{W_{D,n}}{W_{D,0}} \right) \times 100$$

Article 2

L'indicateur défini à l'article 1er du présent arrêté ne peut dépasser, pour une année civile considérée, la valeur de 100.

Article 3

Les conditions d'obtention des résultats annuels de l'indicateur défini à l'article 1er du présent arrêté sont soumises à l'avis de l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires. Cet avis et les résultats obtenus sont communiqués à la commission consultative de l'environnement de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle.

Article 4

Les conditions de mise en œuvre de l'indicateur défini à l'article 1er du présent arrêté feront l'objet d'une évaluation à l'issue de la première année. Cette évaluation sera communiquée à l'Autorité de contrôle des nuisances sonores aéroportuaires et présentée à la commission consultative de l'environnement de l'aérodrome de Paris - Charles-de-Gaulle.

Article 5

Les dispositions du présent arrêté entrent en vigueur à compter du 1er janvier 2003.

Article 6

Le directeur général de l'aviation civile et le directeur général d'Aéroports de Paris sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 28 janvier 2003.

Gilles de Robien

ANNEXE 3 – ARRÊTÉ DU 12 SEPTEMBRE 2008

ARRETE

Arrêté du 12 septembre 2008 relatif à la classification acoustique des aéronefs à prendre en compte pour le calcul de la taxe sur les nuisances sonores aériennes

NOR: DEVA0818513A

Le ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire,

Vu la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, ensemble les protocoles qui l'ont modifiée et notamment le protocole du 30 septembre 1977 concernant le texte authentique quadrilingue de la convention relative à l'aviation civile internationale, publié par le décret n° 2007-1027 du 15 juin 2007 ;

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

Vu le code de l'aviation civile, notamment son article R. 133-2 ;

Vu le décret n° 2004-1426 du 23 décembre 2004 pris pour l'application du III de l'article 1609 quatervicies A du code général des impôts relatif au tarif de la taxe sur les nuisances sonores aériennes, modifié par le décret n° 2007-1825 du 24 décembre 2007, Arrête :

Article 1

Au sens du présent arrêté, on entend par « marge corrigée » d'un aéronef la marge cumulée des niveaux de bruit certifiés de l'aéronef considéré, diminuée de 5 EPNdB pour les quadrimoteurs, de 3 EPNdB pour les trimoteurs, par rapport aux limites admissibles définies dans les chapitres 3 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 à la convention relative à l'aviation civile internationale du 7 décembre 1944, dont cet aéronef relève.

Article 2

La répartition des aéronefs dans les groupes acoustiques prévus au II de l'article 1er du décret du 23 décembre 2004 susvisé est la suivante :

Groupe 1 :

— Les aéronefs qui ne sont pas mentionnés dans les groupes acoustiques 2, 3, 4, 5 a et 5 b définis ci-après ;

Groupe 2 :

– Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est inférieure à 5 EPNdB ;

Groupe 3 :

– Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3, 4 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est supérieure ou égale à 5 EPNdB et inférieure à 8 EPNdB ;

Groupe 4 :

– Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3, 4 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est supérieure ou égale à 8 EPNdB et inférieure à 13 EPNdB ;

Groupe 5 a :

– Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 3, 4 ou 5 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée et dont la marge corrigée est supérieure ou égale à 13 EPNdB ;

Groupe 5 b :

– Les aéronefs dont la certification acoustique répond aux normes énoncées aux chapitres 6, 8, 10 ou 11 de la deuxième partie du premier volume de l'annexe 16 susvisée.

Article 3

L'arrêté du 23 décembre 2004 modifié relatif à la classification acoustique des aéronefs à prendre en compte pour le calcul de la taxe sur les nuisances sonores aériennes est abrogé.

Article 4

Les dispositions du présent arrêté entrent en vigueur le 1er janvier 2009.

Article 5

Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 12 septembre 2008.

Pour le ministre et par délégation :
Le directeur du transport aérien,
P. Schwach

ANNEXE 4 – MÉTHODE D'EXCLUSION DES VALEURS ABERRANTES

Cette méthode d'exclusion est dérivée d'une méthode statistique utilisée en électronique pour éliminer des composants ayant des caractéristiques anormales (méthode Part Average Testing, définie dans le document AEC-Q001 de l'Automotive Electronics Council). Cette méthode s'appuie sur l'application d'une part d'un filtre large aux limites fixes, et d'autre part d'un filtre plus fin aux limites définies par calcul statistique. Dans le cadre de l'IGMP, les limites de chacun des filtres ont été définies sur la base d'analyse et calculs statistiques sur les données de bruit spécifiques à l'indicateur.

La méthode d'exclusion des valeurs aberrantes actée par le groupe de travail IGMP lors de la réunion du 9 novembre 2011 est basée sur l'application de deux filtres :

- Un premier filtre large, que l'on notera F1, appliqué sur l'ensemble des données,
- Un second filtre, que l'on notera F2, appliqué sur chaque ensemble de données correspondant à un aéronef donné, pour un type de mouvement et une station donnés.

A partir de l'IGMP 2011, cette méthode sera appliquée chaque année en 3 phases :

- Phase 1 – Application de F1 sur la table des données de niveaux de bruit et mouvements de l'année n¹, extraite de la base ADP IGMP glissant.
- Phase 2 – Application de F2 sur la table des données de niveaux de bruit et mouvements de l'année n, extraite de la base ADP IGMP glissant.
- Phase 3 – Pour le calcul des nouvelles droites de régression, application de F2 sur la base de données de niveaux de bruit et mouvements de référence des années 2005 à n.

La définition de base de données « de référence », est présentée dans la section suivante.

Définitions préliminaires

On désignera sous le nom de « niveau de bruit » le niveau L_{Amax} mesuré « brut », c'est-à-dire non corrigé de l'effet de distance.

Un niveau exclu sera substitué par le niveau le plus fréquemment mesuré, c'est-à-dire la valeur L₉₂₀₀ ou L₅₀₀₀ de la droite de régression propre à l'aéronef ou, à défaut, de celle de l'aéronef de substitution.

Pour les exclusions, les niveaux de bruit de la base de données seront considérés sans les arrondir.

