



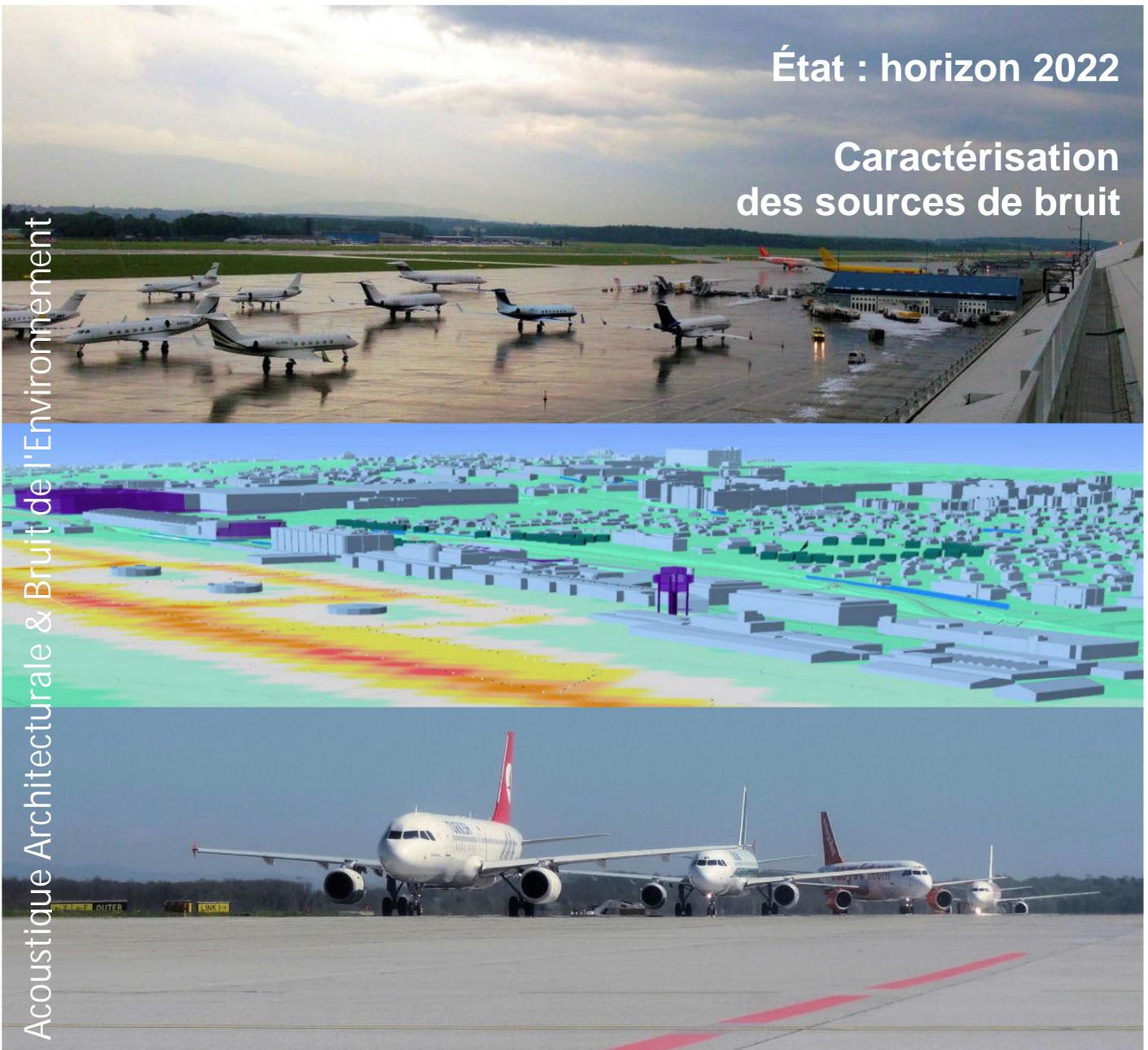
Acoustique Architecturale
& Bruits de l'Environnement
Robert Beffa & collaborateurs
1207 GENEVE • 4 rue de l'Avenir
Téléphone (+41) 022 786 31 77
Télécopie (+41) 022 786 32 56
contact@acouconsult.ch
TVA n° CHE - 114. 034. 247

