

RAPPORT

Direction générale
de l'Aviation civile

Service technique
de l'Aviation civile

Juillet 2019

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 2018



SOMMAIRE

RÉSUMÉ	4
ABSTRACT	5
INTRODUCTION	6
GUIDE DE LECTURE	7
1. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL	8
2. MESURES RÉALISÉES EN 2018	9
2.1. CONDITIONS DE RÉALISATION DES MESURES	9
2.2. RÉPARTITION PAR STATION DES MESURES RÉALISÉES EN 2018	12
3. ÉVALUATION DE L'ÉNERGIE SONORE MESURÉE PONDÉRÉE POUR 2018	13
3.1. NIVEAUX DE BRUIT MESURÉS ET VALIDÉS	13
3.1.1. <i>Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide de la droite de régression propre à l'avion</i>	13
3.1.2. <i>Niveaux de bruit mesurés corrigés à l'aide d'avions de substitution</i>	13
3.2. UTILISATION DES NIVEAUX DE BRUIT LE PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS.....	14
3.3. AJUSTEMENT EN NOMBRE DE MOUVEMENTS	14
3.4. SYNTHÈSE DU TRAITEMENT DES MOUVEMENTS ET DES NIVEAUX DE BRUIT	14
4. VALEUR DE L'INDICATEUR POUR L'ANNÉE 2018	16
4.1. CALCUL DE L'INDICATEUR GLOBAL SUR L'ANNÉE 2018	16
4.2. RÉPARTITION JOURNALIÈRE DES ÉNERGIES SONORES	16
5. ANALYSE DES RÉSULTATS	18
5.1. MOUVEMENTS DÉTECTÉS.....	18
5.2. INTERPRÉTATION DE L'IGMP 2018.....	19
5.3. RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE SONORE TOTALE.....	19
5.4. RÉPARTITION DU TRAFIC PAR CATÉGORIE ACOUSTIQUE D'AÉRONEFS	20
5.5. RÉPARTITION JOUR / SOIRÉE / NUIT	23
5.6. PÉRIODE « NUIT »	28
5.7. PÉRIODE « CŒUR DE NUIT ».....	30
5.8. COMPARAISON NUIT / CŒUR DE NUIT	31
6. SENSIBILITÉ ET INCERTITUDE DE L'IGMP	32
ANNEXE 1 – LISTE DES ABRÉVIATIONS	34
ANNEXE 2 – ARRÊTÉ DU 28 JANVIER 2003	35
ANNEXE 3 – ARRÊTÉ DU 12 SEPTEMBRE 2008	38
ANNEXE 4 – MÉTHODE D'EXCLUSION DES VALEURS ABERRANTES	40
ANNEXE 5 - CORRECTIFS DE NIVEAUX PAR RAPPORT À LA DISTANCE RÉELLE ET NIVEAUX DE BRUIT LES PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS - NOUVELLES DROITES DE RÉGRESSION 2018	44
1. À L'ATERRISSAGE.....	44
2. AU DÉCOLLAGE	45
ANNEXE 6 – SUBSTITUTIONS	47
1. SUBSTITUTIONS TYPE COMPLET 2018.....	47
2. SUBSTITUTIONS TYPE COURT 2018.....	63
ANNEXE 7 – CALCUL DES DROITES DE RÉGRESSION	69

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 2018 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 2018 est de **87,8%** pour **487 949** mouvements.

La valeur de **l'IGMP 2018 est de 66,3** et diminue par rapport à l'année 2017 (-0,7 point). Cette évolution entre 2017 et 2018 s'explique principalement par l'influence combinée des trois facteurs suivants :

- **La modernisation des flottes,**
- **La variation de la répartition des mouvements selon les périodes jour/soirée/nuit,**
- **L'augmentation du trafic aérien** de 1,1% pour l'aéroport Charles de Gaulle.

La diminution de l'indicateur 2018 s'explique principalement par la modernisation de la flotte. La répartition jour/soirée/nuit et l'augmentation du trafic atténuent cette baisse.

L'indicateur spécifique de la période « nuit » est en baisse par rapport à 2017, avec une valeur de 70,6 (-0,6 point).

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 supérieures 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 Civil Aviation Authority (DGAC) has ordered the Civil aviation technical center (STAC) to estimate each annual IGMP value. IGMP 2018 calculation is based on noise measurements and correlations between noise levels and tracks delivered by ADP (“*Aéroports de Paris*”) Laboratory.

In 2018, the ratio of reliable noise measurements is **87.8%**, out of **487 949** movements.

IGMP 2018 value equals 66.3 and decreases comparing to the previous year (-0.7 point). This evolution between 2017 and 2018 is mainly due to the combined effects of the three following factors:

- **Fleet modernization,**
- **Variation of traffic distribution among day, evening and night periods,**
- **Air traffic increase** at Charles de Gaulle airport (+1.1%).

The first factor is the main cause of IGMP 2018 decrease whereas the second and third factors tend to limit lowering the indicator.

The specific night period indicator decreases compared to 2017, reaching the value 70.6 (-0.6 point).

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 2018 sont répartis en plusieurs catégories, selon s'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.

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).
- **L_{Amax}** : Niveau maximal de bruit caractérisant un événement isolé.
- **Niveau de bruit mesuré** : Il s'agit du niveau de bruit L_{Amax} 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 plateforme, 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'IGMP et de l'indicateur de nuit, analyse de l'évolution de la répartition des mouvements et des énergies suivant la catégorie acoustique d'aéronefs, selon la période de la journée, analyse de la période cœur de nuit...

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

1. MÉTHODOLOGIE DE CALCUL

Le calcul de l'IGMP 2018 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 :

- Des énergies sonores de référence pour le décollage et pour l'atterrissage, dont les valeurs correspondent à la moyenne des énergies des années 1999, 2000, 2001.
- Des énergies sonores de décollage et d'atterrissage mesurées et cumulées sur l'année considérée. Par convention, si ces énergies sont égales aux valeurs de référence, l'indicateur est égal à 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 2017. Toutefois, comme le groupe de travail l'avait préconisé, les données mesurées en 2018 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.

Dans sa démarche d'amélioration de la méthode de calcul de l'indice le GT a validé en 2011 trois évolutions méthodologiques qui sont appliquées au calcul de l'IGMP 2018 :

- 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), appliquée chaque année depuis l'IGMP 2011.
- Utilisation par ADP, depuis l'IGMP 2012, d'un nouveau système de détection du bruit des aéronefs et d'une méthode dite « de multi-validation » qui 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.

L'utilisation de cette méthode a pour conséquence une nette amélioration du taux de corrélation depuis 2012.

2. MESURES RÉALISÉES EN 2018

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 2018.

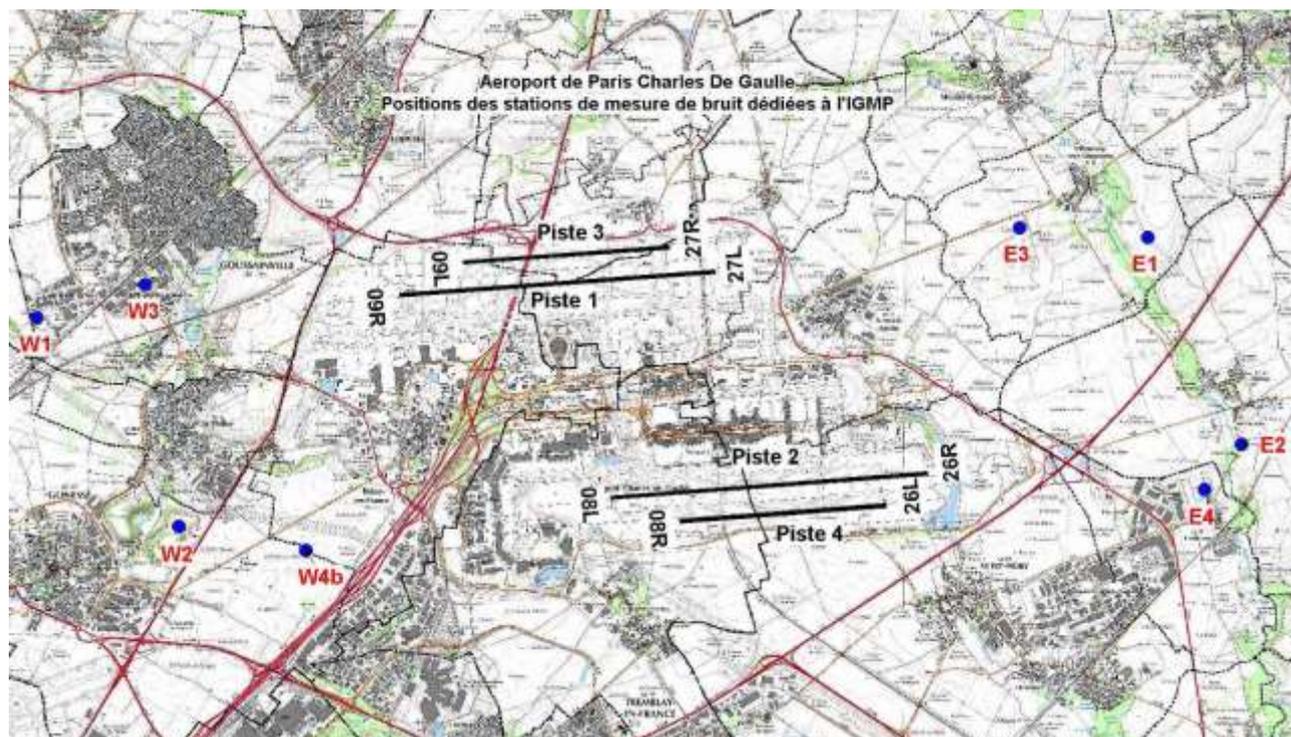


Figure 1 : Positionnement des stations de mesure de bruit IGMP

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 2018, ADP a enregistré 428 555 couples de mesures de bruit d'avions et de trajectoires exploitables¹ sur un total de 487 949 mouvements pris en compte² pour le calcul de l'indicateur. Cela correspond à un taux de 87,8% de vols pour lesquels un niveau de bruit mesuré était utilisable pour l'IGMP. (voir *Figure 2*).

Pour 2018, le nombre de mouvements d'avions détectés par ADP est de 488 168, ce qui est légèrement supérieur au total officiel NBA (487 949). Cet écart de 219 mouvements est pris en compte dans le calcul de l'IGMP (cf. section 3.4).

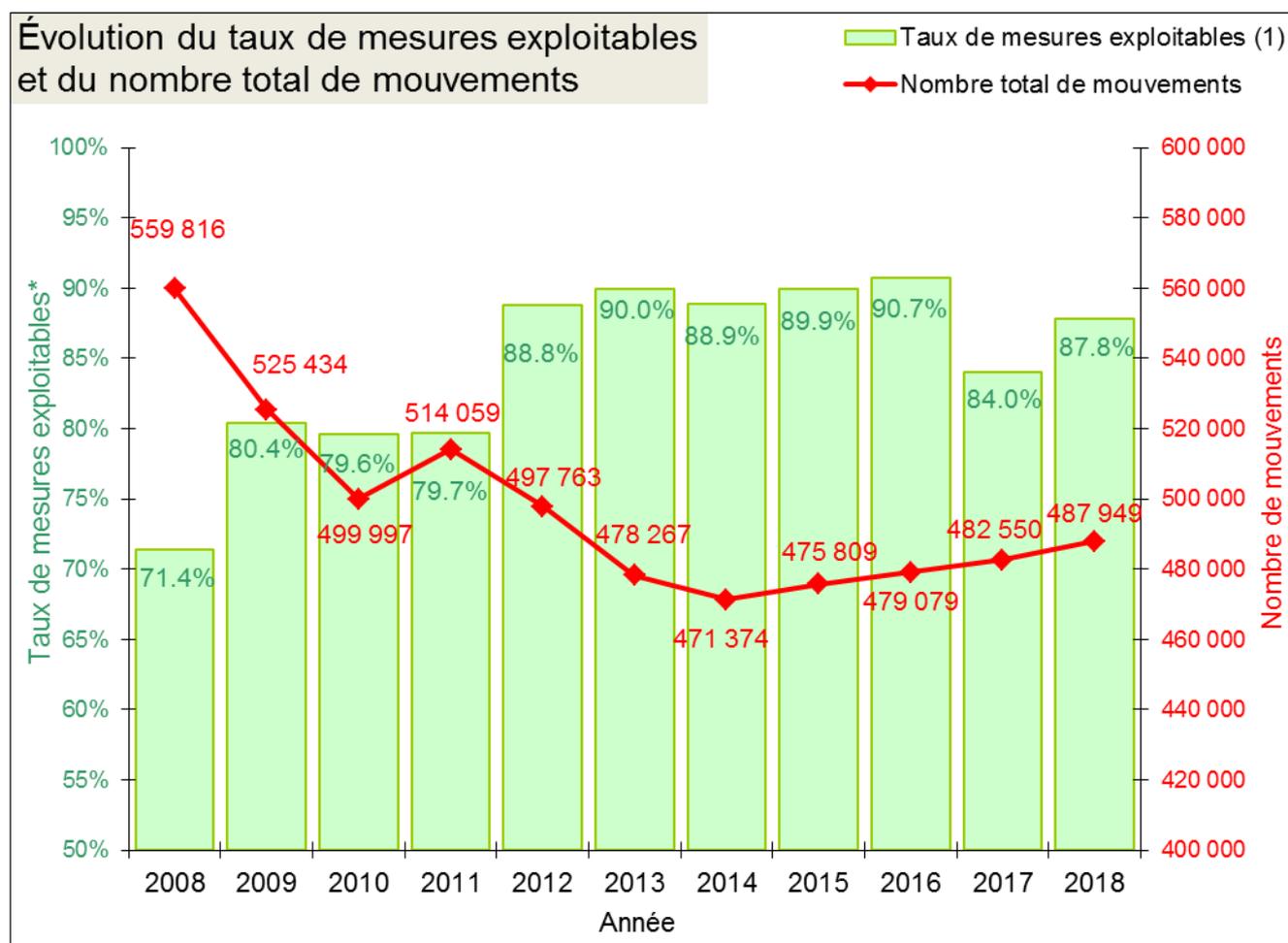


Figure 2 : Taux de mesures exploitables et nombre total de mouvements

L'absence de 59 613 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, présence de bruits parasites...),
- 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'avions 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 avions officiellement répertoriés pour l'année 2018 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 2018 :

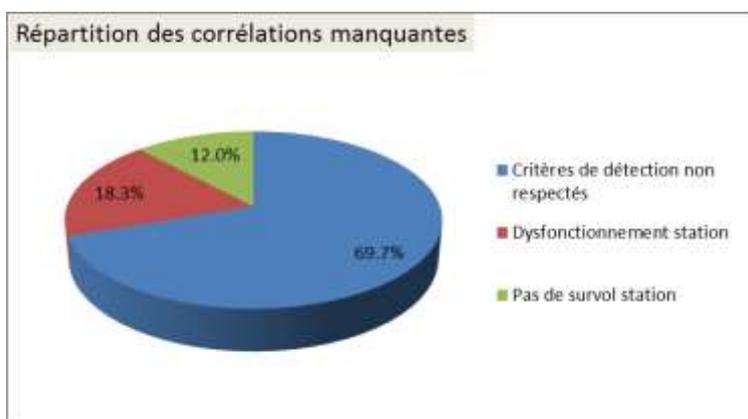


Figure 3 : Répartition des corrélations manquantes pour l'année 2018

Sur les 428 555 couples de mesures de bruit et trajectoires exploitables, la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes a entraîné l'exclusion de 482 mesures de bruit (soit 0,1% des mesures exploitables), donc 428 073 couples de mesures de bruit et trajectoires ont été utilisés pour le calcul de l'IGMP 2018.

