NRC Publications Archive
Archives des publications du CNRC

Insonorisation des maisons d'habitation contre les bruits des aéronefs

Bradley, J. S.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

https://doi.org/10.4224/23003336

NRC Publications Record / Notice d'Archives des publications de CNRC:
https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=adba48d7-b74c-4db6-9b90-f51af5139fd4
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=adba48d7-b74c-4db6-9b90-f51af5139fd4

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at
https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright
READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits
LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada
Canada

Insonorisation des maisons d'habitation contre les bruits des aéronefs

National Defence
Défense nationale

Insonorisation des habitations contre les bruits des aéronefs

J.S. Bradley
Août 1998

Document rédigé par le Conseil national de recherches du Canada
pour le ministère de la Défense nationale

Table des matières

page

1. Introduction 2
2. Principes de base 3
3. Orientation du bâtiment et planification de l'aménagement 9
4. Planification et agencement des pièces dans une maison d'habitation 10
5. Les murs 11
6. Les fenêtres 12
7. Les portes 15
8. Le toit 16
9. Cheminées, conduits de ventilation et autres ouvertures 18
10. Vue d'ensemble et priorités 20
11. Amélioration des maisons d'habitation 21
12. Consultations plus approfondies 22

1. Introduction

Le présent document explique les aspects importants de l'insonorisation des maisons d'habitation contre les bruits d'aéronefs. Il s'adresse aux personnes vivant à proximité des aéroports, aux autorités locales et à tous ceux qui ne sont pas spécialistes des mesures antibruit. Il traite non seulement de l'amélioration de l'isolement acoustique d'immeubles existants, mais aussi des principes de base d'un isolement acoustique satisfaisant dans les bâtiments neufs.

Les principes de base y sont expliqués le plus simplement possible et accompagnés d'indications d'ordre général concernant l'importance relative des divers éléments d'enveloppe des bâtiments. Le présent volume ne constitue pas un guide de conception complet. Il s'agit de problèmes trop complexes pour que des données de conception complètes et quantitatives puissent figurer dans un ouvrage aussi modeste. La section 12 indique comment obtenir des données techniques plus complètes sur l'insonorisation des maisons d'habitation contre les bruits d'aéronefs.

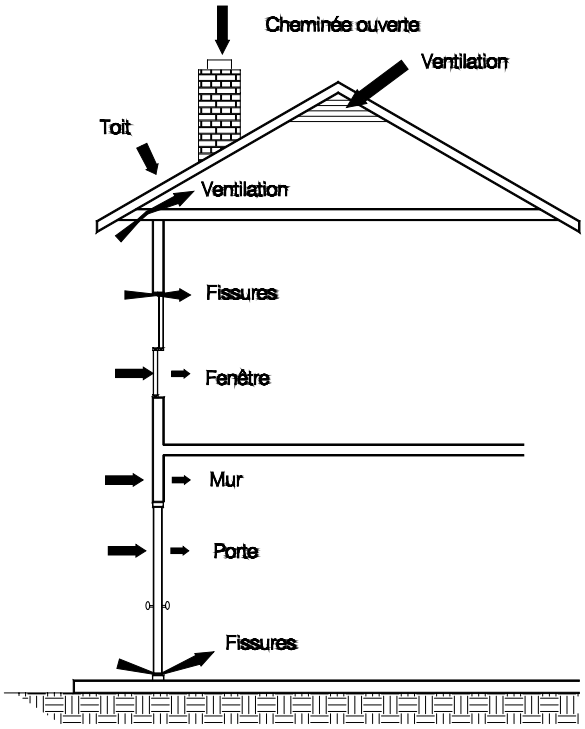
La section 2 ci-dessous explique les principes de base de l'isolement acoustique. Elle est suivie par un examen des questions d'aménagement des sites et des bâtiments, dans les sections 3 et 4. La section 5 explique les propriétés isolantes des murs; les éléments plus importants que constituent les fenêtres et les portes sont étudiés séparément dans les sections 6 et 7. Les questions d'isolement acoustique des toits font l'objet de la section 8, et les cheminées, conduits de ventilation et autres ouvertures sont examinés dans la section 9. La section 10 traite de l'importance relative des divers sujets traités. La section 11 décrit une méthode simple permettant d'identifier la cause de problèmes d'insonorisation dans les bâtiments immeubles existants. Enfin, la section 12 indique comment obtenir des conseils d'ordre technique, plus détaillés.

