

Etude des effets du bâti sur l'exposition sonore en milieu aéroportuaire

Etude réalisée pour le compte de :

ACNUSA



SOLDATA
ACOUSTIC



Rapport d'étude RA-110337-01-B
8 mars 2013

Intervenants

Alexis BIGOT
Maxime BERTON
Laurent DROIN
Raphaël GUERRA

Sommaire

Synthèse et perspectives	3
1. Contexte et objectifs	4
2. Méthodologie	5
2.1 Méthodologie générale	5
2.2 Approche utilisée pour les calculs.....	5
3. Données d'entrée	6
3.1 Type d'avion et trajectoires	6
3.2 Sélection de zones de calculs.....	6
3.3 Configurations urbaines retenues	7
3.4 Indicateurs acoustiques	11
4. Validation du modèle de calcul	13
4.1 Comparaison à l'atterrissage	13
4.2 Comparaison au décollage	14
4.3 Comparaison mesures-calcul sur un cas pratique.....	15
5. Simulations acoustiques	18
6. Synthèse des effets observés	18
6.1 Différences entre l'atterrissage et le décollage	18
6.2 Impact de l'éloignement (atterrissage).....	20
6.3 Impact de l'éloignement (décollage)	23
6.4 Impact de la hauteur	26
6.5 Impact de l'orientation	27
6.6 Impact d'une casquette horizontale	28
6.7 Impact de bâtiments faisant écran	29
6.8 Impact de la forme du bâti	35
6.9 Influence d'une façade végétalisée.....	41
7. Conclusions	42
<i>Planche 1 - Cartes de bruit calculées à h=4m - atterrissage</i>	13
<i>Planche 2 - Cartes de bruit calculées à h=4m - décollage</i>	14
<i>Planche 3 - Plan du site retenu à Villebon-sur-Yvette et photo du bâtiment testé</i>	15
<i>Annexe 1. Configurations de calcul AzB</i>	44
<i>Annexe 2. Configurations de calcul ISO 9613</i>	47
<i>Annexe 3. Caractéristiques acoustiques façade végétalisée</i>	49
<i>Annexe 4. Comptes-rendus des réunions de travail</i>	51

Révisions	<i>Ind</i>	<i>Date</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Vérification</i>	<i>Approbation</i>
	A	07.12.12	A. BIGOT	L. DROIN	
	B	08.03.13	A. BIGOT	C. BOUTIN	L. DROIN

Synthèse et perspectives

L'objet de la présente étude est d'évaluer les effets du bâti sur l'exposition sonore en limite de PGS¹.

La démarche proposée par l'ACNUSA et développée dans cette étude est basée sur des simulations numériques et vise à étudier, sur des cas théoriques simples, quels peuvent être les effets apportés par la présence de bâti sur les niveaux sonores autour d'un aéroport « fictif ». L'objectif est notamment de mieux maîtriser les niveaux d'exposition sonore en limite de PGS, ces derniers ne prenant pas en compte les effets de propagation liés au bâti (réflexion, diffraction).

Des configurations urbaines ont tout d'abord été choisies, avec le soutien de partenaires urbanistes. Puis des simulations ont été réalisées en faisant varier un à un les différents facteurs pouvant influencer sur le bruit (position, hauteur, orientation, espacement, forme des bâtiments...).

Certains principes bénéfiques se dégagent de cette première approche exploratoire, avec notamment à l'atterrissage des effets d'écran plus intéressants (angle d'incidence des avions plus faible).

Cependant, l'effet des réflexions entre bâtiments annihile partiellement l'effet bénéfique qui pourrait être apporté par les effets d'écran. On retiendra donc qu'un espacement important entre bâtiments semble préférable, et que le choix de façades absorbantes (végétalisées) permet de limiter ces réflexions parasites.

Certaines formes de bâtiments sont également intéressantes : il s'agit des formes en U et en L, ainsi que la forme en U-V.

D'autres formes de bâtiment sont à exclure : il s'agit notamment de la forme en O.

La forme en T n'apporte elle que peu d'intérêt par rapport à une forme en L.

Au vu de ces premiers résultats, différentes pistes de travail peuvent être envisagées afin d'approfondir la démarche : poursuivre les tests sur d'autres types de bâtiments ou sur des compositions urbaines plus complexes, contrôler les résultats des simulations par des campagnes de mesures acoustiques ciblées, ou encore améliorer la méthodologie de calcul en prenant en compte d'autres effets, comme par exemple la diffusion du son sur les façades.

Précisons que cette étude ne porte que sur les aspects acoustiques de la question, en lien avec les problématiques urbanistiques, et que si la démarche devait être approfondie, d'autres facteurs comme les contraintes thermiques (prise en compte de l'exposition solaire), les contraintes environnementales, et les contraintes liées au bâti existant devront alors être considérés.

Il est également important de remarquer que le paysage urbain est complexe et que certains effets évalués dans le cadre de cette étude de manière simpliste pourraient conduire à des résultats différents si l'on prend en compte l'ensemble des paramètres d'une situation urbaine réelle (grand nombre de sources, de bâtiments de formes et de positions différentes).

¹ Plan de Gêne Sonore

1. Contexte et objectifs

Dans le cadre de ses missions, l'ACNUSA émet des recommandations pour améliorer la maîtrise des nuisances sonores aéroportuaires. Pour les grands aéroports, les Plans de Gêne Sonore (PGS) constituent un outil efficace pour identifier les populations les plus exposées et sont à la base du dispositif d'indemnisation mis en place par les autorités aéroportuaires.

Les PGS sont obtenus par une modélisation informatique qui prend en compte divers paramètres influant sur la propagation sonore mais celle-ci ignore la présence de bâti au sol. Si cette approche est légitime à une échelle macroscopique, compte tenu de la nature du bruit considéré, elle mérite d'être affinée à une échelle locale, en particulier en limite de zone III du PGS où les effets du bâti (masquage, réflexion,...) peuvent ne pas être négligeables.

Les enjeux pour les populations survolées en limite extérieure de PGS sont importants et il apparaît opportun d'améliorer la connaissance de ces effets pour, le cas échéant, proposer des recommandations permettant de préciser les conditions de protection des populations concernées, en fonction de la configuration du tissu urbain.

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Objectif 1 : identifier quel serait l'impact de la présence de bâti sur les limites de PGS. Apporter des éléments techniques objectifs permettant de disposer d'un argumentaire plus scientifique qu'administratif (règle de la tolérance de 50m).
- Objectif 2 : dans la logique de densification et de renouvellement urbain (esprit de la loi SRU), la tendance est aujourd'hui, pour les communes concernées, à faciliter l'urbanisation près des plateformes aéroportuaires, pour éviter notamment la paupérisation ou le mitage de certaines zones, au-delà des servitudes dictées par les PEB. Il serait intéressant d'identifier des principes urbanistiques qui permettraient une certaine protection vis-à-vis du bruit.

Les contours de cette problématique sont vastes et il s'agit ici de produire une première approche des questions posées en analysant les formes urbaines simples susceptibles d'être favorables au renouvellement urbain dans des environnements exposés au bruit aéroportuaire (contours de PGS). On essaiera par exemple d'identifier les cas où les formes urbaines ont des effets positifs ou négatifs sur l'exposition sonore des façades.

En fonction des résultats et de l'intérêt de la démarche, des études plus fines pourront être menées ultérieurement, en approfondissant des réflexions croisées d'acousticien et d'architecte-urbaniste.

2. Méthodologie

2.1 Méthodologie générale

La méthodologie retenue pour cette étude consiste à analyser, au travers de simulations numériques uniquement, les effets liés à la présence de bâti. Elle se base sur l'analyse des différences entre deux situations : l'une « sans influence du bâti » (configuration de calcul actuelle des PGS), et l'autre « avec influence du bâti ».

L'objectif n'est pas de représenter une situation réelle dans sa complexité, mais de se baser sur un cas théorique simple : un seul type d'avion, trajectoire unique et rectiligne, et typologies urbaines simples, en faisant varier un à un différents facteurs pouvant influencer sur le bruit. Il s'agit notamment :

- De la position par rapport à la piste (en transversal et longitudinal).
- De la différence entre l'atterrissage et le décollage (les spectres d'émissions, directivité et les hauteurs de vol sont nettement différents).
- De la hauteur et de l'orientation des bâtiments.
- De l'espacement entre bâtiments/
- De la forme à proprement parler des bâtiments (ex : forme en U, en T, etc.).
- De l'absorption acoustique des façades.

Nota : Cette étude exploratoire porte uniquement sur l'analyse des niveaux relatifs entre des situations acoustiques, et n'a pas pour but d'évaluer les valeurs « absolues » des niveaux sonores engendrées par les aéronefs.

2.2 Approche utilisée pour les calculs

Un premier modèle a tout d'abord été calculé avec le logiciel CADNAA (module FLG) et la norme AzB 2008, qui est une norme spécifique aux calculs de bruit des avions. Les données d'entrée de ce modèle sont issues de la documentation du logiciel (Directivité, Schéma de vol, vitesse de l'appareil) et des informations fournies par l'ACNUSA. L'intérêt est d'obtenir un premier modèle cohérent avec les spécificités du bruit d'avion.

Cependant, les modèles cartographiques relatifs au bruit des avions calculent « en champ libre », sans tenir compte des effets au sol liés au bâti (réflexion, diffraction). Ainsi, afin de contourner cette difficulté, un second modèle a ensuite été calculé avec la norme ISO 9613 afin de prendre en compte les réflexions liées aux bâtiments et d'avoir une plus grande liberté de paramétrage. La trajectoire des avions est modélisée par plusieurs segments de lignes sources qui suivent au mieux les données fournies par la documentation avion du logiciel. Dans chacun de ces segments, nous avons considéré les termes correctifs définis dans la norme AzB (cf. Annexe 1), ainsi que des termes correctifs supplémentaires afin de tenir compte de la vitesse de l'avion (plus l'appareil va vite, moins il contribue au LAeq dans une portion de ligne source donnée). L'intérêt de ce modèle par rapport au précédent est de prendre en compte les réflexions et les effets d'écran des bâtiments.

La troisième étape consiste à confronter les résultats des deux modèles dans une situation sans bâtiment afin de vérifier que le modèle ISO 9613 donne des résultats corrects, et puisse être utilisé dans la suite de l'étude, avec présence de bâtiments.

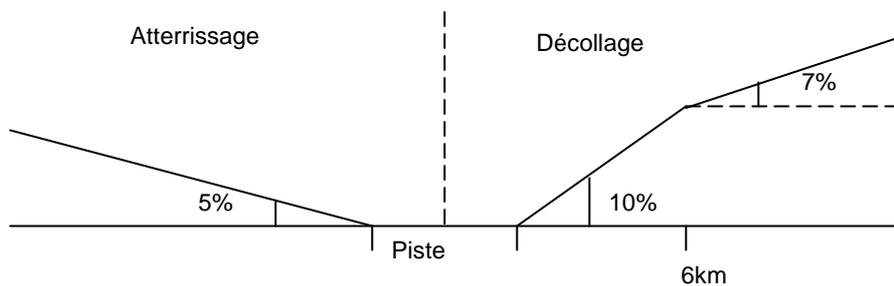
Une comparaison mesure-calcul a également été réalisée sur un cas pratique, afin de s'assurer de la représentativité des atténuations acoustiques calculées derrière les bâtiments par le modèle ISO 9613.

3. Données d'entrée

3.1 Type d'avion et trajectoires

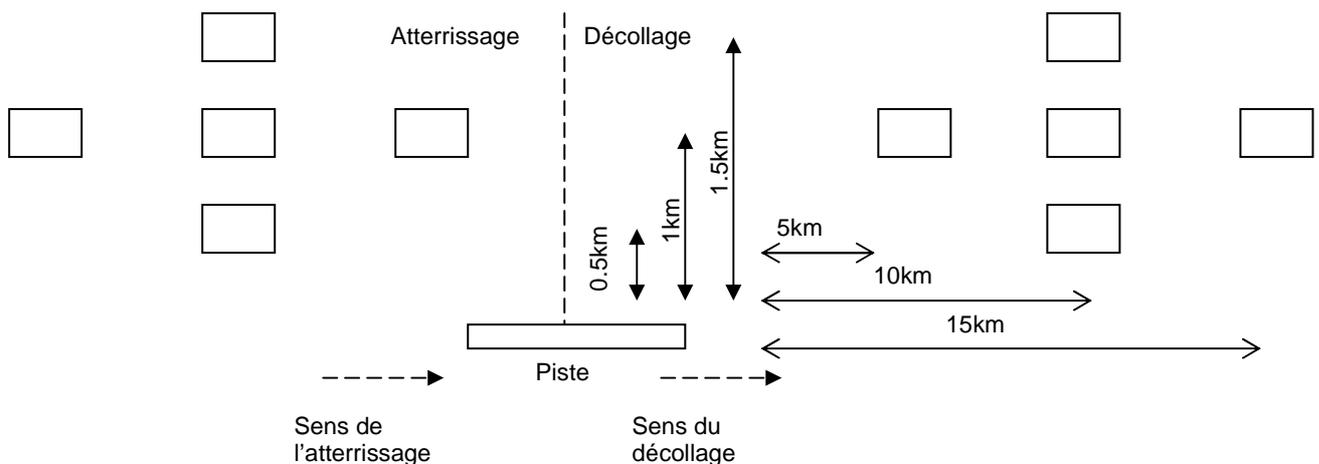
Le type d'avion retenu est l'A320, celui-ci étant considéré comme un modèle représentatif de la flotte aérienne circulant sur le territoire français.

Les trajectoires sont rectilignes, dans l'axe de la piste, testées avec des pentes à 5% pour l'atterrissage, et 10% pour le décollage (réduit à 7% au-delà de 6 km des pistes) comme indiqué sur le schéma suivant :



3.2 Sélection de zones de calculs

Cinq zones de calcul ont été choisies, en concertation avec l'ACNUSA, à différentes distances des pistes d'un aéroport. Les configurations de calculs portent à la fois sur l'atterrissage et le décollage. Ces zones ont été sélectionnées pour être représentatives d'une typologie de situations d'exposition sonore vis-à-vis du bruit aéroportuaire en limite de PGS. Les 10 positions / configurations de calculs sont figurées sur le schéma ci-dessous :

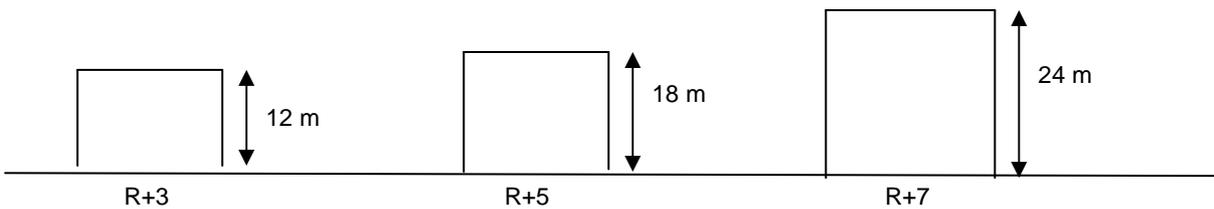


3.3 Configurations urbaines retenues

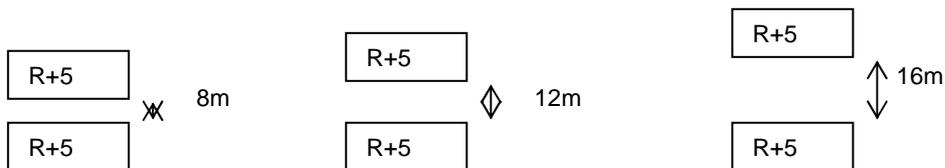
Les configurations urbaines sont basées sur des cas simples, le but étant à ce stade de mettre en évidence des principes et de voir si des premiers critères constructifs peuvent être dégagés, d'un point de vue exploratoire.

Les configurations ci-dessous sont le fruit d'une collaboration et d'une validation par nos partenaires urbanistes (Madame Nadège Didier et Monsieur Jean-Marie Rapin) lors de la réunion du 12/11/2012, en concertation avec l'ACNUSA.

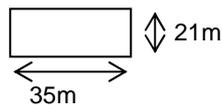
Les hauteurs des bâtiments varient de R+3 à R+7 :



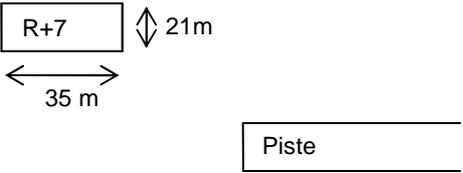
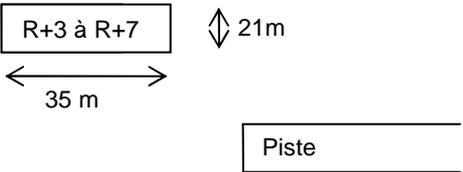
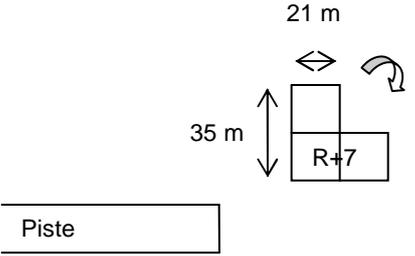
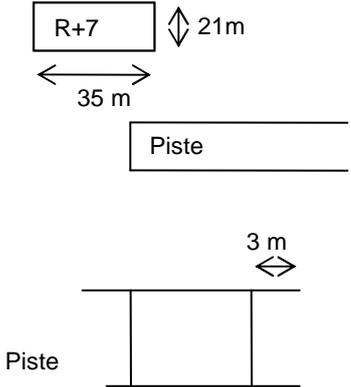
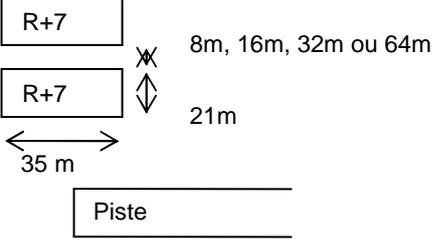
Les différentes distances testées entre les bâtiments sont :

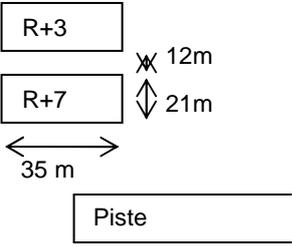
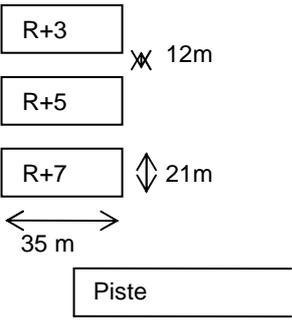
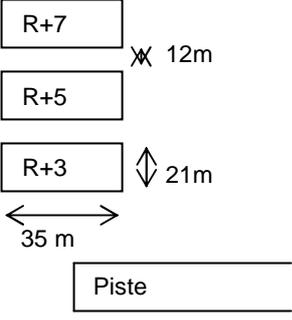
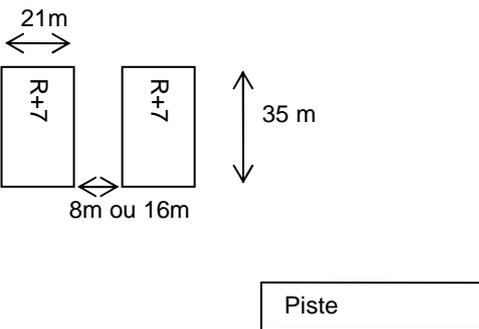


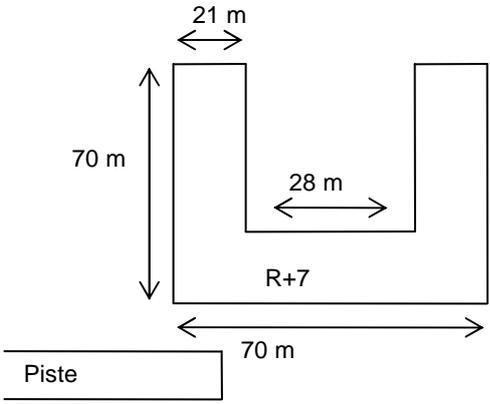
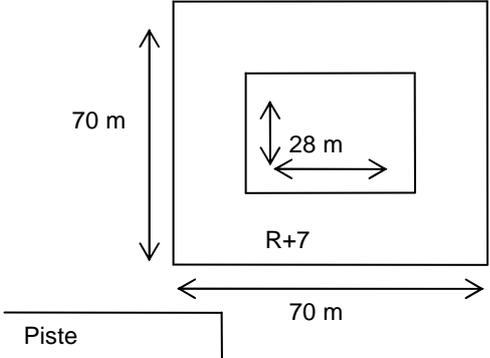
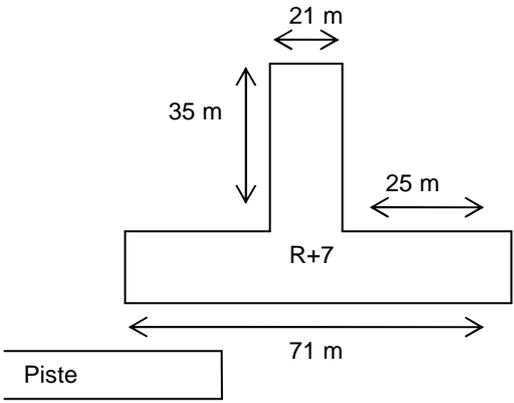
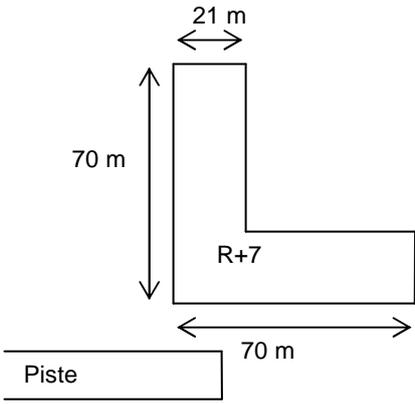
En format standard, les bâtiments mesureront 35m de longueur et 21m de largeur.