¹ Dans ce document on notera année n une année donnée supérieure ou égale à 2011

On notera « base de données de référence » la base dans laquelle :

- les LAmx « hors filtres » sont mis à 0 suite à l'application des phases 1 et 2 de la méthode d'exclusion,
- et tous les traitements et exclusions « habituelles », c'est-à-dire équivalentes à celles effectués lors des les années antérieures à 2011 (notamment : exclusions des bruits parasites, exclusions métrologiques, exclusions multi-vols/multi-événements) ont été effectués par ADP, les LAmx correspondants étant aussi mis à 0 dans la base de données.

C'est cette base de données de référence qui sera fournie au STAC par ADP. L'information sur la nature des exclusions figurera soit dans la base de données dans un champ commentaire (idéalement), ou à défaut dans une base séparée où les mouvements exclus seront bien identifiés.

De plus, les exclusions seront tracées de la façon suivante :

- soit au moyen d'une colonne supplémentaire dans la base de données de référence qui comprendra tous les LAmx « initiaux » (c'est à dire avant exclusion), qu'ils soient ou non exclus par la suite,
- soit au moyen d'une base de données supplémentaire, contenant les mêmes informations que la base de référence, mais avec tous les LAmx « initiaux » (avant exclusion) qu'ils soient ou non exclus par la suite. Cette base de données sera aussi fournie au STAC.

Synthèse de la méthode d'exclusion

Le tableau suivant présente la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes dans les grandes lignes, chaque étape étant décrite en détails dans la suite du document.

Phase	Filtre	Données concernées	Groupe de données	Centre du filtre	Bornes du filtre	Traitement niveaux hors filtre dans la base de données
Phase 1	F1	Données de l'année n base IGMP glissant	Toutes données	/	55 dB 105 dB	Mis à 0 (valeur substituée)
Phase 2	F2	Données de l'année n base IGMP glissant	Groupe par : • TMG • station • type de mvt	Médiane	Médiane - 9dB Médiane + 9dB	Mis à 0 (valeur substituée)
Phase 3	F2	Données de référence de l'année 2005 à n	Groupe par : • TMG • station • type de mvt	Médiane	Médiane - 9dB Médiane + 9dB	Non pris en compte pour calcul de DR mais conservé dans la base

Avec :

- TMG : Type avion, Moteur, Groupe acoustique
- DR : Droite de Régression

Phase 1

La première phase consiste en l'application du filtre F1 sur les données ADP IGMP glissant, avec exclusion :

- Des niveaux <55 dB
- Des niveaux >105 dB

Les niveaux « N » tels que $55 \text{ dB} \leq N \leq 105 \text{ dB}$ sont conservés.

Concrètement, après application de F1 les L_{max} exclus sont mis à 0 dans la base de données des niveaux de bruit et des mouvements. Ils seront ensuite substitués par le niveau le plus fréquemment mesuré. Une trace des L_{max} avant exclusion sera systématiquement conservée (voir section : Définitions préliminaires).

Phases 2 et 3

Les deuxième et troisième phases de la méthode d'exclusion sont basées sur l'application du filtre F2, qui sera appliqué sur chaque ensemble de données de l'année n correspondant à la fois au même :

- type avion,
- moteur,
- groupe acoustique,
- type de mouvement (décollage ou atterrissage),
- station.

Dans cette section on nommera « ensemble » un tel groupe de données.

➤ Conditions d'application de F2

Le filtre F2 ne sera appliqué que sur les ensembles qui dénombrent au moins 3 mouvements.

En particulier, les données suivantes ne sont pas prises en compte pour l'application du filtre F2 :

Les ensembles de 1 ou 2 mouvements.

Les données référencées par leur type court uniquement.

➤ Définition du filtre F2

Le filtre F2 sera centré sur la médiane de l'ensemble, et aura comme bornes :

- B1 = médiane – 9dB

- $B2 = \text{médiane} + 9\text{dB}$

➤ **Traitement des niveaux hors filtre**

Les niveaux N « hors filtre », c'est-à-dire tels que :

- $N < B1$
- ou $N > B2$

Sont considérés comme aberrants et sont exclus de certaines étapes de calcul, comme détaillé ci-après.

Les niveaux N tels que $B1 \leq N \leq B2$ sont conservés.

▪ *Traitement des niveaux hors filtre pour la phase 2*

(Phase 2 = Application du filtre sur la table des données de niveaux de bruit et mouvements de l'année n).

Les niveaux hors filtre sont exclus au sens du calcul de l'IGMP et du calcul des droites de régression. Cela signifie qu'ils sont substitués par le niveau le plus fréquemment mesuré lors du calcul de l'IGMP et qu'ils ne sont pas pris en compte dans le calcul des droites de régression.

Concrètement, après application du filtre F2 pour la phase 2, les L_{Amax} exclus sont mis à 0 dans la base de données des niveaux de bruit et des mouvements. Une trace des L_{Amax} avant exclusion sera systématiquement conservée (voir section : Définitions préliminaires).

▪ *Traitement des niveaux hors filtre pour la phase 3*

(Phase 3 = Application du deuxième filtre sur la base de données de niveaux de bruit et mouvements de référence des années 2005 à n). Ce traitement ne s'applique qu'au calcul de nouvelles droites (à l'année n).

Les niveaux hors filtre sont exclus au sens du calcul des droites de régression. Cela signifie qu'ils ne sont pas pris en compte pour le calcul des nouvelles droites de régression.

Par contre, ces niveaux hors filtre ne doivent pas être mis à 0 dans la base des mouvements de référence de l'IGMP. La non prise en compte des valeurs hors filtre doit seulement être effective pour le calcul des nouvelles droites de régression de l'année n . Les mouvements non pris en compte doivent être identifiés et tracés.