2. Principes de base

a) Comment les bruits extérieurs se propagent dans une maison d'habitation

Les sons consistent en vibrations de l'air que nous pouvons entendre. Les sons audibles englobent une large gamme de fréquences allant des sons graves aux sons aigus. Nombre de sons, comme les bruits émis par les aéronefs, sont des combinaisons de nombreuses fréquences. Les bruits émis par les aéronefs, qu'il s'agisse d'avions à réaction commerciaux ou d'hélicoptères, comprennent souvent des sons de basse fréquence dominants. C'est pourquoi il est particulièrement important que les façades des bâtiments arrêtent efficacement cette énergie acoustique de basse fréquence.

Les sons extérieurs pénètrent dans un bâtiment en suivant deux cheminements. Ils peuvent entrer (1) par les trous et ouvertures et, (2) au travers de la structure. Comme les sons sont des vibrations de l'air, ils se propagent facilement par les trous et les ouvertures. On peut bloquer leurs voies en bouchant les ouvertures au moyen de dispositifs d'obturation hermétiques. Parfois - c'est le cas des conduits de ventilation des cuisines et des salles de bains - il est impossible de les boucher et l'on doit envisager un traitement d'affaiblissement acoustique de l'ouverture et des conduits d'air associés. Cette question est examinée à la section 9.



Les bruits d'aéronefs peuvent pénétrer dans un bâtiment par les ouvertures ou être transmis par la structure. Certaines voies de pénétration peuvent être obturées ou scellées. Les ouvertures de ventilation peuvent être traitées. La transmission des bruits d'aéronefs par la structure peut donner lieu à des améliorations visant les murs, les fenêtres, les portes et les toits, pour que le bâtiment offre un meilleur écran acoustique.

Les sons pénétrant dans une maison par sa structure font vibrer celle-ci. Par exemple, un son extérieur frappant une fenêtre la fait vibrer, et les vibrations de la fenêtre entraînent alors des vibrations de l'air à l'intérieur, qui constituent le son entendu dans la maison. L'intensité du son traversant ainsi une fenêtre double dépend de l'importance de la vibration créée à la surface intérieure de la fenêtre. Les meilleurs obstacles à la

transmission des sons sont ceux qui vibrent le moins sous l'action de ceux-ci. De façon générale, les constructions massives constituent les meilleurs écrans acoustiques, car ce sont celles qui vibrent le moins sous l'impact des sons. Toutefois, d'autres dispositions comme les coupures antivibration entre les différentes couches de l'enveloppe sont également importantes et font l'objet des sections qui suivent.

b) Comment améliorer l'insonorisation

Pour créer des écrans acoustiques efficaces, il faut tenir compte de cinq facteurs clés. Ces facteurs s'appliquent aux divers éléments de façade du bâtiment comme les murs et les toits, ainsi qu'aux divers sous-éléments comme les fenêtres et les portes. Ces cinq facteurs clés sont décrits tels qu'ils s'appliquent à des murs extérieurs types; toutefois, ils sont également importants pour les autres éléments de façade destinés à faire obstacle efficacement à la pénétration des bruits.

(i) Masse des parois extérieures

La masse des parois extérieures est le paramètre le plus important; les murs massifs constituent les meilleurs obstacles à la pénétration des bruits. Les murs massifs en brique et en maçonnerie forment donc naturellement de meilleurs écrans acoustiques. On peut accroître la masse des constructions légères à double paroi en ajoutant de multiples couches de plaques de plâtre à l'intérieur ou un bardage à l'extérieur.

(ii) Coupure antivibration entre les parois extérieures

Les maisons d'habitation canadiennes typiques sont de construction à ossature de bois avec plaques de plâtre à l'intérieur et divers types de parois extérieures. Un mur est un excellent écran acoustique s'il comporte une séparation structurale entre les parois intérieures et extérieures. Habituellement, on réalise cette séparation en posant les plaques de plâtre sur des profilés souples spéciaux (appelés aussi fourrures souples), fabriqués en tôle légère, dont on trouve l'illustration à la figure de la page suivante. Ils agissent comme des ressorts et forment une attache élastique ou coupure antivibration entre les plaques de plâtre et l'ossature du mur. On peut aussi réaliser des séparations structurales en posant les surfaces intérieures et extérieures sur des poteaux séparés.