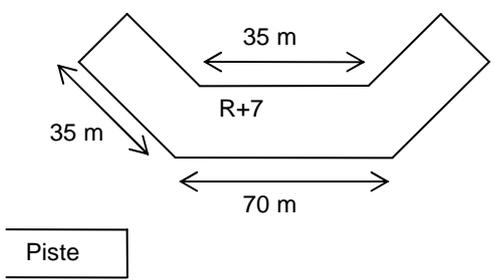
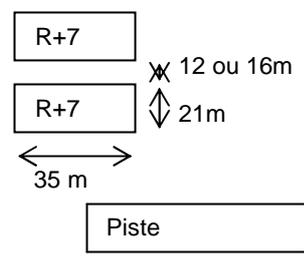


Les compositions urbaines testées sont décrites dans le tableau ci-dessous:

Composition urbaine n°	Description	Schémas
0	Absence de bâtiment (champ libre)	
1	<u>Influence de la position :</u> 1 bâtiment testé dans les 10 zones sélectionnées.	
2	<u>Influence de la hauteur :</u> 1 bâtiment dont on fait varier la hauteur (R+3, R+5 ou R+7)	
3	<u>Influence de l'orientation :</u> 1 bâtiment dont on fait varier l'orientation (0°, 30°, 60°, 90°)	
4	<u>Influence d'une casquette :</u> 1 bâtiment R+7 avec casquette de 3m	
5	<u>Influence de l'espacement :</u> 1 bâtiment R+7 faisant écran à un bâtiment R+7. Espacement entre les bâtiments testés à 8m, 16m, 32m ou 64m	

Composition urbaine n°	Description	Schémas
6	<p><u>Influence d'une hauteur qui diminue (2 bâtiments) :</u></p> <p>1 bâtiment R+7 faisant écran à un bâtiment R+3.</p>	
7	<p><u>Influence d'une hauteur qui diminue (3 bâtiments) :</u></p> <p>1 bâtiment R+7 faisant écran à un bâtiment R+5, lui-même faisant écran à un bâtiment R+3.</p>	
8	<p><u>Influence d'une hauteur qui augmente (3 bâtiments) :</u></p> <p>1 bâtiment R+3 faisant écran à un bâtiment R+5, lui-même faisant écran à un bâtiment R+7.</p>	
9	<p><u>Influence de l'espacement horizontal :</u></p> <p>2 bâtiments perpendiculaires à l'axe de la piste Espacement entre les bâtiments variant de 8 à 16m</p>	

Composition urbaine n°	Description	Schémas
10	forme en « U » : 1 bâtiment R+7	
11	Forme en « O » : 1 bâtiment R+7	
12	Forme en « T » : 1 bâtiment R+7	
13	Forme en « L » : 1 bâtiment R+7	

Composition urbaine n°	Description	Schémas
14	<p><u>Forme en « U-V » :</u></p> <p>1 bâtiment R+7</p>	
15	<p><u>Influence d'une façade végétalisée :</u></p> <p>2 bâtiments R+7 avec façades végétalisées</p> <p>Espacement entre les bâtiments de 12 ou 16m</p>	

Les caractéristiques acoustiques retenues pour la modélisation de la façade végétalisée sont données en annexe 3.

3.4 Indicateurs acoustiques

L'indicateur acoustique utilisé dans les calculs se réfère à un LAeq par rapport à un flux d'avions. En pratique, cela correspond à un LAeq moyen sur une période de la journée, avec un grand nombre de passages d'avions sur la même trajectoire (A320 uniquement). Le nombre d'avions dans le modèle AzB a été choisi de façon à ce que les niveaux sonores moyens au niveau des zones étudiées soient de l'ordre de 55 dB(A). Ce critère est arbitraire, car dans le cadre de cette étude, nous ne nous intéressons qu'aux différences de niveaux sonores avec et sans bâti, et non aux niveaux absolues. Il est à noter que le nombre d'avions est le même à l'atterrissage qu'au décollage, ce qui explique pourquoi les niveaux sonores sont sensiblement différents au décollage et à l'atterrissage.

Les résultats de calcul sont issus du modèle ISO 9613, qui a été recalé au préalable avec le modèle AzB. Ce recalage est réalisé uniquement sur la puissance acoustique moyenne de la ligne source (qui vaut dans notre modèle $L_w = 92$ dB(A)/mètre linéaire), et non sur les termes correctifs de chaque segment.

Afin d'analyser les écarts avec et sans prise en compte des bâtiments, l'indicateur retenu est :

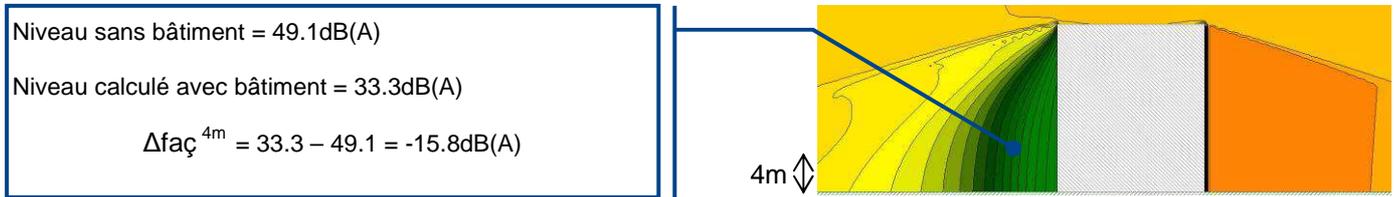
$$\Delta_{faç} = \text{LAeq avec présence de bâti} - \text{LAeq sans bâti}$$

Cet indicateur est calculé pour :

- Des points récepteurs à une distance de 2m des façades.
- Pour une hauteur de 4m, ainsi que pour une hauteur correspondant au dernier étage.

Ainsi, un **Δ faç positif** indiquera **une augmentation sonore** vis-à-vis de la situation sans bâti.

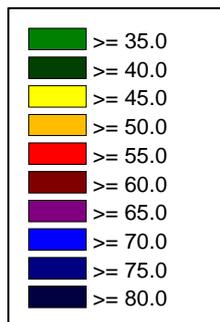
Exemple : Δ faç^{4m} = Niveau sonore en façade à 4m de hauteur - Niveau sonore « en champ libre »



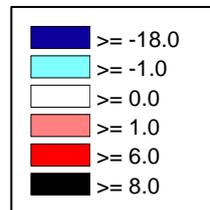
Les cartes de bruit horizontales présentées par la suite sont calculées à 4m de hauteur conformément aux calculs de PGS.

L'échelle de couleur sur les niveaux calculés est basée sur des plages de 5 dB(A) (voir ci-dessous). Les isophones sont représentés par pas de 1 dB(A) au travers de variations de teintes dans ces plages.

Une seconde échelle a été utilisée afin de représenter les augmentations ou diminutions de bruit. Il s'agit d'une **échelle relative** qui a pour valeur nulle lorsque le niveau sonore avec bâtiment est égal au niveau sonore sans bâtiment, et qui devient de plus en plus bleue si le bruit est atténué, et de plus en plus rouge si le bruit augmente. Les isophones sont également représentés par pas de 1 dB(A) au travers de variations de teintes dans les plages de couleur.



Echelle de couleur en dB(A) pour les niveaux calculés (LAeq)



Echelle de couleur en dB(A) pour les **niveaux relatifs** (augmentation ou diminution sonore vis-à-vis de la référence sans bâtiment)

4. Validation du modèle de calcul

Comme indiqué précédemment (cf § 2.2), un modèle de calcul de référence est réalisé selon la norme AzB 2008. Le modèle ensuite utilisé dans cette étude est basé sur la norme ISO 9613, après validation par comparaison avec le modèle de référence.

Cette comparaison porte sur une situation sans bâtiment, étant donné que la norme AzB ne tient pas compte des réflexions sur le bâti.

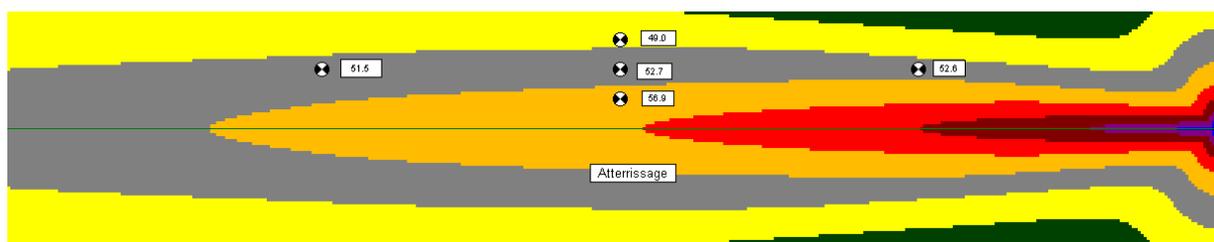
Les configurations des modèles AzB et ISO 9613 sont fournies en annexes 1 et 2.

4.1 Comparaison à l'atterrissage

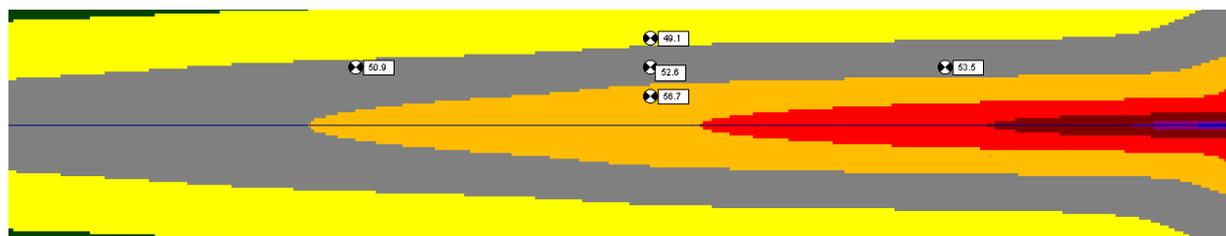
Les cartes suivantes, calculées à $h=4m$, présentent les cartes de bruit calculées par AzB et par ISO 9613, ainsi que les niveaux sonores dans les 5 zones de calculs précédemment définies.

Nota : Les échelles de couleur sur ces cartes sont différentes de celles utilisées dans le reste de l'étude. Les isophones sont y représentés par pas de 5 dB(A).

Planche 1 - Cartes de bruit calculées à $h=4m$ - atterrissage



Modélisation AzB (modèle de référence)



Modélisation ISO 9613

Zone	15km-1km	10km-1km	5km-1km	10km-0.5km	10km-1.5km
AzB2008	51.5dB(A)	52.7dB(A)	52.6dB(A)	56.9dB(A)	49.0dB(A)
ISO9613	50.9dB(A)	52.6dB(A)	53.5dB(A)	56.7dB(A)	49.1dB(A)
Différence	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	0.1

Tableau comparatif des résultats entre les modèles de calcul à l'atterrissage

Commentaire :

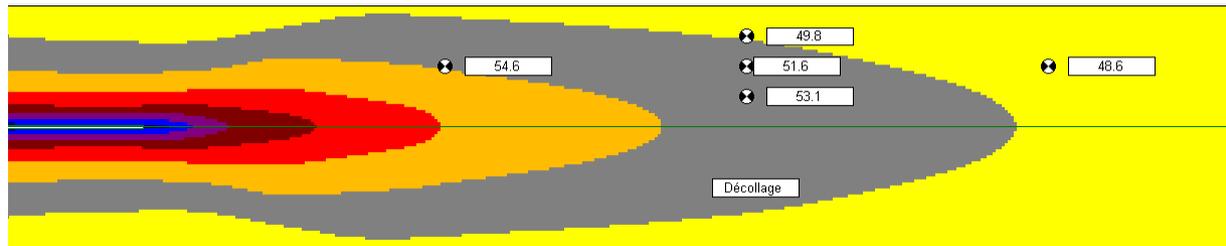
- Les différences entre les deux modèles de calcul sont faibles au niveau des zones étudiées, le modèle ISO 9613 peut donc être validé pour l'atterrissage.

4.2 Comparaison au décollage

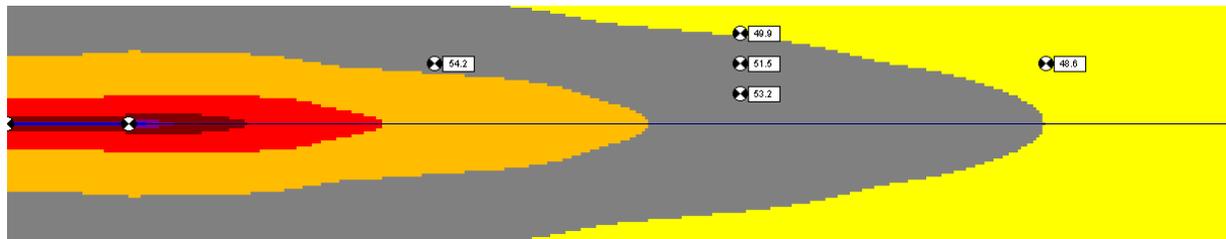
Les cartes suivantes, calculées à $h=4m$, présentent les cartes de bruit calculées par AzB et par ISO 9613, ainsi que les niveaux sonores dans les 5 zones de calculs précédemment définies.

Nota : Les échelles de couleur sur ces cartes sont différentes de celles utilisées dans le reste de l'étude. Les isophones sont y représentés par pas de 5 dB(A).

Planche 2 - Cartes de bruit calculées à $h=4m$ - décollage



Modélisation AzB (modèle de référence)



Modélisation ISO 9613

Zone	15km-1km	10km-1km	5km-1km	10km-0.5km	10km-1.5km
AzB2008	48.6dB(A)	51.6dB(A)	54.6dB(A)	53.1dB(A)	49.8dB(A)
ISO9613	48.6dB(A)	51.5dB(A)	54.2dB(A)	53.2dB(A)	49.9dB(A)
Différence	0	-0.1	-0.4	0.1	0.1

Tableau comparatif des résultats des modèles de calcul au décollage

Commentaire :

- Les différences entre les deux modèles de calcul sont faibles au niveau des zones étudiées, le modèle ISO9613 peut donc être validé pour le décollage.

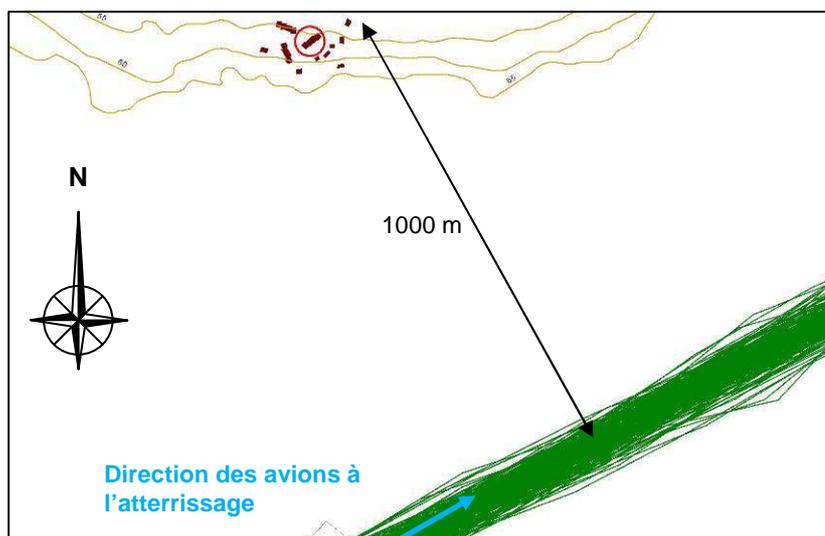
En conclusion, même si le recours à la norme ISO 9613 peut paraître a priori inadapté pour effectuer un calcul de bruit d'aéronefs, il est montré que **dans le cadre strict de cette étude à vocation exploratoire**, fondée sur une approche comparative mais nécessitant un code de calcul prenant en compte les effets de réflexion et de diffraction, la démarche proposée est pertinente.

4.3 Comparaison mesures-calcul sur un cas pratique

Afin de s'assurer de la représentativité des atténuations acoustiques calculées par le modèle ISO9613 derrière les bâtiments, une comparaison mesure-calcul a été réalisée sur un cas pratique. Le site retenu est situé à Villebon-sur-Yvette (91), en zone III du PGS de Orly. Les mesures ont été réalisées le 21 février 2013 entre 15h et 17h30 environ. Les caractéristiques du site sont les suivantes :

- Configuration atterrissage.
- Bâtiment situé à une distance de 6,6km du toucher des roues en longitudinal, et à 1km du couloir d'atterrissage en latéral. Cette configuration est donc un peu plus proche de la piste que la position centrale 10km-1km de nos scénarios de calcul.
- Le bâtiment retenu correspond à un R+4 de 13 m de hauteur sur sa façade arrière. Son orientation est quasiment parallèle au couloir d'atterrissage, comme indiqué sur le plan ci-dessous.

Planche 3 - Plan du site retenu à Villebon-sur-Yvette et photo du bâtiment testé



Les mesures ont été réalisées avec des sonomètres de classe 1, en LAeq 1s et en bande de 1/3 d'octave, avec des enregistrements audio en continu, afin de pouvoir contrôler la validité des acquisitions lors du post-traitement des mesures.

Deux sonomètres ont été positionnés de part et d'autre de la façade du bâtiment, à 2 mètres en façade, et à 4 mètres de hauteur par rapport au sol. Leurs horloges ont été parfaitement synchronisées.

Lors des mesures, le vent était de direction NE à ENE, avec des températures proches de 0° et une humidité relative d'environ 50%. La vitesse du vent était modérée à forte, et était source de perturbations ponctuelles (bruit du vent dans les arbres).

Le bruit de l'autoroute A10 était perceptible, notamment à l'arrière du bâtiment, et était responsable d'un bruit de fond de l'ordre de 47 dB(A). Les niveaux sonores en façade avant (LAMax) ne sont pas perturbés par l'A10, mais ceux en façade arrière le sont légèrement. Le rapport signal sur bruit sur le LAMax en façade arrière était compris entre 6 et 8 dB(A), ce qui est acceptable pour des mesures en LAMax, mais ne permet pas des analyses en LAeq.

Le tableau page suivante présente les points de mesure réalisés.

Point	Photo	Perception des sources de bruit
Façade avant A h=4m du sol et à 2m en façade		Passage de véhicules à proximité (+++) Bruits de nature (+) Trafic sur A10 (+) Passages d'avions (+++)
Façade arrière A h=4m du sol et à 2m en façade		Passage de véhicules à proximité (+++) Bruits de nature (++) Trafic sur A10 (+) Passages de RER (+) Passages d'avions (++)

Les évènements retenus suite au dépouillement des mesures sont présentés ci-dessous, avec les L_{Amax} mesurés :

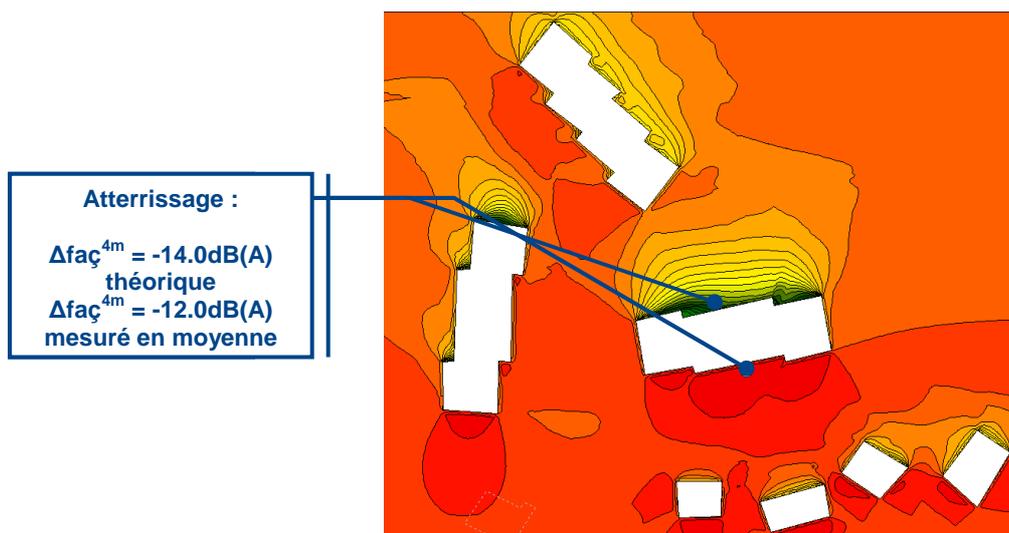
Type d'avion	Heure de passage	L _{Amax} façade avant en dB(A)	L _{Amax} façade arrière en dB(A)	Différence mesurée entre les L _{Amax} des 2 façades en dB(A)
B737	15:00	68.8	55.3	13.5
B737	15:44	66.0	55.5	10.5
A320	15:50	67.2	55.2	12.0
A320	15:56	66.6	53.8	12.8
A319	16:31	65.7	53.8	11.9
A320	16:36	66.5	53.4	13.1
A320	16:38	64.5	52.3	12.2
A320	16:50	65.5	54.1	11.4
A320	17:11	66.4	55.0	11.4
B737	17:21	65.0	52.8	12.2

Un modèle de calcul ISO9613 a ensuite été réalisé avec les adaptations suivantes par rapport au modèle utilisé dans la présente étude :

- Modélisation des principaux bâtiments autour du site (cf. carte de bruit page suivante), les hauteurs de bâtiments étant issues de relevés sur site.
- Les points de calcul sont positionnés aux emplacements de mesurage.
- Les paramètres de calcul ISO9613 ont été fixés aux conditions météorologiques rencontrées lors des mesures (température 0°C, humidité 50%).