En résumé, sur un total de **488 168 mouvements détectés** en 2018 sur la plate-forme :

- **428 555 (87,8%) mouvements ont fait l'objet d'une mesure exploitable** pour le calcul de l'IGMP, dont :
 - **428 073 ont été validés et utilisés** pour le calcul de l'IGMP, (application de la méthode d'exclusion des valeurs aberrantes) ;
 - **482 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.
- **59 613 (12,2%) 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 3.4.

2.2. RÉPARTITION PAR STATION DES MESURES RÉALISÉES EN 2018

Le tableau ci-après détaille, pour chaque station de mesures, les valeurs enregistrées durant l'année 2018. Le nombre de mouvements mesurés et corrélés à un avion correspond aux vols validés après 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.

Répartition des mouvements par station pour l'année 2018

Station	Date de mise en service définitive	Nombre de décollages mesurés et corrélés à un avion	Nombre de décollages effectués au-dessus de la station	Nombre d'atterrissages mesurés et corrélés à un avion	Nombre d'atterrissages effectués au-dessus de la station
E1 Villeneuve-Sous-Dammartin	05/07/2005	47 673	52 222	1 210	1 298
E2 Thieux	12/07/2005	49 211	66 277	19 130	21 142
E3 Villeneuve-Sous-Dammartin	27/02/2008			- 43 520 -	48 470
E4 Compans	01/07/2003 déplacée de 100m env. le 12/05/2006			- 50 132 -	53 548
W1 Goussainville	03/06/2005	54 907	62 330	1 408	1 766
W2 Gonesse	16/04/2007	56 854	62 330	12 755	14 567
W3 Goussainville	12/05/2005			- 46 681 -	52 153
W4 Gonesse	12/01/2012			- 44 592 -	50 251
Vols sans QFU	12/01/2012		1 138	-	676 -
Total		208 645	244 297	219 428	243 871

Figure 4 : Répartition des mouvements mesurés par station

On note en 2018 une diminution du nombre de décollages au-dessus de la station E4 due à la fermeture de la piste 4 du 08 juillet au 10 octobre dans le cadre de la réalisation de travaux (tunnel sous la piste 4).

3. ÉVALUATION DE L'ÉNERGIE SONORE MESURÉE PONDÉRÉE POUR 2018

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 2018 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. NIVEAUX DE BRUIT MESURÉS ET VALIDÉS

Les niveaux de bruit de 428 073 mouvements, soit 87,7% 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.

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

Pour la plupart des mouvements (406 052 mouvements, soit 94,9% 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.

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

Pour les 5,1% de niveaux de bruit mesurés validés restants (22 021 mouvements, soit 295 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 2012 est le suivant :

Année	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Nombre de mouvements substitués	29 693	25 817	21 307	29 849	23 638	24 075	22 021

Les familles de substitution utilisées en 2018 sont présentées en annexe 6.

3.2. UTILISATION DES NIVEAUX DE BRUIT LE PLUS FRÉQUEMMENT MESURÉS

Comme le prévoit l'arrêté du 28 janvier 2003, pour chacun des 60 095 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.

3.3. AJUSTEMENT EN NOMBRE DE MOUVEMENTS

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

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

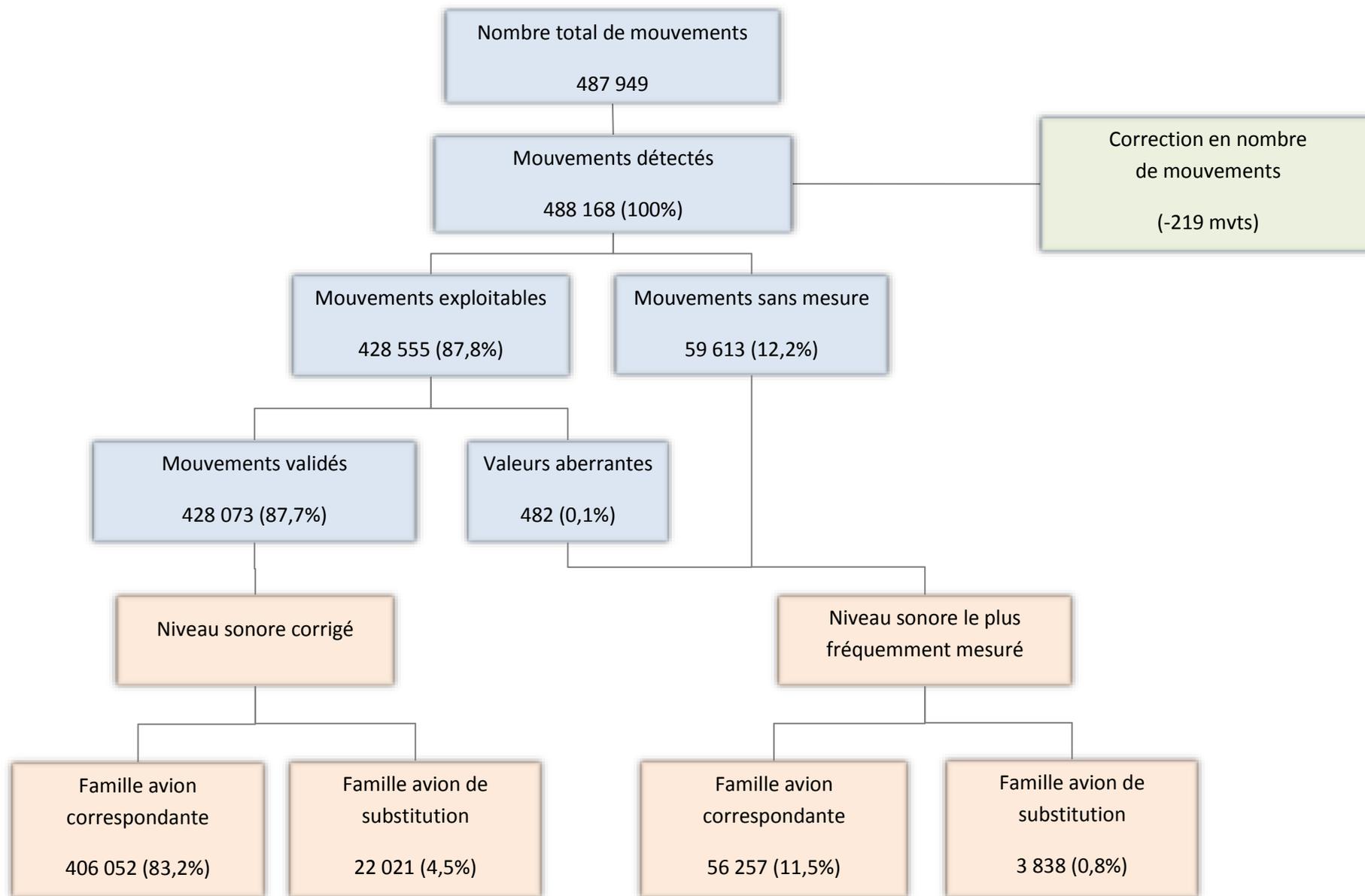
La section 5.1 donne plus de détails sur cet ajustement.

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

Le traitement de l'ensemble des 487 949 mouvements de l'année 2018 et des niveaux de bruit associés peut être représenté par le logigramme suivant :

Répartition des mouvements

Niveau de bruit associé au mouvement



4. VALEUR DE L'INDICATEUR POUR L'ANNÉE 2018

4.1. CALCUL DE L'INDICATEUR GLOBAL SUR L'ANNÉE 2018

La valeur de l'IGMP au titre de 2018 s'élève à 66,3.

La figure ci-après montre l'évolution de l'IGMP et des énergies associées depuis 10 ans.

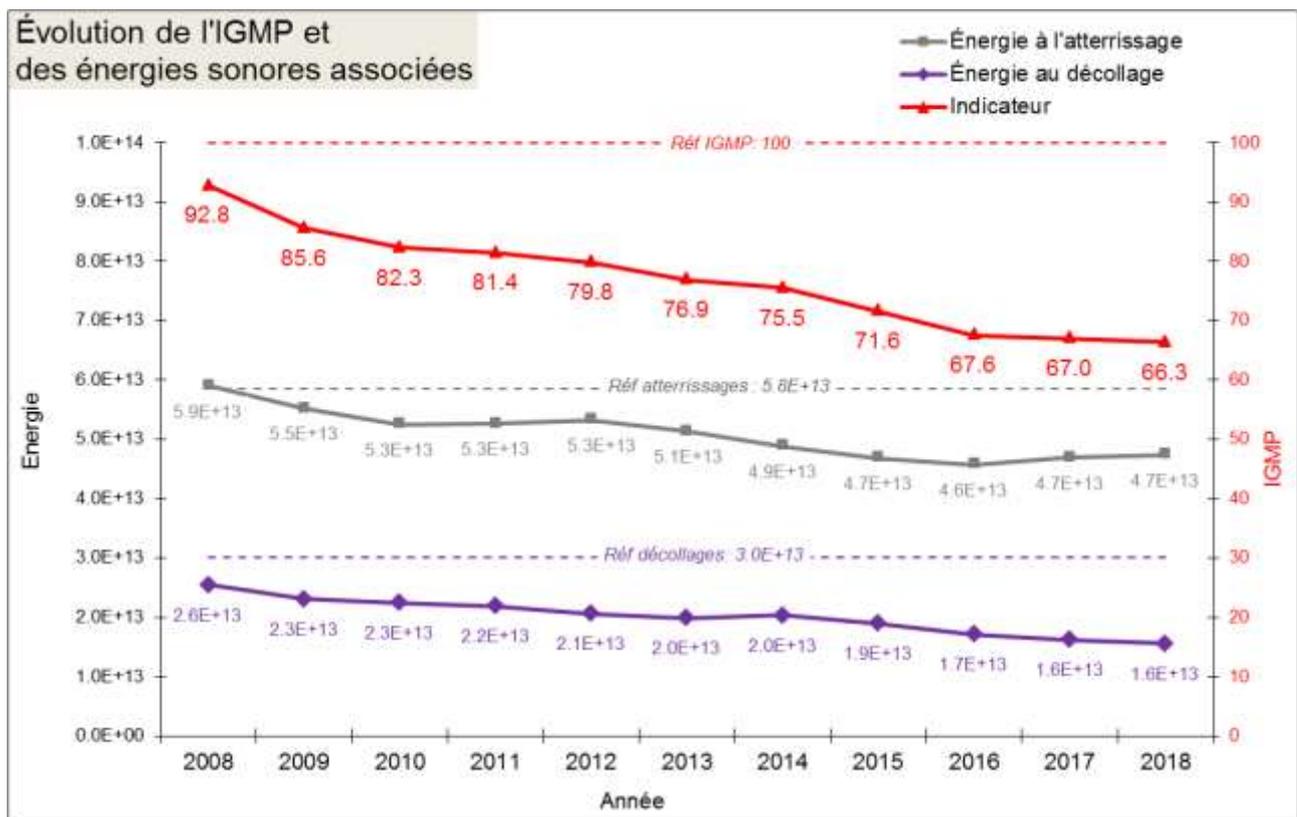


Figure 5 : Évolution de l'IGMP sur 10 ans

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 2018 d'une part et pour la période de référence d'autre part.

ATTERRISSAGE	Energie 2018 (Wa,2018)	Energie de référence (Wa,0)
Jour (6h-18h)	1,10.10 ¹³	1,44.10 ¹³
Soirée (18h-22h)	0,95.10 ¹³	1,33.10 ¹³
Nuit (22h-6h)	2,69.10 ¹³	3,08.10 ¹³
Global	4,74.10¹³	5,85.10¹³

Figure 6 : Énergies sonores pour l'atterrissage

DÉCOLLAGE	Energie 2018 (Wd,2018)	Energie de référence (Wd,0)
Jour (6h-18h)	0,43.10 ¹³	0,73.10 ¹³
Soirée (18h-22h)	0,33.10 ¹³	0,82.10 ¹³
Nuit (22h-6h)	0,79.10 ¹³	1,46.10 ¹³
Global	1,55.10¹³	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	243 871	244 297	488 168
Officiels (NBA)	243 966	243 983	487 949
Différence (officiel-détectés)	+95	-314	-219

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, $W_{a,2018}$, et pour le décollage, $W_{d,2018}$, sont donc calculées d'après les expressions suivantes :

$$W_{a,2018} = W_{a,2018} \text{ détecté} * (\text{Mvts totaux atterrissage} / \text{Mvts détectés atterrissage})$$

$$W_{d,2018} = W_{d,2018} \text{ détecté} * (\text{Mvts totaux décollage} / \text{Mvts détectés décollage})$$

5.2. INTERPRÉTATION DE L'IGMP 2018

On constate que l'indicateur est en baisse par rapport à l'année 2017 (-0,7 point). L'indicateur atteint sa valeur la plus basse depuis sa création.

L'analyse des données appelle les commentaires suivants :

Entre 2017 et 2018, **l'énergie sonore au décollage diminue de 4,1% alors que celle à l'atterrissage augmente de 1,0%.**

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

- **La modernisation des flottes** entre 2017 et 2018. **L'impact de ce facteur serait de l'ordre de -2,0 points¹ ;²**, toutes choses étant égales par ailleurs;
- **La répartition des mouvements selon les périodes jour/soirée/nuit.** Celle-ci a évolué entre 2017 et 2018 : on observe une baisse du nombre de mouvements sur la période jour et une augmentation sur les périodes soirée et nuit. Toutes choses étant égales par ailleurs, **l'impact de ce facteur est estimé à +2,3 points¹**, toutes choses étant égales par ailleurs;
- **L'augmentation du nombre de mouvements** entre 2017 et 2018 (+1,1%) **qui aurait une influence sur l'indicateur de +0,8 point¹**, toutes choses étant égales par ailleurs.