GENÈVE
AÉROPORT

Pronostic des Immissions engendrées par le Bruit au Sol (OPB, annexe 6)

État : horizon 2022

Caractérisation
des sources de bruit



n/réf. :
Objet : Genève Aéroport
GA ANNEXE 6.1

220.3113 / RB-GB
COINTRIN / GE
2021-01-25 / Genève

1. Définition et caractérisation des sources de bruit

1.1 Regroupement par type d'avions

5 catégories d'avion et une catégorie pour les hélicoptères ont été considérées, pour lesquelles les calculs ont été effectués. Les autres types de sources ont été définis relativement à l'activité de la plateforme aéroportuaire et ont été étudiés puis modélisés en implémentant leurs paramètres spécifiques (puissances acoustiques, durées des phases de bruit, localisations, etc.).

Genève Aéroport a fourni la liste de l'ensemble des types d'avions sur une base annuelle,

Ce qui a permis de réaliser un premier regroupement sur la base de la norme allemande AzB¹. À la fin de ce premier travail, il restait encore 14 catégories d'avions. Afin d'optimiser la modélisation et d'alléger le temps de calcul, un second regroupement a permis de les limiter à 6 catégories-bruit :

- HEL : Hélicoptères
- HL1 : Avions à hélices, notamment l'aviation légère (exemples : Tecnam P2002 Sierra, Piper PA-28 Cherokee)
- HL2 : Turbopropulseurs, composé d'une part d'aviation légère (exemple : Pilatus PC-12) et d'autre part d'avions de ligne (exemple : SAAB 2000).
- J1 : Avions à réacteurs, composé d'une part d'aviation d'affaire (exemple : Falcon 2000) et d'autre part d'avions de ligne à faible capacité de passagers (exemples : Avro RJ-100, Canadair Regional Jet CRJ-900)
- J2 : Avions à réacteurs, notamment liés à l'aviation de ligne (exemple : Airbus A319)
- J3 : Avions à réacteurs, notamment liés à l'aviation de ligne, mais gros porteurs (exemples : Boeing 767-300ER, Airbus A330)

1.2 Caractéristiques des catégories-bruit des avions

a. Hauteur des sources

Sur la base de ces 6 catégories-bruit, les hauteurs moyennes des sources de bruit des avions ont été déterminées pour les moteurs et APU², quand ils sont présents.

b. Spectres d'émission des sources

Pour les moteurs, et en fonction de la représentativité des différentes catégories proposées par la norme AzB, les spectres correspondants aux catégories-bruit ont été appliqués.

Pour les APU, seuls deux spectres d'APU sont définis par la norme AzB et ont été appliqués pour les catégories-bruits.

c. Directivité des sources

Une recherche documentaire relative à la directivité des avions pour chaque catégorie-bruit a été réalisée, permettant ainsi de déterminer 6 directivités différentes pour les moteurs.

Concernant les APU, seuls 2 types d'émission existent, la directivité correspondante est alors appliquée.

¹ AzB (Etat Provisoire / 2007.05.01) Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen — Umweltbundesamt / Arbeitsgruppe „Novellierung der AzB“

² APU : Auxiliary Power Unit / permet de produire de l'énergie à bord des avions pour permettre d'alimenter au sol les différents systèmes de bord quand les moteurs sont arrêtés