La comparaison mesure-calcul est réalisée pour les avions de type A320 uniquement, et présentée dans le tableau et la carte de bruit ci-dessous :

Type	Type d'avion	Configuration	Différence entre les niveaux sonores de la façade exposée et de la façade protégée en dB(A)
Mesures	A320	Atterrissage	Entre 11.4 et 13.1 en LAMax
Modèle ISO 9613	A320	Atterrissage	14.0 en LAeq



En conclusion, sur le cas pratique étudié, **les atténuations calculées par le modèle ISO 9613 sont représentatives des atténuations mesurées**, même si la comparaison est difficile car réalisée sur des indicateurs différents (LAeq pour le calcul et LAMax pour la mesure), et avec des mesures légèrement influencées par le bruit de fond en façade arrière.

On peut donc considérer que les atténuations par effet de diffraction calculées par le modèle acoustique sont pertinentes, et que ce modèle peut être utilisé dans la suite de l'étude à vocation exploratoire.

5. Simulations acoustiques

On s'appliquera dans la suite à montrer les effets positifs et négatifs de l'urbanisme sur la répartition du bruit dans les différentes positions et configurations précédemment exposées.

Nota : On appelle effet positif (ou bénéfique) de l'urbanisme un type de bâtiment ou une configuration urbaine qui permet d'obtenir, sur certaines façades du bâti, des niveaux sonores sensiblement inférieurs au niveau sonore en champ libre.

Pour mémoire, les situations ayant fait l'objet de simulations sont les suivantes :

- Influence de la position.
- Influence de la hauteur.
- Influence de l'orientation.
- Influence d'une casquette horizontale.
- Influence de l'espacement.
- Influence d'une hauteur qui diminue.
- Influence d'une hauteur qui augmente.
- Influence de l'espacement horizontal.
- Forme en « U ».
- Forme en « O ».
- Forme en « T ».
- Forme en « L ».
- Forme en « U-V ».
- Influence d'une façade végétalisée

Les résultats de simulations sont présentés dans le rapport nommé RA-110337-01-B « Etude des effets du bâti sur l'exposition sonore en milieu aéroportuaire – **Annexe simulations** ».

6. Synthèse des effets observés

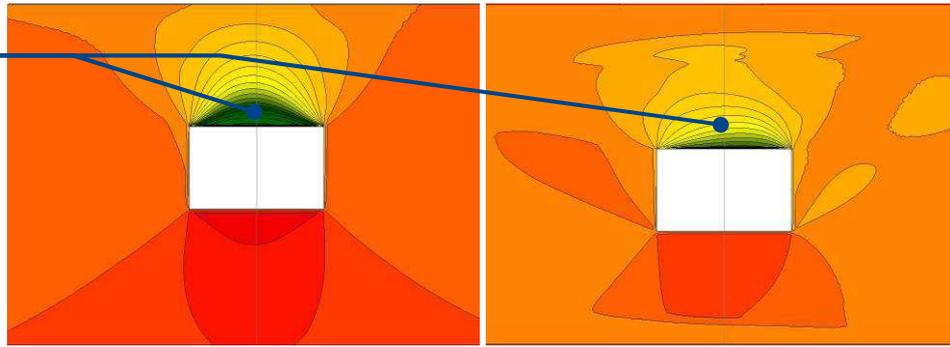
Afin de synthétiser les effets observés, des illustrations comparatives sont proposées pour les cas les plus significatifs, que les effets soient positifs ou négatifs.

6.1 Différences entre l'atterrissage et le décollage

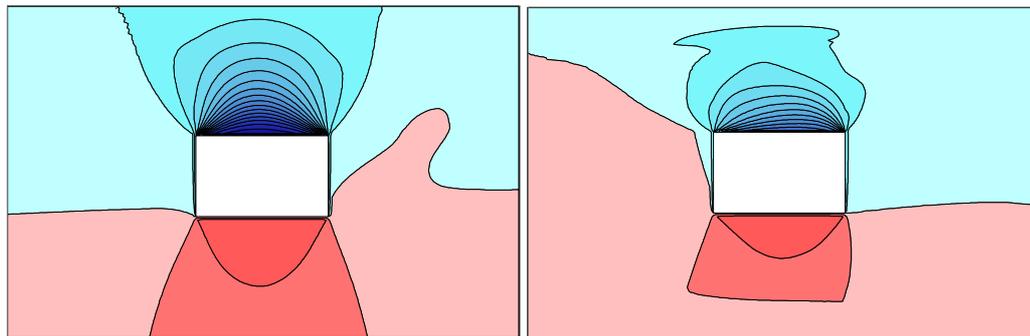
Pour une même distance à la piste, les **effets d'écran sont plus bénéfiques à l'atterrissage qu'au décollage** en raison des altitudes de vol différentes (cf. § 1.1).

Ainsi, plus l'avion est bas, plus les effets d'écran sont logiquement importants et les zones de protection étendues.

Atterrissage :
 $\Delta fa\zeta^{4m} = -16dB(A)$
 Décollage :
 $\Delta fa\zeta^{4m} = -9dB(A)$



Comparaison : à l'atterrissage (~500m d'altitude) au décollage (~900m d'altitude)



Ici par exemple, la zone de protection offerte à l'atterrissage est beaucoup plus importante à l'atterrissage qu'au décollage.

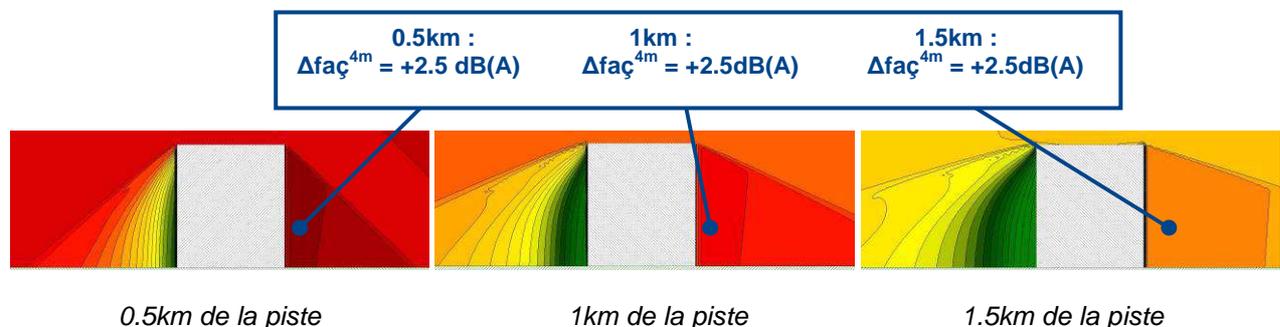
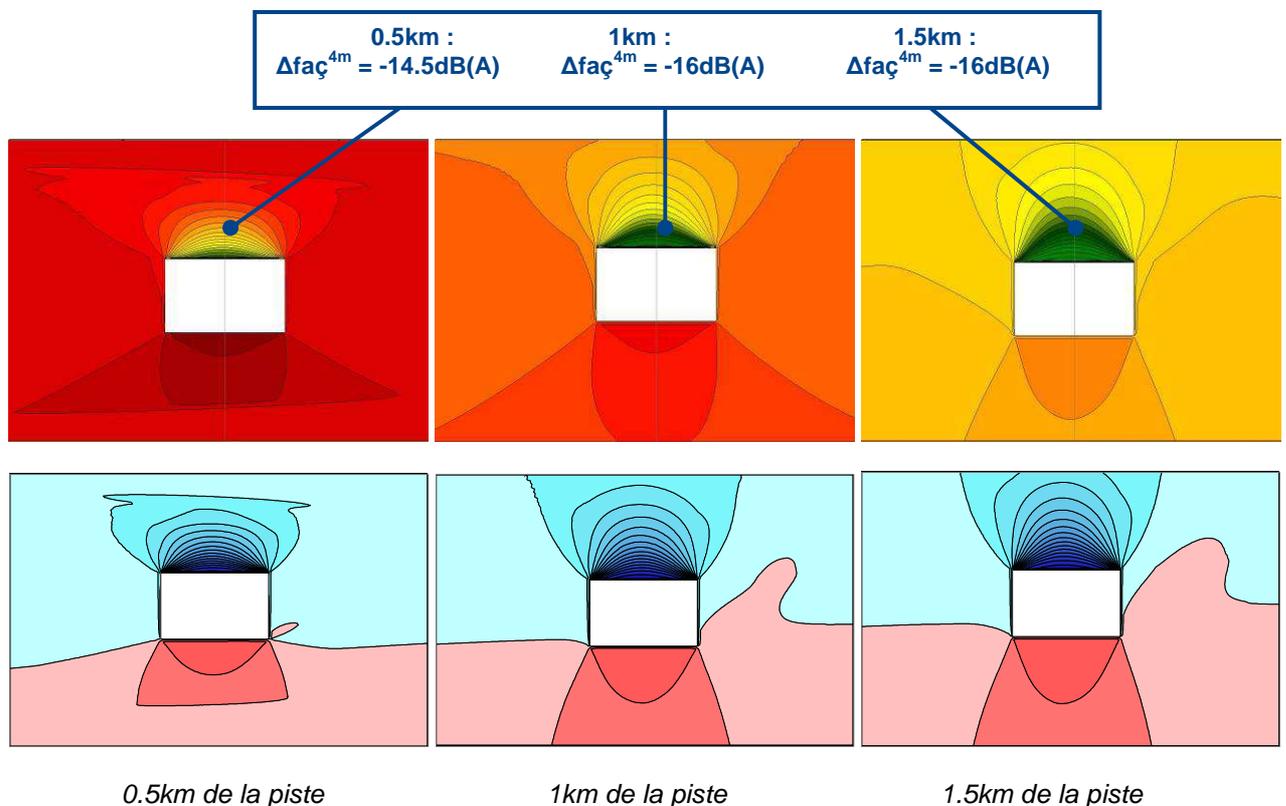
De plus, au décollage, une des façades latérales est plus protégée que l'autre, ce qui n'est pas le cas à l'atterrissage.

6.2 Impact de l'éloignement (atterrissage)

Impact de l'éloignement (atterrissage), dans le sens de la largeur :

L'éloignement transversal (perpendiculairement à l'axe de la piste) a plutôt des effets bénéfiques. Même si le niveau général augmente à proximité de la piste, on note plusieurs effets :

- Meilleure protection de la façade opposée à la piste si l'on éloigne le bâtiment.
- Meilleure zone de protection offerte derrière le bâtiment si on l'éloigne de la piste.
- Les réflexions sur la façade exposée créent une zone de renforcement plus large lorsqu'on éloigne le bâtiment.

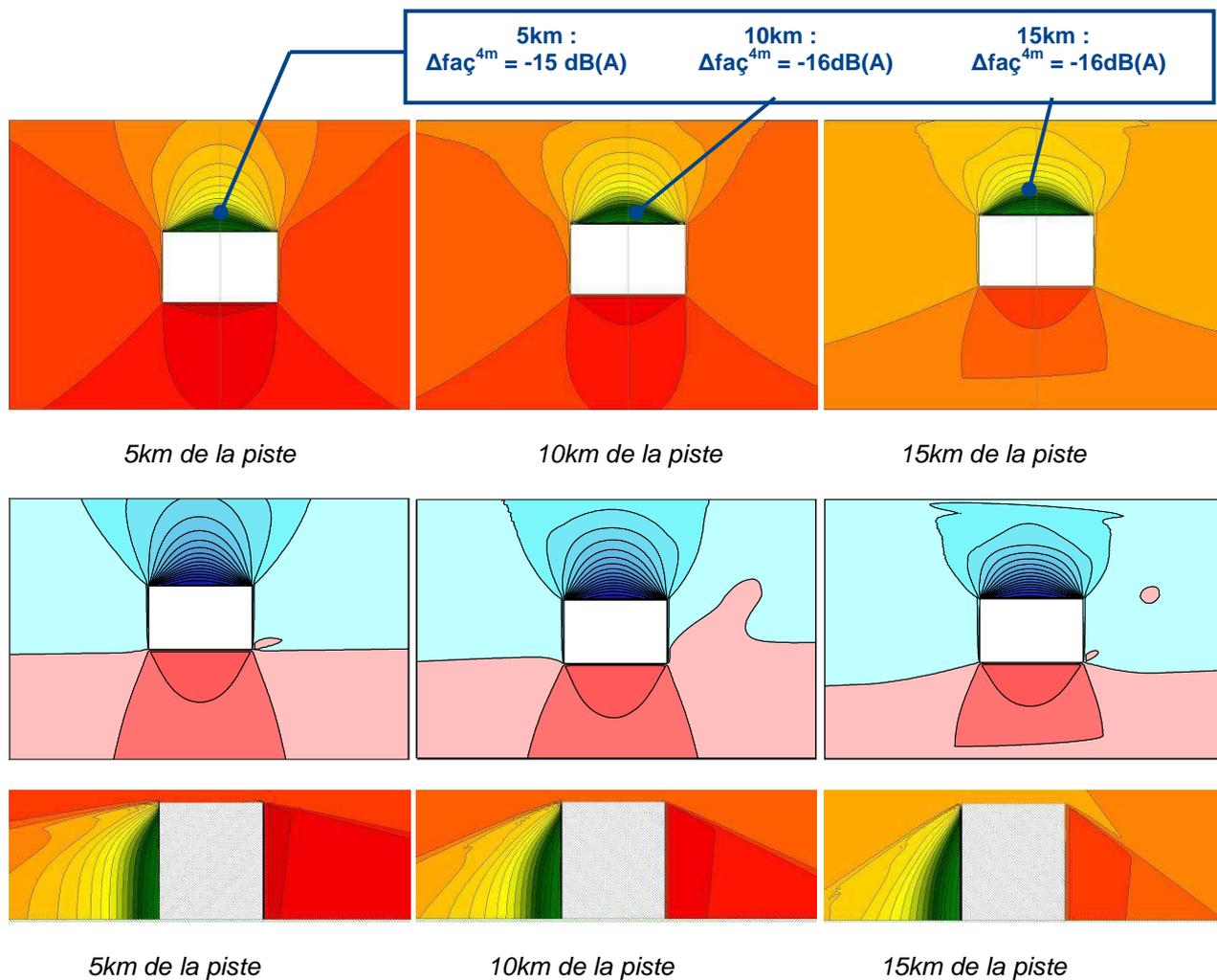


La vue en coupe est plus parlante : les zones d'atténuation et de renforcement augmentent avec la distance.

Impact de l'éloignement (atterrissage), dans le sens de la longueur :

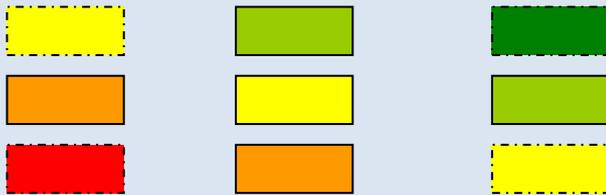
Le rapprochement dans l'axe de la piste a plutôt des effets bénéfiques :

- Meilleure protection de la façade opposée à la piste si l'on rapproche le bâtiment.
- Meilleure zone de protection offerte derrière le bâtiment si on le rapproche de la piste.
- Les réflexions sur la façade exposée créent une zone de renforcement plus large lorsqu'on se rapproche le bâtiment.



Résumé : Impact de l'éloignement à l'atterrissage

En résumé, il vaut mieux se placer logiquement là où l'angle d'incidence de l'avion est faible, ceci permet en effet d'avoir une plus grande zone de protection derrière le bâtiment, tant pour la façade protégée, que pour d'autres bâtiments éventuels, de petites dimensions (ex : maisons individuelles).
Par ailleurs, même si la zone de renforcement s'agrandit lorsque l'angle d'incidence est faible, le renforcement en façade reste similaire.
Les zones vertes ci-dessous indiquent les zones les mieux protégées.



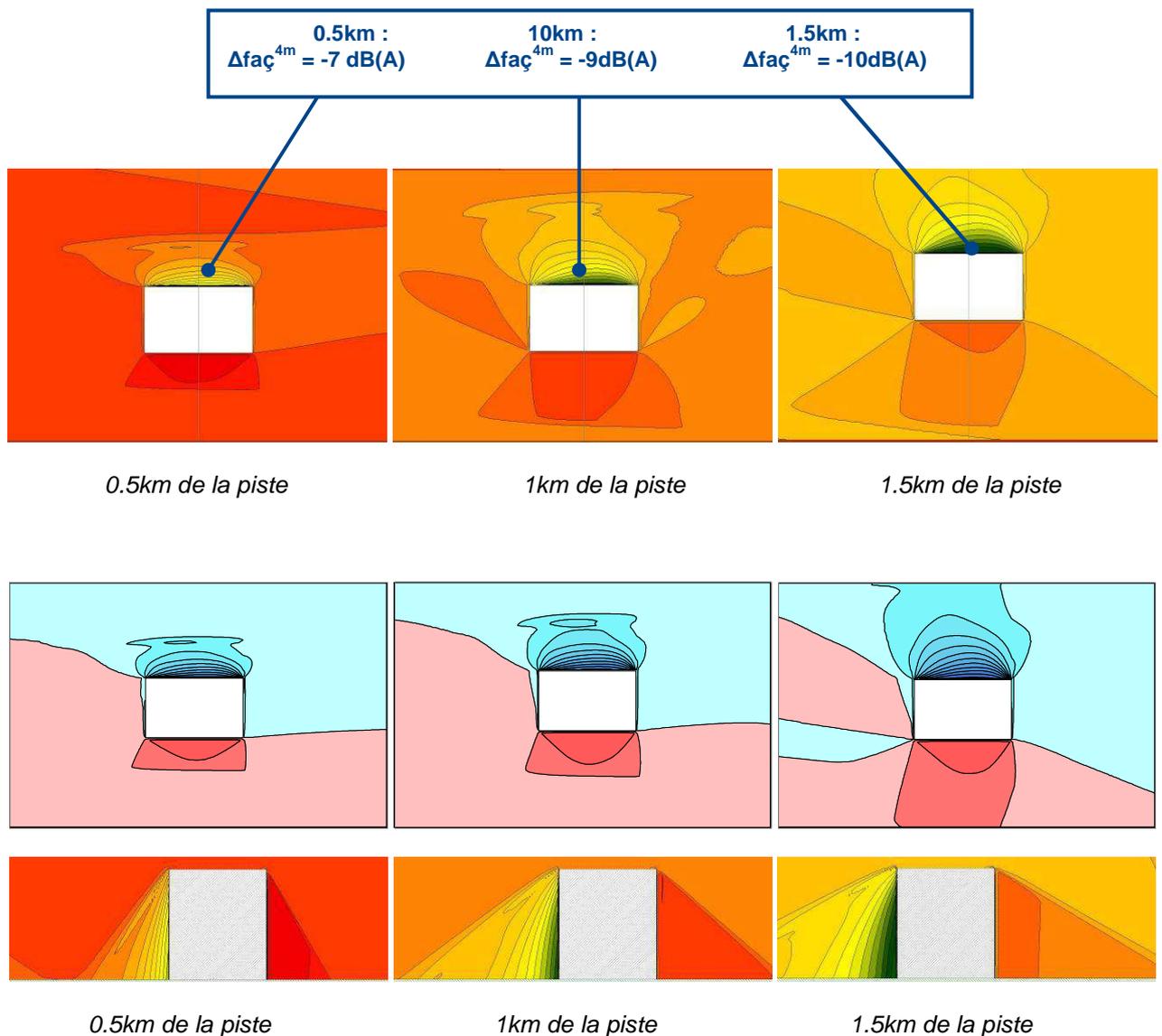
Piste

6.3 Impact de l'éloignement (décollage)

Impact de l'éloignement (décollage), dans le sens de la largeur :

L'éloignement transversal a plutôt des effets bénéfiques. Même si le niveau général augmente à proximité de la piste, on remarque plusieurs choses :

- Meilleure protection de la façade opposée à la piste si l'on éloigne le bâtiment.
- Meilleure zone de protection offerte derrière le bâtiment si on l'éloigne de la piste.
- Les réflexions sur la façade la plus exposée créent une zone de renforcement plus large lorsqu'on éloigne le bâtiment.