Ces trois causes (répartition journalière, modernisation des flottes et augmentation du trafic) ne sont ni exhaustives ni totalement indépendantes et **les impacts relatifs indiqués ci-dessus ne sauraient être sommés.**

Les sections 5.3 à 5.8 présentent une analyse détaillée de la répartition de l'énergie sonore totale, de la répartition du trafic par catégorie acoustique d'aéronefs et par période de la journée, puis fournissent des données spécifiques à la période « nuit » et « cœur de nuit ».

5.3. RÉPARTITION DE L'ÉNERGIE SONORE TOTALE

La figure suivante présente pour les années 2008 à 2018 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 2017, recalculées en appliquant la variation d'un paramètre entre 2017 et 2018 (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.

² Estimation basée sur un calcul d'impact « détaillé » de la modernisation de la flotte, prenant en compte la variation par groupe acoustique de la répartition par tranche de niveau sonore

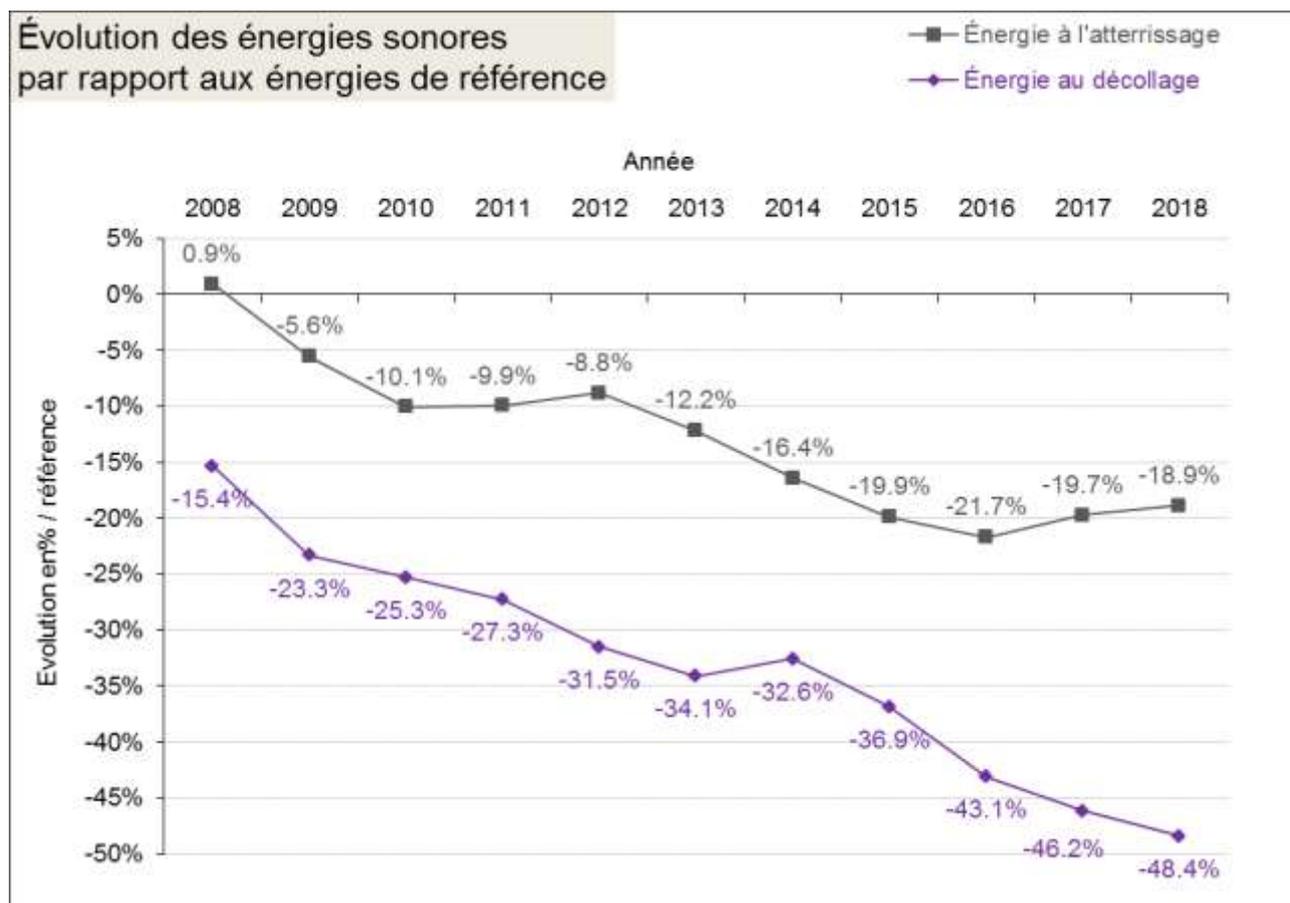


Figure 9 : Evolution des énergies de décollage et d'atterrissage par rapport aux énergies de référence

En 2018, l'énergie au décollage continue de baisser alors que l'énergie à l'atterrissage augmente (cf. Figure 5), ce qui explique l'évolution observée ci-dessus.

5.4. 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 depuis 2007. 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 les années antérieures à 2011, 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).

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
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
2016	65	306	64 216	414 492
2017	29	366	65 617	416 538
2018	26	406	63 187	424 330

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

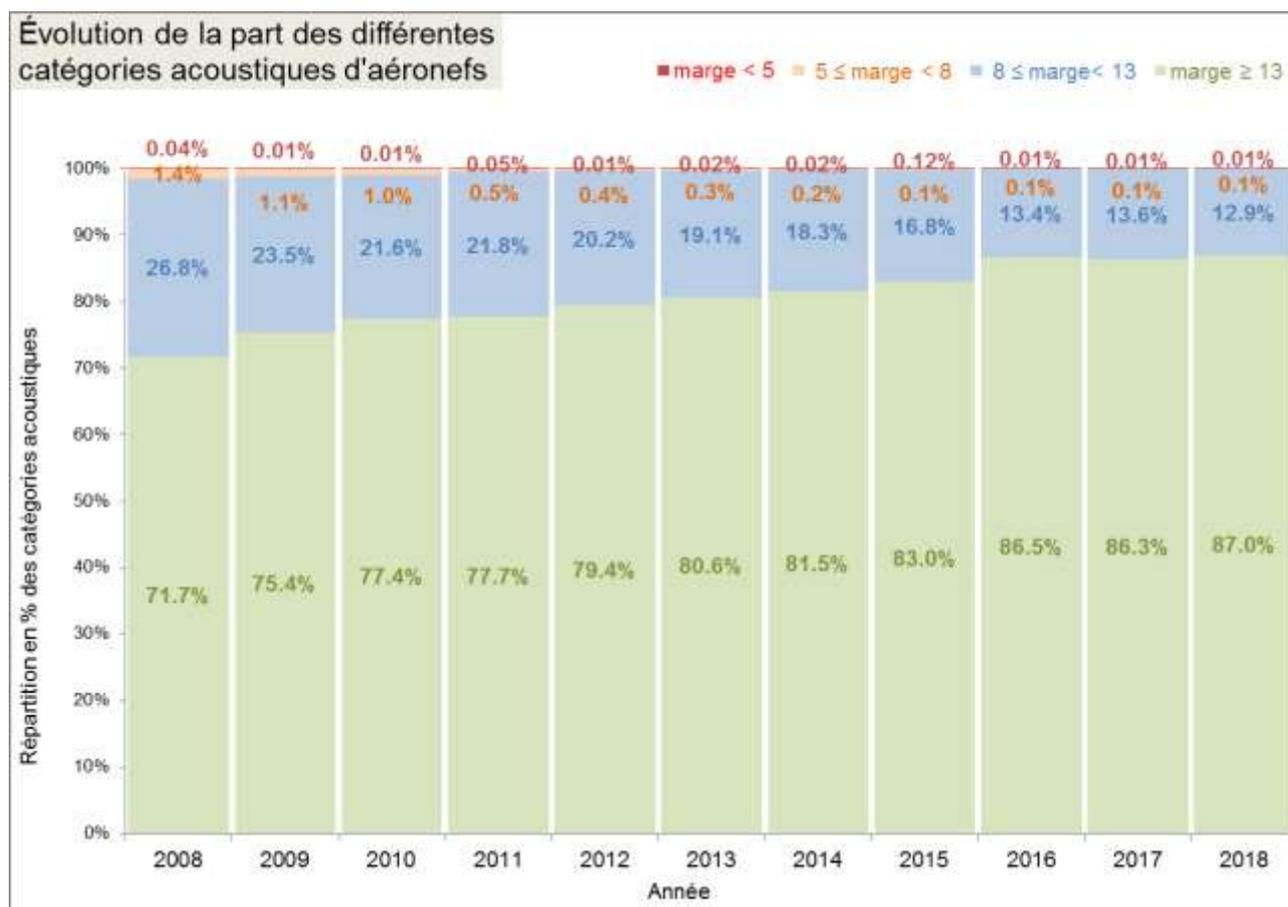
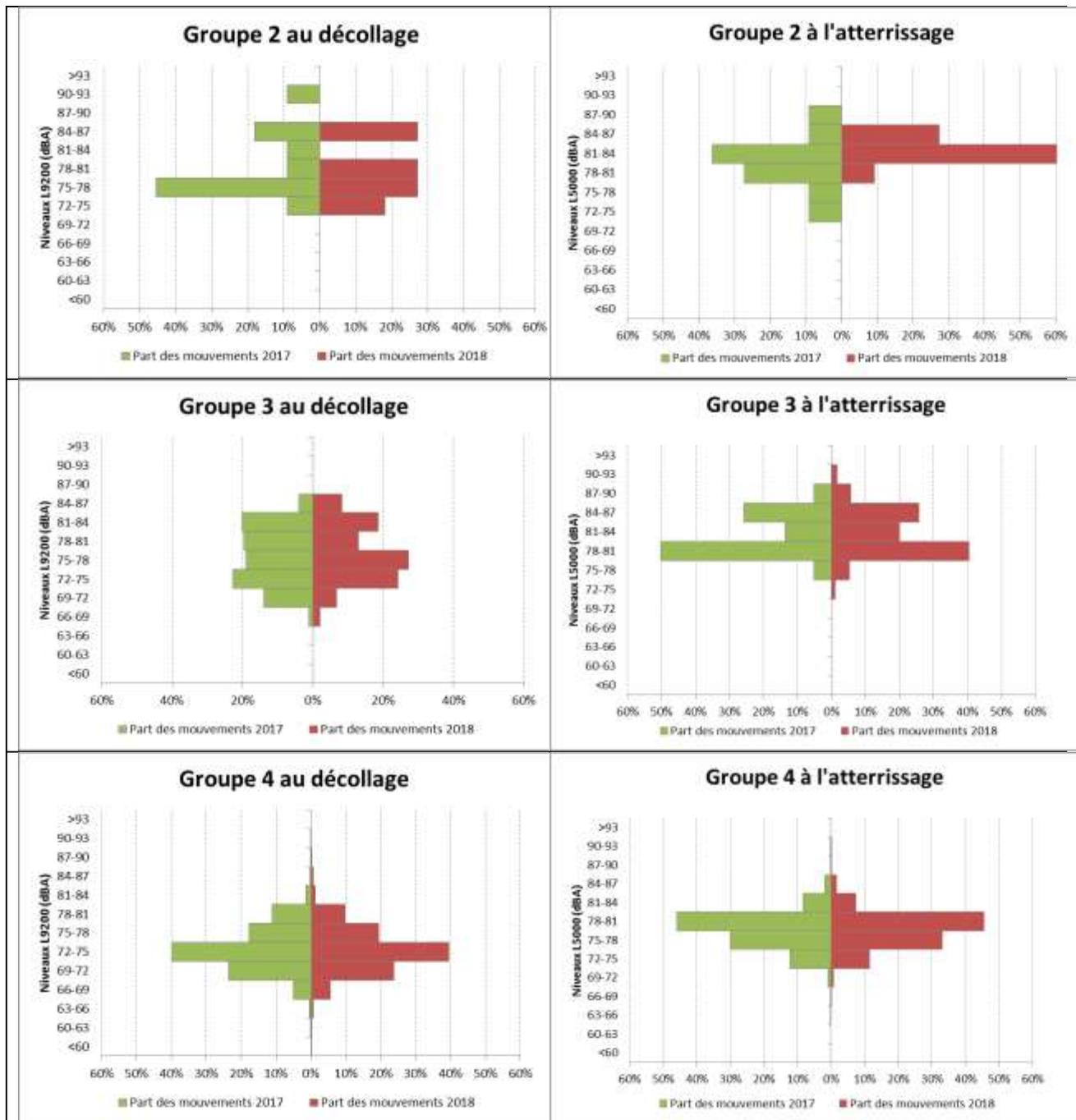


Figure 11 : Part des différentes catégories acoustiques d'aéronefs
(Rappel : à partir de 2011, référence légèrement différente pour les marges acoustiques)

Les graphes ci-dessous (*Figure 12*) permettent d'observer l'évolution des niveaux sonores au sein de chacun des groupes acoustiques. Les groupes acoustiques sont définis par l'arrêté du 12 septembre 2008 présenté en annexe 3 du présent rapport. Le groupe 5 regroupe les avions du groupe 5A et ceux du groupe 5B.