1.3 Trafic au sol

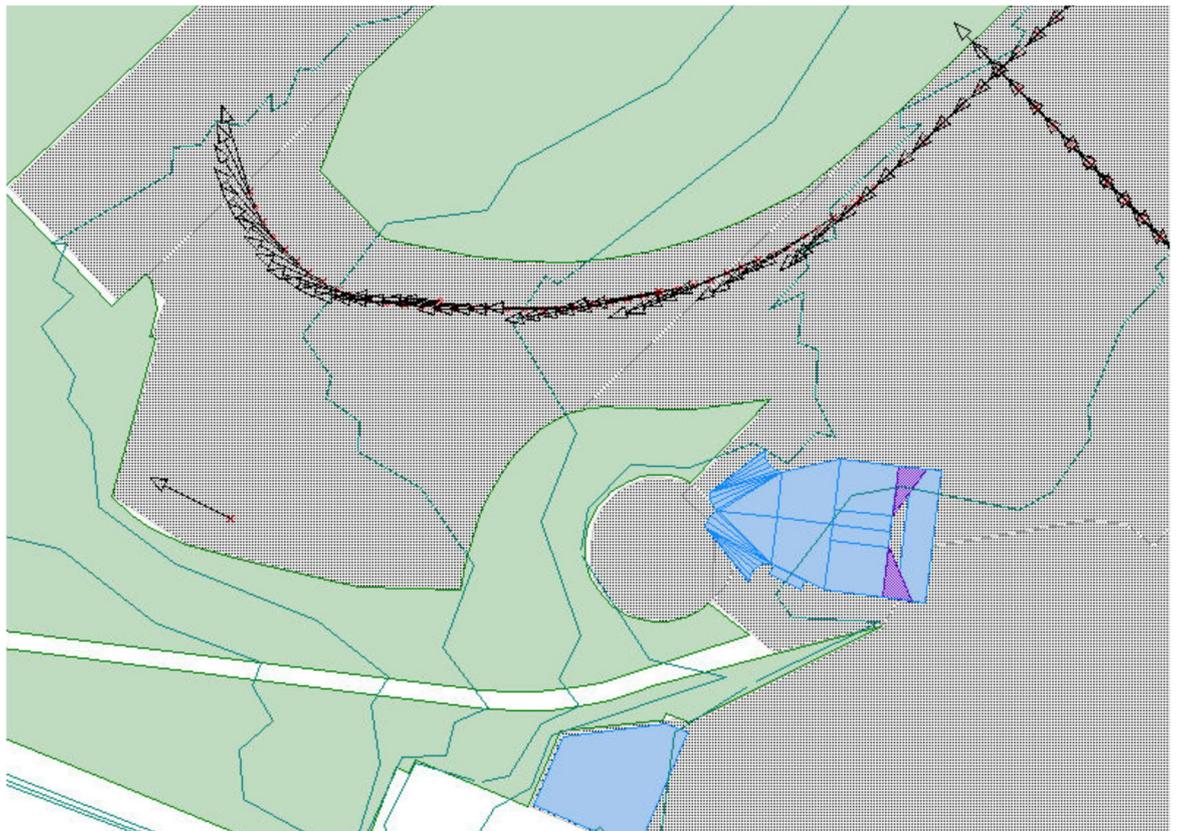
Ce type de source représente le niveau sonore produit par le trafic au sol des avions (ou roulage) lors des différents déplacements sur les taxiways. Les taxiways se situent principalement sur l'Aire Sud de la plateforme, puisqu'ils relient les deux baies d'attente de la piste (04 et 22) aux différentes positions de l'Aire Sud. Les taxiways de l'Aire Nord ont également été intégrés aux évaluations.

1.3.1 Modélisation du trafic au sol

Un avion en roulage a été défini comme étant composé de sources ponctuelles distinctes en mouvement, sur un trajet déterminé. La disposition de ces sources ponctuelles a été étudiée de manière à pouvoir obtenir des niveaux sonores permettant de déterminer un SEL³ au passage, impliquant donc de disposer les sources ponctuelles de manière "equitemporelle" de 1 s (soit de les espacer de la distance parcourue en 1 s par un avion).

En fonction des trajets parcourus, la vitesse peut évoluer. En effet, la vitesse représentative pour des tronçons en ligne droite s'élèverait à 32 km/h (soit 9 m/s), alors qu'elle s'élèverait à 22 km/h (soit 6.1 m/s) dans les courbes.

De plus, cette modélisation permet de calculer l'effet des changements de directions en prenant en compte les différentes caractéristiques des directivités attribuées à chaque catégorie d'avions.



3 SEL : Sound Exposure Level - Le SEL est défini comme étant le niveau constant pendant une seconde ayant la même énergie acoustique que le son original perçu pendant une durée donnée. Cet indicateur acoustique est souvent utilisé pour quantifier l'énergie sonore d'un événement simple (passage d'un véhicule) et pour comparer entre eux les événements sonores issus d'une même source.