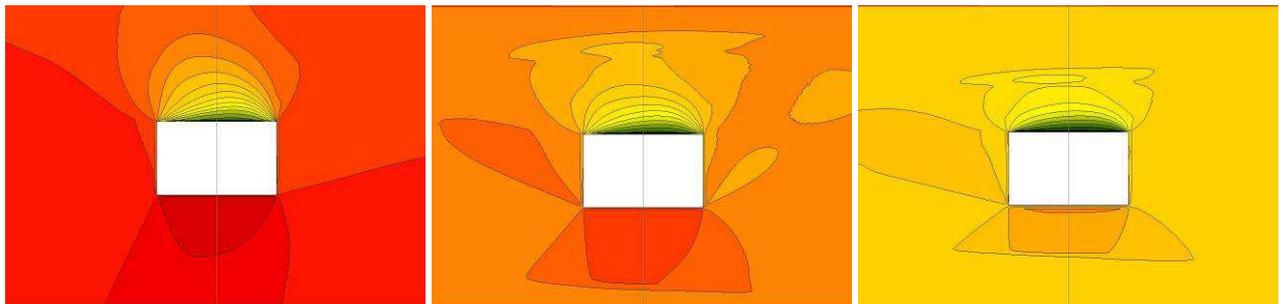


La vue en coupe est plus parlante pour montrer le fait que les zones d'atténuation et de renforcement s'élargissent avec la distance, comme pour l'atterrissage.

Impact de l'éloignement (décollage), dans le sens de la longueur :

Le rapprochement dans l'axe de la piste a plutôt des effets bénéfiques :

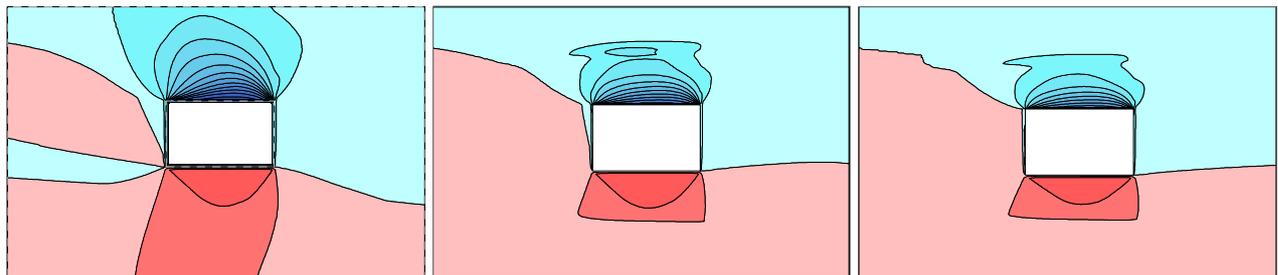
- Meilleure protection de la façade opposée à la piste si l'on rapproche le bâtiment.
- Meilleure zone de protection offerte derrière le bâtiment si on le rapproche de la piste.
- Les réflexions sur la façade exposée créent une zone de renforcement plus large lorsqu'on se rapproche le bâtiment.
- La façade la plus orientée vers la piste subit des hausses sonores.



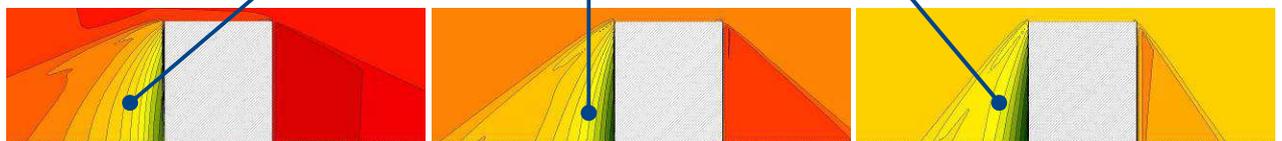
5km de la piste

10km de la piste

15km de la piste



5km : $\Delta fa\grave{c}^{4m} = -12 \text{ dB(A)}$	10km : $\Delta fa\grave{c}^{4m} = -9 \text{ dB(A)}$	15km : $\Delta fa\grave{c}^{4m} = -7 \text{ dB(A)}$
--	--	--



5km de la piste

10km de la piste

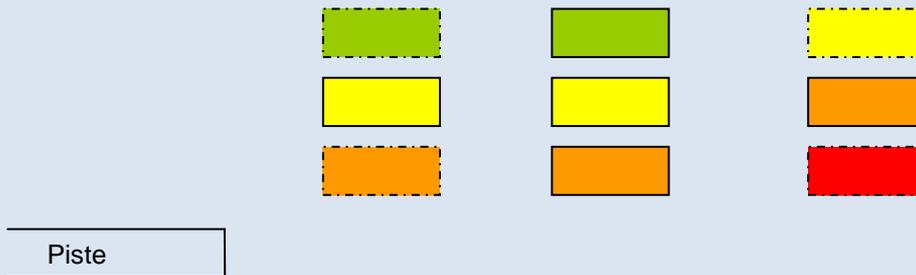
15km de la piste

Résumé : Impact de l'éloignement au décollage

En résumé, comme pour l'atterrissage, il vaut mieux se placer là où l'angle d'incidence de l'avion est faible afin d'avoir une plus grande zone de protection à l'arrière du bâtiment. Cependant, il faut bien faire attention aux renforcements latéraux qui apparaissent si l'on se rapproche de la piste.

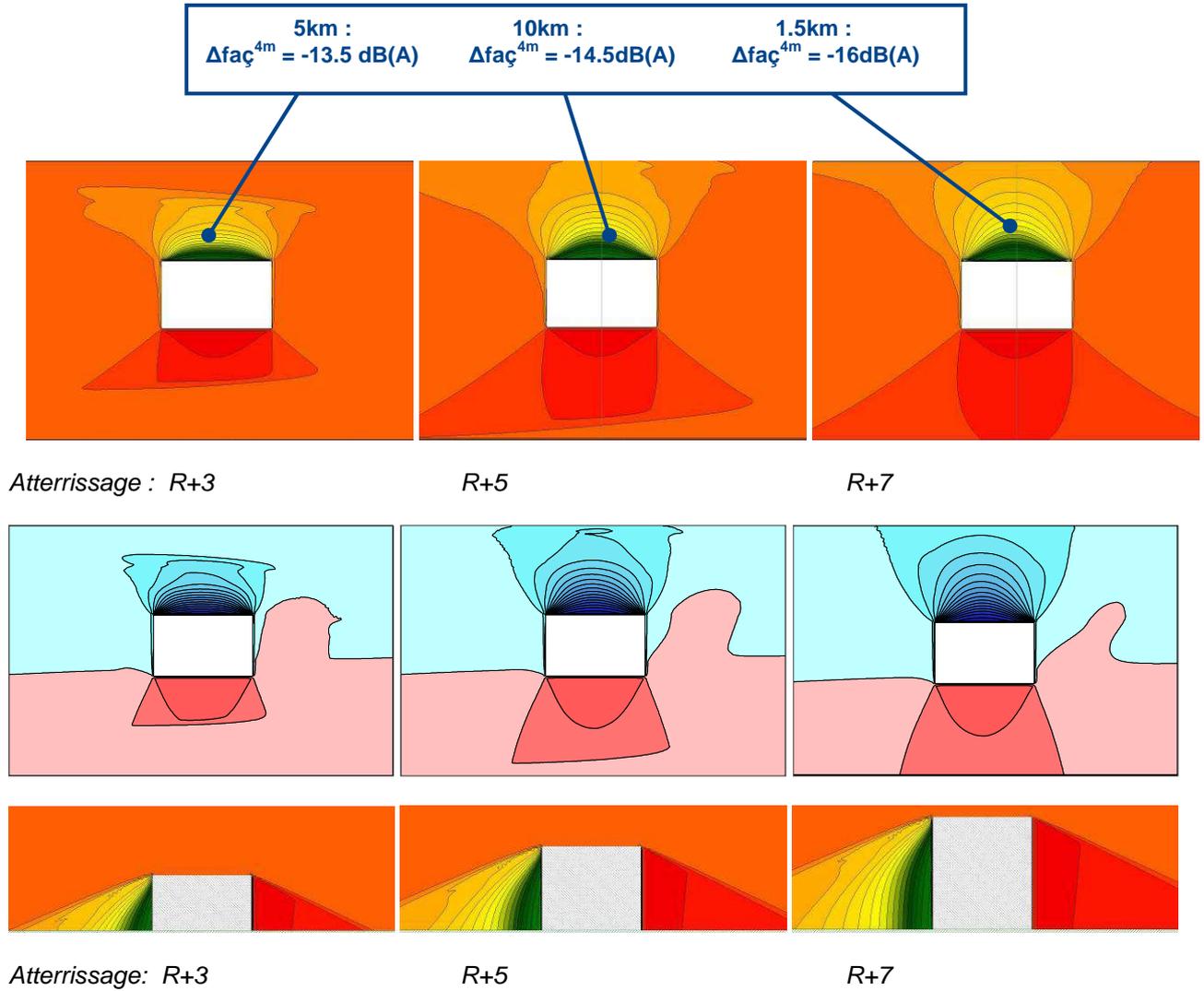
Par ailleurs, même si les zones de renforcement augmentent lorsque l'angle d'incidence est faible, le niveau sonore de ce renforcement reste similaire.

Les zones vertes ci-dessous indiquent les zones les mieux protégées.



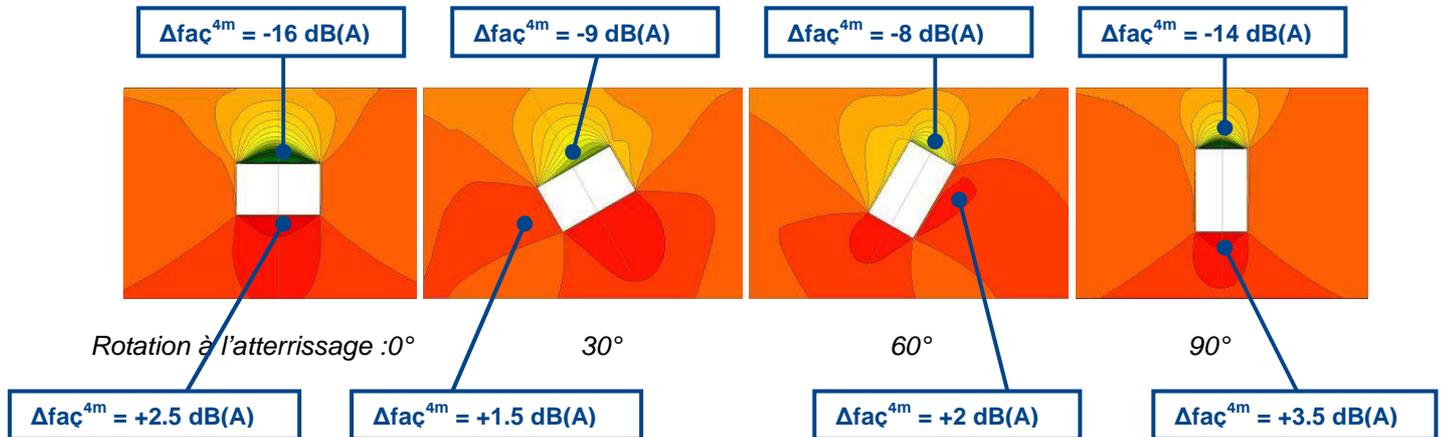
6.4 Impact de la hauteur

Les immeubles de **faible hauteur offrent une zone de protection réduite**, tant à l'atterrissage qu'au décollage. Seuls les immeubles de R+5 et R+7 permettent d'offrir une zone d'ombre intéressante.



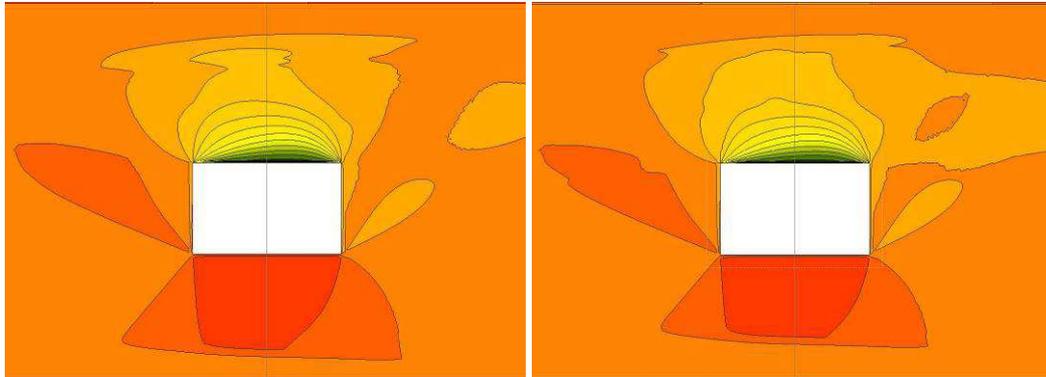
6.5 Impact de l'orientation

L'orientation a des effets contradictoires : un **immeuble parallèle à la piste a une façade très défavorisée, mais il protège mieux** qu'un bâtiment orienté à 30° qui permet d'avoir des hausses limitées mais plus nombreuses.



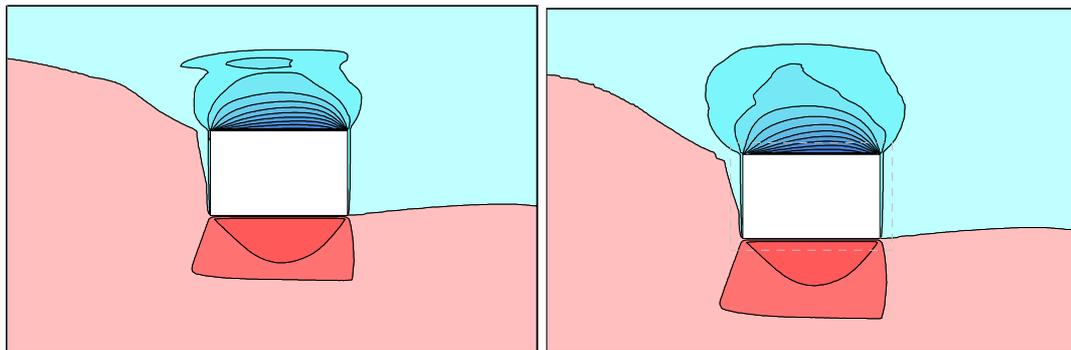
6.6 Impact d'une casquette horizontale

La casquette protège surtout aux derniers étages.



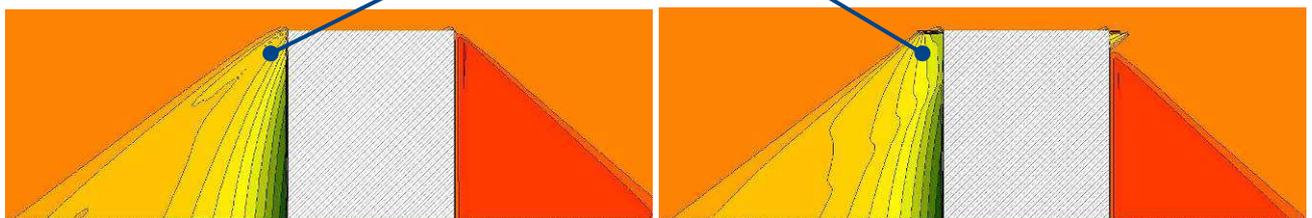
Comparaison au décollage : sans casquette

et avec casquette



Sans
 $\Delta fac^{22m} = -2.5 \text{ dB(A)}$

Avec
 $\Delta fac^{22m} = -6.5 \text{ dB(A)}$



Comparaison au décollage : sans casquette

et avec casquette

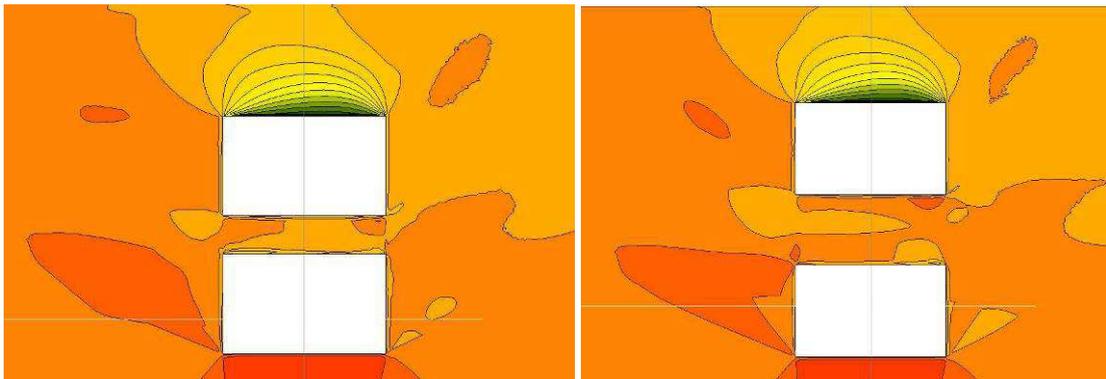
On voit sur les vues en coupe que l'effet de la casquette (dont la dimension est ici limitée à 3m) est efficace uniquement aux derniers étages.

6.7 Impact de bâtiments faisant écran

Influence de l'espacement entre bâtiments

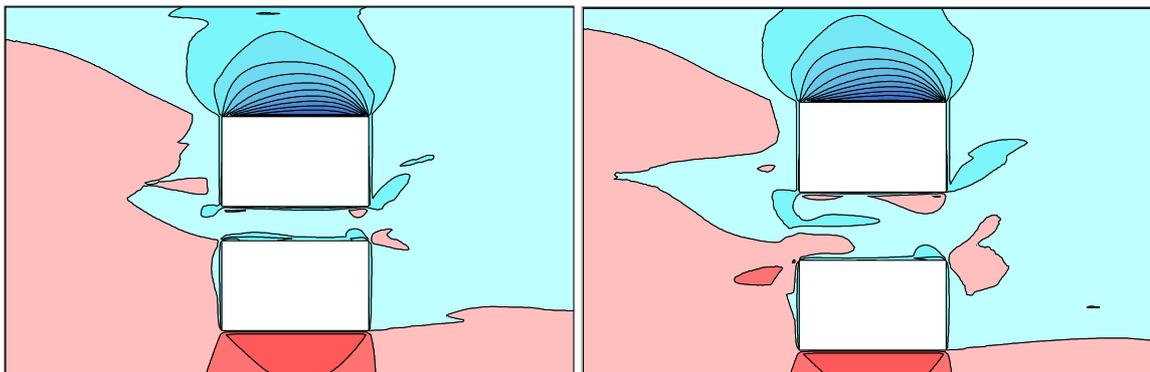
Les **effets bénéfiques** obtenus pour un bâtiment seul (cf. paragraphes précédents) **sont amoindris par l'effet des réflexions lorsqu'on place un second bâtiment** derrière la façade protégée. Les effets de réflexion n'estompent plus les effets d'écran des bâtiments pour une distance **d'environ 60m** entre les bâtiments.

Les tests réalisés avec 8m et 16m d'espacement ne montrent pas d'effets bénéfiques, mais plutôt un renforcement du bruit entre les bâtiments.

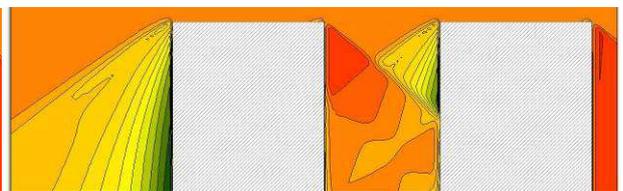


Espacement entre les bâtiments: 8m

16m (au décollage)



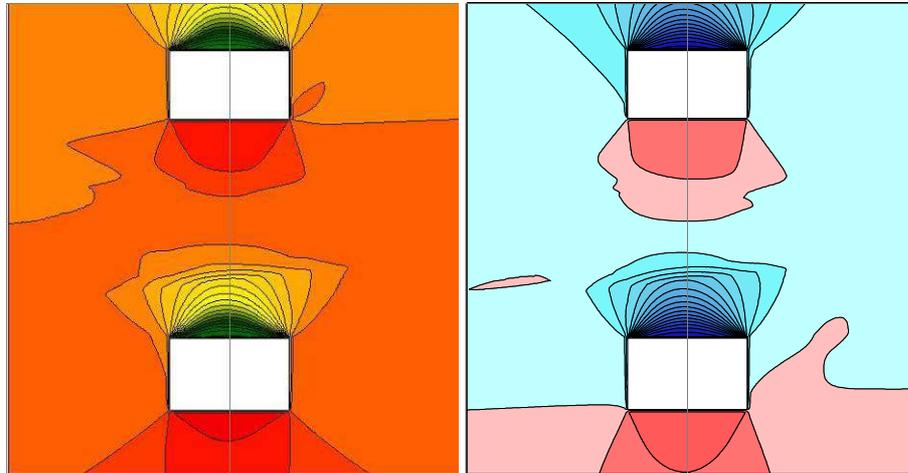
Espacement entre les bâtiments: 8m



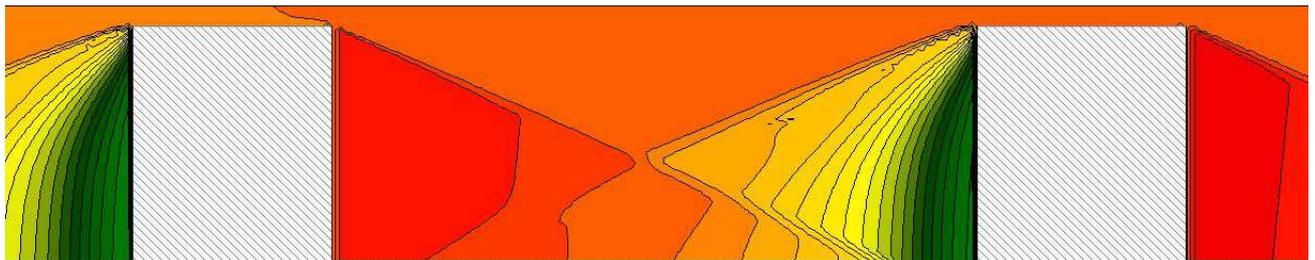
16m (au décollage)

On voit par exemple sur ces vues en coupe qu'il y a des renforcements de bruit en partie haute du bâtiment. En outre, l'effet d'écran est très atténué puisque les niveaux sonores à 4m sont similaires à une situation sans bâtiment.