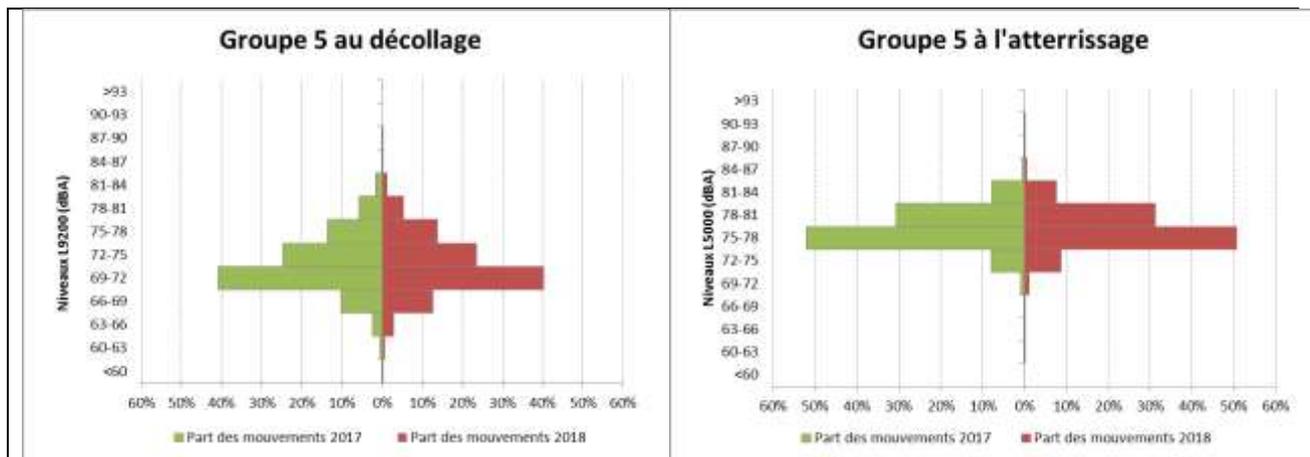


Figure 12 : Part du nombre d'avions par tranche de niveaux sonores au sein de chacun des groupes acoustiques

Globalement, on observe qu'au sein des groupes acoustiques le niveau acoustique moyen est relativement stable entre 2016 et 2017. On note une légère diminution pour les décollages au sein des groupes 3 et 5.

D'autre part la figure 11 montre une augmentation de 0,7 point de la part des avions les moins bruyants (marge \geq 13). Il en résulte un impact de la modernisation des flottes en faveur de la diminution de l'IGMP.

5.5. RÉPARTITION JOUR / SOIRÉE / NUIT

Cette section détaille la répartition par période de la journée :

- des mouvements¹ (Figure 13 et Figure 14)
- de l'énergie sonore globale pondérée (Figure 15 et Figure 16)
- de l'énergie sonore moyenne non pondérée (Figure 17 et Figure 18)

Répartition des mouvements selon la période de la journée :

D'après la Figure 13, l'augmentation globale du nombre de mouvements par rapport à 2017 se répartit sur les périodes soirée (+0,5%) et nuit (+0,9%) alors que le nombre de mouvements de jour diminue (-0,4%). Ces taux de variation sont rapportés au nombre total de mouvements.

¹ Les mouvements de chaque période prennent en compte l'ajustement indiqué en § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

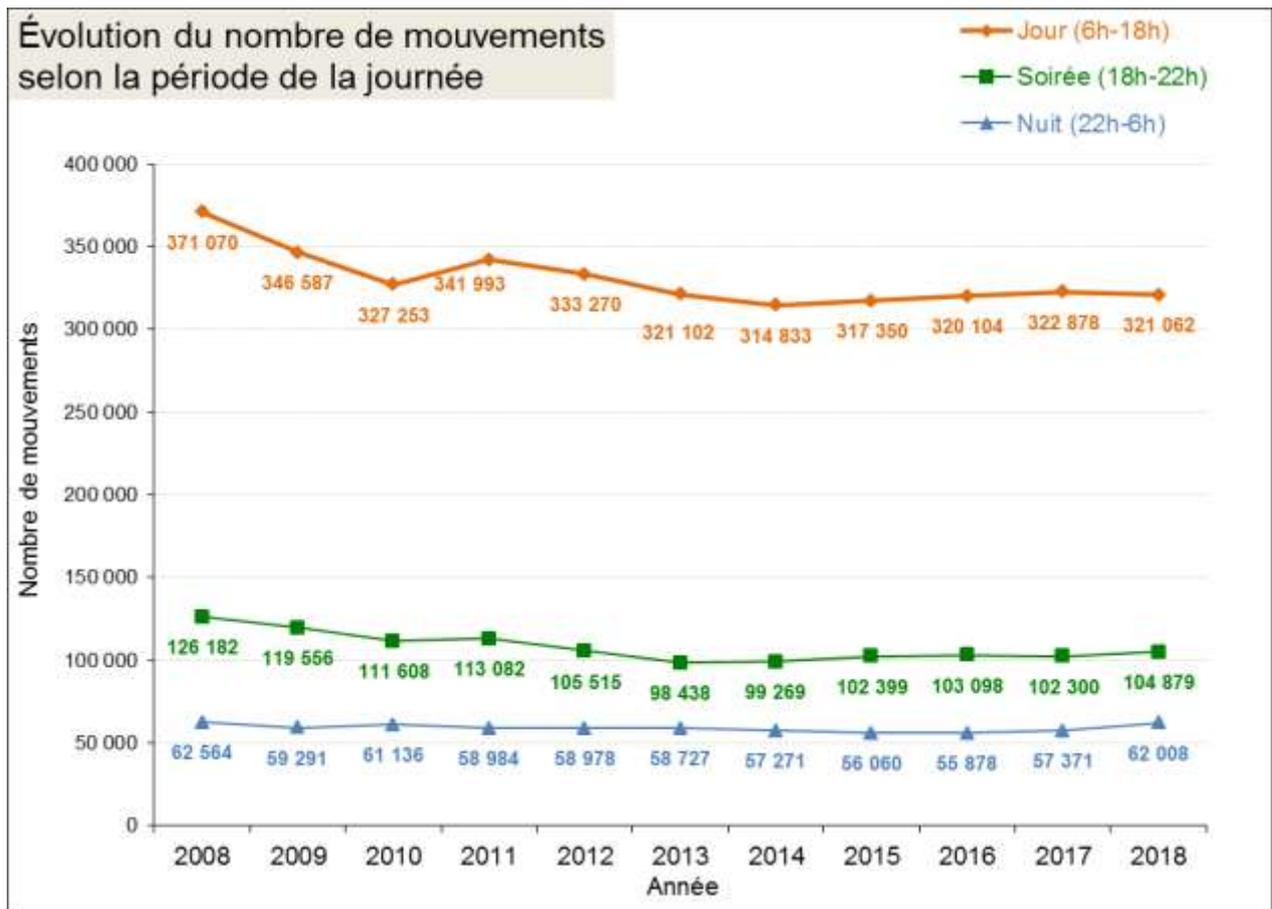


Figure 13 : Évolution du nombre de mouvements selon la période de la journée

D'après la Figure 14, la part des mouvements sur les périodes soirée et nuit est en légère augmentation par rapport à 2017 (+0,3 point pour le jour et +0,8 point pour la nuit). La part des mouvements de jour diminue de 1,1 %.

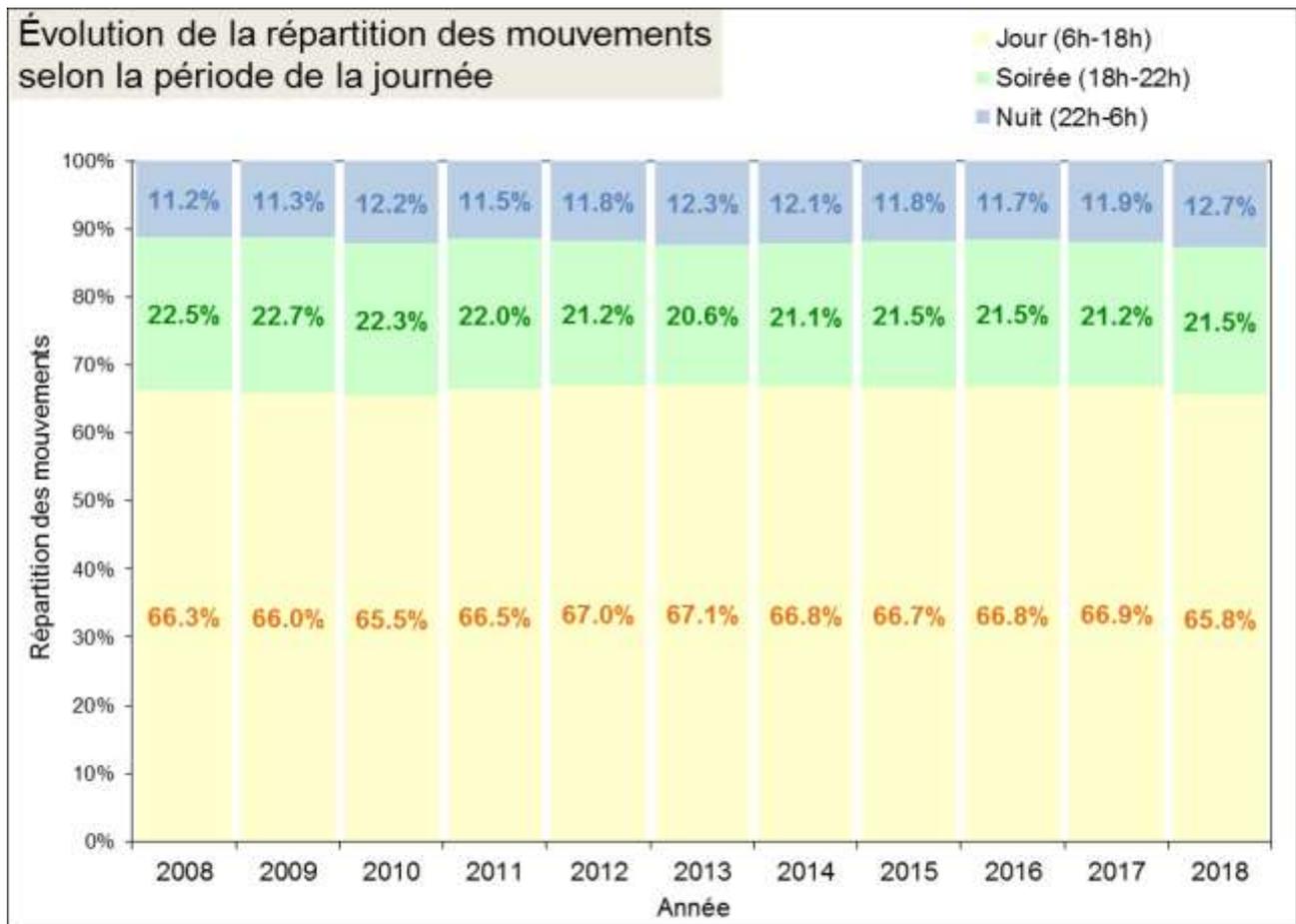


Figure 14 : Évolution de la répartition des mouvements selon la période de la journée

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.

Par rapport à 2017, l'énergie sonore totale pondérée baisse pour la période jour (-1,8%) et augmente légèrement pour la période soirée (+0,7%). L'énergie sonore totale pondérée de nuit reste stable (+0,03%).

La part des énergies sonores totales pondérées des périodes soirée et nuit sont en augmentation par rapport à 2017 (+0,2 point) (cf Figure 16).

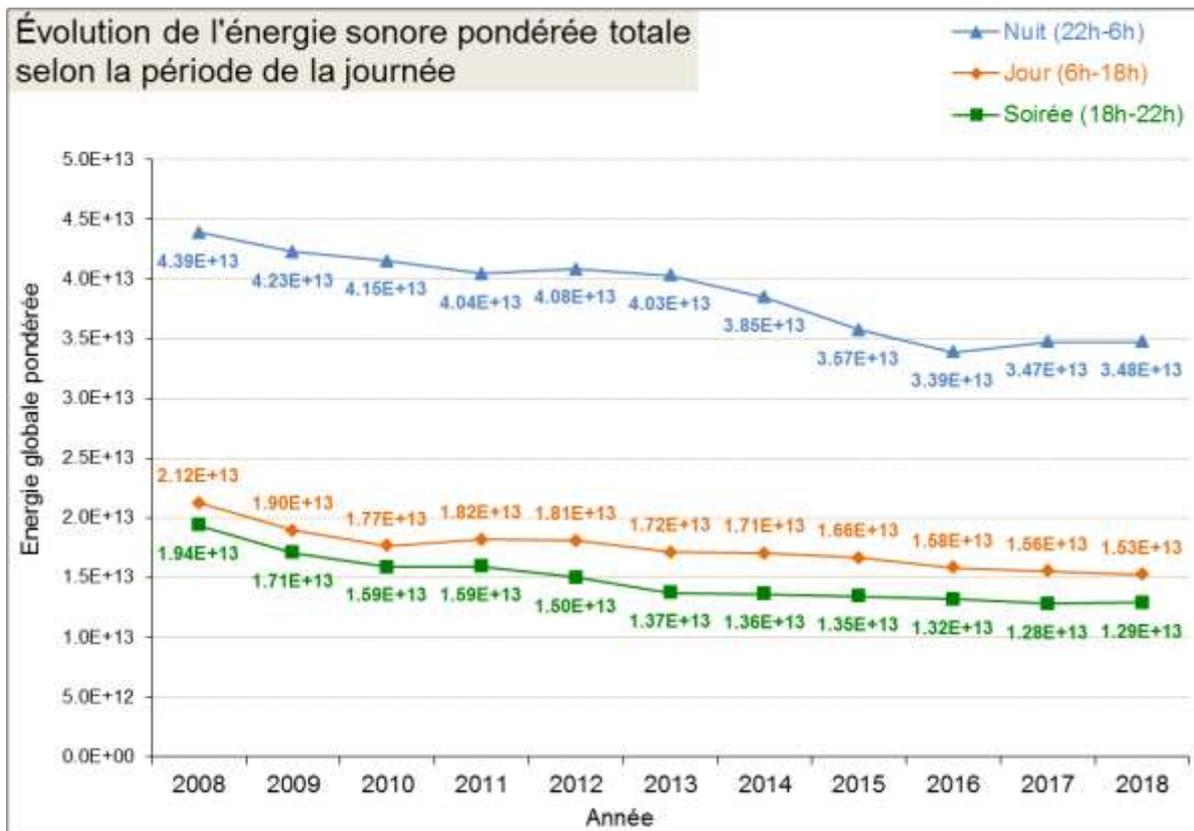


Figure 15 : Évolution de l'énergie sonore pondérée totale selon la période de la journée