(iii) Absorption par les murs creux

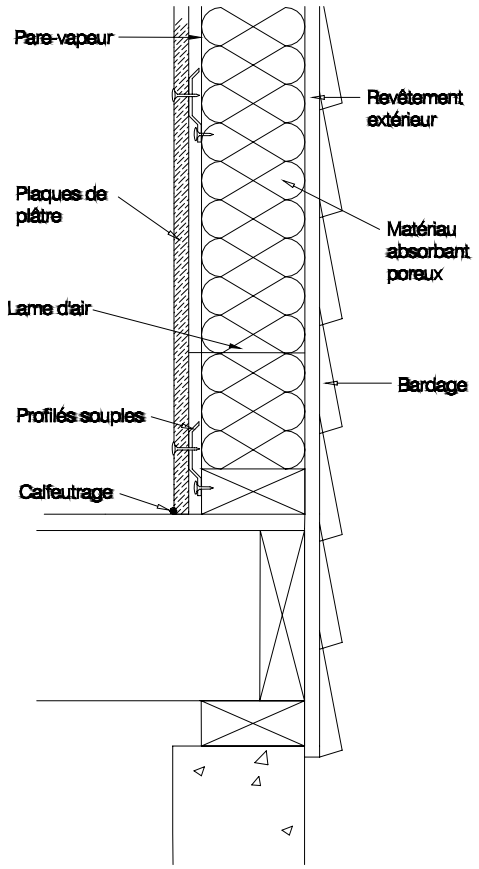
Si les deux parois extérieures d'un mur sont de masse suffisante et s'il existe une coupure antivibration entre les surfaces intérieures et extérieures, le plus important est alors de disposer un matériau poreux, absorbant les sons dans l'intervalle entre les poteaux. Dans la plupart des cas, les murs extérieurs sont garnis d'isolant thermique qui assure normalement l'absorption acoustique nécessaire. Toutefois, il est essentiel que le matériau disposé dans les cavités soit poreux, c'est-à-dire que l'air puisse le traverser. Les différents types d'isolants à base de laine de verre ou de fibre minérale sont des matériaux poreux. Le styrofoam et les matières analogues peuvent être des isolants thermiques efficaces, mais ils ne sont pas poreux et ne constituent donc pas des absorbants acoustiques valables.

(iv) Scellement des fissures

Pour qu'un mur constitue un écran acoustique efficace, il est important d'obturer toutes les fissures. Les fissures apparaissant autour des fenêtres ou des portes, par exemple, peuvent laisser passer autant d'énergie acoustique vers l'intérieur de la maison que toute la surface des murs. Il est donc particulièrement important d'obturer très efficacement les portes et les fenêtres de façon à les rendre aussi hermétiques que possible.

(v) Largeur des espaces entre parois

Un espace d'air insuffisant entre les parois d'un écran acoustique peut gravement réduire l'isolement contre les sons de basse fréquence. Combinées, la masse des deux parois et l'épaisseur de l'espace d'air qui les sépare créent une résonance à basse fréquence qui affaiblit l'isolement acoustique de la construction aux basses fréquences. Ce problème vise notamment les doubles vitrages isolants comportant deux couches de verre séparées par une lame d'air d'environ 13 mm d'épaisseur. Les fenêtres ainsi construites ne réduisent pas très efficacement la pénétration des bruits



Il existe cinq facteurs clés permettant de créer une construction formant un écran acoustique efficace. 1) Les parois extérieures doivent être massives; 2), une coupure antivibration doit séparer les deux surfaces extérieures; 3), un matériau absorbant poreux doit être installé dans les murs creux; 4), les fissures et les trous doivent être obturés; et 5), un large espace d'air doit séparer les parois intérieures et extérieures.

d'aéronefs. De même, il faut éviter de poser de multiples couches de plaques de plâtre en les séparant par un faible espace d'air. L'espace d'air nécessaire dépend également de la masse des couches; habituellement, il faut prévoir des espaces d'air de 100 mm (4 po) ou plus. Il est normalement préférable d'éviter les espaces d'air insuffisants entre des couches de matériaux comme le verre, les panneaux de plâtre et autres types de revêtement.

c) Indices d'isolement acoustique

Les propriétés insonorisantes d'un élément de façade de bâtiment peuvent se mesurer en laboratoire par la réduction de niveau acoustique obtenue quand les sons le traversent. Cette réduction est normalement appelée *perte de transmission acoustique*, et se mesure sur une gamme de fréquences, en unités appelées décibels. Dans le cas des murs et planchers intérieurs, ces mesures se réduisent à un simple nombre appelé *indice de transmission acoustique*. Cet indice est largement utilisé pour les cloisons intérieures mais il n'est pas applicable aux sons et aux parois extérieures, car il ne tient pas suffisamment compte de la forte teneur en basses fréquences des sons comme les bruits d'aéronefs.

Le présent rapport offre des exemples de réduction des bruits d'aéronefs en termes de niveaux de pression acoustique pondérés. Cette pondération est un procédé qui combine les différentes fréquences un peu comme le fait le système auditif humain. Elle permet de représenter le niveau sonore apparent par un chiffre unique. La réduction obtenue est la différence entre le niveau acoustique pondéré de bruits d'aéronefs à l'extérieur et leur niveau acoustique pondéré à l'intérieur dans un salon typique de maison canadienne. Le tableau 1 est une liste de réductions des niveaux de bruit d'aéronefs correspondant à divers éléments de façade de bâtiments; on s'y reportera dans la suite du présent rapport. Ces valeurs sont données pour la même superficie de chaque élément de façade. L'influence d'un élément particulier sur les niveaux de bruit à l'intérieur est aussi fonction de la superficie de cet élément.