Les simulations ont montré qu'à **partir d'un espacement de 64m, les effets néfastes des réflexions disparaissent** : la façade arrière est protégée comme pour une situation d'un bâtiment isolé.



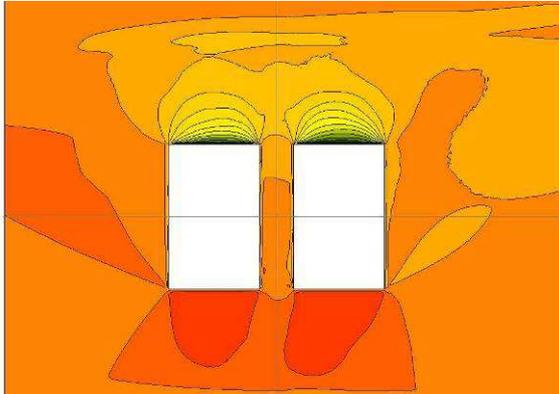
Espacement entre les bâtiments: 64m (au décollage)



Espacement entre les bâtiments: 64m (au décollage) – vue en coupe

Influence de l'espacement latéral entre les bâtiments

Un **faible espacement latéral** permet une très **légère atténuation** du bruit entre les bâtiments. En revanche, avec un espacement plus important on constate plutôt des **zones de renforcement ponctuelles**.

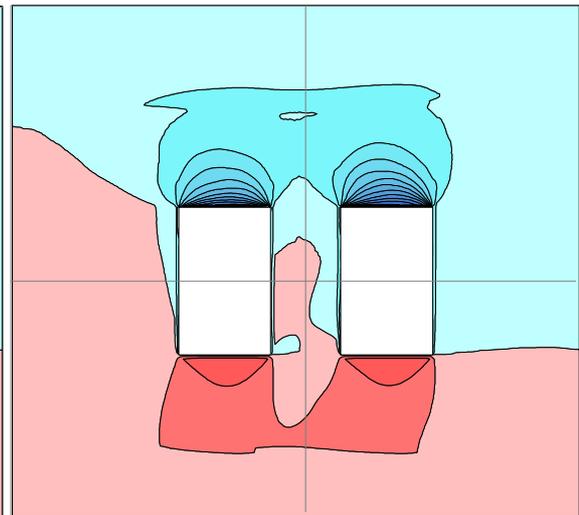
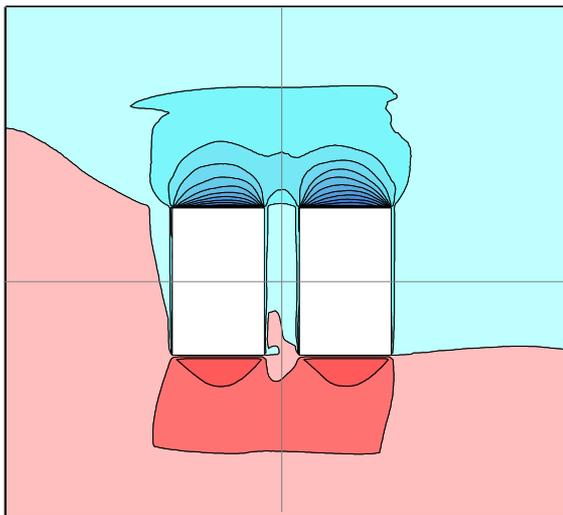


Espacement entre les bâtiments: 8m



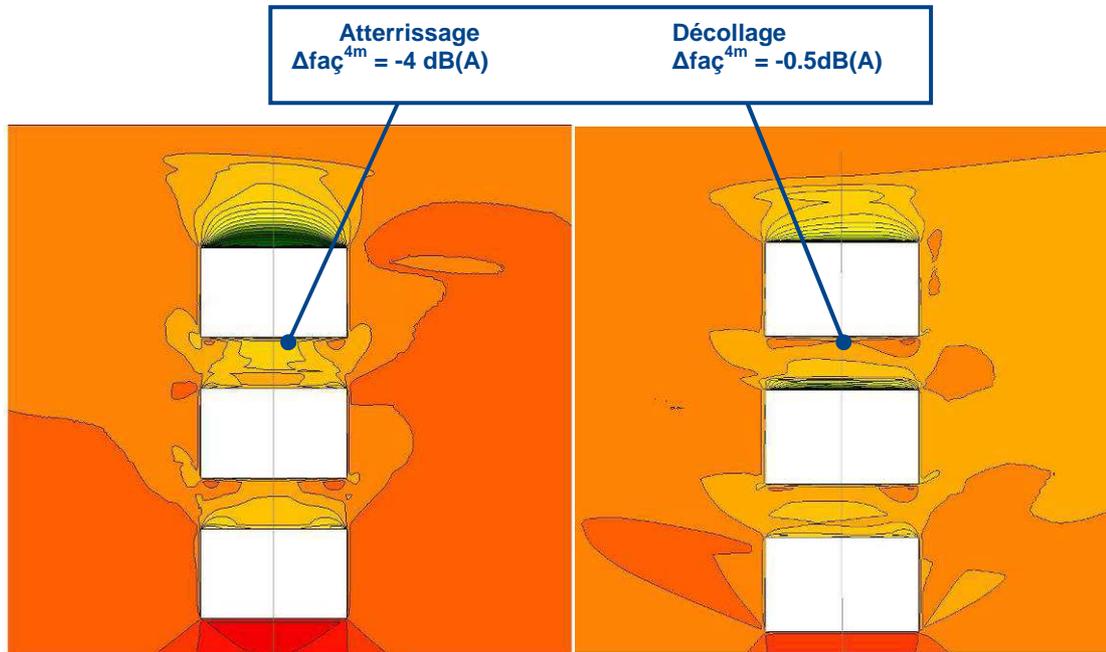
et

16m (détachement)



Influence d'une hauteur qui diminue

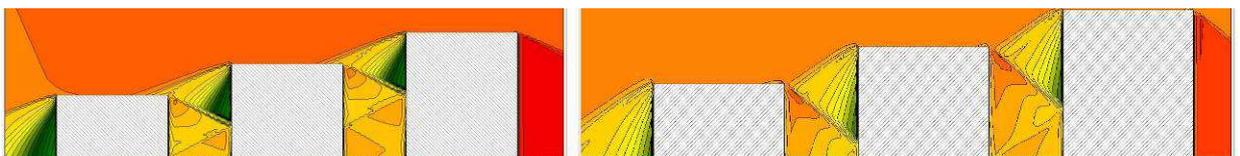
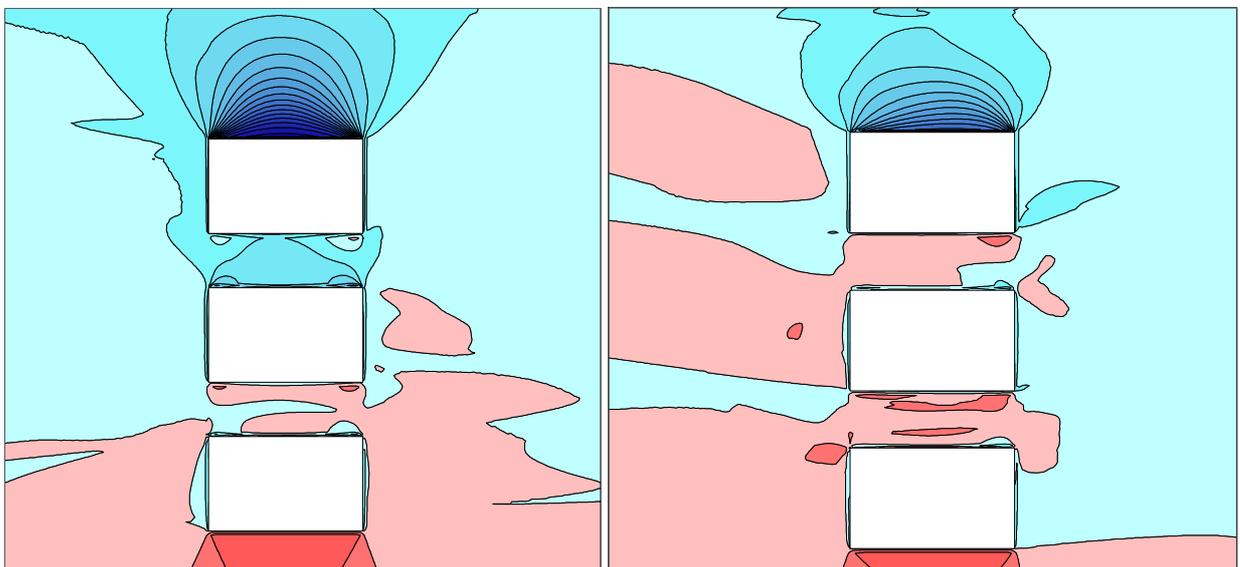
Plus l'angle d'incidence est faible, plus l'effet d'écran est bénéfique.



Différence d'effet d'écran entre : Atterrissage

et

Décollage



Différence d'effet d'écran entre : Atterrissage

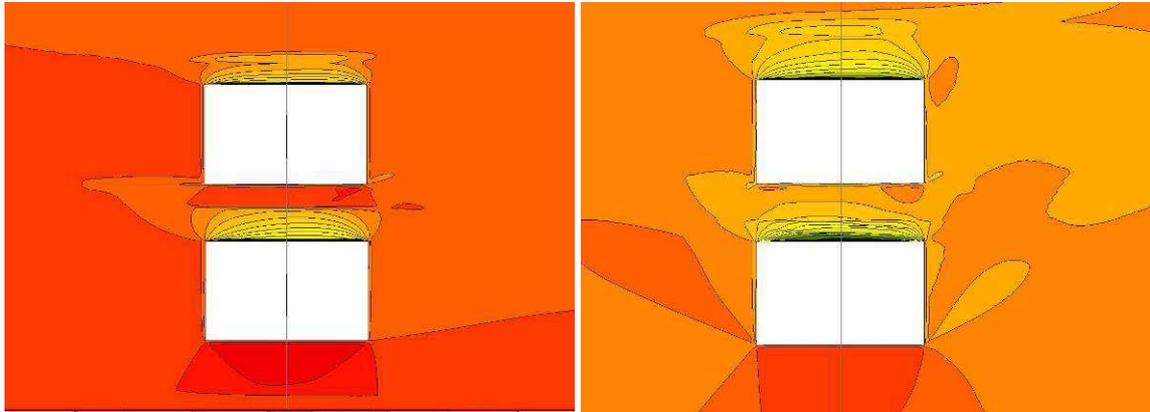
et

Décollage

On peut voir sur la coupe en décollage (exemple situé en position centrale), qu'un angle d'incidence légèrement plus élevé pourrait faire apparaître des renforcements de bruit entre les bâtiments.

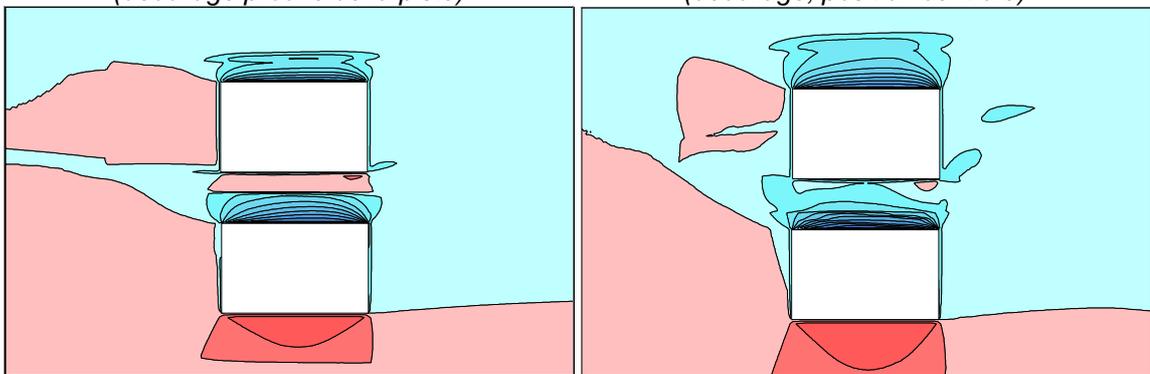
Grande différence de hauteur entre bâtiments

Une grande différence de hauteur permet d'être protégé dans presque toutes les zones de calcul.

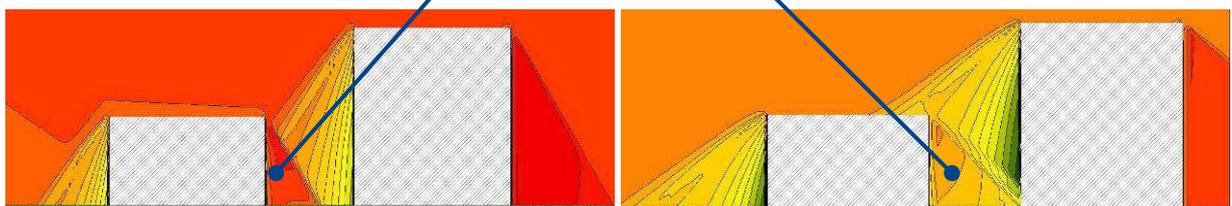


Comparaison entre : situation la plus défavorable (décollage proche de la piste)

et situation intermédiaire (décollage, position centrale)



<p>Défavorable $\Delta fa\grave{c}^{4m} = 0 \text{ dB(A)}$</p>	<p>Intermédiaire $\Delta fa\grave{c}^{4m} = -1 \text{ dB(A)}$</p>
--	---



Comparaison entre : situation la plus défavorable

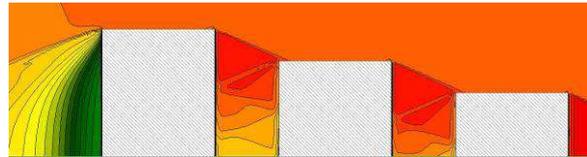
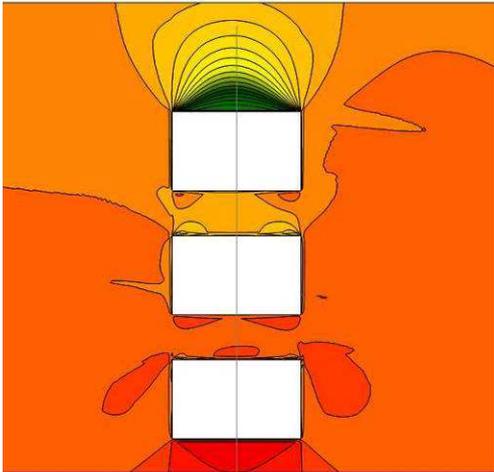
et

situation intermédiaire

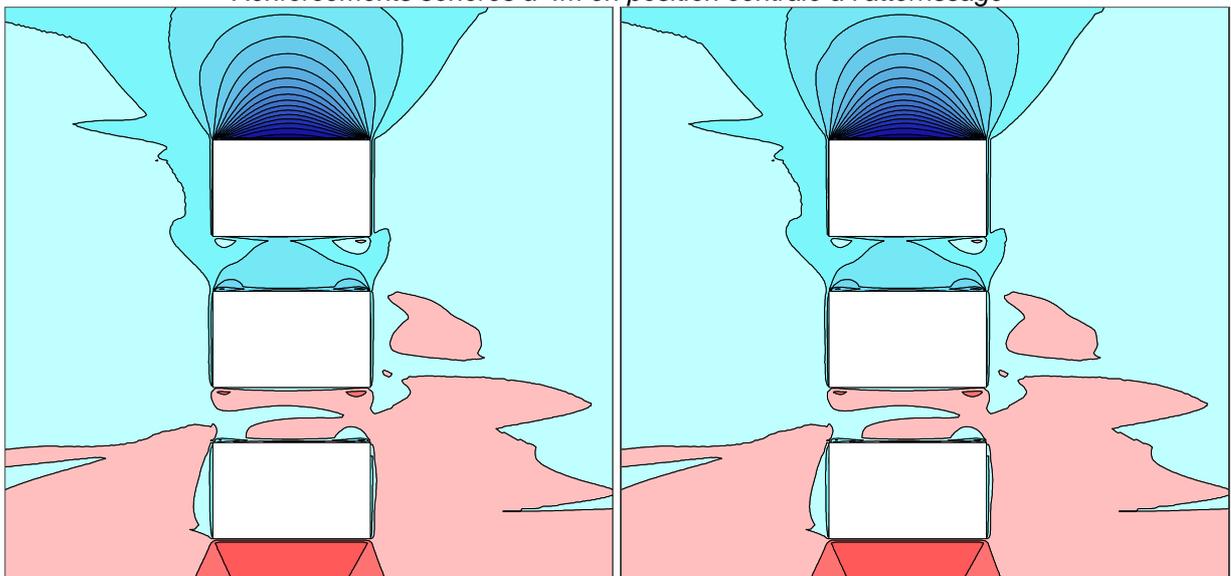
Ici par exemple, les vues en coupe montrent des atténuations sur l'ensemble de la façade arrière, et le « petit » bâtiment est relativement protégé.

Influence d'une hauteur qui augmente

Comme nous pouvons l'imaginer, **augmenter les hauteurs de bâtiment renforce les niveaux sonores** entre ceux-ci.



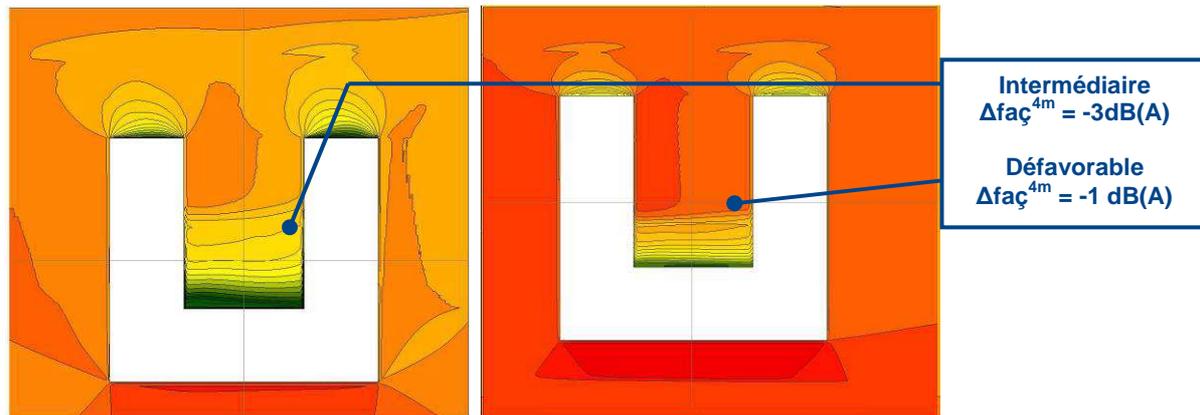
Renforcements sonores à 4m en position centrale à l'atterrissage



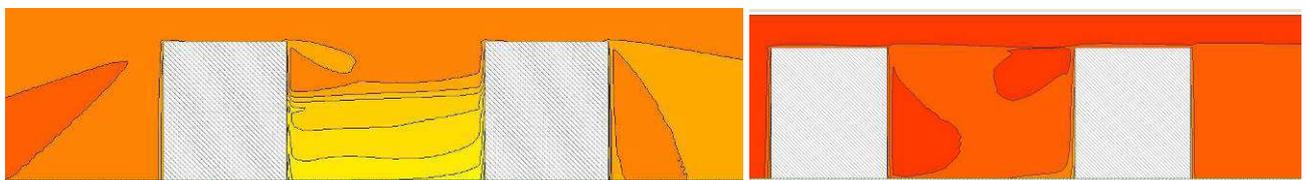
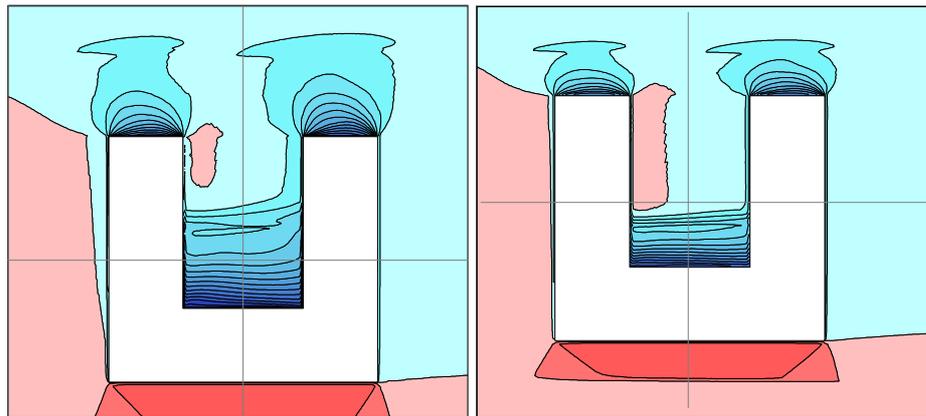
6.8 Impact de la forme du bâti

La forme en « U »

Le « U » offre une **cour intérieure relativement bien protégée** et des **façades latérales sans renforcement sonore** significatif, dans toutes les zones de calcul testées.