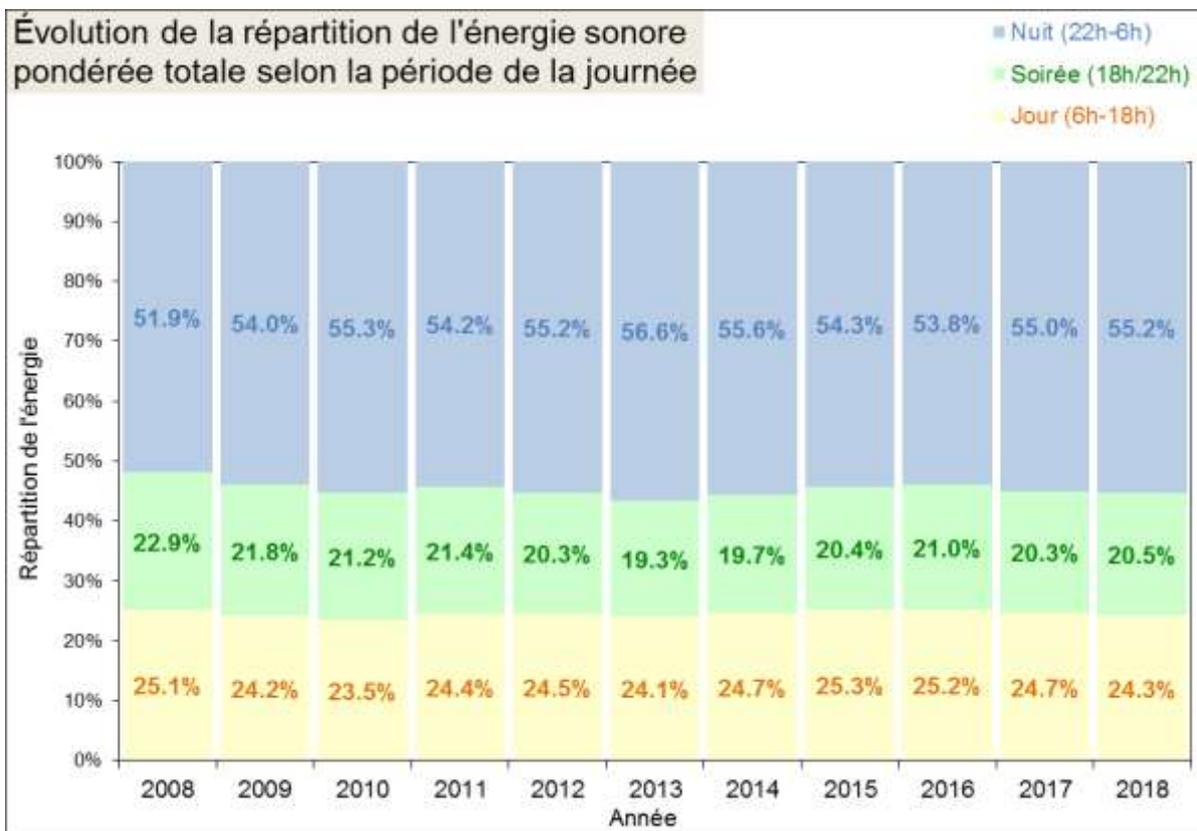


Figure 16 : Évolution de la répartition de l'énergie sonore pondérée totale selon la période de la journée

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

On remarque d'après la Figure 17 et la Figure 18 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.

En 2018, on note par rapport à 2017 que pour les atterrissages l'énergie sonore moyenne non pondérée augmente sur la période jour et baisse sur les périodes soirée et nuit par rapport à 2017.

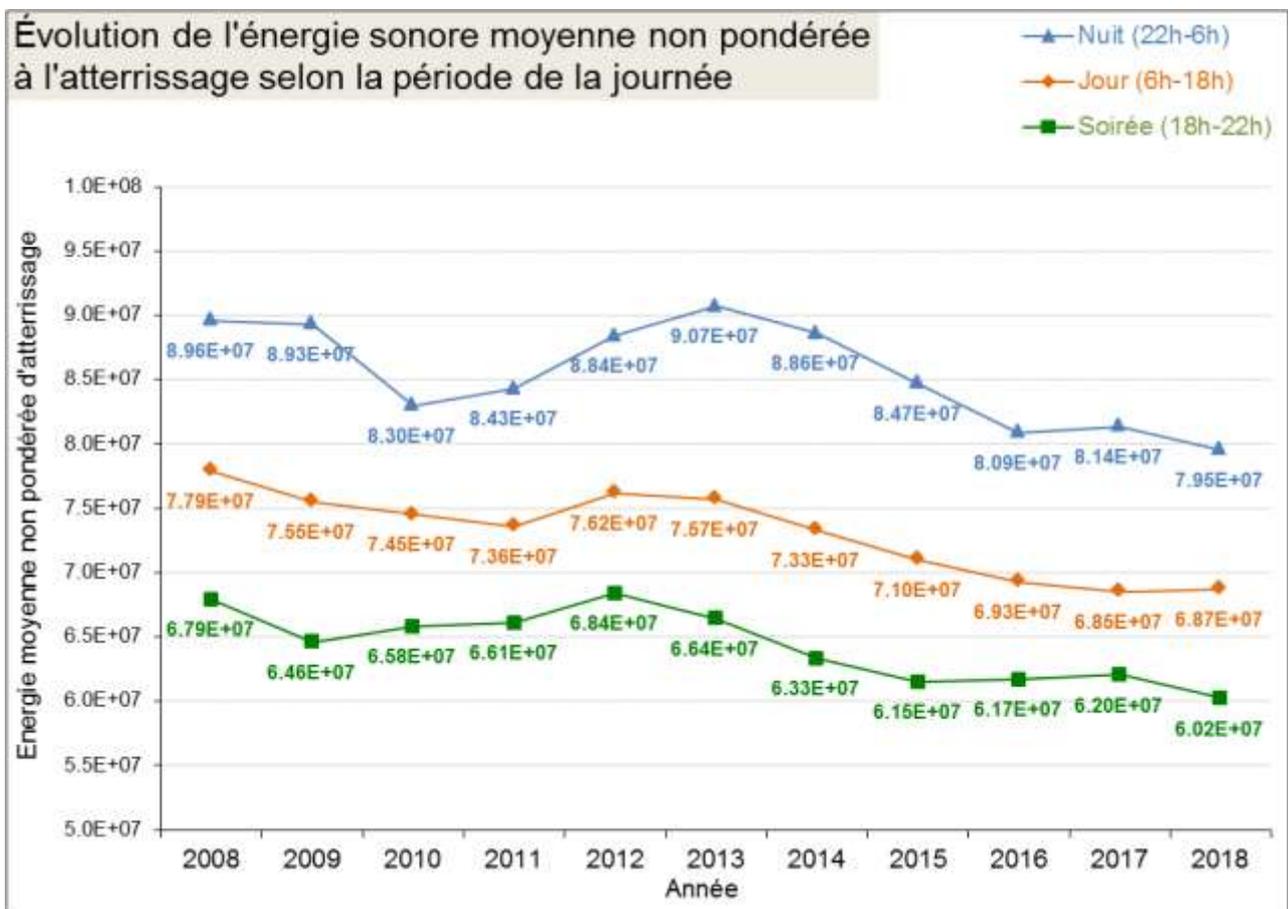


Figure 17 : Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée d'atterrissage par période de la journée

L'énergie sonore moyenne non pondérée baisse au décollage sur les 3 périodes de la journée.

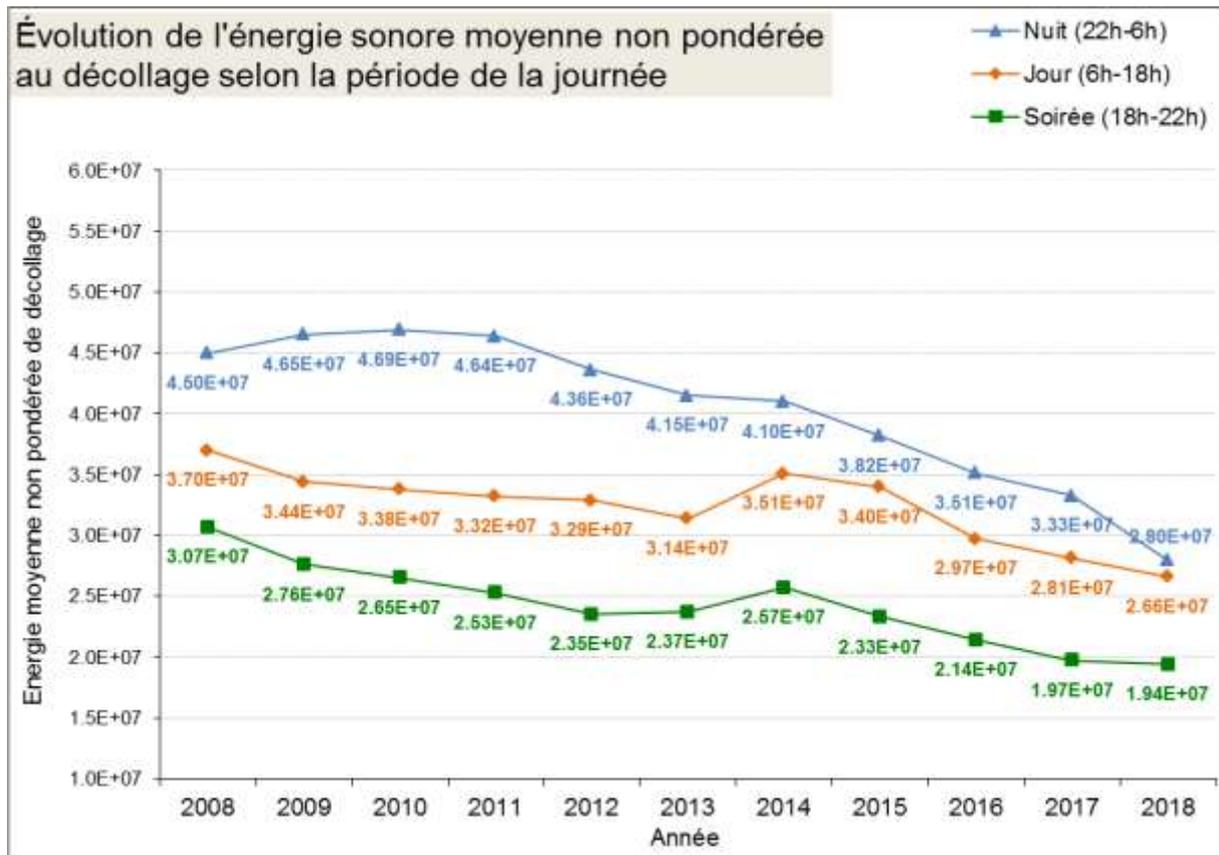


Figure 18 : Répartition de l'énergie sonore moyenne non pondérée de décollage par période de la journée

5.6. 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 » (définies en Figure 6 et Figure 7).

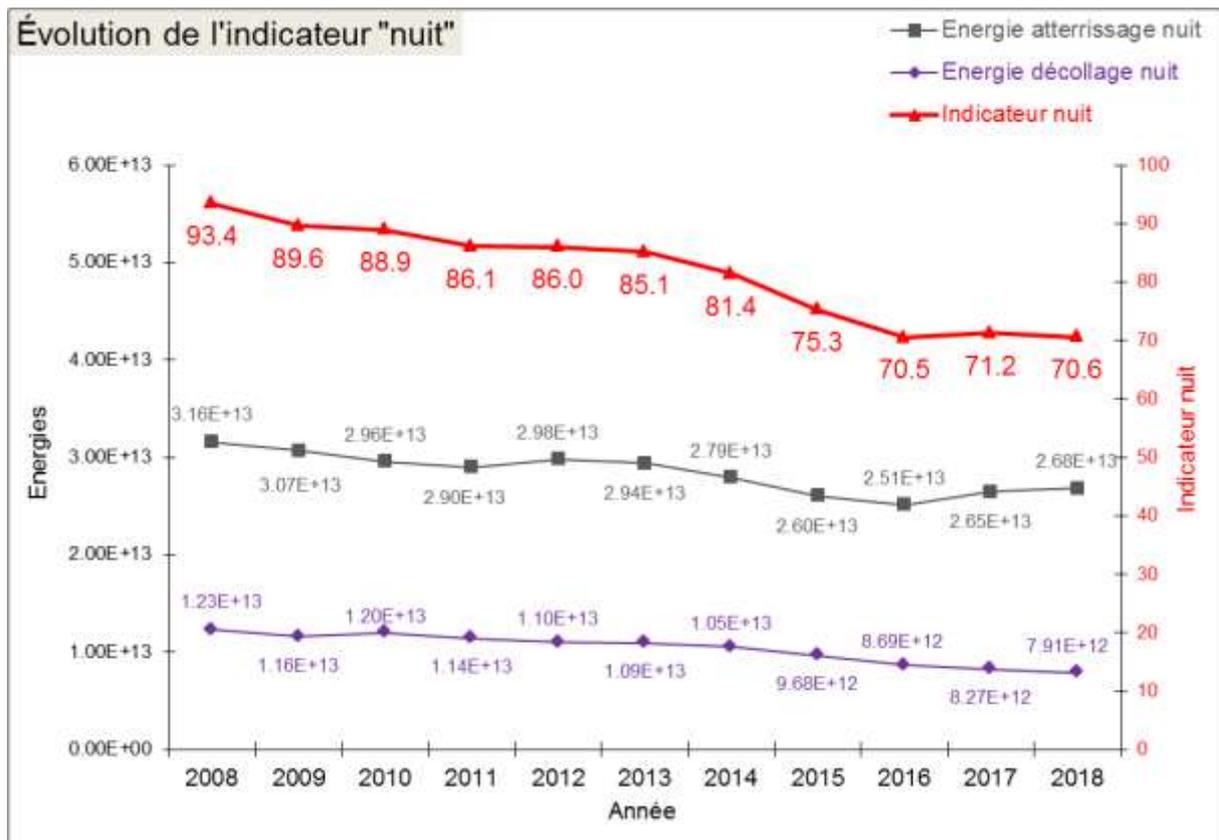


Figure 19 : Évolution de l'indicateur « nuit » et des énergies correspondantes

L'indicateur « nuit » diminue de 0,6 points par rapport à 2017. Cette diminution est limitée par la légère augmentation de l'énergie de nuit à l'atterrissage (+1,4%) alors que celle au décollage diminue (-4,4%).

5.7. 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 19 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).