ANNEXE 5 - CORRECTIFS DE NIVEAUX PAR RAPPORT À LA DISTANCE RÉELLE ET NIVEAUX DE BRUIT LES PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS - NOUVELLES DROITES DE REGRESSION 2015

1. À L'ATERRISSAGE

Famille d'aéronefs				L _{Amax} à la distance de référence 5000m (dB)	Corrections apportées au niveau mesuré à la station (en dB)								
Type	Moteur	Groupe acoustique	MMD moyenne (t)		E1	E2	E3	E4	W1	W2	W3	W4b	Att dB/100m
Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	5A	165	81,01	3,48	0,49	0,31	-0,53	0,62	2,38	-0,49	0,92	-0,184
Airbus A319-130 (IAE)	2522-A5	5A	64	75,03	3,37	0,48	0,30	-0,51	0,60	2,31	-0,47	0,89	-0,178
Airbus A319-130 (IAE)	2524-A5	5A	74	74,94	3,88	0,55	0,35	-0,59	0,69	2,66	-0,54	1,03	-0,205
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	4	74	78,04	3,92	0,56	0,35	-0,60	0,70	2,68	-0,55	1,04	-0,207
Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5	5A	75	75,88	2,42	0,34	0,22	-0,37	0,43	1,65	-0,34	0,64	-0,128
Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTONE	5A	75	75,63	3,66	0,52	0,33	-0,56	0,65	2,50	-0,51	0,97	-0,193
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B3/3 PIP	4	89	78,15	3,31	0,47	0,30	-0,50	0,59	2,26	-0,46	0,87	-0,175
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5	5A	86	76,67	4,03	0,57	0,36	-0,61	0,72	2,76	-0,56	1,06	-0,213
Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4B	4	230	80,16	5,00	0,71	0,45	-0,76	0,89	3,42	-0,70	1,32	-0,264
Airbus A330-320 (P&W)	PW4168	5A	215	79,91	1,59	0,23	0,14	-0,24	0,28	1,09	-0,22	0,42	-0,084
ATR ATR 72-210F Bulk Freighter	PW127	5A	22	76,63	3,49	0,50	0,31	-0,53	0,62	2,39	-0,49	0,92	-0,185
Avro RJ85	LF507 1F	4	42	74,31	5,42	0,77	0,48	-0,82	0,97	3,71	-0,76	1,43	-0,286
Boeing 737-500	CFM56-3B1	5A	54	78,90	1,99	0,28	0,18	-0,30	0,36	1,36	-0,28	0,53	-0,105
Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	2	395	84,63	6,02	0,86	0,54	-0,92	1,07	4,12	-0,84	1,59	-0,318
Boeing 747-8F (GE)	GENx-2B67	5A	444	84,61	2,13	0,30	0,19	-0,32	0,38	1,46	-0,30	0,56	-0,113
Boeing 757-200 Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A	109	77,97	4,64	0,66	0,41	-0,71	0,83	3,18	-0,65	1,23	-0,245
Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A	105	77,82	3,06	0,44	0,27	-0,47	0,55	2,10	-0,43	0,81	-0,162
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70	5A	228	76,70	3,47	0,49	0,31	-0,53	0,62	2,38	-0,48	0,92	-0,183
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A	228	77,17	4,45	0,63	0,40	-0,68	0,79	3,04	-0,62	1,18	-0,235
Bombardier (Canadair) CRJ900ER	CF34-8C5	5A	37	74,64	2,30	0,33	0,21	-0,35	0,41	1,58	-0,32	0,61	-0,122

Famille d'aéronefs				L _{Amax} à la distance de référence 5000m (dB)	Corrections apportées au niveau mesuré à la station (en dB)								
Type	Moteur	Groupe acoustique	MMD moyenne (t)		E1	E2	E3	E4	W1	W2	W3	W4b	Att dB/100m
Bombardier (DHC) Dash 8-400 Nextgen	PW150A	5A	29	73,31	4,84	0,69	0,43	-0,74	0,87	3,32	-0,68	1,28	-0,256
Embraer 170LR	CF34-8E5	5A		75,66	4,36	0,62	0,39	-0,66	0,78	2,98	-0,61	1,15	-0,230
Embraer 170ST	CF34-8E5	4	36	75,28	4,28	0,61	0,38	-0,65	0,77	2,93	-0,60	1,13	-0,226
Embraer ERJ-145LU	AE 3007 A1	5A		71,37	4,98	0,71	0,44	-0,76	0,89	3,41	-0,69	1,32	-0,263

2. AU DÉCOLLAGE

Famille d'aéronefs				L _{Amax} à la distance de référence 9200m (dB)	Corrections apportées au niveau mesuré à la station (en dB)				
Type	Moteur	Groupe acoustique	MMD moyenne (t)		E1	E2	W1	W2	Atténuation dB/100m
Airbus A300-600RF (M) (GE)	CF6-80C2A5	4	170	73,49	0,67	-2,09	-0,97	0,70	-0,172
Airbus A319-130 (IAE)	2522-A5	5A	64	74,01	0,15	-0,46	-0,21	0,15	-0,038
Airbus A319-130 (IAE)	2524-A5	5A	74	70,86	0,25	-0,77	-0,35	0,26	-0,063
Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5	5A	75	72,47	0,08	-0,23	-0,11	0,08	-0,019
Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTONE	5A	75	72,41	-0,01	0,05	0,02	-0,02	0,004
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5	5A	86	74,08	0,32	-0,98	-0,45	0,33	-0,081
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A	88	73,73	0,28	-0,88	-0,41	0,30	-0,072
Airbus A330-300 (GE)	CF6-80E1A3	4	233	78,11	0,38	-1,17	-0,54	0,39	-0,096
Avro RJ85	LF507 1F	4	42	70,91	0,43	-1,33	-0,61	0,45	-0,109
Boeing 717-200	BR715A	5A	53	69,18	0,31	-0,96	-0,44	0,32	-0,079
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26/3	5A	78	74,41	0,23	-0,72	-0,33	0,24	-0,059
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26E	5A	79	74,20	0,38	-1,18	-0,55	0,40	-0,097
Boeing 757-200 Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A	116	74,38	0,38	-1,19	-0,55	0,40	-0,098
Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A	105	70,94	0,47	-1,46	-0,67	0,49	-0,120
Boeing 767-200SF (GE)	CF6-80C2B2F	5A	145	68,91	0,44	-1,38	-0,64	0,46	-0,113
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B64 PIP II	5A	228	73,04	0,35	-1,09	-0,50	0,37	-0,089
Bombardier (DHC) Dash 8-400 Nextgen	PW150A	5A	29	63,94	0,63	-1,95	-0,90	0,66	-0,160
Embraer 170LR	CF34-8E5	5A	36	70,68	0,39	-1,21	-0,56	0,41	-0,099
Embraer 170ST	CF34-8E5	4	36	70,32	0,32	-0,99	-0,46	0,33	-0,081
Embraer ERJ-145LU	AE 3007 A1	5A	22	65,63	0,39	-1,22	-0,56	0,41	-0,100
Fokker 100	RB183 TAY MK 650-15	5A	45	72,98	0,31	-0,97	-0,45	0,33	-0,080
Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B	8	65,40	0,03	-0,08	-0,04	0,03	-0,007