Il faut savoir que les décibels correspondent à une échelle logarithmique et que les valeurs en décibels ne peuvent pas s'ajouter ou se soustraire par une simple opération arithmétique. Une réduction de niveau sonore inférieure à trois décibels n'est normalement pas sensible. Toutefois, une réduction (ou une augmentation) de dix décibels ou plus devient considérable et correspond à une division (ou à une multiplication) par deux du niveau sonore.

d) Mesure des bruits d'aéronefs

La description détaillée de bruits d'aéronefs serait assez complexe. Quand un aéronef survole une localité, le niveau de son émis varie considérablement; il augmente graduellement à mesure que l'appareil s'approche, puis il décroît à mesure qu'il s'éloigne. On peut se contenter de mesurer le niveau sonore maximal émis lors du survol par un aéronef unique. On peut aussi mesurer soit le total, soit la moyenne de l'énergie acoustique enregistrée au cours du survol complet, à partir d'une séquence de mesures des niveaux sonores. Les personnes habitant à proximité d'aéroports subissent l'effet combiné des survols répétitifs de différents types d'appareils dans des conditions d'utilisation variées. Ainsi, les bruits d'aéronefs sont décrits généralement

Description du type de construction	**Réduction des bruits d'aéronefs, dB**
Porte extérieure à âme massive, bon scellement	28
Fenêtre à vitrage simple (verre de 4 mm)	27
Double vitrage isolant (vitre de 4 mm, lame d'air de 13 mm, vitre de 4 mm)	27
Fenêtre de qualité supérieure (vitre de 4 mm, lame d'air de 100 mm, vitre de 4 mm)	32
Fenêtre de studio d'enregistrement (vitre de 6 mm, lame d'air de 100 mm, vitre de 6 mm)	36
Ossature murale à poteaux de bois avec bardage en bois à l'extérieur et plaques de plâtre à l'intérieur	30
Ossature murale à poteaux de bois avec bardage en bois à l'extérieur et plaques de plâtre sur profilés souples à l'intérieur	37
Ossature murale à poteaux de bois avec stucco de 22 mm (7/8 po) à l'extérieur et plaques de plâtre à l'intérieur	39
Ossature murale à poteaux de bois avec stucco de 22 mm (7/8 po) à l'extérieur et plaques de plâtre sur profilés souples à l'intérieur	46
Ossature murale à poteaux en bois avec parement de briques extérieur et plaques de plâtre à l'intérieur	46
Toit plat ou plafond cathédrale avec couche unique de plaques de plâtre à l'intérieur sans profilés souples	25
Toit plat ou plafond cathédrale avec couche unique de plaques de plâtre à l'intérieur sur profilés souples	36
Toit plat ou plafond cathédrale avec double couche de plaques de plâtre à l'intérieur sur profilés souples	39
Toiture inclinée avec entretoit comportant une isolation thermique, avec une seule couche de plaques de plâtre au plafond, montée sur profilés souples	43

Tableau 1 . Réduction estimative des niveaux acoustiques pondérés de bruits d'aéronefs par une superficie uniforme de divers éléments de façade de bâtiment. Ces estimations ont été calculées pour indiquer la réduction des bruits extérieurs d'appareils à réaction commerciaux aux valeurs intérieures relevées dans une pièce de séjour canadienne typique.

en termes d'effets combinés de toutes les activités aériennes en un lieu donné pendant une journée typique.

Au Canada, on décrit les bruits d'aéronefs en termes d'*indices d'ambiance sonore*. Aux États-Unis, on utilise le *Day-Night Sound Level* (L_{dn}) (niveau sonore diurne-nocture). Bien que ces deux mesures diffèrent dans le détail, elles donnent essentiellement le même niveau moyen d'information au sujet de l'exposition aux bruits des aéronefs. Aux endroits où l'indice d'ambiance sonore est supérieur à 35, la construction d'immeubles résidentiels n'est normalement pas recommandable. (Transports Canada recommande de ne pas construire de nouvelles maisons d'habitation dans les zones où l'indice d'ambiance sonore est supérieur à 30.) Dans les zones où les valeurs de l'indice se trouvent entre 25 et 35, on recommande normalement d'améliorer l'insonorisation par le meilleur isolement acoustique exigé pour les valeurs supérieures de cette plage d'indices.