1.3.2 Données prises en compte

Le nombre total des avions effectuant des trajets sur la plateforme aéroportuaire a été considéré et réparti sur les différents trajets parcourus par tronçon entre les croisements de directions possibles.

Cette intégration a pris en compte l'influence des différentes conditions d'exploitation de l'aéroport :

- Le sens de la piste : certains taxiways ne sont empruntés que pour un sens de piste défini (par exemple, taxiway reliant le P48 à la BA23 emprunté uniquement en sens 22).
- La position initiale ou finale des différentes catégories d'avions selon l'emplacement de la position certains taxiways ne sont pas empruntés.

C'est sur la base de cette analyse que nous avons défini des tronçons qui permettent de prendre en compte les différents « carrefours » des taxiways, soit les sens de parcours (selon le sens de la piste), les changements de taxiways (OUTER vers INNER via les LINK), et les arrivées aux positions (nœuds).

Ceci a abouti à une estimation de la répartition du trafic pour chaque sens de piste, pour chaque évènement (Arrivée ou Départ) et pour chaque regroupement de position.

Cette analyse a été effectuée pour le total des trajets considérés schématiquement comme suit (cumul des sources HL1, HL2, J1, J2 et J3) :

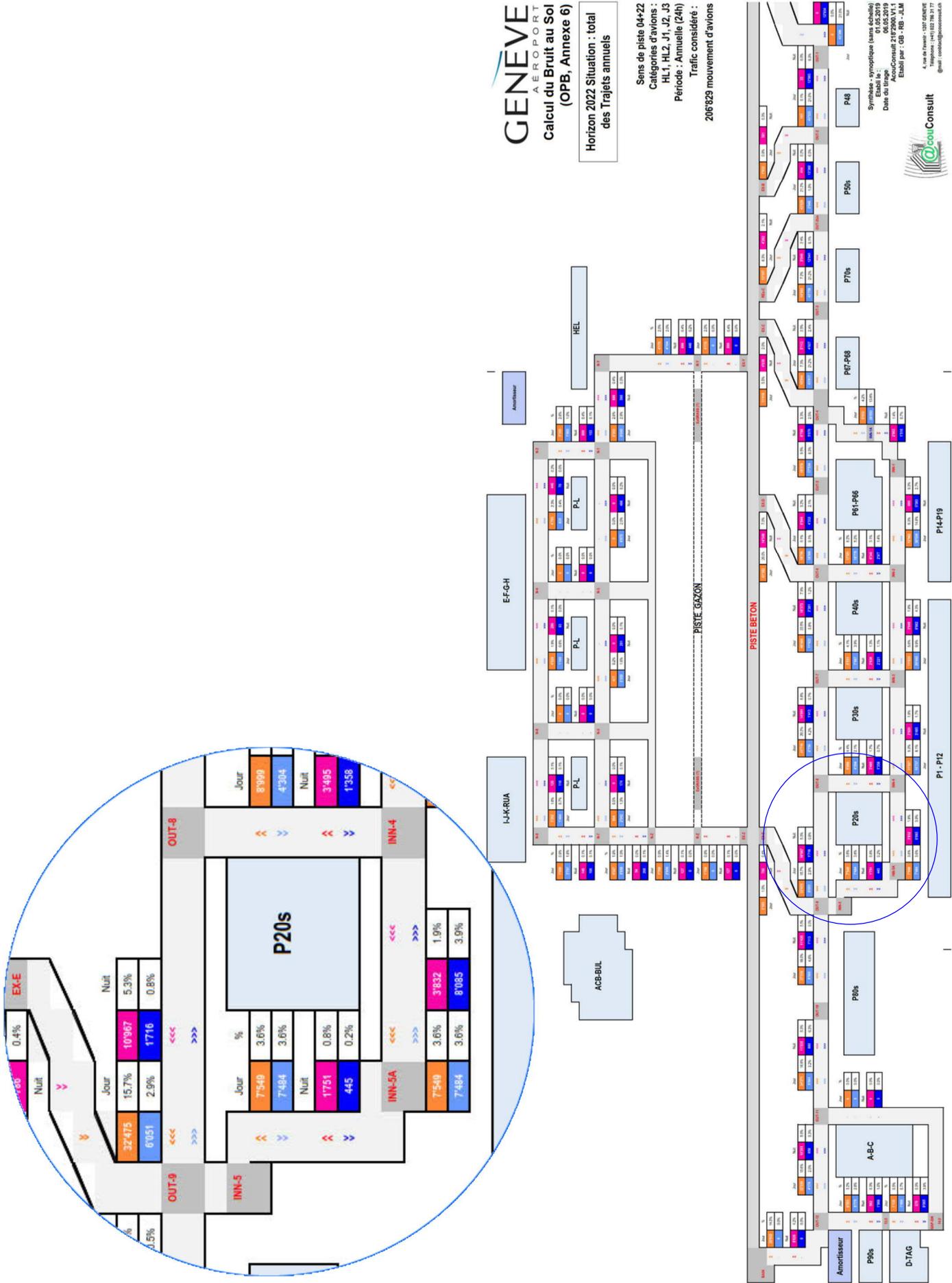
1.3.3 Analyse des trajets considérés (illustration de principe)