ANNEXE 6 – SUBSTITUTIONS

1. SUBSTITUTIONS TYPE COMPLET 2015

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Airbus A300-600R (GE)	CF6-80C2A5	5A	173	Airbus A300-600R (GE)	CF6-80C2A5	4
Airbus A300-600RC (GE)	CF6-80C2A5	5A	208	Airbus A300-600R (GE)	CF6-80C2A5	4
Airbus A300-600RF (M) (GE)	CF6-80C2A5	4	190	Airbus A300-600R (GE)	CF6-80C2A5	4
Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	5A	647	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
Airbus A300-620RF General Freighter (P&W)	PW4158	4	2	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
Airbus A310-300 (GE)	CF6-80C2A2	4	2	Airbus A310-300 (GE)	CF6-80C2A2	5A
Airbus A310-300 (GE)	CF6-80C2A8	4	55	Airbus A310-300 (GE)	CF6-80C2A8	5A
Airbus A310-300F (GE)	CF6-80C2A8	4	2	Airbus A310-300F (GE)	CF6-80C2A2	4
Airbus A310-320 (P&W)	PW4156A	4	16	Airbus A310-320F (P&W)	PW4152	4
Airbus A318 ACJ (CFM)	CFM56-5B9/P	5A	2	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/3	5A	330	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
Airbus A319 ACJ (CFM)	CFM56-5B7/3	5A	2	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B7/P	5A
Airbus A319 ACJ (CFM)	CFM56-5B7/P	5A	6	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B7/P	5A
Airbus A319 ACJ (IAE)	2527M-A5	5A	2	Airbus A319-130 (IAE)	2524-A5	5A
Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3 PIP	5A	134	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3	5A
Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B6/3 PIP	5A	142	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B6/3	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Airbus A319-130 (IAE)	2524-A5SELECTONE	5A	1238	Airbus A319-130 (IAE)	2524-A5	5A
Airbus A320 ACJ (IAE)	2527-A5SELECTONE	5A	1	Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTONE	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4	4	40	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/2	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4	5A	485	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/2	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	4	238	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	4	103	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B6/3 PIP	5A	40	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B6/3	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B6/P	5A	1115	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A
Airbus A320-230 (IAE - A1)	2500-A1	4	19	Airbus A320-230 (IAE -A1)	V2500-A1	4
Airbus A320-230 (IAE - A1)	2500-A1BUMP	4	10	Airbus A320-230 (IAE -A1)	V2500-A1	4
Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTTWO	5A	167	Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTONE	5A
Airbus A320-230 (IAE)	2527E-A5	5A	142	Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5	5A
Airbus A320-230 (IAE)	2527E-A5SELECTONE	5A	12	Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-110 (CFM)	CFM56-5B1/P	5A	579	Airbus A321-110 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-110 (CFM)	CFM56-5B2/P	4	1396	Airbus A321-110 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-130 (IAE)	2530-A5	5A	1049	Airbus A321-130 (IAE)	V2530-A5	5A
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/3 PIP	4	56	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-230 (IAE)	2530-A5	5A	1075	Airbus A321-230 (IAE)	V2530-A5	5A
Airbus A321-230 (IAE)	2533-	4	441	Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
	A5SELECTONE					
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A	1475	Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	5A
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTTWO	4	20	Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	5A
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTTWO	5A	54	Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	5A
Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	4	98	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4
Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A	685	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	5A
Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4B	4	704	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4
Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4B	5A	280	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	5A
Airbus A330-200 ACJ (GE)	CF6-80E1A4	5A	4	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	5A
Airbus A330-240 (RR)	Trent 772C-60	5A	525	Airbus A330-240 (RR)	Trent 772C-60EP	5A
Airbus A330-240 ACJ (RR)	Trent 772B-60EP	5A	2	Airbus A330-240 (RR)	Trent 772C-60EP	5A
Airbus A330-240F	Trent 772B-60EP	5A	160	Airbus A330-240 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
Airbus A330-300 (GE)	CF6-80E1A3	5A	416	Airbus A330-300 (GE)	CF6-80E1A4B	5A
Airbus A330-300 (GE)	CF6-80E1A4B	4	254	Airbus A330-300 (GE)	CF6-80E1A4B	5A
Airbus A330-320 (P&W)	PW4168	5A	185	Airbus A330-320 (P&W)	PW4168A	5A
Airbus A330-340 (RR)	Trent 772-60	5A	564	Airbus A330-340 (RR)	TRENT 772B-60	5A
Airbus A330-340 (RR)	Trent 772C-60EP	5A	6	Airbus A330-340 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
Airbus A340-210 ACJ (CFM)	CFM56-5C2	5A	1	Airbus A340-210 (CFM)	CFM56-5C2G	5A
Airbus A340-210 ACJ	CFM56-5C3/F	5A	2	Airbus A340-210 (CFM)	CFM56-5C2G	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
(CFM)						
Airbus A340-210 ACJ (CFM)	CFM56-5C4	5A	1	Airbus A340-210 (CFM)	CFM56-5C2G	5A
Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C3G	5A	29	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C3/F	5A
Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C4/P	5A	454	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C4	5A
Airbus A340-310 ACJ (CFM)	CFM56-5C4	5A	1	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C4	5A
Airbus A340-540 (RR)	TRENT 553-61	5A	3	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A340-540 (RR)	Trent 553A2-61	5A	8	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A340-540 (RR)	Trent 556A2-61	5A	30	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A340-540 ACJ (RR)	TRENT 553-61	5A	9	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A	235	Airbus A330-340 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
Antonov An-158	-148	4	4	FOKKER70	TAY MK620-15	5
ATR ATR 42-300	PW121	5A	8	ATR ATR 42-300	PW120	5A
ATR ATR 42-300F Bulk Freighter	PW121	5A	159	ATR ATR 42-300F Bulk Freighter	PW120	5A
ATR ATR 72-500	PW127M	5A	61	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
ATR ATR 72-600	PW127M	5A	2	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
Avro RJ100	LF507 1F	4	1024	Avro RJ100	LF507-1F	4
BAe 146-200	ALF502 R-5	4	4	BAe 146-200	ALF502R-5	5A
BAe 146-200	ALF502 R-5	5A	43	BAe 146-200	ALF502R-5	5A
BAe 146-200QT	ALF502 R-5	5A	31	BAe 146-200	ALF502R-5	5A
BAe 146-300	ALF502 R-5	4	66	BAe 146-300QT	ALF502R-5	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
BAe 146-300	ALF502 R-5	5A	2	BAe 146-300QT	ALF502R-5	5A
BAe 146-300QT	ALF502 R-5	5A	245	BAe 146-300QT	ALF502R-5	5A
Beech Beechjet 400/400A	JT15D-5	3	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Beechcraft Premier 1A	FJ-44-2A	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Boeing (MDC) MD-11F (P&W)	PW4462	4	99	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4460	4
Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	217	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4460	4
Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217A	4	30	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217	4
Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217C	4	69	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217	4
Boeing (MDC) MD-87	JT8D-219	4	4	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-219	4
Boeing 717-200	BR715A	5A	116	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-219	4
Boeing 717-200	BR715C	5A	4	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-219	4
Boeing 737 BBJ1	CFM56-7B27/3	4	4	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737 BBJ1	CFM56-7B27/B3	4	3	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737 BBJ2	CFM56-7B27/3	4	6	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-300	CFM56-3B1	5A	281	Boeing 737-300	CFM56-3B1	4
Boeing 737-300	CFM56-3B2	5A	158	Boeing 737-300	CFM56-3B2	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3B2	4	10	Boeing 737-300	CFM56-3B2	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3B2	5A	103	Boeing 737-300	CFM56-3B2	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3C1	3	8	Boeing 737-300	CFM56-3C1	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3C1	4	98	Boeing 737-300	CFM56-3C1	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3C1	5A	462	Boeing 737-300	CFM56-3C1	5A