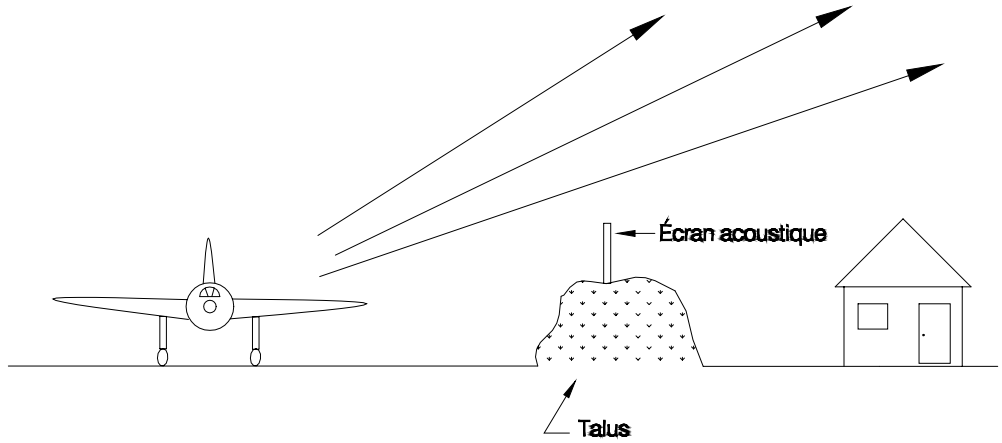
Il n'est pas possible d'établir un lien exclusif entre des mesures moyennes, comme l'indice d'ambiance sonore, et les valeurs maximales dues au survol d'un aéronef unique. Par exemple, différentes combinaisons de nombre d'appareils et de valeurs maximales des niveaux sonores pourraient donner les mêmes mesures moyennes.

3. Orientation du bâtiment et planification de l'aménagement

Les bruits d'aéronefs sont les plus intenses au droit des trajectoires de vol. Les niveaux sonores (en termes d'indices d'ambiance sonore) diminuent considérablement à mesure que l'on s'éloigne perpendiculairement à une trajectoire de vol. Il est possible d'éviter les effets les plus intenses des bruits d'aéronefs en plaçant les nouvelles maisons un peu à l'écart de cette trajectoire.

Normalement, il est possible d'orienter les maisons d'habitation de telle manière que les zones sensibles au bruit soient protégées contre les bruits des aéronefs, particulièrement lorsque les trajectoires de vol des appareils ne sont pas directement au-dessus, mais plutôt sur les côtés par rapport aux maisons. Avec une orientation appropriée, un patio ou autre zone d'utilisation extérieure peut se trouver dans l'« ombre acoustique » de la maison. Comme on l'a vu à la section 4, les pièces sensibles au bruit peuvent être disposées du côté protégé de la maison.

Dans certains cas, les bruits des aéronefs au sol peuvent être considérables. Des bruits de point fixe au sol, par exemple, proviennent des activités d'entretien des appareils. On peut abaisser le niveau sonore au sol en construisant des écrans ou des talus destinés à bloquer la propagation directe de ces bruits. Il est important que les écrans acoustiques soient le plus proche possible de la source de bruit ou de la maison d'habitation nécessitant une protection contre ce bruit. Les écrans acoustiques doivent être suffisamment élevés pour bloquer la ligne de site directe avec la source de bruit et pour former une ombre acoustique dans la zone où l'on désire réduire le bruit.

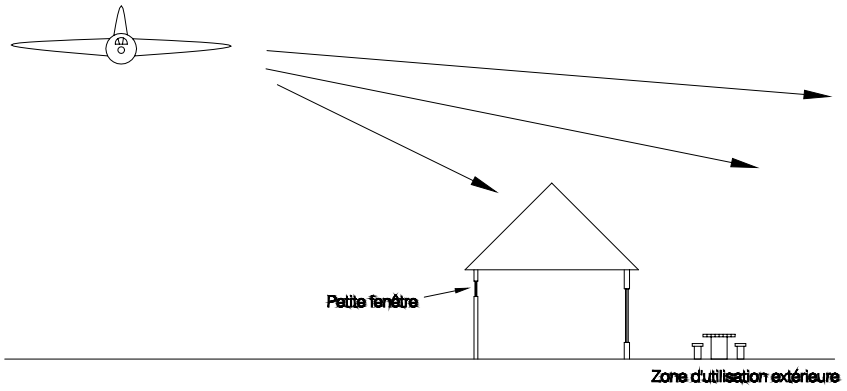


Lorsque les bruits perturbateurs proviennent d'aéronefs au sol, des talus et des écrans acoustiques peuvent être construits pour bloquer la propagation directe des sons. Ce sont des moyens efficaces à condition d'être placés soit à proximité de la source du bruit, soit à proximité de l'immeuble.