Illustration du raisonnement pour l'évaluation de la répartition du trafic des avions par tronçon, pour une arrivée au satellite SAT30.

Par la suite, une importante simplification consistant à répartir le total de la puissance acoustique calculée uniformément pour chaque source modélisée devrait être envisageable (postulat à contrôler). Ce type de méthodologie devrait permettre de simplifier notablement la maintenance de la modélisation (ainsi que son utilisation lors des évaluations à effectuer pour de nouveaux projets).

1.3.4 Répartition schématique du total des trajets considérés (trafic total 2022) :



1.3.5 Extrait des calculs pour la répartition du trafic sur les différents tronçons de trajets

Tableau de la répartition du trafic, par tronçon, pour tous les scénarii au SAT 30
 Cette démarche a permis de déterminer des correctifs de quantité pour chaque tronçon modélisé (relativement à l'ensemble de l'activité de l'année 2012, voir Tableau suivant).

EXEMPLE SAT 30 / ARR05																		
Scenario		EXB	[Relations entre toutes les Sorties]					[Relations entre tous les OUT]				[Relations entre tous les INN et OUT]				[Relations entre tous les INN]		
			EXE	OUT 1-BA23	OUT 12-BA05	OUT 1-2	OUT 2-1	OUT 13-14	OUT 14-13	OUT 4-INN 1	INN 1-OUT 4	OUT 10-INN 5	INN 5-OUT 10	INN 1-2	INN 2-1	INN 4-5	INN 5-4	
ARRIVEE SENS 05	Jour	336	0				0		477	0			0	477	0		0	0
	Nuit	126	0				0		182	0			0	182	0		0	0
ARRIVEE SENS 23	Jour	0	214				0		190	0			0	190	0		0	178
	Nuit	0	86				0		76	0			0	76	0		0	72
DEPART SENS 05	Jour			0	3012	0	0		0	0	0		0	150	0	0	150	0
	Nuit			0	784	0	0		0	0	0		0	40	0	0	40	0
DEPART SENS 23	Jour			0	3012	0	0		0	0	0		0	150	0	0	150	0
	Nuit			1231		0	1231		0	0	738		0	0	0	738	0	0

1.3.6 Détermination du Lr partiel

La modélisation ayant été réalisée pour chaque sens de piste et pour chaque catégorie-bruit, nous avons donc déterminé 10 niveaux SEL annuels globaux pour chaque récepteur. Sur ces résultats, nous avons donc pu déterminer les 10 niveaux équivalents 12 h (L_{eq-12h}) suivants :

- Sens 04 – Sens 22 – pour chaque catégorie d'avions (HL1, HL2, J1, J2 et J3)

Ces 10 niveaux équivalents 12 h ont permis de déterminer un niveau d'évaluation partiel spécifique au trafic au sol, soit :

$$L_{r,trafic\ sol} = 10 * \log(10^{L_{eq-12h\ Sens\ 04,HL1}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 04,HL2}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 04,J1}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 04,J2}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 04,J3}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 22,HL1}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 22,HL2}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 22,J1}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 22,J2}/10} + 10^{L_{eq-12h\ Sens\ 22,J3}/10}) + K1 + K2 + K3 + 10 * \log\left(\frac{t_i}{t_0}\right)$$