Boeing 737-300QC	CFM56-3B2	4	8	Boeing 737-300QC	CFM56-3B2	5A
Boeing 737-300QC	CFM56-3C1	4	7	Boeing 737-300QC	CFM56-3C1	5A
Boeing 737-300SF (M)	CFM56-3B1	4	8	Boeing 737-300SF (M)	CFM56-3B2	4
Boeing 737-300SF (M)	CFM56-3B2	5A	10	Boeing 737-300SF (M)	CFM56-3B2	4
Boeing 737-400SF	CFM56-3B2	5A	8	Boeing 737-400SF	CFM56-3C1	5A
Boeing 737-500	CFM56-3B1	5A	278	Boeing 737-500	CFM56-3B1	4
Boeing 737-500 Winglets	CFM56-3B1	5A	8	Boeing 737-500	CFM56-3C1	5A
Boeing 737-500 Winglets	CFM56-3C1	4	14	Boeing 737-500	CFM56-3C1	4
Boeing 737-600	CFM56-7B20/2	5A	347	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-600	CFM56-7B20/3	5A	303	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B20/2	5A	42	Boeing 737-700	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B20/3	5A	92	Boeing 737-700	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B22	5A	109	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B26/3	5A	48	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B20/3	5A	155	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22/3	4	6	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22/3	5A	578	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22E	5A	132	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A	315	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B26	4	56	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B26	5A	98	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A
Boeing 737-800	CFM56-7B26/3	4	215	Boeing 737-800	CFM56-7B26	4
Boeing 737-800	CFM56-7B26/3	5A	80	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24	5A	293	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24/3	4	56	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24/3	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24E	4	64	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24E	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26E	4	158	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26E	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A	88	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/3	4	144	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/3	5A	16	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/B1	4	8	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27E	4	4	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27E	5A	4	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26	4	35	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	4
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26	5A	121	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26/3	5A	415	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26/3	5A
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26E	5A	669	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26E	5A
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B27/3	5A	96	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B27/B1	5A	2	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 737-900 Winglets	CFM56-7B26	4	722	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B27	4	237	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B27/3	4	7	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	2	422	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400BCF (P&W)	PW4056	4	4	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400ERF (P&W)	PW4062	4	23	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400ERF (P&W)	PW4062A	4	107	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400F (GE)	CF6-80C2B1F	3	58	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 747-400F (P&W)	PW4056	4	21	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400F (RR)	RB211-524G	3	5	B747-400	RB211-524G/H	5
Boeing 747-400F (RR)	RB211-524H2-T	3	12	B747-400	RB211-524G/H	5
Boeing 747-400SF (GE)	CF6-80C2B1F	3	4	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 747-400SF (GE)	CF6-80C2B1F	4	31	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 747-400SF (P&W)	PW4056	2	4	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400SF (P&W)	PW4056	3	19	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400SF (P&W)	PW4056	4	8	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-8BBJ (GE)	GENx-2B67	5A	2	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
Boeing 747-8F (GE)	GENx-2B67	5A	87	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
Boeing 747-8F (GE)	GENX-2B67/P	5A	55	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 747-8F (GE)	GENX-2B67B	5A	124	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
Boeing 747SP (RR)	RB211-524D4	2	6	B747-400	RB211-524G/H	5
Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	5A	63	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	4
Boeing 757-200 (RR)	RB211 535E4	4	4	Boeing 757-200 (RR)	RB211-535E4	5A
Boeing 757-200 (RR)	RB211 535E4	5A	62	Boeing 757-200 (RR)	RB211-535E4	5A
Boeing 757-200 (RR)	RB211 535E4B	5A	4	Boeing 757-200 (RR)	RB211-535E4	5A
Boeing 757-200 Winglets (RR)	RB211 535E4	5A	1748	Boeing 757-200 Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A
Boeing 757-200PF (RR)	RB211 535E4	5A	63	Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-300 Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A	231	Boeing 757-300 Winglets (RR)	RB211-535E4B	5A
Boeing 767-200EMS (GE)	CF6-80A2	4	144	Boeing 767-200EM (GE)	CF6-80A2	4
Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B6F	5A	2	Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B2	5A
Boeing 767-200SF (GE)	CF6-80A2	4	37	Boeing 767-200EM (GE)	CF6-80A2	4
Boeing 767-300ER (RR)	RB211-524H	5A	6	Boeing 767-300ER (P&W)	PW4062	5A
Boeing 767-300ER Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	2	Boeing 767-300ER Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4052	4	619	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4052	5A	377	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4056	4	94	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	5A	6	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4062	5A	2	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A	1003	Boeing 767-300ER Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A
Boeing 777-200 (GE)	GE90-90B	5A	11	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-90B	5A
Boeing 777-200ER (GE)	GE90-85B	5A	2	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-90B	5A
Boeing 777-200ER (RR)	Trent 884	5A	11	Boeing 777-200ER (RR)	Trent 892	5A
Boeing 777-200ER (RR)	Trent 895	5A	283	Boeing 777-200ER (RR)	Trent 892	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1L	5A	82	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1L2	5A	77	Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-115BL	5A	118	Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-115BL1	5A	2	Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1	5A
Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL1	5A	6	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A
Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL2	5A	144	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115BL	5A
Boeing 787-8 (GE)	GENX 1B70/75 PIP II	5A	199	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B64 PIP II	5A	249	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B64 PIP I	5A
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B67 PIP I	5A	356	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B64 PIP I	5A