Comparaison du « U » au décollage : en position intermédiaire et en position la plus défavorable

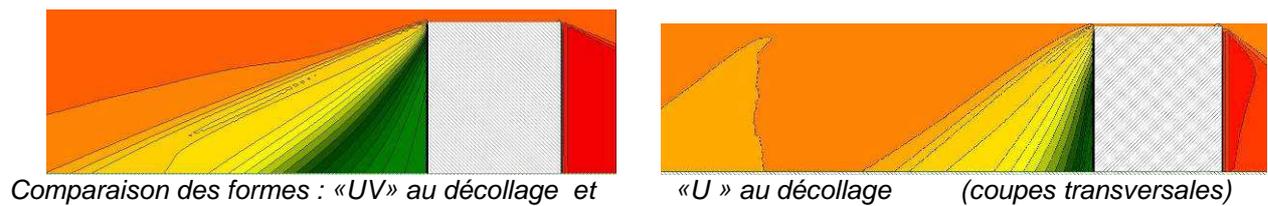
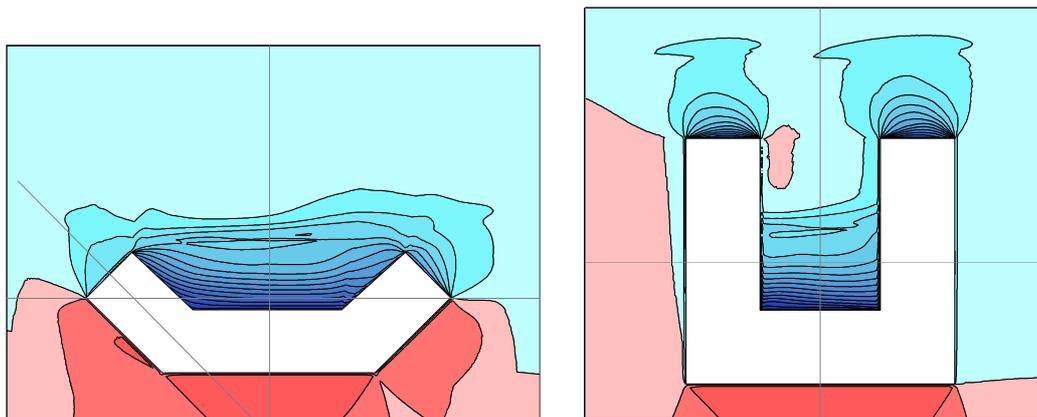
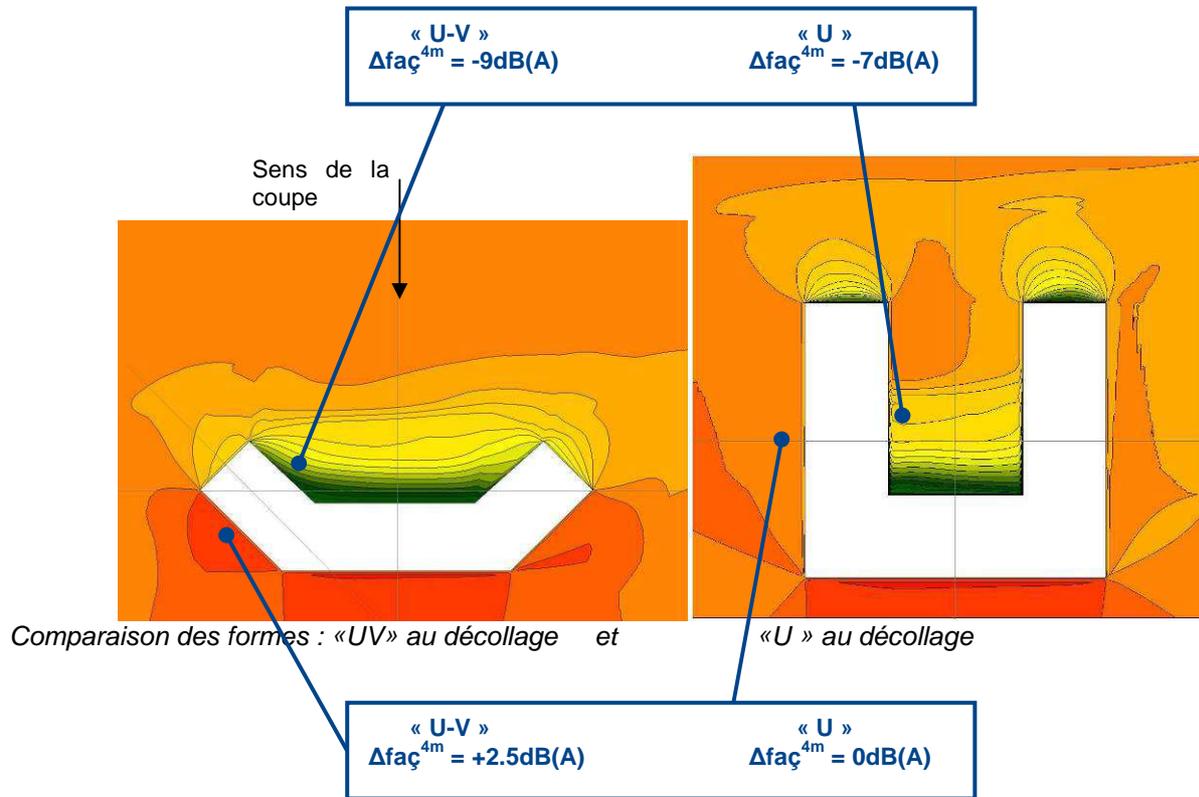


Comparaison du « U » au décollage : en position intermédiaire et en position la plus défavorable (coupe)

On voit sur ces vues en coupes que lorsque l'angle d'incidence de l'avion est élevé (images de droite), la façade arrière du « U » reste protégée, mais les « branches » du « U » ne le sont plus.

La forme en « U-V »

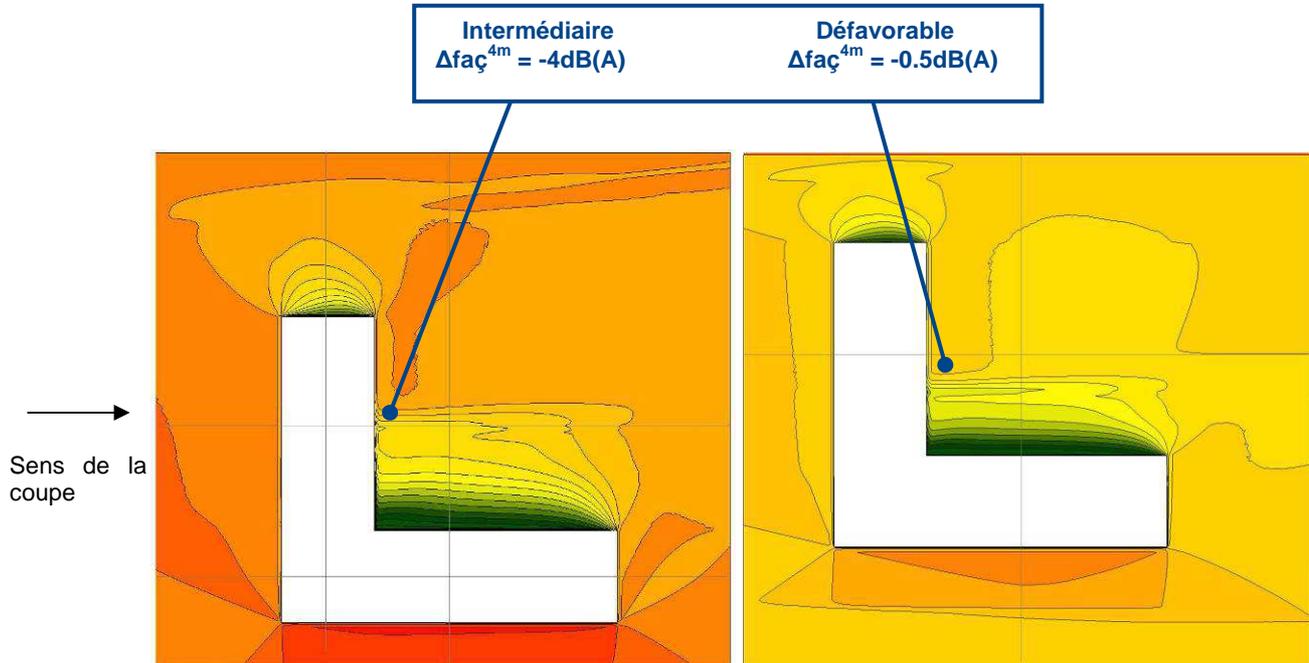
Le « U-V » permet une meilleure protection de la cour intérieure que le « U », cependant les façades latérales sont plus exposées.



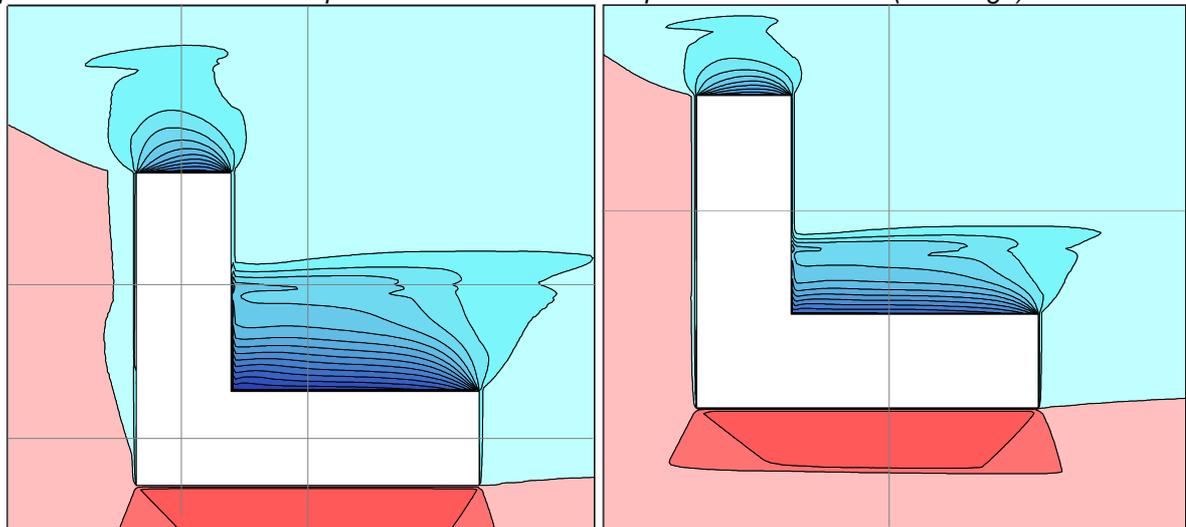
La forme en « L »

Le « L » offre une **cour intérieure bien protégée** et un **renforcement sonore restreint sur les façades latérales**, pour toutes les zones de calcul testées.

Il convient évidemment de bien orienter le « L » par rapport à la piste.



Comparaison entre le « L » : en position centrale et en position défavorable (décollage)



Comparaison entre le « L » : en position intermédiaire et en position défavorable (coupe)

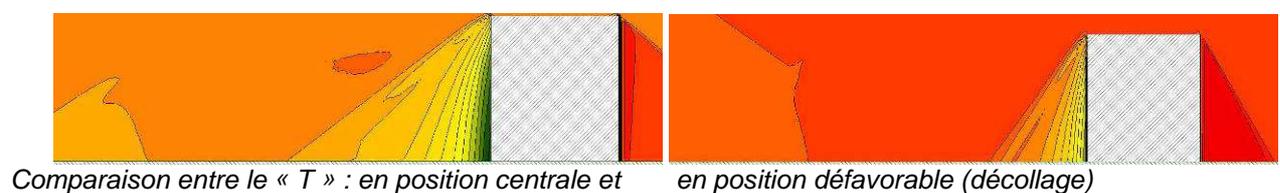
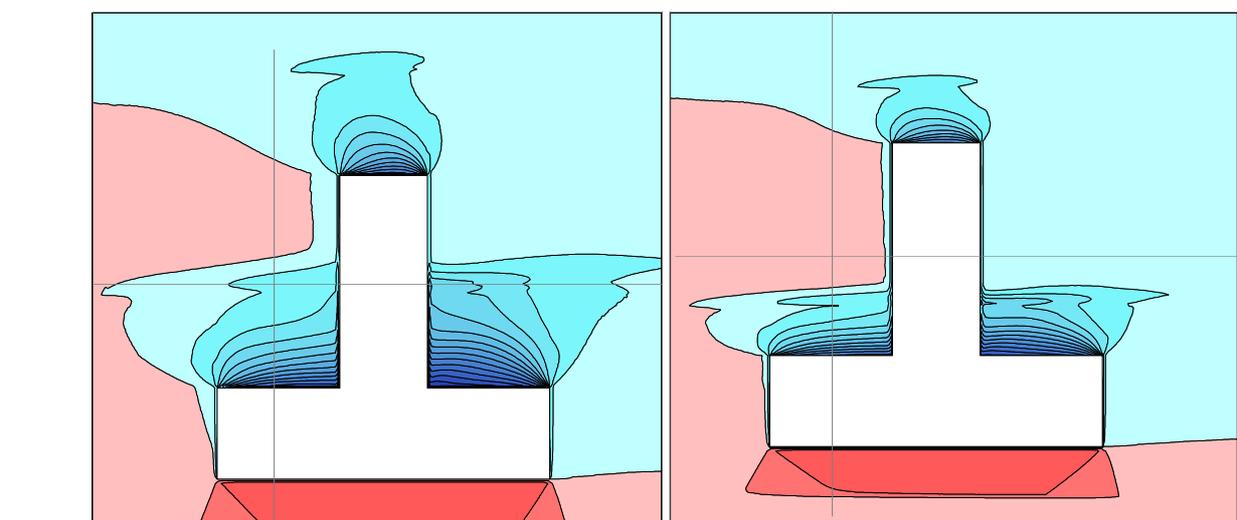
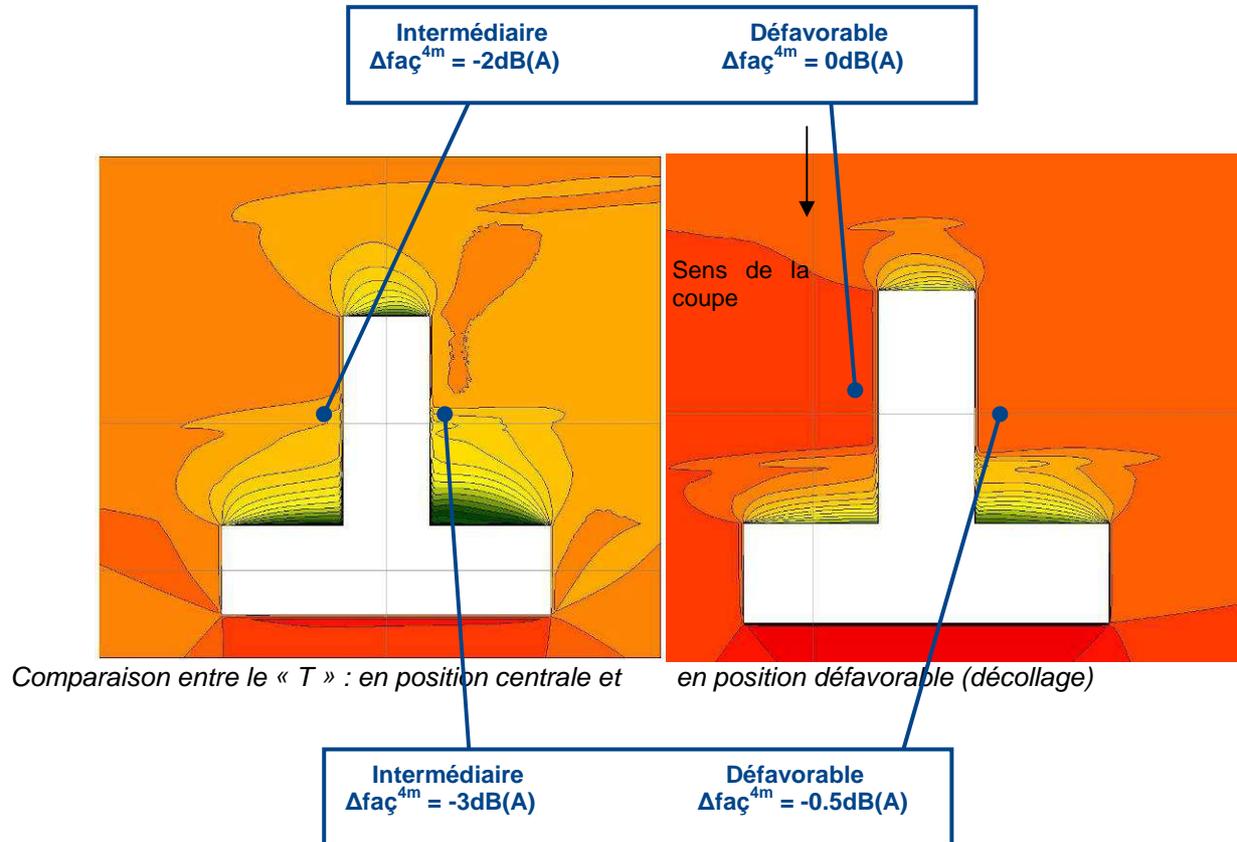
La forme en « L » permet, dans une logique de logements traversants, qu'une partie des logements soient plus protégés.

Pour les étages hauts de la branche « verticale » du « L », les logements restent toutefois exposés de part et d'autre.

La forme en « T »

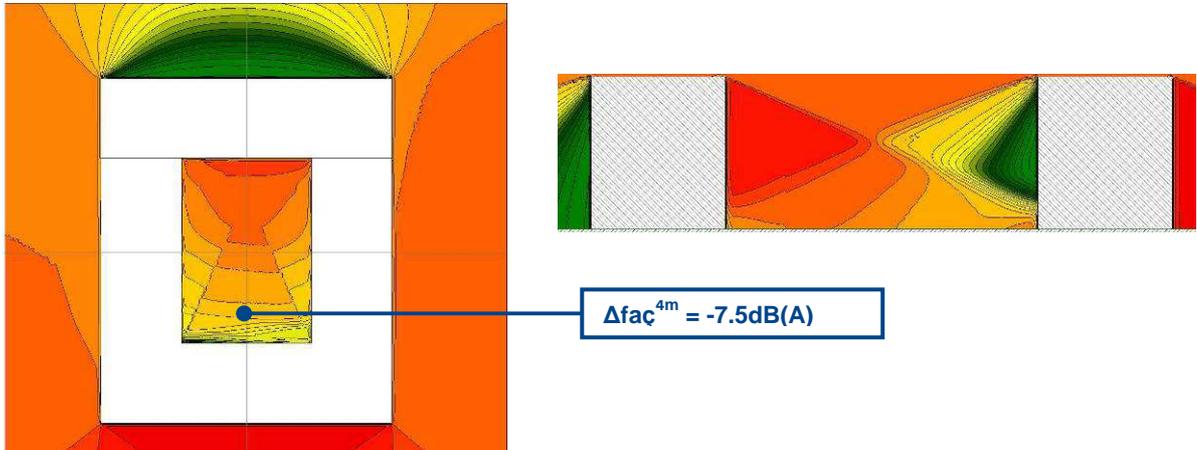
Le « T » est **moins intéressant que le « L »**, car la branche verticale du « T » est moins protégée que celle du « L ».

Dans le cas de logements traversants, cette configuration est donc moins intéressante.