4. Planification et agencement des pièces dans une maison d'habitation

Lors de la construction de nouvelles maisons, les pièces sensibles au bruit devraient être situées sur le côté calme du bâtiment. La disposition des chambres à coucher, par exemple, sur le côté qui est protégé contre les sources de bruits d'aéronefs réduit considérablement le niveau sonore dans ces pièces. Dans une maison plus ancienne, on peut modifier l'utilisation des pièces, par exemple les chambres à coucher, de façon que les activités sensibles au bruit soient réservées au côté calme de la maison.

Si le côté calme et le côté bruyant d'une maison sont clairement départagés, on peut améliorer le niveau sonore intérieur en se contentant de fenêtres de petite taille du côté bruyant. De même, il est préférable de disposer les portes sur le côté calme du bâtiment, car les portes et les fenêtres sont habituellement les points faibles de façade du bâtiment. Enfin, toutes les ouvertures de ventilation ou d'aération comme celles des cuisines et des salles de bains devraient être placées du côté calme de la maison.



Lorsque la principale trajectoire de vol se trouve à une certaine distance de la maison, l'agencement de celle-ci devrait être optimisé de façon à réduire les perturbations dues au bruit. Les fenêtres placées du côté bruyant devraient être de petite taille. Les pièces sensibles aux bruits, par exemple les chambres à coucher, ainsi que les zones d'utilisation extérieures devraient être situées du côté calme de la maison.

5. Les murs

Les propriétés isolantes des murs sont habituellement limitées par la présence de fenêtres, de portes et d'autres ouvertures. Le rôle de ces éléments est traité séparément plus loin.

La réduction prévisible des bruits des aéronefs est indiquée pour cinq différents exemples de mur au tableau 1. Ces exemples montrent l'importance des cinq facteurs de base décrits en 2b). Le mur en stucco est préférable au bardage en bois, car le stucco de 22 mm d'épaisseur (7/8 po) est plus massif. Le mur de brique est encore meilleur car il est plus massif que les deux matériaux précédents et peut réduire les bruits d'aéronefs de 46 dB. Grâce à ce mur, un bruit d'aéronef de 95 dBA à l'extérieur peut être réduit à 49 dBA à l'intérieur. Toutefois, le mur à bardage en bois réduirait ce même bruit à 65 dBA seulement à l'intérieur. Ces exemples illustrent le fait que la masse des couches superficielles peut avoir un effet très important sur le niveau sonore des bruits d'aéronefs entendus à l'intérieur. D'autres types de revêtement extérieur comme les bardages en vinyle et en aluminium peuvent être de masse plus légère que le bardage en bois et produire des réductions moins importantes des bruits perturbateurs.

Le tableau 1 donne aussi des exemples comportant l'addition de profilés souples dans les murs à bardage en bois et en stucco. Dans les deux cas, la réduction du bruit des aéronefs augmente d'encore 7 dB lorsque l'on utilise ces profilés. La combinaison de stucco massif à l'extérieur et de plaques de plâtre montées sur profilés souples à l'intérieur devrait assurer le même niveau d'isolation acoustique qu'un mur à parement de briques et ossature à poteaux de bois.

La section 2b) indique qu'il est bon de prévoir de larges espaces d'air pour réaliser un bon isolement acoustique aux basses fréquences. Dans la plupart des régions du Canada, la pratique normale actuellement est d'utiliser des poteaux d'ossature de plus grandes dimensions (150 mm) permettant d'améliorer l'isolation thermique (plus grande épaisseur). Cette isolation améliore également l'isolement acoustique aux basses fréquences. Toutefois, il est important que les murs creux soient garnis d'un matériau absorbant poreux qui soit efficace à la fois sur le plan de l'acoustique et de l'isolation thermique.

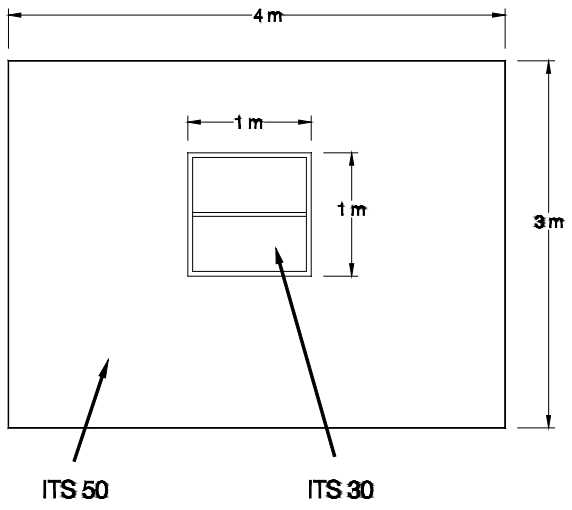
Pour améliorer l'isolement acoustique d'un mur, il peut s'avérer nécessaire d'enlever l'une des couches de surface. On pourrait, par exemple, enlever la couche de plaques de plâtre intérieure et la remplacer par une double couche de plaques de plâtre installée sur des profilés souples. *Il ne faut jamais ajouter les profilés souples sur une couche de plaques de plâtre existante.* On obtiendrait ainsi deux épaisseurs de plaques de plâtre séparées par un petit espace d'air, ce qui détériorerait l'insonorisation du mur au lieu de l'améliorer.