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B67 PIP II	5A	359	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70	5A	715	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-64 B	5A	77	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-67 B	5A	612	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A	15	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74 C	5A	124	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74 TEN	5A	4	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Bombardier (Canadair) Challenger 850	CF34-3B1	5A	7	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ 100LR	CF34-3A1	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ 200ER	CF34-3B1	5A	33	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ1000ER NextGen	CF34-8C5A1	5A	58	Bombardier (Canadair) CRJ1000EL NextGen	CF34-8C5A1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ701ER	CF34-8C5B1	5A	18	Bombardier (Canadair) CRJ700	CF34-8C1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900ER NextGen	CF34-8C5A1	5A	140	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900LR	CF34-8C5A1	5A	8	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5A1	5A	115	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier Global 5000	BR710A2-20	5A	3	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Bombardier Global Express	BR710A2-20	5A	6	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Bombardier Global Express 6000	BR710A2-20	5A	9	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Bombardier Global Express XRS	BR710A2-20	5A	12	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Canadair Challenger 604	CF34-3B	5A	8	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Canadair Challenger 605	CF34-3B	5A	18	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Canadair Continental	HTF7000	5A	21	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Cessna 525 CitationJet	FJ-44-1A	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525 CJ1	FJ-44-1A	5A	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525A CitationJet 2	FJ-44-2C	5A	10	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525A CitationJet 2+	FJ-44-3A-24	5A	19	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525B Citationjet 3	FJ-44-3A	5A	18	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525C Citationjet 4	FJ-44-4A	5A	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 550 Citation Bravo	PW530A	5A	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 560 Citation Excel	PW545A	5A	18	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 560 Citation V	JT15D-5	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 680 Citation Sovereign	PW306C	5A	13	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 680 Citation Sovereign +	PW306D	5A	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 750 Citation X	AE 3007 C	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 750 Citation X	AE 3007 C1	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation Encore (C560)	PW535A	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Cessna Citation Mustang	PW615F	5A	78	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation Mustang	PW615F-A	5A	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation Ultra	JT15D-5D	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation XLS	PW545B	5A	30	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation XLS+	PW545C	5A	31	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Challenger 350	HTF7350	5A	9	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000	CFE 738-1-1B	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 EX	PW308C	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 EX EASy	PW308C	5A	15	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 LX	PW308C	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 LXS	PW308C	5A	9	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 50	TFE731-3-1C	2	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 50EX	TFE731-40	3	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 50EX	TFE731-40	4	10	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 7X	PW307A	4	19	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Dassault Falcon 7X	PW307A	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 900DX	TFE731-60	5A	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 900EX	TFE731-60	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 900EX EASy	TFE731-60	5A	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Embraer 175LR	CF34-8E5	4	1227	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
Embraer 175LR	CF34-8E5A1	4	78	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
Embraer 190AR	CF34-10E5	4	96	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190LR	CF34-10E5A1	5A	157	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190LR	CF34-10E6	5A	4	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190LR	CF34-10E7	5A	61	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190ST	CF34-10E5	4	378	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A
Embraer 195AR	CF34-10E5	5A	11	Embraer 195LR	CF34-10E5	5A
Embraer 195LR	CF34-10E6A1	5A	396	Embraer 195LR	CF34-10E5A1	5A
Embraer ERJ-135 Legacy 600	AE 3007 A1E	5A	14	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135 Legacy 650	AE 3007 A2	5A	9	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135ER	AE 3007 A1/3	5A	14	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135ER	AE 3007 A3	5A	28	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135LR	AE 3007 A1/3	5A	20	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-145EP	AE 3007 A1	5A	12	Embraer ERJ-145EP	AE3007-A1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Embraer ERJ-145EP	AE 3007 A1/1	5A	649	Embraer ERJ-145EP	AE3007-A1	5A
Embraer ERJ-145LR	AE 3007 A1	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Embraer ERJ-145LR	AE 3007 A1/1	5A	40	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
Embraer ERJ-145MP	AE 3007 A1	5A	34	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Embraer ERJ-145MP	AE 3007 A1/1	5A	113	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
Embraer Phenom 100	PW617F-E	5A	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer Phenom 300	PW535E	5A	9	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Fairchild/Dornier 328	PW119B	5A	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
Fairchild/Dornier 328Jet	PW306B	5A	4	FOKKER70	TAY MK620-15	5
Fokker 100	RB183 TAY MK 650-15	5A	693	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
Fokker 50	PW125B	5A	41	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A
Fokker 70	RB183 TAY MK 620-15	5A	5	FOKKER70	TAY MK620-15	5
Gulfstream G400	RB183 TAY MK 611-8	5A	2	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
Gulfstream G450	RB183 TAY MK 611-8C	5A	16	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
Gulfstream G550	BR710C4-11	5A	18	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G650	BR725	5A	10	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
Gulfstream G650ER	BR725	5A	2	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
Gulfstream III (St. 3 H/K)	SPEY MK 511-8	2	3	Bombardier (Canadair) CRJ700	CF34-8C1	5A
Gulfstream IV	RB183 TAY MK 611-	5A	8	Bombardier (Canadair)	CF34-8C1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
	8			CRJ700		
Gulfstream IV SP	RB183 TAY MK 611-8	5A	6	Bombardier (Canadair) CRJ700	CF34-8C1	5A
Gulfstream V	BR710A1-10	5A	5	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Hawker 125 Srs.800XP	TFE731-5BR	5A	12	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Hawker 125 Srs.800XPi	TFE731-5BR	5A	10	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Hawker 125 Srs.850XP	TFE731-5BR	5A	10	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
IAI Gulfstream G200	PW306A	5A	8	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Ilyushin Il-62M	D-30KU	2	2	B747-200	CF6-50E2	2
Ilyushin Il-76MD	D-30KP-2	1	1	B747-200	CF6-50E2	2
Ilyushin Il-96-300	PS-90 A	2	24	B747-200	CF6-50E2	2
Jetstream Jetstream 41	TPE331-14GR/HR	5A	3	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
King Air 350	PT6A-60A	5B	2	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
King Air B200GT	PT6A-52	5B	23	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
Learjet 31A	TFE731-2-3B	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 45	TFE731-20R-1B	5A	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 45XR	TFE731-20BR	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 55	TFE731-3A-2B	5A	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 60	PW305A	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 60SE	PW305A	5A	7	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 60XR	PW305A	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Lockheed C-130H Hercules	T56A-15	2	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
Lockheed L-100-30 Hercules	501-D22A	2	50	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
NG	PT6A-67P	5B	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Raytheon (Beech) 1900D	PT6A-67D	5B	447	Saab 2000	AE2100-A	5A
Saab 340A Cargo	CT7-5A2	5A	2	Saab 2000	AE2100-A	5A
Tupolev Tu-154M	D-30KU-154-II	2	1	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-219	4
Tupolev Tu-204-200	PS-90 A	3	4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4
Tupolev Tu-204-300 (Tu-234)	PS-90 A	4	1	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4