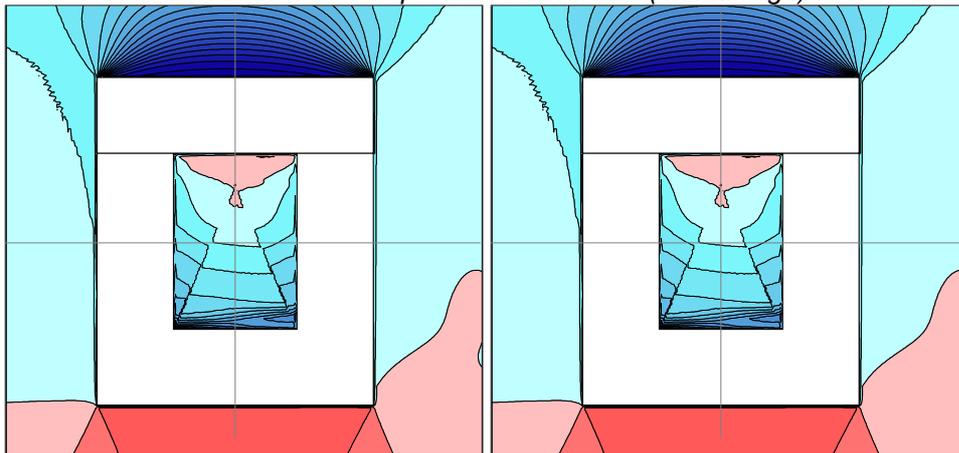


La forme en « O »

Le « O » est une forme dont la **cour intérieure est très exposée** au bruit du fait des réflexions. Cette forme n'est donc pas intéressante.



Forme en « O » en position défavorable (atterrissage)



En résumé sur les formes de bâti :

Les formes intéressantes sont :

- Le « U », le « L » (bien orienté) et le « U-V »

Elles permettent :

- Une protection sonore intérieure accrue.
- La limitation des effets de réflexions latérales, sauf pour « U-V ».
- D'être utilisée dans toutes les positions étudiées.
- En cas d'appartements traversants, une partie du logement peut être mieux protégée du bruit.

Une forme utile :

- Le « T »

Il permet :

- Une protection sonore intérieure correcte.

Ses limites :

- Moins efficace en positions très défavorables.
- Gain en protection sonore faible par rapport à un bâtiment rectangulaire.

Une forme à éviter :

- Le « O »

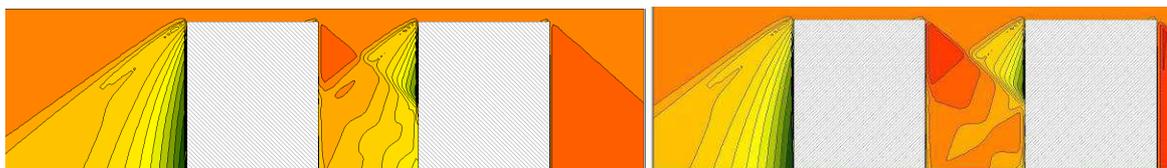
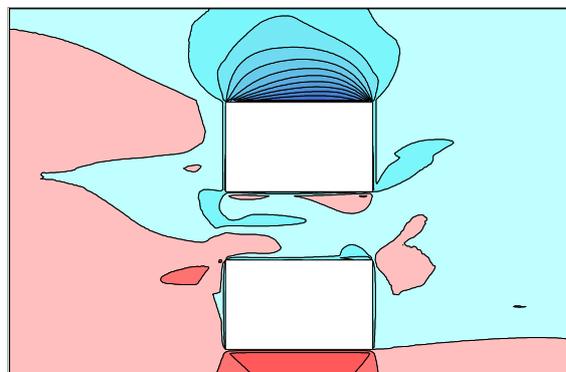
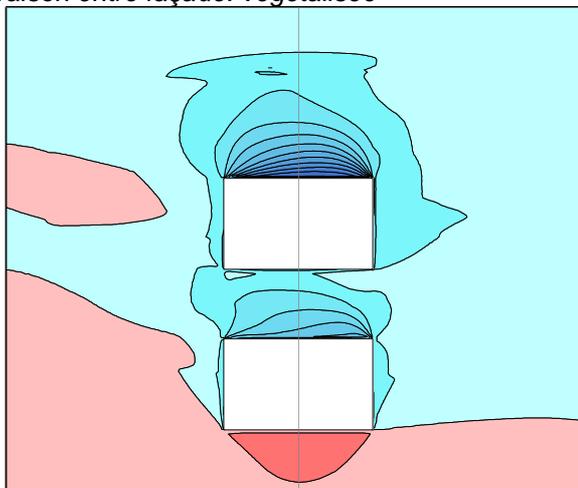
6.9 Influence d'une façade végétalisée

La façade végétalisée a des effets bénéfiques puisqu'elle permet de mieux **protéger les façades en vis à vis en limitant les réflexions parasites** entre les bâtiments, lorsque ceux-ci sont relativement proches.



Comparaison entre façade: végétalisée et

non végétalisée (décollage)



Comparaison entre façade: végétalisée

et non végétalisée (décollage)

7. Conclusions

En première approche, sur la base des tests effectués à l'aide de configurations de calculs simples, il est possible de dégager certaines tendances, plus ou moins prévisibles intuitivement, répondant à l'objectif de l'étude.

Les principes bénéfiques qui se dégagent des variations de formes urbaines sont les suivants :

- A l'atterrissage, l'angle d'incidence de l'avion est plus faible qu'au décollage, ce qui permet une meilleure protection de la façade opposée à la piste. De plus, le bruit de l'avion est modélisé sans directivité à l'atterrissage (conformément aux paramètres AzB pour l'A320) ce qui implique des renforcements latéraux moins importants qu'au décollage.
- L'éloignement transversal permet également de réduire l'angle d'incidence de l'avion, et est donc bénéfique pour la protection de la façade opposée à la piste.
- Le rapprochement longitudinal : comme précédemment, l'avion étant plus bas, l'angle d'incidence est réduit et la protection est meilleure.
- Positionner des petits bâtiments derrière des grands : Si la différence de hauteur est significative et s'ils ne sont pas trop éloignés, un grand bâtiment protégera des bâtiments plus petits. La position géographique vis-à-vis de la piste a également son importance :
 - Les positions défavorables sont : proche transversalement et éloigné longitudinalement.
 - Les positions favorables sont : éloigné transversalement et proche longitudinalement.
- Espacer les bâtiments : Si les bâtiments sont suffisamment éloignés (à partir d'une soixantaine de mètres d'après les simulations), ils n'interagissent pas entre eux et il n'y a donc pas d'augmentation des niveaux sonores entre les bâtiments.
- Avoir des façades végétalisées permet de mieux protéger les façades en limitant les réflexions parasites entre les bâtiments.
- Les formes en U et L : Elles permettent une bonne protection de la cour intérieure et il n'y a pas d'augmentation des niveaux sonores des façades latérales.
- La forme en U-V : les façades situées dans la cour intérieure bénéficient d'une très grande protection mais en contrepartie les façades latérales subissent des augmentations sonores (champ visuel de l'avion plus important que la forme en U).

Les configurations dont les effets semblent mitigés :

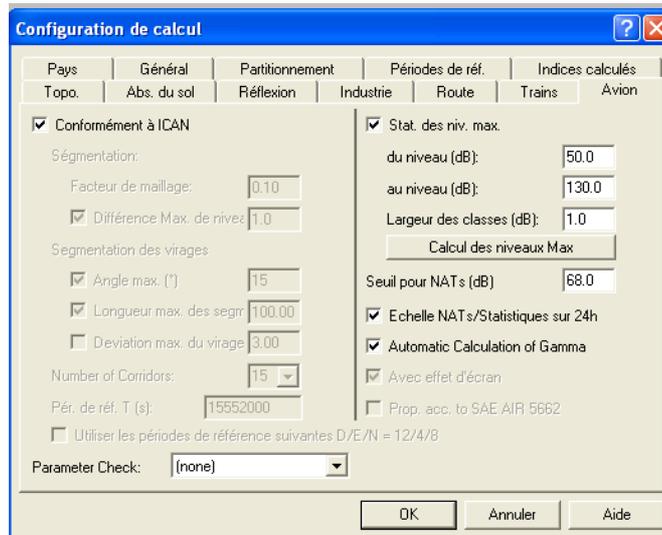
- L'orientation : Une orientation parallèle à la piste concentre les réflexions sur la façade la plus exposée mais protège mieux la façade la moins exposée ; comparé à une orientation de 30° ou 60°.
- La casquette horizontale : Les effets sont uniquement situés sur les étages supérieurs. Elle peut toutefois avoir un intérêt en terme de protection solaire ; elle pourrait donc être intéressante dans certains cas particuliers.
- La forme en T : Elle ne présente pas de réel avantage par rapport à une forme rectangulaire simple, puisqu'un seul côté du T est bien protégé. En outre, à surface au sol égale, la forme en L est préférable.

Les configurations à éviter sont :

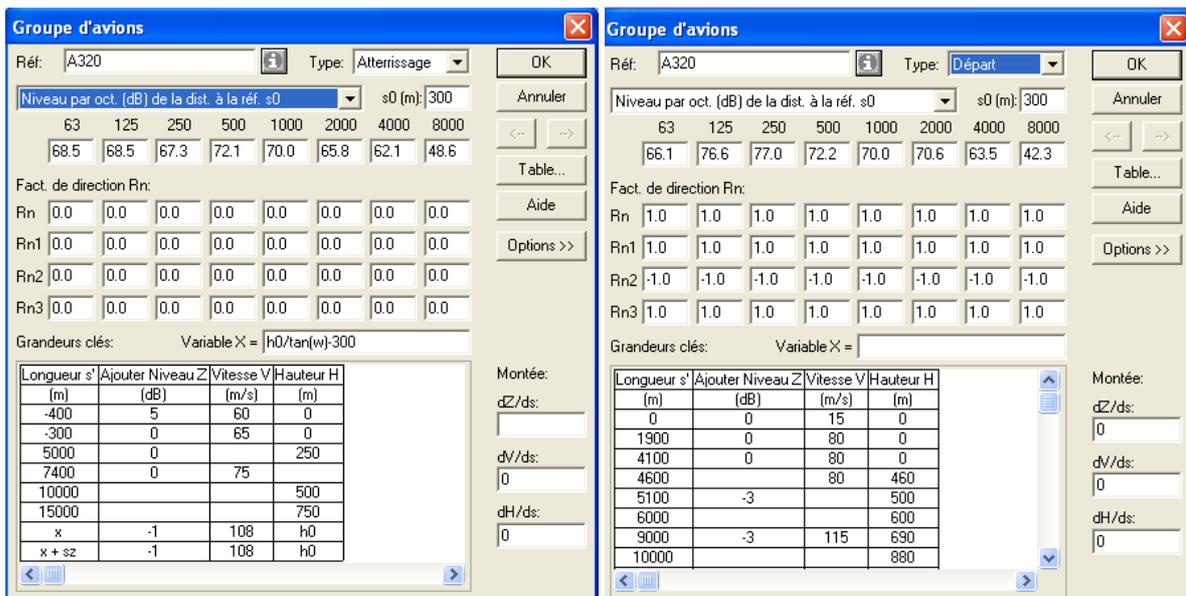
- Des bâtiments petits devant des grands : L'effet des réflexions est maximal et augmente le niveau sonore entre bâtiments.
- Des bâtiments de même hauteur : Là encore, les réflexions ont un effet négatif entre les bâtiments.
- La forme en O : la réverbération du bruit à l'intérieur de la cour détruit l'effet d'écran apporté par le bâti côté piste.

Annexe 1. Configurations de calcul AzB

Paramètres de calcul utilisés pour AzB2008 :



Norme utilisée : AzB 2008



Caractéristiques des groupes d'avion (Atterrissage)

(Décollage)

Spectres d'émission pour l'A320, en dB :

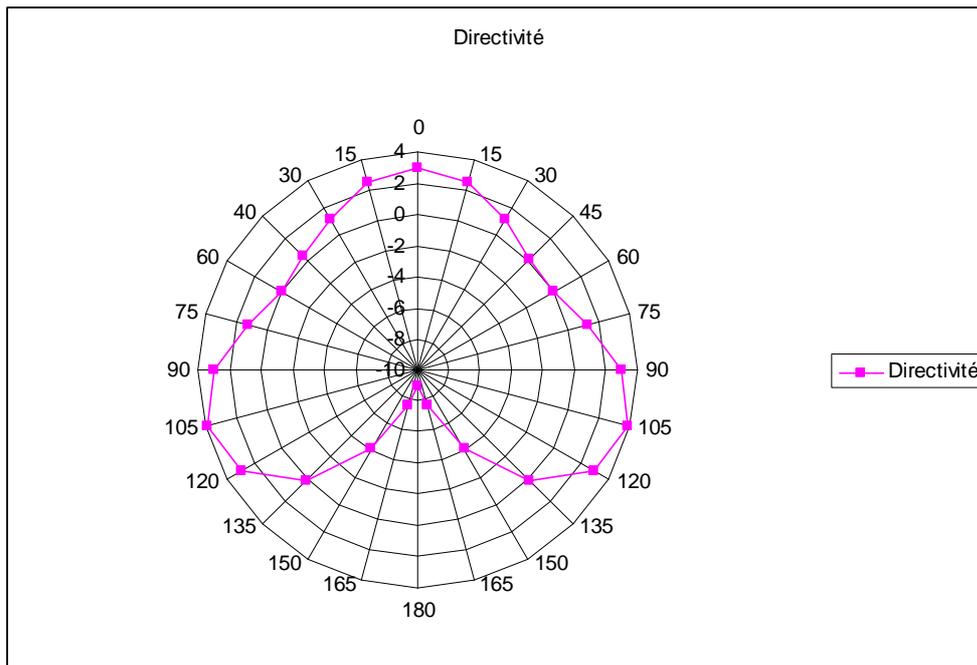
Bande octave	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz
Spectre au décollage à 300m	66,1	76,6	77	72,2	70	70,6	63,5	42,3
Spectre à l'atterrissage à 300m	68,5	68,5	67,3	72,1	70	65,8	62,1	48,6

Les coefficients Rn_1 , Rn_2 et Rn_3 permettent de décrire la courbe de directivité dans le plan horizontal en fonction de l'angle θ (avec référence $\theta = 0$ au « nez » de l'avion) pour chaque bande d'octave.

$$\text{Directivité}(\theta) = 3.(Rn_1 \cdot \cos(\theta) + Rn_2 \cdot \cos(2\theta) + Rn_3 \cdot \cos(3\theta))$$

La norme AzB considère qu'en atterrissage la source ne présente pas de directivité particulière (les 3 coefficients Rn_1 , Rn_2 et Rn_3 valent zéro).

Le plan de vol est issu de la documentation Cadna-A FLG et AzB2008 pour la catégorie d'avion correspondante à l'airbus A320.



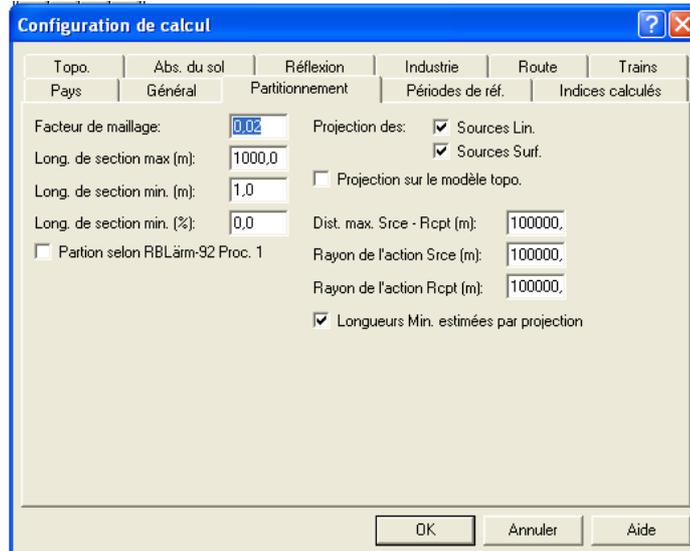
Directivité au décollage

Directivité à l'atterrissage : pas de directivité considérée.

Annexe 2. Configurations de calcul ISO 9613

Paramètres de calcul utilisés pour la ISO 9613 :

- Facteur de maillage : 0.02 (la ligne source est découpée par le logiciel en sources ponctuelles espacées au maximum de 0.02d, d étant la distance source-récepteur).



- Diffraction : prise en compte des diffractions horizontales et latérales
- Effet de sol : le coefficient G de l'ISO 9613 est choisi à 0 (sol réfléchissant)
- Température : 20°C
- Humidité : 50%
- Bâtiments avec perte par réflexion de 1dB ($\alpha = 0.21$)
- Toit des bâtiments réfléchissants (G=0).
- Nombre de réflexions : 8
- Spectre d'émission au décollage et à l'atterrissage: idem AzB
- Directivité au décollage : Idem AzB
- Directivité à l'atterrissage : Aucune (idem AzB)
- Calculs en « conditions favorables », sans prise en compte d'effets météorologiques particuliers (rose des vents, etc.).

Annexe 3. Caractéristiques acoustiques façade végétalisée

Les hypothèses d'absorption acoustique retenues pour la modélisation de la façade végétalisée sont issues de données fournies par Jacques Roland. Les coefficients d'absorption alpha sabine sont les suivants :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Alpha Sabine (α_s)	0,87	1,06	1,02	1,01	0,99	1,00
Alpha Sabine x 0,7	0,61	0,74	0,71	0,70	0,69	0,70

De plus, nous avons considéré que seulement 70% des façades sont absorbantes (vitrages...), et les coefficients d'absorption retenus dans la modélisation ont ainsi été multipliés par 0,7.

Annexe 4. Comptes-rendus des réunions de travail

**AGENCE MARSEILLE**

30 av du château de Jouques
13420 GEMENOS
Tél : 33 (0)4 42 82 46 77
Fax : 33 (0)4 42 82 46 78
www.soldata-acoustic.com

AGENCE LYON

Campus de la Doua 66, bd Niels Bohr - BP 52132
69603 VILLEURBANNE CEDEX
Tél : 33 (0)4 72 69 01 22 - Fax : 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

AGENCE PARIS

Parc de l'Île - 21 rue du Port
92022 NANTERRE Cedex
Tél : 33 (0)1 41 44 85 00
Fax : 33 (0)1 41 44 85 11
www.soldata-acoustic.com

AGENCE NIORT

4 avenue Léo Lagrange
79000 NIORT
Tél : 33 (0)5 49 32 98 25
Fax : 33 (0)5 49 24 48 83
www.soldata-acoustic.com

ACNUSA

Nanterre, le 12 octobre 2012

Nbre de pages : 3

Exp. Alexis.bigot@soldata-acoustic.com

V/Réf.

N/Réf. CR-110337-A_CR Réunion 4 octobre

Objet : Compte-rendu de la réunion du 4 octobre 2012**Présents :**

- Philippe Lepoutre, ACNUSA
- Jacques Roland, ACNUSA
- Aline Gaulupeau, ACNUSA
- Sylvain Depalle, ACNUSA
- Alexis Bigot, Soldata Acoustic
- Laurent Droin, Soldata Acoustic
- Maxime Berton, Soldata Acoustic

Rappel des objectifs :

- **Objectif 1** : mieux cerner les limites réelles d'un PGS, en termes d'exposition au bruit, en tenant compte des éventuels effets du bâti (non pris en compte actuellement). Apporter des éléments techniques d'objectivation, par exemple dans le cadre d'une CCAR, disposer d'un argumentaire plus scientifique (principe d'égalité de traitement) qu'administratif (règle de la tolérance de 50m).
- **Objectif 2** : dans la logique de densification et de renouvellement urbain (esprit de la loi SRU), la tendance est aujourd'hui, pour les communes concernées, à faciliter l'urbanisation près des plateformes aéroportuaires, pour éviter notamment la paupérisation ou le mitage de certaines zones, au-delà des servitudes dictées par les PEB...

SOLDATA ACOUSTIC

Campus de la Doua 66, bd Niels Bohr - BP 52132 - 69603 VILLEURBANNE CEDEX - FRANCE
Tél : 33 (0)4 72 69 01 22 - Fax : 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

95 av capital de 250 250 Euros - RCS LYON 451 270 276 - SIRET 451 270 276 - APE 7322 B - TVA FR16451270276

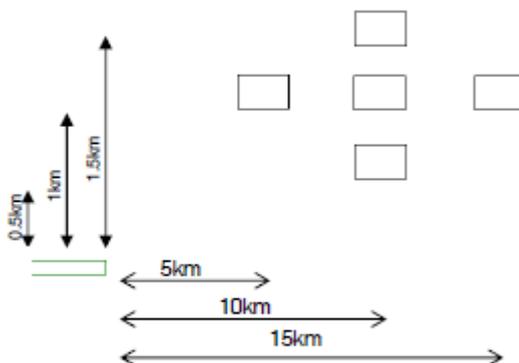


Les contours de cette problématique sont vastes et il s'agit ici de produire une première approche des questions posées en analysant les formes urbaines simples susceptibles d'être favorables au renouvellement urbain, dans des environnements exposés au bruit aéroportuaire (contours de PGS). On essaiera par exemple d'identifier les cas où les formes urbaines ont des effets positifs ou des effets négatifs sur l'exposition sonore des façades.

En fonction des résultats et de l'intérêt de la démarche, des études plus fines pourront être menées ultérieurement, en approfondissant des réflexions croisées d'acousticien et d'architecte-urbaniste.