6. Les fenêtres

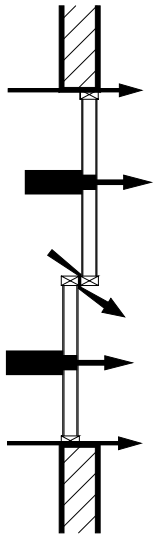
On ne peut réaliser une insonorisation suffisante contre les bruits d'aéronefs qu'en tenant compte des propriétés acoustiques des fenêtres. Les fenêtres sont habituellement le point faible d'une façade de bâtiment; ce sont elles qui contribuent le plus à la propagation de bruits indésirables à l'intérieur. Les cinq facteurs déjà mentionnés en 2b) déterminent l'isolement acoustique des fenêtres. Toutefois, il est difficile d'accroître la masse des parois (les vitres) et l'épaisseur de la lame d'air suffisamment pour améliorer de façon importante l'isolement acoustique des fenêtres.

Le tableau 1 montre que les types ordinaires de vitrage double comportant une lame d'air de 13 mm (1/2 po) ne valent pas mieux qu'une vitre unique du même verre. Avec cette faible lame d'air, un double vitrage augmente l'isolement contre les sons de haute fréquence mais diminue l'isolement contre les sons de basse fréquence, le résultat net étant nul. Une augmentation d'épaisseur des lames d'air peut entraîner une amélioration de l'isolement acoustique. Toutefois, même dans le cas de deux vitres de 6 mm (1/4 po) séparées par une lame d'air de 100 mm (4 po), le bruit des aéronefs n'est réduit que d'environ 36 dB. Habituellement, il n'est pas acceptable d'exiger des fenêtres aussi lourdes dans des maisons d'habitation; il faut donc envisager d'autres méthodes d'amélioration de l'insonorisation.

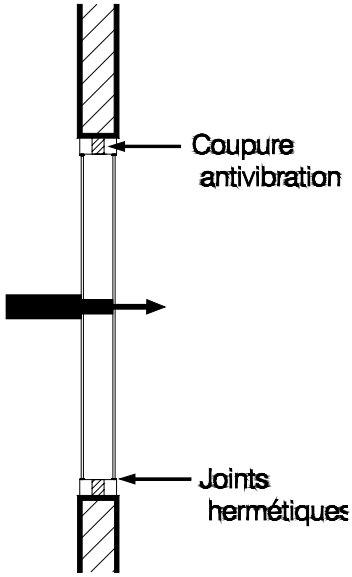
On peut réduire les effets négatifs des fenêtres sur l'insonorisation générale en diminuant leur superficie. L'amélioration serait particulièrement importante sur le côté bruyant de la maison. Comme c'est l'effet combiné de la présence de fenêtres et de la construction du mur qui détermine l'isolement acoustique net, on ne peut que partiellement compenser la présence d'une fenêtre peu satisfaisante par l'amélioration de l'isolement acoustique du reste du mur. La figure ci-dessous est une simple illustration des effets combinés d'un mur et d'une fenêtre. La fenêtre a une superficie de 1 m^2 et la superficie du reste du mur est de 11 m^2. La fenêtre réduit le bruit des



Exemple de réduction combinée du bruit par un mur comportant une fenêtre. La superficie du mur est de 11 m^2 pour une réduction de bruit de 50 dB. La superficie de la fenêtre est de 1 m^2 pour une réduction de bruit de 30 dB. La réduction du niveau sonore de l'ensemble est de 40 dB.



Fenêtre coulissante verticale typique avec double vitrage isolant. Les bruits d'aéronefs pénètrent par différentes fissures laissant passer l'air, et le vitrage isolant à lame d'air mince constitue un médiocre écran pour les bruits de basse fréquence produits par les hélicoptères et les avions.



Fenêtre entièrement fixe de type studio, à haut rendement, avec vitrage lourd et lame d'air épaisse.

aéronefs de 30 dB, et le mur de 50 dB. L'effet combiné du mur et de la fenêtre, si l'on tient compte des différences de superficie et de réduction de bruit, aboutirait à une réduction du bruit des aéronefs de 40 dB. Si la superficie de la fenêtre était réduite à 0,5 m^2, la réduction combinée du bruit augmenterait pour passer à 43 dB. Toutefois, si la superficie de la fenêtre passait à 2 m^2, l'isolement acoustique combiné tomberait à 37 dB. L'isolement acoustique total est largement déterminé par la surface la plus faible sur le plan acoustique.