2. SUBSTITUTIONS TYPE COURT 2015

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
A306	114	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
A310	28	Airbus A310-320F (P&W)	PW4152	4
A318	344	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
A319	741	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3	5A
A320	1131	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A
A321	377	Airbus A321-230 (IAE)	V2530-A5	5A
A332	321	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4
A333	104	Airbus A330-320 (P&W)	PW4168A	5A
A342	16	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2F	5A
A343	164	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2F	5A
A345	1	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
A346	18	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
A359	4	Airbus A330-340 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
A388	211	Airbus A380-860 (EA)	GP7270	5A
AC90	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
AT43	66	ATR ATR 42-300	PW120	5A
AT72	62	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
B190	14	Embraer EMB-120ER Brasilia	PW118	5A
B462	3	BAe 146-200	ALF502R-5	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
B463	15	BAe 146-300QT	ALF502R-5	5A
B712	6	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-219	4
B733	99	Boeing 737-300	CFM56-3C1	5A
B734	77	Boeing 737-400	CFM56-3C1	5A
B735	45	Boeing 737-500	CFM56-3C1	4
B736	20	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
B737	58	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
B738	643	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
B739	11	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
B744	123	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
B748	13	Boeing 747-400 Combi (GE)	CF6-80C2B1F	4
B752	146	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	4
B753	8	Boeing 757-300 (RR)	RB211-535E4B	5A
B762	17	Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B2	5A
B763	180	Boeing 767-300ER (P&W)	PW4062	4
B764	15	Boeing 767-400ER (GE)	CF6-80C2B8F	5A
B772	264	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A
B773	1	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115B	5A
B77L	123	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A
B77W	405	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115B	5A
B788	84	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
B789	1	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
BE20	4	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
BN2P	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C130	8	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C25A	7	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C25C	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C295	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C510	37	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C525	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C550	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C560	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C56X	13	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C680	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CL30	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CL60	5	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CN35	3	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A
CRJ1	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CRJ2	6	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
CRJ7	1	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
CRJ9	16	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
DH8D	32	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
E120	7	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
E135	5	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E145	34	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
E170	309	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
E190	240	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
E35L	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E3CF	5	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
E50P	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E55P	3	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
F100	11	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
F2TH	14	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
F50	5	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A
F70	1	FOKKER70	TAY MK620-15	5
F900	11	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
FA10	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
FA50	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
FA7X	10	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
GL5T	1	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLEX	3	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF3	1	Bombardier (Canadair) CRJ700	CF34-8C1	5A
GLF4	6	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
GLF5	13	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF6	1	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
H25B	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
IL76	3	B747-200	CF6-50E2	2
K35R	2	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
LJ45	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
LJ60	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
MD11	49	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4460	4
MD82	3	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217	4
PA31	1	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
RJ1H	3	BAe 146-200	ALF502R-5	5A
RJ85	177	Avro RJ85	LF507-1F	4
SR20	9	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
SR22	35	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
T154	3	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-219	4
T204	1	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4

ANNEXE 7 – CALCUL DES DROITES DE RÉGRESSION

Les mesures effectuées sur site ne sont pas directement comparables, du fait de :

- l'impossibilité physique d'implanter les stations à une distance rigoureusement identique par rapport aux seuils de piste ;
- l'inégalité des longueurs des pistes.