Synthèse des échanges sur la démarche méthodologique et les aspects techniques :

- Aucun inventaire biblio sur le sujet n'a été entrepris préalablement à cette étude. Ce n'est pas l'objet de la mission, mais une rapide recherche sera proposée via Internet.
- Les indicateurs de bruit utilisés seront des indicateurs énergétiques exprimés en dB(A) (Leq / période, LAmax, voire SEL) ; les résultats seront donnés sous forme de Delta entre situations urbaines (la situation de référence étant la non prise en compte du bâti) ; la recherche de valeurs de niveaux absolus exactes n'est pas nécessaire.
- La modèle de calcul utilisé est CadnaA- FLG, avec la méthode AzB
- Questions sur les capacités de Cadna-FLG, : possibilité d'extraire des signatures temporelles, spectres, de la prise en compte de l'absorption par l'air: Soldata Acoustic se rapprochera de Datakustik pour obtenir des précisions.
- Scénarios de survols (colonnes de la matrice de tests) :
 - o Le spectre type des avions sera calé sur celui de l'A 320 (à fournir), si possible en différenciant atterrissage et décollage.
 - o Les trajectoires testées seront des lignes (et non des faisceaux ou cônes), donc sans dispersion, sur des pentes à 5% pour l'atterrissage, 10% pour le décollage (réduit à 7% au-delà de 6 km des pistes).
 - o Les sites de calculs seront choisis d'une part sur des transects latéraux (perpendiculairement à l'axe des pistes) de 3 points à 10km des pistes : à 500m, 1000m et 1500m de l'axe, d'autre part sur des transects longitudinaux de 3 points à 1000m de l'axe : respectivement à 5km, 10km et 15 km des pistes (cf. schéma ci-dessous) :



- o Le nombre de configurations de calculs au sol pour différents scénarios de survols sera donc au départ de 10 : 5 en atterrissage et 5 en décollage, sur les mêmes bases. Si certains scénarios s'avèrent inintéressants ou redondants, ils seront ensuite abandonnés.



- Scénarios de formes urbaines (lignes de la matrice de tests) :
 - o Soldata Acoustic proposera rapidement les compositions urbaines simples devant faire l'objet des premières simulations. Il s'agira au début d'un seul bâtiment par zone, avec des tests pour plusieurs hauteurs et plusieurs orientations de bâti. Ces scénarios seront complexifiés progressivement, jusqu'à une trentaine de bâtiments, en fonction des résultats intermédiaires, et sous contrôle des urbanistes participant à l'étude afin d'assurer la crédibilité urbanistique des scénarios proposés et apporter des idées sur les formes urbaines envisageables.
 - o Les compositions urbaines seront cependant construites dans le seul objectif de dégager les tendances en termes d'effets acoustiques, non dans l'objectif de représenter la réalité.
 - o Le mode pavillonnaire seul sera exclu des scénarios.

Programme de travail, planning :

- o Un point intermédiaire sera effectué fin octobre (réunion le 30 octobre 2012 14h à l'ACNUSA).
- o L'objectif de rendu de l'étude (rapport de synthèse) est pour fin novembre (facturation nécessaire avant le 7 décembre)
- o Il est admis que la réunion finale de restitution en séance plénière ACNUSA pourra être réalisée ultérieurement (début 2013). Cette restitution fera l'objet d'une séance de travail préalable afin d'assurer ensemble la cohérence du message et valider le support de présentation.

**AGENCE MARSEILLE**

30 av du château de Jouques
13420 GEMENOS
Tél : 33 (0)4 42 82 46 77
Fax : 33 (0)4 42 82 46 78
www.soldata-acoustic.com

AGENCE LYON

Campus de la Doua 66, bd Niels Bohr - BP 52132
69603 VILLEURBANNE CEDEX
Tél : 33 (0)4 72 69 01 22 - Fax : 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

AGENCE PARIS

Parc de l'île - 21 rue du Port
92022 NANTERRE Cedex
Tél : 33 (0)1 41 44 85 00
Fax : 33 (0)1 41 44 85 11
www.soldata-acoustic.com

AGENCE NIORT

4 avenue Léo Lagrange
79000 NIORT
Tél : 33 (0)5 49 32 96 25
Fax : 33 (0)5 49 24 48 83
www.soldata-acoustic.com

ACNUSA

Nanterre, le 7 novembre 2012

Nbre de pages : 3

Exp. Alexis.bigot@soldata-acoustic.com

V/Réf.

N/Réf. CR-110337-02-A_CR Réunion 30 octobre

Objet : Compte-rendu de la réunion du 30 octobre 2012**Présents :**

- Philippe Lepoutre, ACNUSA
- Jacques Roland, ACNUSA
- Aline Gaulupeau, ACNUSA
- Sylvain Depalle, ACNUSA
- Alexis Bigot, Soldata Acoustic
- Laurent Droin, Soldata Acoustic (excusé)
- Maxime Berton, Soldata Acoustic

Synthèse des échanges sur la démarche méthodologique et les aspects techniques :

- Un point important a été soulevé : le module avion de CadnaA (CadnaA FLG) permet de prendre en compte la diffraction, mais ne tient pas compte des réflexions sur les bâtiments.
- Datakustik a en effet intégré dans CadnaA FLG (pour AzB08 uniquement) la prise en compte des effets de diffraction. Ceci a été réalisé à la demande des autorités allemandes, dans le but de prendre en compte les effets d'écran liés aux bâtiments des aéroports dans le cas d'avions circulant au sol.
- Après échanges avec Datakustik (Heinrich Metzen, responsable technique), ils ne peuvent ajouter cette fonctionnalité dans CadnaA FLG ; leur justification est que les réflexions ne sont prises en compte dans aucune norme de calcul de bruit des avions.

SOLDATA ACOUSTIC

Campus de la Doua 66, bd Niels Bohr - BP 52132 - 69603 VILLEURBANNE CEDEX - FRANCE
Tél : 33 (0)4 72 69 01 22 - Fax : 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

SAS au capital de 250 260 Euros - RCS LYON 451 210 216 - SIRET 451 210 216 - APE 7312 B - TVA FR 16463270216



- Nous nous servirons donc dans le cas de cette étude de la norme ISO 9613 (norme de référence pour le « bruit industriel »), qui permet de prendre en compte tous les paramètres courants en modélisation acoustique (réflexion sur les bâtiments, absorption du sol, diffractions sur arêtes verticales et horizontales, absorption atmosphérique, directivité...).
- Cette norme n'étant pas directement développée pour le bruit des avions, nous comparerons les résultats obtenus avec la ISO 9613 à ceux de AzB08. Cette validation sera faite sur un modèle simple, et sans réflexions. Une fois cette étape de validation réalisée, nous poursuivrons l'étude avec la ISO 9613 en tenant compte des réflexions et de tous les effets cités précédemment.

Proposition de formes urbaines :

- Nous avons présenté une liste de 12 formes urbaines sur un total de 20 prévues dans l'étude ;
 - o les configurations 1 à 6 sont constituées de bâtiments de hauteurs R+3, R+5 et R+7 avec des tests sur les orientations des bâtiments par rapport à l'axe de la piste.
 - o A partir de la configuration 7, les formes urbaines sont constituées de 3 bâtiments ou plus. Il a été convenu n'essayer de faire varier qu'un seul paramètre à la fois. Ex : ajout d'un bâtiment, puis test avec des hauteurs différentes
 - o Les configurations 9 à 12 sont plus complexes n'ont pas été discutées en réunion ; elles seront discutées, en même temps que les autres, lors de la réunion avec les « urbanistes »
- Un document présentant les premières simulations ont été fournis, et n'ont pas été discutés en réunion (cf. problèmes de non prise en compte des réflexions par Cadna FLG)

Validation des formes urbaines par des « urbanistes » :

- Nous avons organisé une réunion de travail avec nos "conseils en urbanisme", à savoir Nadège DIDIER, du cabinet Re-sources, et Jean-Marie RAPIN, le lundi 12 novembre à 14h, en nos bureaux de Villeurbanne.
- Lors de cette réunion nous leur demanderons leur avis sur les formes urbaines simples que nous avons proposé ; ils seront également sollicités pour proposer des formes urbaines qui pourraient avoir un intérêt dans le cadre de cette étude

Programme de travail, planning :

- L'objectif de rendu de l'étude pour fin novembre n'est plus réaliste sur 2012 (facturation nécessaire avant le 7 décembre)
- Nous vous transmettrons pour la mi-novembre le % d'avancement que nous estimons pouvoir réaliser sur cette étude avec un rendu intermédiaire début décembre. Ceci afin de vous permettre de « décaler » de la facturation sur 2013.



AGENCE MARSEILLE
30 av du château de Jouques
13420 GEMENOS
Tél : 33 (0)4 42 82 46 77
Fax : 33 (0)4 42 82 46 78
www.soldata-acoustic.com

AGENCE LYON
Campus de la Doua 66, bd Niels Bohr - BP 52132
69603 VILLEURBANNE CEDEX
Tél : 33 (0)4 72 69 01 22 - Fax : 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

AGENCE PARIS
Parc de l'île - 21 rue du Port
92022 NANTERRE Cedex
Tél : 33 (0)1 41 44 85 00
Fax : 33 (0)1 41 44 85 11
www.soldata-acoustic.com

AGENCE NIORT
4 avenue Léo Lagrange
79000 NIORT
Tél : 33 (0)5 49 32 98 25
Fax : 33 (0)5 49 24 48 83
www.soldata-acoustic.com

ACNUSA

Nanterre, le 16 novembre 2012

Nbre de pages : 3

Exp. Alexis.bigot@soldata-acoustic.com

V/Réf.

N/Réf. CR-110337-03-A

Objet : Etude des effets du bâti en limite de PGS – CR de la réunion du 12 novembre 2012

Présents :

- Philippe Lepoutre, ACNUSA
- Jacques Roland, ACNUSA
- Aline Gaulupeau, ACNUSA (excusé)
- Sylvain Depalle, ACNUSA (excusé)
- Jean-Marie Rapin,
- Nadège Didier, RE-Sources,
- Alexis Bigot, Soldata Acoustic,
- Laurent Droin, Soldata Acoustic,
- Maxime Berton, Soldata Acoustic

SOLDATA ACOUSTIC

Campus de la Doua 66, bd Niels Bohr - BP 52132 - 69603 VILLEURBANNE CEDEX - FRANCE
Tél. : 33 (0)4 72 69 01 22 - Fax : 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

SAS au capital de 250 250 Euros - RCS LYON 451 210 216 - SIRET 451 210 216 - APE 7312 B - TVA FR 76461270216



Synthèse des échanges sur la méthodologie:

- Il nous est conseillé de ne pas tenir compte que de l'acoustique dans cette étude, mais aussi d'autres facteurs, comme l'exposition au soleil des bâtiments. Les recommandations qui sortiront de cette étude devraient en toute logique être différentes si un bâtiment se situe au Nord ou au Sud de la piste (dans le cas d'une piste orientée Est-Ouest)
- Nadège Didier fait remarquer qu'il faudrait également penser à des zones extérieures protégées : si l'on veut rendre les logements collectifs plus attractifs, il faut aussi aux espaces extérieurs
- JM Rapin fait remarquer qu'il faut illustrer des principes, et ne pas imposer de plan urbain.
- Nadège Didier nous conseille de lister les différents critères qui pourraient avoir un effet sur le bruit, puis de les étudier un à un.
- Des discussions ont eu lieu à propos de la prise en compte de la diffusion sur les façades (pas possible avec l'outil de calcul retenu)

Synthèse des échanges sur les formes urbaines proposées:

- Nous avons présenté une liste de 16 formes urbaines sur un total de 20 prévues dans l'étude ;
 - o les configurations 1 à 6 sont constituées de bâtiments de hauteurs R+3, R+5 et R+7 avec des tests sur les orientations des bâtiments par rapport à l'axe de la piste.
 - o A partir de la configuration 7, les formes urbaines sont constituées de 3 bâtiments ou plus. Nous avons essayé de ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois.
 - o A partir de la configuration 14, les formes deviennent plus complexes.
- Des discussions ont porté sur le type de bâtiments à étudier (individuel ? collectif de quelle hauteur ?) et sur le type de formes urbaines à considérer. Il est rappelé que l'étude porte également sur l'existant, et qu'aucun type de construction n'est à exclure, même les bâtiments de forte hauteur. Les logements individuels ne seront pas modélisés car il n'est attendu aucun effet particulier pour des habitations en R+1.
- JM Rapin propose de faire pivoter les bâtiments progressivement de 30 degrés, au lieu de ne faire que 0 et 90 degrés.
- La règle de distance entre les bâtiments de 12m semble correcte. Les distances pouvant être inférieures, des tests seront toutefois réalisés avec des situations à 8m et 16m.
- De même pour les hauteurs de bâtiments, les tests peuvent être effectués sur 2 cas uniquement: R+3 et R+7.
- La largeur des bâtiments, initialement prise à 21m peut être conservée. Elle devrait permettre des appartements non traversants et traversants.
- Nadège Didier propose de s'inspirer de la diversité des formes urbaines autour de l'aéroport de St Jacques de la Lande afin de réaliser des tests plus complexes. JM Rapin est également d'accord sur le fait qu'il ne faudrait pas « proposer » de formes urbaines : il faut faire des cas simples, puis illustrer les effets sur des cas inspirés de situations réelles.
- Il a été convenu de réaliser les tests sur les cas simples définis à ce stade en fin de réunion, puis de faire un point en janvier pour décider de la marche à suivre.



Relevé de décisions :

- Tests avec hauteurs de bâtiments R+3 et R+7 uniquement (suppression des cas 2 et 5)
- Tests avec espacements de bâtiments de 8m et 16m
- Ajout de tests avec rotations d'un bâtiment à 30° et 60°
- Ajout de tests avec une casquette horizontale en haut du bâtiment, débordant de 3m.
- Suppression des cas 11 et 12 qui n'apportent que peu d'intérêt
- Les simulations 14 à 16 ne seront pas effectuées. On réalisera en revanche des simulations avec un bâtiment en « U », un bâtiment en « T » et un bâtiment en « maille »
- Nous essaierons de vous fournir la courbe « d'évolution temporelle » du bruit au point récepteur pour un cas.
- L'indicateur principal des tests acoustiques sera la différence entre le calcul à h=4m sans bâti (situation des cartes de bruit pour les aéronefs) et le calcul en présence de bâti, à 2m en façade des habitations et à différents étages.

Programme de travail, planning :

- Un rapport d'étude intermédiaire présentant la méthodologie de l'étude, la validation du modèle de calcul et les résultats correspondants aux cas considérés vous sera transmis le 4-5 décembre.
- Afin de vous permettre de « décaler du budget » sur 2013, nous estimons que l'état d'avancement de notre mission lors de l'envoi de ce rapport sera de 75%. Ceci inclut les frais de sous-traitance vis-à-vis de Datakustik et des urbanistes sollicités.
- La prochaine réunion se tiendra le mardi 15 janvier 14h dans nos locaux de Villeurbanne.



AG EMC E MARSEILLE
30 av du cimetière de Jouques
13420 G EN EN OS
Tél: 33 (0)4 42 82 48 77
Fax: 33 (0)4 42 82 48 78
www.soldata-acoustic.com

AG EMC E LYON
Campus de la Doua 88, bd Miché Bebi - BP 52132
69603 VILLEURBANNE CEDEX
Tél: 33 (0)4 72 89 01 22 - Fax: 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

AG EMC E PARIS
N° de l'île - 21 rue du Port
92022 NANTERRE Cedex
Tél: 33 (0)1 41 44 85 00
Fax: 33 (0)1 41 44 85 11
www.soldata-acoustic.com

AG EMC E N IORT
4 avenue Léo Lagrange
79000 NIORT
Tél: 33 (0)5 49 32 58 25
Fax: 33 (0)5 49 24 48 83
www.soldata-acoustic.com

ACNUSA

Nanterre, le 31 janvier 2012

Nbre de pages : 3

Exp. Alexis.bigot@soldata-acoustic.com

V/Réf.

N/Réf. CR-110337-04-A

Objet : *Etude des effets du bâti en limite de PGS – CR de la réunion du 15 janvier 2013*

Présents :

- Philippe Lepoutre, ACNUSA (excusé)
- Jacques Roland, ACNUSA
- Aline Gaulupeau, ACNUSA
- Sylvain Depalle, ACNUSA
- Alexis Bigot, Soldata Acoustic
- Laurent Droin, Soldata Acoustic (excusé)
- Maxime Berton, Soldata Acoustic

SOLDATA ACOUSTIC
Campus de la Doua 88, bd Miché Bebi - BP 52132 - 69603 VILLEURBANNE CEDEX - FRANCE
Tél. : 33 (0)4 72 89 01 22 - Fax: 33 (0)4 72 44 04 03
www.soldata-acoustic.com

30 av du cimetière de Jouques - 13420 G EN EN OS - TEL: 04 42 82 48 77 - FAX: 04 42 82 48 78

Synthèse des échanges :

- J. Roland aimerait s'assurer que les atténuations sonores montrées par la modélisation derrière un bâtiment (cas le plus simple), qui sont de l'ordre de 15 dB, sont effectivement réalistes.
- Il faudrait une explication dans le rapport sur les indices acoustiques calculés. Il s'agit bien d'un LAeq pour un certain nombre d'avions permettant de caler le modèle à environ 55 dBA en limite de PGS. Mais cela doit être expliqué dans le rapport.
- Comme déjà évoqué vous aimeriez voir les évolutions temporelles en un point récepteur en champ libre. Vous aimeriez également l'avoir derrière un bâtiment.
- Les échelles de couleur des cartes de bruit apportent un peu de confusion. Vous aimeriez avoir plutôt des cartes différentielles (≥ 0 si renforcement, < 0 si atténuation). Ces cartes seront plus parlantes, surtout en cas de présentation des résultats.
- Nous vous avons commenté le rapport et les différents tests réalisés dans le rapport intermédiaire. Les analyses que vous en tirez sont similaires aux nôtres : la forme en U-V (proposée à l'origine par JM Rapin) est la plus intéressante. Après discussions lors de la réunion, la forme en L est finalement assez peu intéressante. La casquette est intéressante car elle compense un peu la faible efficacité d'écran observée aux étages hauts.

Relevé de décisions :

- Ajout dans le rapport d'un paragraphe expliquant l'utilisateur utilisé (LAeq)
- Fourniture des évolutions temporelles en champ libre et derrière un bâtiment. Nous attirons votre attention que ces courbes ne seront pas des « évolutions temporelles » au sens propre, car le découpage des lignes source est réalisé automatiquement par l'ISO 9613 selon des critères de distance au récepteur, et ce découpage ne tient pas compte de la « vitesse » de l'avion. De plus, comme nous vous l'avons expliqué, les lignes source du modèle ISO 9613 sont décomposées en segments acoustiques, afin de tenir compte des termes correctifs définis dans la norme AzB, ainsi que de termes correctifs que nous avons introduits pour tenir compte de la vitesse de l'avion.
- Nous ajouterons des cartes avec une échelle de couleur différentielle, uniquement dans le rapport de synthèse (pas dans le rapport annexe, car ce serait trop long de tout reprendre). **Nous vous informons que ces cartes différentielles ne pourront être faites que pour les cartes en plan, et pas pour les cartes en coupe.**
- Nous allons ajouter au rapport 3 configurations complémentaires :
 - o Test avec 2 bâtiments espacés de 32m,
 - o Test avec 2 bâtiments espacés de 64 m (afin de voir à partir de quelle distance les réflexions entre les 2 bâtiments deviennent moins fortes)
 - o Test avec 2 bâtiments espacés de 16m, avec une façade végétale, dont le alpha diffus est fourni par J. Roland, et qui sera multiplié par 0,7 pour tenir compte de 70% de façade traitée.
- Ajout dans le rapport de quelques vues 3D sur les façades. Cette représentation graphique peut être intéressante en termes de communication (ex : PPT final), mais aussi pour voir la répartition du bruit sur toute la façade. Nous ferons des vues 3D pour 2 bâtiments espacés de 16m et pour la forme en U-V.
- Nous remplacerons les 3 tests restants à faire dans le cadre de la mission (le rapport intermédiaire inclut 14 configurations urbaines sur les 20 prévues initialement), par des mesures acoustiques ponctuelles sur un bâtiment isolé, afin de contrôler que les atténuations calculées de l'ordre de 15 dB sont effectivement réalistes. Ceci permettra d'introduire un chapitre de type « validation expérimentale » dans le rapport. Sylvain Depalle se charge de trouver un site répondant tant que possible aux critères ci-dessous.

- Suite aux mesures, nous vous enverrons le rapport final. Une présentation Powerpoint de synthèse est également prévue.

Critères à retenir pour le choix du site de test :

- Site avec un bâtiment R+7 ou R+5 isolé (pas de bâtiment devant ni derrière).
- Configuration à l'atterrissage, si possible à environ 10km dans l'axe de la piste et à 1km dans la largeur. Ces critères sont indicatifs : on cherche surtout une zone où le bruit des avions est suffisamment fort pour avoir une bonne précision de mesure.
- On recherche également un bruit de fond faible, ce qui veut dire éviter les proximités d'axes routiers bruyants.
- Du point de vue sécurité, il faut que la zone ne soit pas à risque pour nos intervenants, et que nous puissions accéder à la façade avant et arrière de l'immeuble. Il nous faudra également au minimum une lettre d'accréditation de votre part.
- Les mesures seront réalisées en simultané de part et d'autre de l'immeuble, pendant 1 heure environ. Les micros seront positionnés sur une perche de 4m de hauteur, maintenues depuis le sol, et seront à 2m en façade. Les appareils seront synchronisés et les enregistrements seront effectués en LAeq,1s et en 1/3 octave.