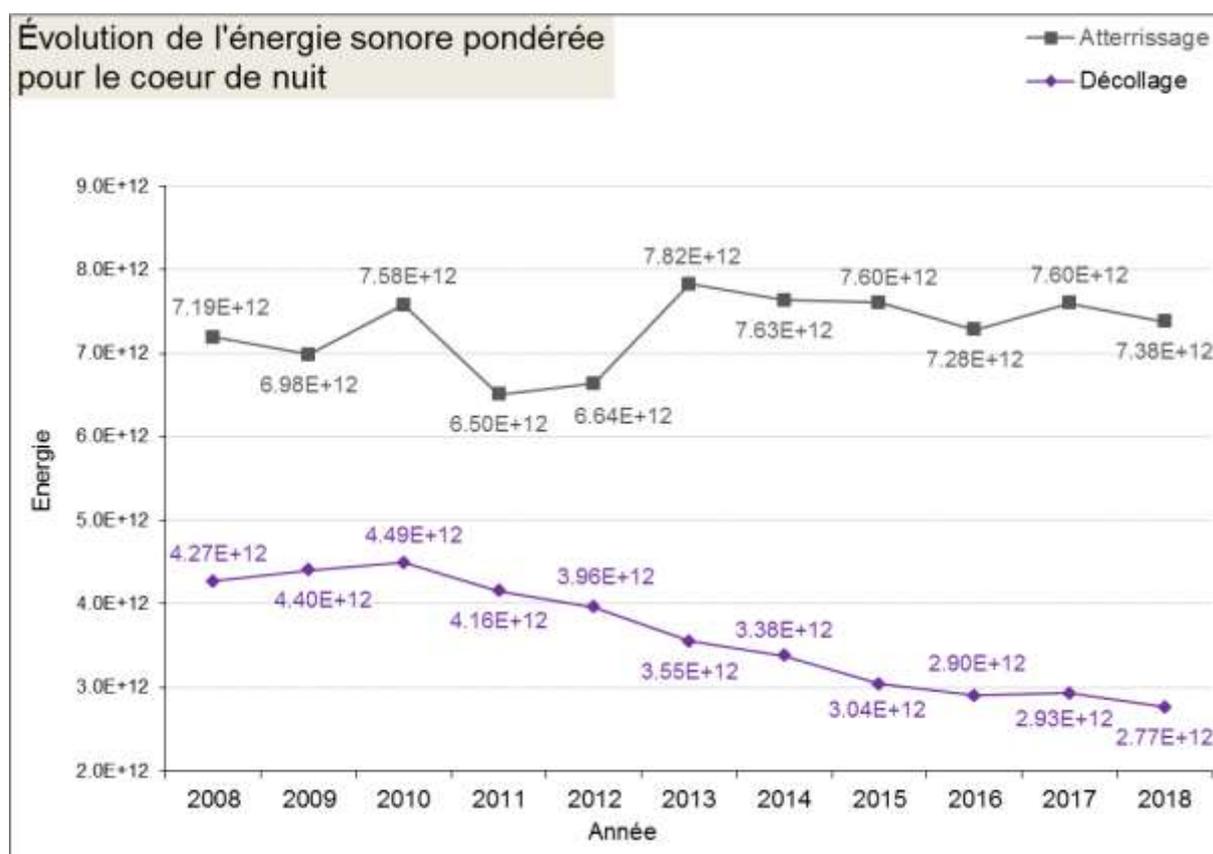


Figure 19 : Evolution de l'énergie sonore globale pondérée pour le cœur de nuit

L'énergie « cœur de nuit » est en baisse par rapport à 2017, de manière plus marquée pour les décollages (-5,54%) que pour les atterrissages (-2,89%).

5.8. COMPARAISON NUIT / CŒUR DE NUIT

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

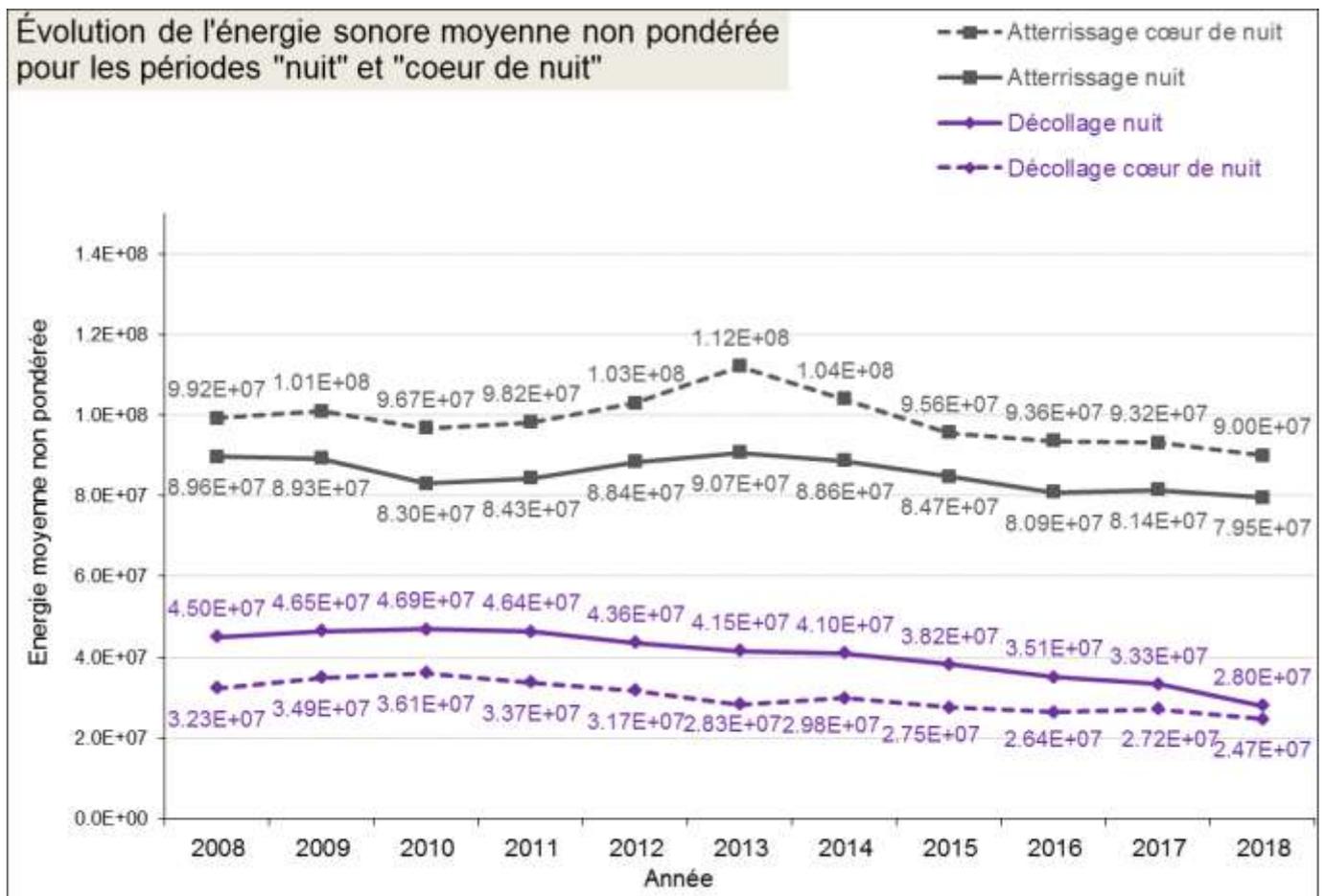


Figure 20 : Evolution de l'énergie sonore moyenne par mouvement non pondérée pour les périodes nuit et cœur de nuit

L'énergie diminue sur les périodes nuit et « cœur de nuit » aussi bien pour les atterrissages que pour les décollages.

6. Sensibilité et incertitude de l'IGMP

L'IGMP est obtenu suivant une méthode de calcul complexe définie 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 générale de la prévention des risques (DGPR) et le Laboratoire d'Aéroports de Paris (ADP).

Cette méthode de calcul est fixée et rigoureusement reproduite à l'identique chaque année, suivant la procédure de calcul de l'IGMP.

Les données d'entrée du calcul de l'IGMP sont les suivantes :

- La liste des mouvements détectés avec les niveaux de bruit mesurés,
- La liste des avions de substitutions,
- La liste des droites de régression,
- Le nombre d'atterrissages et de décollages total au niveau de la plateforme.

Ces données d'entrée peuvent mener à 3 causes de variations de l'indicateur potentielles :

- La variation liée à l'utilisation du modèle de régression linéaire, à travers le recours aux droites de régression,
- La variation liée à l'ajustement en nombre de mouvements,
- La variation liée à la mesure

Alors que l'effet sur l'IGMP de l'utilisation des droites de régression n'est pas significatif, et que celui de l'ajustement en nombre de mouvement est négligeable, on constate que l'indicateur est particulièrement sensible aux niveaux mesurés.

L'évaluation de l'incertitude liée à la mesure sur l'évolution des énergies $W_{A,n}$ et $W_{D,n}$ ainsi que son impact sur l'évolution de l'IGMP conduit à une contribution moyenne d'une année à l'autre de l'ordre de 3 points d'indice

Cette marge d'incertitude peut sembler relativement importante au regard de l'évolution de - 0,7 point de l'IGMP entre 2017 et 2018.

Il faut cependant relativiser ce résultat dans la mesure où :

- L'estimation de la contribution de la dérive de la calibration et des stations de mesure fait l'objet de plusieurs surestimations,
- Cette contribution de la dérive est très faible en comparaison de l'incertitude d'une mesure ponctuelle et isolée pour l'IGMP,
- Depuis sa création, on a constaté une baisse tendancielle de l'IGMP et l'analyse détaillée des résultats a permis d'expliquer ses variations. Malgré la marge d'incertitude qui semble relativement importante en regard de l'évolution constatée de l'IGMP, les résultats donnés par l'indicateur sont cohérents et représentatifs d'une réalité.

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

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 quater vicies 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 quater vicies 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 n^1 , 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 LAmax 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 LAmax « 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 LAmax 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 LAmax « 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 LAmax « 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 2018

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 A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3 PIP	5A	67	76.35	2.14	0.30	0.19	-	0.38	1.46	-	0.57	-0.113
Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A	76	75.33	3.57	0.51	0.32	-	0.64	2.45	-	0.94	-0.189
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	5A	85	78.29	3.67	0.52	0.33	-	0.65	2.51	-	0.97	-0.194
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTTWO	4	89	76.25	4.29	0.61	0.38	-	0.77	2.94	-	1.13	-0.227
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTTWO	5A	89	76.78	5.24	0.74	0.47	-	0.94	3.59	-	1.38	-0.277
Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	4	93	76.51	4.56	0.65	0.41	-	0.81	3.12	-	1.20	-0.241
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4	4	238	78.56	2.71	0.39	0.24	-	0.48	1.86	-	0.72	-0.143
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4	5A	230	79.85	2.01	0.29	0.18	-	0.36	1.37	-	0.53	-0.106
Airbus A330-243E (RR)	TRENT 772B-60	5A	233	79.93	4.45	0.63	0.40	-	0.79	3.05	-	1.18	-0.235
Airbus A330-303E (GE)	CF6-80E1A3	4	233	80.15	4.50	0.64	0.40	-	0.80	3.08	-	1.19	-0.238
Airbus A330-340X (RR)	TRENT 772B-60	5A	231	80.04	4.10	0.58	0.37	-	0.73	2.81	-	1.08	-0.217
Airbus A330-343E (GE)	Trent 772B-60EP	5A	233	80.21	3.45	0.49	0.31	-	0.62	2.36	-	0.91	-0.182
Boeing 737-300QC	CFM56-3B1	4	63	79.87	5.66	0.81	0.51	-	1.01	3.88	-	1.50	-0.299
Boeing 737-300SF (M)	CFM56-3B2	5A	63	79.68	5.73	0.81	0.51	-	1.02	3.92	-	1.51	-0.303

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
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24E	4	79	78.21	5.01	0.71	0.45	-	0.90	3.43	-	1.32	-0.265
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/B1	4	78	78.30	5.36	0.76	0.48	-	0.96	3.67	-	1.42	-0.283
Boeing 747-400ERF (P&W)	PW4062A	4	413	84.10	5.48	0.78	0.49	-	0.98	3.75	-	1.45	-0.289
Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	5A	111	78.76	6.66	0.95	0.59	-	1.19	4.56	-	1.76	-0.352
Boeing 767-200ER BDSF (GE)	CF6-80A2	4	145	80.18	5.78	0.82	0.52	-	1.03	3.96	-	1.53	-0.306
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4062	5A	185	80.27	3.25	0.46	0.29	-	0.58	2.23	-	0.86	-0.172
Boeing 787-8 (LN 1-22) (RR)	TRENT 1000-70/74 C	5A	220	76.97	2.20	0.31	0.20	-	0.39	1.50	-	0.58	-0.116
Boeing 787-9 (GE)	GENX 1B76A PIP II	5A	247	77.94	3.93	0.56	0.35	-	0.70	2.69	-	1.04	-0.208
Fokker 100	TAY MK 650-15	5A	44	74.59	5.55	0.79	0.50	-	0.99	3.80	-	1.47	-0.293

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 A300-600 Freighter (GE)	CF6-80C2A5F	4	165	72.54	0.59	-1.84	-0.85	0.62	-0.151
Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3 PIP	5A	64	70.38	0.14	-0.42	-0.19	0.14	-0.035
Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A	76	67.04	0.47	-1.46	-0.68	0.49	-0.120
Airbus A320-200 neo (PW)	PW1127G-JM	5A	74	70.77	0.34	-1.06	-0.49	0.36	-0.087
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	5A	85	73.55	0.24	-0.75	-0.35	0.25	-0.062
Airbus A330-223E (P&W)	PW4168A-1D	5A	233	76.95	0.16	-0.49	-0.23	0.17	-0.041
Airbus A330-223E (P&W)	PW4170 Advantage 70	5A	235	77.60	0.09	-0.29	-0.14	0.10	-0.024

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 A330-243E (RR)	TRENT 772B-60	5A	233	77.91	0.29	-0.90	-0.42	0.30	-0.074
Airbus A330-303E (GE)	CF6-80E1A3	4	233	78.14	0.33	-1.03	-0.48	0.35	-0.085
Airbus A330-303E (GE)	CF6-80E1A3	5A	235	76.68	0.39	-1.22	-0.57	0.41	-0.101
Airbus A330-340X (RR)	TRENT 772B-60	5A	231	77.37	0.42	-1.30	-0.60	0.44	-0.107
ATR ATR 72-500F Bulk Freighter	PW127M	5A	23	67.37	0.07	-0.22	-0.10	0.08	-0.018
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3C1	5A	63	73.78	0.33	-1.02	-0.47	0.34	-0.084
Boeing 737-500	CFM56-3B1	5A	56	73.09	0.57	-1.76	-0.81	0.59	-0.145
Boeing 737-700	CFM56-7B22	5A	69	72.74	0.39	-1.21	-0.56	0.41	-0.100
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24E	4	79	74.62	0.13	-0.40	-0.18	0.13	-0.032
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26	5A	79	74.27	0.24	-0.74	-0.34	0.25	-0.061
Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	5A	115	72.59	0.41	-1.27	-0.59	0.43	-0.104
Boeing 767-200ER BDSF (GE)	CF6-80A2	4	145	72.11	0.41	-1.27	-0.59	0.43	-0.104
Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B67 PIP I	5A	228	71.91	0.45	-1.38	-0.64	0.47	-0.114
Boeing 787-9 (GE)	GENX 1B76A PIP II	5A	247	74.70	0.25	-0.76	-0.35	0.26	-0.063
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74 C	5A	253	72.52	0.43	-1.33	-0.61	0.45	-0.109