De ce fait, conformément à l'arrêté, le niveau de bruit L_{Amax} mesuré doit être ramené au niveau d'une mesure équivalente qui serait effectuée à la distance de référence correspondant au mouvement considéré, de façon à déterminer le « niveau de bruit mesuré ». Pour ce faire, une méthode statistique de correction de distance, s'appuyant sur le calcul de « droites de régression », a été établie par le groupe de travail qui s'est réuni en 2006 rassemblant l'ACNUSA, la DGAC, la DGPR et ADP.

1) Principe des droites de régression :

Le principe des droites de régression repose sur le fait que le bruit à la source émis par un avion à proximité de l'aéroport n'est pas constant : en approche par exemple, la vitesse de l'avion diminue et entraîne la diminution du bruit aérodynamique. Par conséquent, la loi d'évolution du bruit en fonction de la distance entre l'avion et le sol composée d'un terme d'atténuation géométrique en $\log(D/D_0)$ et d'un terme d'absorption atmosphérique, qui est valable pour un bruit à la source constant, ne peut pas être appliqué afin de ramener le bruit d'un avion mesuré à la station IGMP à un bruit qui serait mesuré à la distance de référence.

Le groupe de travail a donc retenu une méthode de correction en distance basée sur une régression linéaire calculée à partir de mesures aux différentes stations IGMP. Cette méthode est justifiée par le fait que les stations de mesure de bruit IGMP sont situées au voisinage immédiat des distances de référence.

2) Calcul des droites de régression :

Les droites de régression sont établies pour chaque ensemble « type avion - motorisation - groupe acoustique » et par type de mouvement (décollage / atterrissage) suivant la méthode ci-dessous :

Pour chacune des stations utilisées pour le sens considéré (atterrissage ou décollage), les moyennes énergétiques des mesures enregistrées sont calculées par type avion - motorisation - groupe acoustique. On dispose dès lors, pour chaque ensemble « type avion - motorisation - groupe acoustique », de n moyennes des bruits mesurés (une par station), correspondant à chacune des distances différentes des stations de mesure par rapport aux seuils de piste.

A partir de ces moyennes, est déduite par régression linéaire une droite, **appelée droite de régression (DR)**.

Une droite de régression ne peut être créée que si l'on dispose d'un nombre minimum de mesures : une droite est établie pour un type-moteur-groupe et sens de mouvement donnés lors de la première année pour laquelle on dispose au moins 25 mesures par station sur au moins 4 stations (au fil des années, la base des mesures par station s'enrichit).

Lorsqu'une droite de régression est calculée pour l'année n , elle est reprise à l'identique pour les années suivantes.

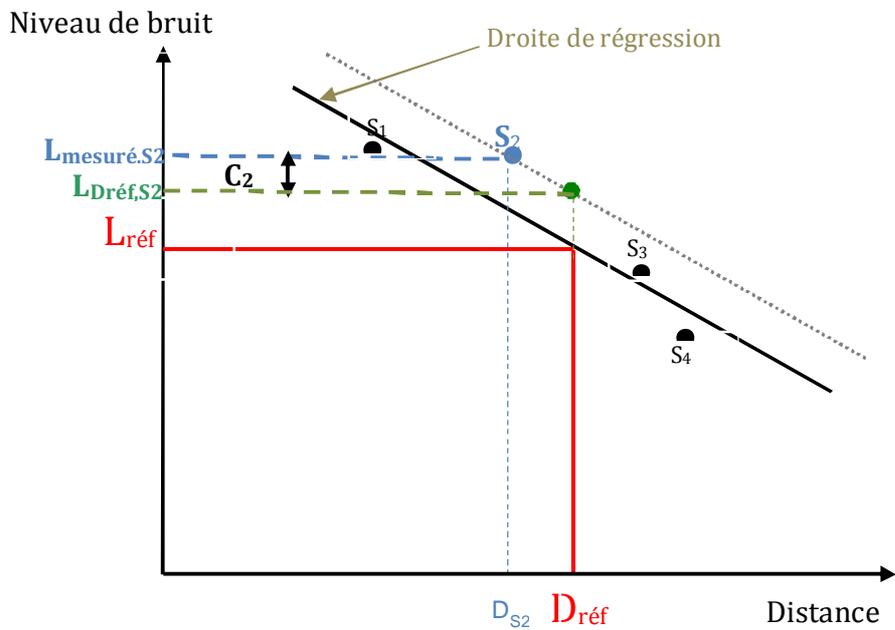
3) Niveau de bruit ramené à la distance de référence à l'aide de la droite de régression :

Pour les avions dont on dispose d'une mesure de bruit, le niveau de bruit mesuré à la station IGMP est corrigé en distance à l'aide de la pente de la droite de régression, afin de le ramener au niveau qui serait mesuré à la distance de référence.

On a alors : $L_{Dréf} = L_{mesuré} + \text{Pente}_{DR} * (\text{Distance}_{réf} - \text{Distance}_{station})$

Cette correction est illustrée sur le schéma ci-dessous pour la station S2.

Pour les avions dont on ne dispose pas d'une mesure de bruit, le niveau considéré pour le calcul de l'IGMP est le niveau lu sur la droite de régression pour la distance de référence ($L_{réf}$), aussi appelé « niveau de bruit le plus fréquemment mesuré ».



Distance : distance entre la station de mesure et le seuil de piste (du lâcher des freins ou du touché des roues)

S_k : station de mesure

$L_{réf}$: niveau de bruit le plus fréquemment mesuré au sens de l'arrêt

$L_{mesuré,S_k}$: niveau de bruit mesuré à la station S_k

$L_{Dréf,S_k}$: niveau de bruit mesuré en S_k et ramené à la distance de référence

$D_{réf}$: distance de référence au sens de l'arrêt (5 000 m à l'atterrissage, 9 200 m au décollage)

D_k : distance associée à la station de mesure

C_k : correction à appliquer aux mesures de la station

4) Exemple :

Le graphique suivant permet de déterminer pour l'Airbus 319 avec des réacteurs CFM56-5B6/2P à l'atterrissage le niveau le plus fréquemment mesuré pour la distance de référence : $L_{ref} = 80,02$ dB(A).