Où : $L_{eq-12h} = SEL_{annuel} + 10 * \log\left(\frac{1[s]}{12[h]*3600[s]}\right) + 10 * \log\left(\frac{1[j]}{365[j]}\right)$

$K1 = 0$ de jour / $K1 = 0$ de nuit

[Source considérée comme étant du trafic sur l'aire d'exploitation]

$K2 = 0$ de jour / $K2 = 2$ de nuit

[faible caractère tonal pour les récepteurs exposés proches des taxiways]

$K3 = 0$ de jour

[Aucun caractère impulsif observable pour ce type de bruit]

$10 * \log\left(\frac{t_i}{t_0}\right) = 0$

[Les correctifs $10 * \log\left(\frac{1[s]}{12[h]*3600[s]}\right)$ et $10 * \log\left(\frac{1[j]}{365[j]}\right)$ permettent de considérer la source en fonctionnement sur la période globale des 12 heures]

1.3.7 Détermination des correctifs SEL annuels globaux

Tableau des correctifs SEL annuels globaux, par sens de piste (Arrivée et Départ confondus), par tronçon et par catégorie-bruit (ici, catégorie-bruit J2)

EXEMPLE CATEGORIE J2 / CORRECTIF SEL ANNUEL GLOBAL																					
AIRE SUD																					
Scenario		EXB	[Correctif pour toutes les Sorties]	EXE	OUT 1-BA23	OUT 12-BA05	OUT 1-2	OUT 2-1	[Relations entre tous les OUT]	OUT 13-14	OUT 14-13	OUT 4-INN 1	INN 1-OUT 4	[Relations entre tous les INN et OUT]	OUT 10-INN 5	INN 5-OUT 10	INN 1-2	INN 2-1	[Relations entre tous les INN]	INN 4-5	INN 5-4
SENS 05 (ARR et DEP confondus)	Jour	35.7		N	N	45.06	14.16	14.45		14.55	11.52	37	19		N	32	39	30.27		33	N
	Nuit	31.49		N	N	40.06	7.04	7.04		12.94	4.36	33	18		N	27	34	27.32		29	N
SENS 23 (ARR et DEP confondus)	Jour	N		33.85	46.67	N	N	46.67		16.56	13.56	34	45		34.08	27	35	44.27		35	37.35
	Nuit	N		29.88	42.25	N	N	42.25		15.08	6.62	30	40		30.11	24	30	39.97		31	33.56

1.4 Zones d'attentes

Ce type de source permet de considérer le bruit produit par les avions stationnant en bout de piste en attendant de pouvoir décoller .

Les attentes ont été assimilées à des sources de bruit aux positions, avec uniquement le moteur en fonctionnement (l'APU est considéré comme arrêté dès lors que le moteur fonctionne). Afin de simplifier la modélisation, nous avons considéré que les avions en attente peuvent être en file de 3 avions, avec une 4ème possibilité d'attente dans la Baie d'Attente, pour chaque sens de piste (il est possible d'avoir plus de 3 avions en file, mais de manière beaucoup plus rare).

1.4.1 Exemple : zone d'attente pour les départs en sens 22

Les sources de bruit ainsi modélisées sont donc situées aux endroits suivants (croix rouges):