ANNEXE 6 – SUBSTITUTIONS

1. SUBSTITUTIONS TYPE COMPLET 2018

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
A220-100 (CS100)	PW1524G	5A	937	Boeing 737-500	CFM56-3C1	5A
A220-300 (CS300)	PW1521G	1	10	Boeing 737-500	CFM56-3C1	5A
A220-300 (CS300)	PW1521G	5A	1115	Boeing 737-500	CFM56-3C1	5A
A220-300 (CS300)	PW1524G-3	5A	714	Boeing 737-500	CFM56-3C1	5A
Airbus A300-600 Freighter (GE)	CF6-80C2A5F	4	977	Airbus A300-600RF (M) (GE)	CF6-80C2A5	4
Airbus A300-600RC (GE)	CF6-80C2A5	5A	18	Airbus A300-600R (GE)	CF6-80C2A5	4
Airbus A300-620RF General Freighter (P&W)	PW4158	4	32	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
Airbus A310-300 (GE)	CF6-80C2A8	4	26	Airbus A310-300 (GE)	CF6-80C2A8	5A
Airbus A310-300F (GE)	CF6-80C2A8	4	153	Airbus A310-300F (GE)	CF6-80C2A2	4
Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/3	5A	311	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
Airbus A319 ACJ (CFM)	CFM56-5B7/3	5A	10	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B7/P	5A
Airbus A319 ACJ (CFM)	CFM56-5B7/P	5A	12	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B7/P	5A
Airbus A319 ACJ (IAE)	V2527M-A5	5A	2	Airbus A319-130 (IAE)	V2524-A5	5A
Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B6/3 PIP	5A	132	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B6/3	5A
Airbus A319-130 (IAE)	V2524-A5SelectOne	5A	283	Airbus A319-130 (IAE)	V2524-A5	5A
Airbus A320 ACJ (IAE)	V2527-A5SelectOne	5A	4	Airbus A320-230 (IAE)	V2527-A5SelectOne	5A
Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	4	8	Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Airbus A320-200 neo (PW)	PW1124G-JM	5A	66	Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A
Airbus A320-200 neo (PW)	PW1127GA-JM	5A	2	Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A
Airbus A320-200 neo (PW)	PW1127G-JM	5A	608	Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4	4	80	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/2	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4	5A	310	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/2	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	4	178	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/P	5A
Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B6/3 PIP	5A	270	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B6/3	5A
Airbus A320-230 (IAE -A1)	V2500-A1	5A	6	Airbus A320-230 (IAE -A1)	V2500-A1	4
Airbus A320-230 (IAE -A1)	V2500-A1bump	4	8	Airbus A320-230 (IAE -A1)	V2500-A1	4
Airbus A320-230 (IAE)	2527E-A5SELECTTWO	5A	54	Airbus A320-230 (IAE)	2527-A5SELECTTWO	5A
Airbus A320-230 (IAE)	V2527E-A5	5A	636	Airbus A320-230 (IAE)	V2527-A5	5A
Airbus A320-230 (IAE)	V2527E-A5SelectOne	5A	2	Airbus A320-230 (IAE)	V2527-A5SelectOne	5A
Airbus A321-110 (CFM)	CFM56-5B2/P	4	1252	Airbus A321-110 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/3 PIP	4	109	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B2/P	4	6	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B1/P	4
Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B3/P	3	18	Airbus A321-210 (CFM)	CFM56-5B3/P	4
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTTWO	4	302	Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	5A
Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTTWO	5A	1359	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5	4	50	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5	5A
Airbus A321-230 (IAE)	V2533-A5SelectOne	4	299	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-250 neo (CFM)(neo)	LEAP 1A32	5A	7	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Airbus A321-251N (CFM)(neo)	LEAP 1A32	5A	282	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-251N ACF (CFM)(neo)	LEAP 1A32	1	6	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-253N (CFM)(neo)	LEAP 1A33	4	124	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A321-271N ACF (P&W)(neo)	PW1133G-JM	5A	2	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
Airbus A330-200 ACJ (GE)	CF6-80E1A4	5A	24	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-200 MRTT (GE)	INDETERMINEE	5A	7	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4	4	420	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4	5A	483	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4B	4	3	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-202E (GE)	CF6-80E1A4B	5A	4	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A4	5A
Airbus A330-203E (GE)	CF6-80E1A3	5A	50	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	5A
Airbus A330-223E (P&W)	PW4168A	5A	20	Airbus A330-220 (P&W)	PW4168A	5A
Airbus A330-240 ACJ (RR)	Trent 772B-60EP	5A	2	Airbus A330-240 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
Airbus A330-243E (RR)	Trent 772C-60	5A	209	Airbus A330-243E (RR)	Trent 772C-60EP	5A
Airbus A330-302E (GE)	CF6-80E1A4B	5A	40	Airbus A330-302E (GE)	CF6-80E1A4B	4
Airbus A330-303E (GE)	CF6-80E1A3	5A	613	Airbus A330-303E (GE)	CF6-80E1A3	4
Airbus A330-320X (P&W)	PW4168A	5A	8	Airbus A330-320 (P&W)	PW4168A	5A
Airbus A330-323E (GE)	PW4168A	5A	1	Airbus A330-323E (GE)	PW4168A-1D	5A
Airbus A330-323E (GE)	PW4170 Advantage 70	5A	8	Airbus A330-323E (GE)	PW4168A-1D	5A
Airbus A330-340 (RR)	Trent 772-60	5A	724	Airbus A330-340 (RR)	TRENT 772B-60	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Airbus A330-343E (GE)	TRENT 772B-60	5A	736	Airbus A330-340 (RR)	TRENT 772B-60	5A
Airbus A330-343E (GE)	Trent 772C-60EP	5A	879	Airbus A330-340 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
Airbus A340-210 ACJ (CFM)	CFM56-5C2	5A	8	Airbus A340-210 (CFM)	CFM56-5C2G	5A
Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2	5A	12	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2F	5A
Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C3G	5A	26	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C3/F	5A
Airbus A340-310 ACJ (CFM)	CFM56-5C4	5A	17	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C4	5A
Airbus A340-310 ACJ (CFM)	CFM56-5C4/P	5A	2	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C4/P	5A
Airbus A340-540 (RR)	Trent 556A2-61	5A	69	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A340-540 ACJ (RR)	TRENT 553-61	5A	3	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A340-640 (RR)	Trent 556-61	5A	290	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
Airbus A350-900 Non-XWB (Engines Unannounced)	INDETERMINEE	5A	2	Airbus A350-900 (RR)	TRENT XWB-84	5A
Airbus A380-840 (RR)	TRENT 972-84EP3	5A	180	Airbus A380-840 (RR)	TRENT 970-84EP	5A
Airbus A400M	APA TP400-D6	2	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
ATR ATR 42-300	PW121	5A	3	ATR ATR 42-300	PW120	5A
ATR ATR 42-300F Bulk Freighter	PW121	5A	20	ATR ATR 42-300F Bulk Freighter	PW120	5A
ATR ATR 72-200F Freighter (LCD)	PW124B	5A	1	ATR ATR 72-200F Bulk Freighter	PW124B	5A
ATR ATR 72-210	PW127	5A	2	ATR ATR 72-210F Bulk Freighter	PW127	5A
ATR ATR 72-500	PW127M	5A	6	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
ATR ATR 72-500F Bulk Freighter	PW127F	5A	59	ATR ATR 72-500	PW127F	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
ATR ATR 72-500F Bulk Freighter	PW127M	5A	213	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
ATR ATR 72-600	PW127M	5A	1	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
Avro RJ100	LF507 1F	4	8	Avro RJ100	LF507-1F	4
Beechcraft Premier 1A	FJ-44-2A	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4462	4	301	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4460	4
Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217A	4	4	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217	4
Boeing (MDC) MD-83	JT8D-219	4	4	Boeing (MDC) MD-83	JT8D-219	3
Boeing (MDC) MD-87	JT8D-217C	4	9	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217C	4
Boeing 717-200	BR715A	5A	16	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	4	4	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737 BBJ2	CFM56-7B27/3	4	4	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737 Max 8	LEAP 1B25	5A	170	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A
Boeing 737 Max 8	LEAP 1B27	5A	526	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A
Boeing 737 Max 8	LEAP 1B28	5A	28	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A
Boeing 737-300	CFM56-3B1	5A	136	Boeing 737-300	CFM56-3B1	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3B1	5A	2	Boeing 737-300	CFM56-3B1	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3B2	4	30	Boeing 737-300	CFM56-3B2	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3B2	5A	90	Boeing 737-300	CFM56-3B2	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3C1	3	6	Boeing 737-300	CFM56-3C1	4
Boeing 737-300 Winglets	CFM56-3C1	4	88	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 737-300SF (M)	CFM56-3B1	5A	276	Boeing 737-300SF (M)	CFM56-3C1	5A
Boeing 737-500 Winglets	CFM56-3B1	4	8	Boeing 737-500	CFM56-3B1	4
Boeing 737-600	CFM56-7B20/2	5A	42	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-600	CFM56-7B20/3	5A	114	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-600	CFM56-7B20E	5A	48	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B20/3	5A	32	Boeing 737-700	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B22	5A	286	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B22/3	5A	44	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B24/3	5A	112	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700	CFM56-7B24E	5A	54	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B20/3	5A	235	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B20	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22E	5A	187	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B22	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24/3	5A	220	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24E	5A	28	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700C Winglets	CFM56-7B26E	4	82	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-700C Winglets	CFM56-7B26E	5A	28	Boeing 737-700 Winglets	CFM56-7B24	5A
Boeing 737-800	CFM56-7B26/2	4	30	Boeing 737-800	CFM56-7B26	4
Boeing 737-800	CFM56-7B26/2	5A	54	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-800	CFM56-7B26/3	4	150	Boeing 737-800	CFM56-7B26	4
Boeing 737-800	CFM56-7B26/3	5A	68	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-800	CFM56-7B26E	4	44	Boeing 737-800	CFM56-7B26	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 737-800	CFM56-7B26E	5A	38	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24/3	4	24	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B24/3	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/3	5A	126	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/3B1F	4	9	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27/B1	4	239	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27E	4	328	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27E	5A	174	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A
Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27E/B1	4	4	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26	5A	274	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26/3	4	4	Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26/3	5A
Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26E	4	2	Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26E	5A
Boeing 737-800BCF (SCD) Winglets	CFM56-7B26E	4	56	Boeing 737-800 Winglets Scimitar	CFM56-7B26E	5A
Boeing 737-900 Winglets	CFM56-7B26	4	214	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B26	5A
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26/3	5A	48	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	5A	48	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B27	4	181	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B27E	4	16	Boeing 737-900ER Winglets	CFM56-7B26E	4
Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	3	70	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	2	6	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400BCF (P&W)	PW4056	4	2	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 747-400ERF (P&W)	PW4062A	4	123	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-400F (GE)	CF6-80C2B1F	3	31	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
Boeing 747-400F (P&W)	PW4056	4	4	Boeing 747-400 (P&W)	PW4056	4
Boeing 747-8BBJ (GE)	GENx-2B67	5A	77	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
Boeing 747-8F (GE)	GENX-2B67/P	5A	152	Boeing 747-8F (GE)	GENx-2B67	5A
Boeing 747-8F (GE)	GENX-2B67B	5A	104	Boeing 747-8F (GE)	GENx-2B67	5A
Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	5A	70	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	4
Boeing 757-200 (RR)	RB211 535E4	5A	91	Boeing 757-200 (RR)	RB211-535E4	5A
Boeing 757-200 Winglets Scimitar (RR)	RB211 535E4	5A	330	Boeing 757-200 Winglets (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-200 Winglets Scimitar (RR)	RB211 535E4B	5A	26	Boeing 757-200 Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A
Boeing 757-200PF (RR)	RB211 535E4	5A	472	Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-200SF (P&W)	PW2037	5A	4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-200SF Winglets (P&W)	PW2037	5A	4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-200SF Winglets (RR)	RB211 535E4	5A	331	Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-200SF Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A	120	Boeing 757-200SF (RR)	RB211 535E4	5A
Boeing 757-300 Winglets (RR)	RB211 535E4B	5A	35	Boeing 757-300 Winglets (RR)	RB211-535E4B	5A
Boeing 767-200SF (GE)	CF6-80A2	4	19	Boeing 767-200EM (GE)	CF6-80A2	4
Boeing 767-300ER (RR)	RB211-524H	5A	4	Boeing 767-300ER (P&W)	PW4062	5A
Boeing 767-300ER BCF (GE)	CF6-80C2B6F	5A	3	Boeing 767-300ER (GE)	CF6-80C2B6F	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Boeing 767-300ER Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	30	Boeing 767-300ER Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4052	5A	155	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	5A	42	Boeing 767-300ER Winglets (P&W)	PW4060	4
Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B7F	5A	72	Boeing 767-300ERF Winglets (GE)	CF6-80C2B6F	5A
Boeing 767-400ER (GE)	CF6-80C2B7F	5A	2	Boeing 767-400ER (GE)	CF6-80C2B8F	5A
Boeing 777-200ER (RR)	Trent 884	5A	4	Boeing 777-200ER (RR)	Trent 892	5A
Boeing 777-200ER (RR)	TRENT 892B	5A	9	Boeing 777-200ER (RR)	Trent 892	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1L	5A	40	Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1L2	5A	112	Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1	5A
Boeing 777-200LR (GE)	GE90-115BL	5A	198	Boeing 777-200LR (GE)	GE90-110B1	5A
Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-115BL	5A	83	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A
Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-115BL2	5A	29	Boeing 777-200LRF (GE)	GE90-110B1L	5A
Boeing 787-8 (GE)	GENX 1B70/75 PIP I	5A	50	Boeing 787-8 (GE)	GENX 1B70/75 PIP II	5A
Boeing 787-8 (LN 1-22) (RR)	TRENT 1000-70/74 C	5A	396	Boeing 787-8 (GE)	GENX 1B70/75 PIP II	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-67 B	5A	258	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-67 C	5A	142	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-8 (RR)	TRENT 1000-G	5A	2	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
Boeing 787-9 (GE)	GENX 1B70/75 PIP II	5A	114	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A	78	Boeing 787-9 (GE)	GENX 1B76A PIP II	5A
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-70/74 C	5A	4	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 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	2584	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74 TEN	5A	249	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74/76 C	5A	162	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
Boeing 787-9 (RR)	TRENT 1000-74/76 TEN	5A	40	Boeing 787-9 (GE)	GENX-1B74/75 PIP II	5A
Boeing 787-9 BBJ (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A	4	Boeing 787-9 (GE)	GENX 1B76A PIP II	5A
Bombardier (Canadair) Challenger 850	CF34-3B1	5A	13	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ 200ER	CF34-3B1	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ1000ER NextGen	CF34-8C5A1	5A	136	Bombardier (Canadair) CRJ1000EL NextGen	CF34-8C5A1	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900LR	CF34-8C5	5A	292	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900LR	CF34-8C5A1	5A	10	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5A1	5A	20	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen Enhanced	CF34-8C5	5A	141	Bombardier (Canadair) CRJ900LR NextGen	CF34-8C5	5A
Bombardier Global Express 6000	BR710A2-20	5A	13	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Bombardier Global Express XRS	BR710A2-20	5A	7	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Canadair Challenger 604	CF34-3B	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Canadair Challenger 605	CF34-3B	5A	12	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
Canadair Continental	HTF7000	5A	6	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
Cessna 501 Citation I/SP Eagle II	FJ-44-2A	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525 CitationJet	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	14	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525B Citationjet 3	FJ-44-3A	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 525C Citationjet 4	FJ-44-4A	5A	5	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 550 Citation Bravo	PW530A	5A	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 550 Citation II	JT15D-4	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 560 Citation Excel	PW545A	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 650 Citation III	TFE731-3B-100S	4	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 650 Citation VII	TFE731-4R-2S	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 680 Citation Sovereign	PW306C	5A	18	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 680 Citation Sovereign +	PW306D	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna 750 Citation X	AE 3007 C1	5A	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation Mustang	PW615F	5A	25	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation XLS	PW545B	5A	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
Cessna Citation XLS+	PW545B	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Cessna Citation XLS+	PW545C	5A	40	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Challenger 350	HTF7350	1	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Challenger 350	HTF7350	5A	32	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Challenger 650	CF34-3BMTO	5A	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000	CFE 738-1-1B	5A	2	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	8	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 EX EASy (Winglets)	PW308C	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 LX	PW308C	5A	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 LXS	PW308C	5A	14	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 2000 S	PW308C	5A	5	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 50EX	TFE731-40	4	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 7X	PW307A	4	11	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 7X	PW307A	5A	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 8X	PW307D	5A	1	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 900DX	TFE731-60	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 900EX EASy	TFE731-60	5A	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 900EX EASy (Winglets)	TFE731-60	5A	2	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Dassault Falcon 900LX	TFE731-60	5A	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Embraer 170LR	CF34-8E5A1	4	2	Embraer 170LR	CF34-8E5	4
Embraer 170ST	CF34-8E5A1	4	1	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
Embraer 175LR	CF34-8E5	4	515	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
Embraer 175LR Enhanced	CF34-8E5	4	66	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
Embraer 175ST	CF34-8E5	5A	22	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
Embraer 190AR	CF34-10E5	4	98	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190AR	CF34-10E5A1	4	54	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190AR	CF34-10E6	5A	6	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190LR	CF34-10E5A1	5A	80	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190LR	CF34-10E6	5A	8	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190LR	CF34-10E7	5A	1	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
Embraer 190ST	CF34-10E5	4	60	Embraer 190ST	CF34-10E5	5A
Embraer 195AR	CF34-10E5	5A	4	Embraer 195LR	CF34-10E5	5A
Embraer 195LR	CF34-10E6A1	5A	92	Embraer 195LR	CF34-10E5A1	5A
Embraer ERJ-135 Legacy 600	AE 3007 A1E	5A	12	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135 Legacy 650	AE 3007 A2	5A	5	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Embraer ERJ-135 Legacy 650E	AE 3007 A2	5A	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135ER	AE 3007 A1/3	5A	42	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135ER	AE 3007 A3	5A	228	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-135LR	AE 3007 A1/3	5A	35	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer ERJ-145EP	AE 3007 A1	5A	195	Embraer ERJ-145EP	AE3007-A1	5A
Embraer ERJ-145EP	AE 3007 A1/1	5A	724	Embraer ERJ-145EP	AE3007-A1	5A
Embraer ERJ-145EU	AE 3007 A1/1	5A	13	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
Embraer ERJ-145LR	AE 3007 A1	5A	8	Embraer ERJ-145LU	AE 3007 A1	5A
Embraer ERJ-145LR	AE 3007 A1/1	5A	2	Embraer ERJ-145LU	AE 3007 A1	5A
Embraer ERJ-145MP	AE 3007 A1	5A	16	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Embraer ERJ-145MP	AE 3007 A1/1	5A	62	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
Embraer Legacy 450	HTF7500E	5A	1	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer Legacy 500	HTF7500E	5A	6	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer Phenom 100	PW617F-E	5A	7	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Embraer Phenom 300	PW535E	5A	19	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Fairchild/Dornier 328	PW119B	5A	3	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
Fairchild/Dornier 328	PW119C	5A	5	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
Fairchild/Dornier 328Jet	PW306B	5A	2	FOKKER70	TAY MK620-15	5
Fokker 100	TAY MK 650-15	5A	390	Fokker 100	RB183 TAY MK 650-15	5A
Global 5000	BR710A2-20	5A	5	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Global 5000 (Classic)	BR710A2-20	5A	3	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Gulfstream 280	HTF7250G	5A	8	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G300	TAY MK 611-8	5A	2	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G450	TAY MK 611-8C	5A	1	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G550	BR710C4-11	5A	38	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G650	BR725	5A	10	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream G650ER	BR725	5A	7	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Gulfstream V	BR710A1-10	5A	2	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Hawker 125 Srs.800XP	TFE731-5BR	5A	3	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Hawker 125 Srs.800XPi	TFE731-5BR	5A	4	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Hawker 125 Srs.850XP	TFE731-5BR	5A	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Hawker 400XP	JT15D-5D	3	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
Il	PT6A-66B	5B	5	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
Ilyushin Il-76MD	D-30KP-2	1	6	B747-200	CF6-50E2	2
Ilyushin Il-96-300	PS-90 A	2	12	B747-200	CF6-50E2	2
King Air 350	PT6A-60A	5B	4	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
King Air B200GT	PT6A-52	5B	16	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
Learjet 35A	TFE731-2-2B	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 45	TFE731-20R-1B	5A	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 45XR	TFE731-20AR-1B	5A	2	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Learjet 60XR	PW305A	5A	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
Lockheed C-130H Hercules	T56A-15	2	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4

Type avion	Type moteur	Groupe acoustique	Nombre	Type avion de substitution	Type moteur de substitution	Groupe acoustique de substitution
Nextant 400NXT	FJ-44-3AP	5A	2	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
Saab 340A	CT7-5A2	5A	1	Saab 2000	AE2100-A	5A
Saab 340A Cargo	CT7-5A2	5A	2	Saab 2000	AE2100-A	5A
Sukhoi Superjet 100-95B	SAM-146 1S17	5A	1	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
Tupolev Tu-204-200	PS-90 A	3	2	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4
Tupolev Tu-204-300 (Tu-234)	PS-90 A	4	4	Boeing 757-200SF (RR)	RB211-535C	4

2. SUBSTITUTIONS TYPE COURT 2018

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
A20N	7	Airbus A320-200 neo (CFM)	CFM LEAP-1A26	5A
A21N	6	Airbus A321-230 (IAE)	2533-A5SELECTONE	5A
A306	55	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
A30B	1	Airbus A300-620RF (M) (P&W)	PW4158	4
A310	29	Airbus A310-320F (P&W)	PW4152	4
A318	29	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
A319	98	Airbus A319-110 (CFM)	CFM56-5B5/3	5A
A320	477	Airbus A320-210 (CFM)	CFM56-5B4/3	5A
A321	112	Airbus A321-230 (IAE)	V2530-A5	5A
A332	110	Airbus A330-200 (GE)	CF6-80E1A3	4
A333	35	Airbus A330-320 (P&W)	PW4168A	5A
A342	11	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2F	5A
A343	46	Airbus A340-310 (CFM)	CFM56-5C2F	5A
A345	10	Airbus A340-640 (RR)	Trent 556A2-61	5A
A359	8	Airbus A330-340 (RR)	Trent 772B-60EP	5A
A388	97	Airbus A380-860 (EA)	GP7270	5A
A400	2	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
AC90	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
AT43	30	ATR ATR 42-300	PW120	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
AT72	45	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
AT75	4	ATR ATR 72-500	PW127F	5A
ATLA	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
B190	3	Embraer EMB-120ER Brasilia	PW118	5A
B38M	5	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	5A
B733	64	Boeing 737-300	CFM56-3C1	5A
B734	38	Boeing 737-400	CFM56-3C1	5A
B735	6	Boeing 737-500	CFM56-3C1	4
B736	12	Boeing 737-600	CFM56-7B20	5A
B737	64	Boeing 737-700	CFM56-7B24	5A
B738	239	Boeing 737-800	CFM56-7B26	5A
B739	5	Boeing 737-800 Winglets	CFM56-7B27	4
B743	2	B747-200	CF6-50E2	2
B744	58	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	5A
B748	19	Boeing 747-400 Combi (GE)	CF6-80C2B1F	4
B752	80	Boeing 757-200 (P&W)	PW2037	4
B762	9	Boeing 767-200ER (GE)	CF6-80C2B2	5A
B763	29	Boeing 767-300ER (P&W)	PW4062	4
B764	18	Boeing 767-400ER (GE)	CF6-80C2B8F	5A
B772	93	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A
B77L	64	Boeing 777-200ER (GE)	GE90-94B	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
B77W	214	Boeing 777-300ER (GE)	GE90-115B	5A
B788	16	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP II	5A
B789	101	Boeing 787-8 (GE)	GENX-1B70 PIP I	5A
BCS1	11	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
BCS3	15	Airbus A318-110 (CFM)	CFM56-5B8/P	5A
BE20	8	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
BE58	2	Embraer EMB-120FC Brasilia	PW118	5A
C17	1	B747-200	CF6-50E2	2
C172	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C182	7	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C206	3	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
C25B	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C25C	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C510	8	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C550	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C56X	25	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C680	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C68A	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
C750	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CL35	4	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
CL60	6	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
CRJ2	3	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
CRJ7	1	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
D228	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
D328	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
DH8D	10	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A
E120	8	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
E135	6	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E145	17	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1/1	5A
E170	49	Embraer 170ST	CF34-8E5	5A
E190	20	Embraer 190LR	CF34-10E5	5A
E195	6	Embraer 195LR	CF34-10E5	5A
E35L	7	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E3CF	3	Boeing 747-400 (GE)	CF6-80C2B1F	4
E50P	1	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E545	1	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E55P	6	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
E75S	4	Bombardier (DHC) Dash 8-400	PW150A	5A
F100	2	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
F2TH	13	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
F900	5	Bombardier (Canadair) CRJ 200LR	CF34-3B1	5A
FA50	3	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
FA7X	5	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
FA8X	1	Bombardier (Canadair) CRJ 100ER	CF34-3A1	5A
GL5T	4	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLEX	9	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF4	1	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF5	19	Fokker 100	RB183 Tay 620-15	5A
GLF6	7	Fokker 100	RB183 Tay 650-15	5A
H25B	1	Embraer ERJ-135ER	AE3007-A3	5A
LJ45	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
LJ60	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
MD11	28	Boeing (MDC) MD-11F(M) (P&W)	PW4460	4
MD87	1	Boeing (MDC) MD-82	JT8D-217C	4
P68	11	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
PA46	21	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
RFAL	1	Embraer ERJ-145MP	AE3007-A1	5A
RJ1H	2	BAe 146-200	ALF502R-5	5A
RJ85	28	Avro RJ85	LF507-1F	4
S22T	9	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
SF34	1	Saab 2000	AE2100-A	5A
SR20	4	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A
SR22	10	Embraer EMB-120 Brasilia	PW118	5A

Type avion	Nombre	Type avion de Substitution	Type moteur de Substitution	Groupe acoustique de substitution
SU95	1	Embraer 175ST	CF34-8E5	4
TB20	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	4
TRIN	1	Fokker F.27-500	DART 532-7	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.

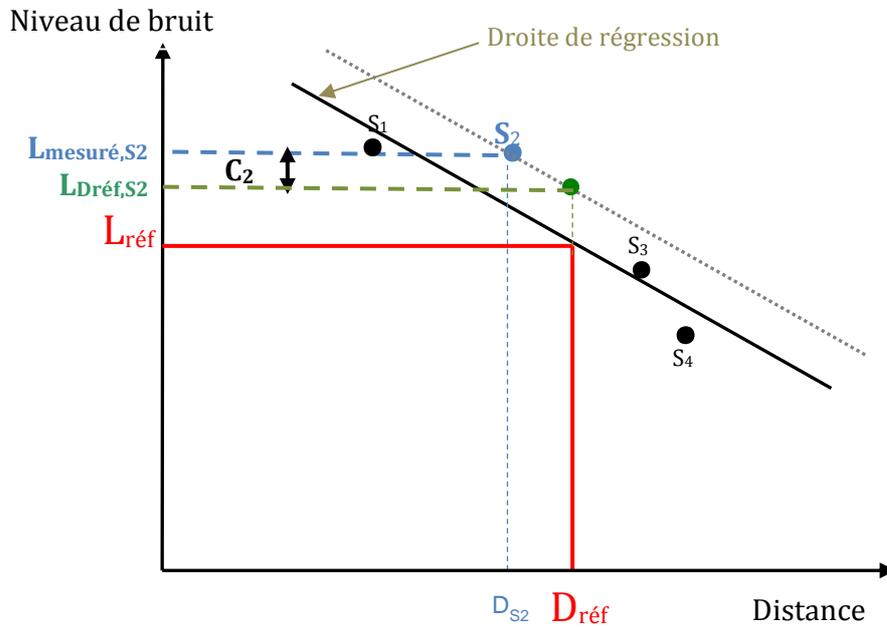
3) Niveau de bruit ramené à la distance de référence à l'aide de la droite de régression :

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 toucher des roues)

S_k : station de mesure

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

$L_{mesuré, S_k}$: 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'arrêté (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 : $L_{\text{réf}} = 80,02$ dB(A).