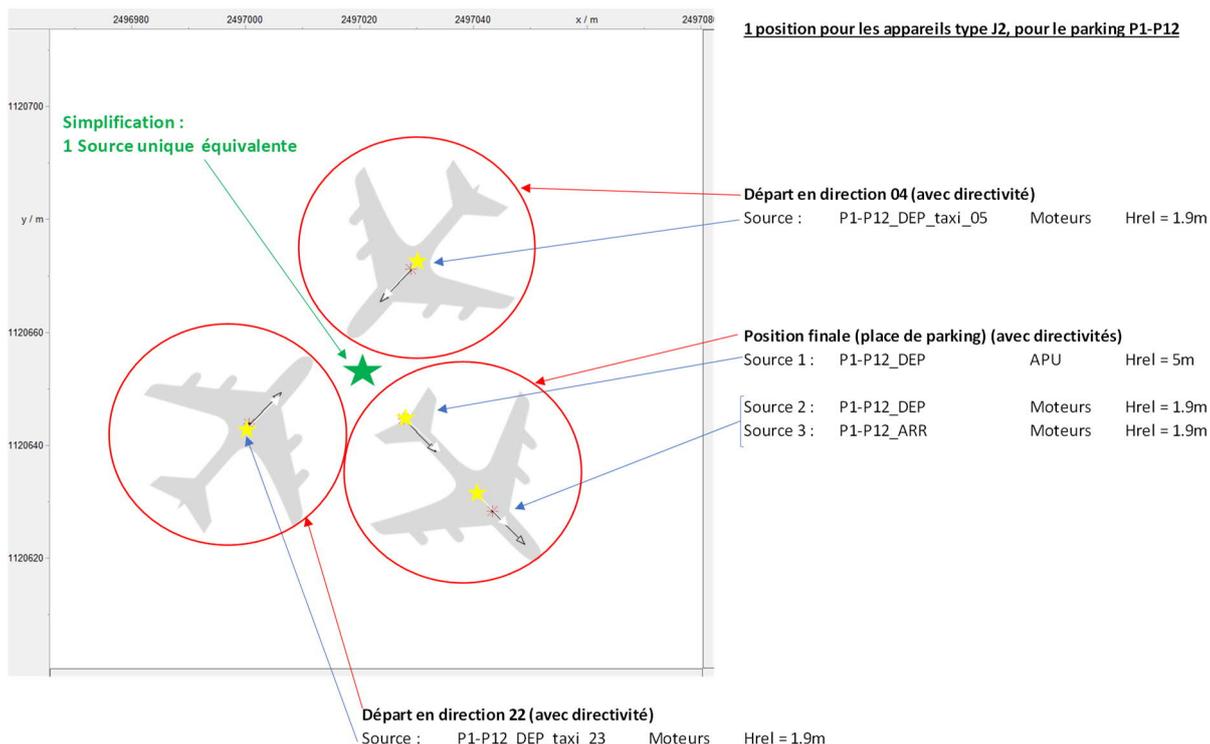
1.4.2 Exemple : occupation de "files" d'attente (départs en sens 04) image Google



1.5 Bruit aux positions

Ce type de source illustre le niveau sonore des avions lors de leur arrivée ou départ en position. Le bruit aux positions se fait principalement sur l'Aire Sud de la plateforme, puisque l'Aire Sud représente la majeure partie de l'exploitation de l'Aéroport avec les vols commerciaux. Le bruit aux positions au niveau de l'Aire Nord a également été pris en compte.

Exemple schématique pour les composantes prises en compte dans la modélisation :



Remarques :

L'ensemble de sources "aux positions" ont été représentées par une seule source, sans directivité, ayant une puissance acoustique L_w équivalente à l'addition énergétique de toutes les sources partielles. La hauteur de la source équivalente est celle des moteurs (soit 1,9m pour la catégorie J2).

1.6 Essais Moteurs

Ce type de source illustre la prise en compte des différents types d'essais moteurs pouvant être réalisés sur le site de l'aéroport (essais "Leak Test", "Idle" et "Pleine Puissance"). Les essais "Leak Test" et "Idle" sont répartis sur l'ensemble des positions de la plateforme aéroportuaire.

Les essais "Pleine Puissance" sont effectués à des positions clairement définies, principalement dans les deux amortisseurs de bruit (petit amortisseur dans la zone Nord et Grand amortisseur dans la zone Sud proche des ateliers de maintenance).

1.7 Installations CVC

Ce type de source comprend toutes les installations techniques ayant des prises ou des rejets d'air vers l'extérieur.

Les valeurs relatives aux installations CVC sont issues soit de documentations techniques, soit de mesures réalisées in-situ. Les informations relatives aux périodes de fonctionnement des différentes sources ont été fournies par Genève Aéroport.

1.8 Trafic des véhicules

Ce type de source représente le niveau sonore engendré par le trafic routier au niveau de la route périphérique de la plateforme (module de calcul IMMI-stl86).

1.9 Parkings

Ce type de source prend en compte l'ensemble des Parkings de l'Aéroport (souterrains, aériens ou couverts, avec ou sans barrière).