L'isolement acoustique de fenêtres ouvrables est fréquemment limité par le défaut d'étanchéité des joints de fenêtre. Si l'air peut passer au travers des joints, le son peut aussi les traverser. Neuves, les fenêtres peuvent avoir des joints d'étanchéité très efficaces, mais susceptibles de se détériorer à l'usage. Il est très difficile de réaliser de façon fiable, pendant plusieurs années d'utilisation, une bonne insonorisation de fenêtres ouvrables.

Plusieurs autres méthodes ont été introduites dans le but d'accroître l'isolement acoustique des fenêtres. On propose parfois des vitrages triples, moyen plus complexe pour améliorer l'insonorisation. Des essais en laboratoire montrent que les fenêtres à triple vitrage ne valent pas mieux que les fenêtres à double vitrage si elles comportent la même masse totale de verre et la même épaisseur maximale d'air entre les vitres extérieures. Ainsi, un double vitrage de plus grande épaisseur est une solution moins coûteuse pour obtenir le même isolement acoustique. Parmi les autres types de fenêtres acoustiques spécialement conçues, on compte les vitres ou fenêtres en verre feuilleté comportant une lame isolante constituée de gaz spéciaux entre deux vitres. La légère amélioration obtenue grâce à ce type de construction plus complexe n'est

peut-être pas supérieure aux avantages résultant d'une faible augmentation d'épaisseur du verre ou de la lame d'air entre les vitres.

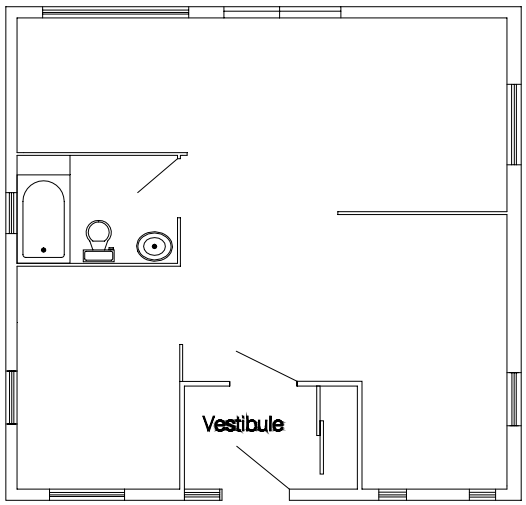
Il est souvent difficile de se procurer des fenêtres comportant des lames d'air plus épaisses, car la plupart des fenêtres sont conçues en vue d'un rendement thermique optimal. Les nécessités de l'isolation thermique entraînent généralement l'utilisation d'un vitrage double avec une lame d'air d'environ 13 mm (1/2 po). Un moyen moins coûteux d'améliorer l'isolement acoustique de ces fenêtres serait d'ajouter séparément une contre-fenêtre extérieure avec un espace d'air le plus important possible.

7. Les portes

Les portes posent des problèmes analogues à ceux des fenêtres; en effet, leurs propriétés acoustiques sont généralement inférieures à celles des murs. Heureusement, les portes extérieures sont généralement en plus petit nombre que les fenêtres, de sorte que leur incidence totale est moins grande. Comme pour les fenêtres, leurs propriétés d'isolement acoustique sont limitées à la fois par les insuffisances des panneaux de porte et par celles des joints. Pour les portes, comme pour les fenêtres, il est difficile de recourir à des panneaux massifs séparés par un espace d'air important. De plus, même les meilleurs joints finissent par se détériorer à l'usage.

Le tableau 1 présente un exemple de réduction de 28 dB des bruits d'aéronefs, correspondant à une porte à âme massive bien jointoyée. Toutefois, si les joints sont médiocres, l'isolement acoustique mesuré sera d'au moins 5 dB inférieurs à cette valeur.

À cause de limitations pratiques imposées par les portes, il est généralement impossible d'obtenir d'une porte simple une réduction plus importante des bruits d'aéronefs. Il existe deux façons pratiques d'améliorer l'isolement acoustique des portes, en recourant soit à des portes doubles, soit à un vestibule d'entrée d'air. Deux portes à âme massive bien scellées, avec un espace d'air de 200 mm (8 po) dans l'intervalle, devraient améliorer de 10 dB l'insonorisation d'une porte simple. La mise en place d'un petit vestibule d'entrée est analogue effectivement à l'installation d'une double porte, avec un très large espace d'air entre les deux; cette solution devrait aussi être très efficace.



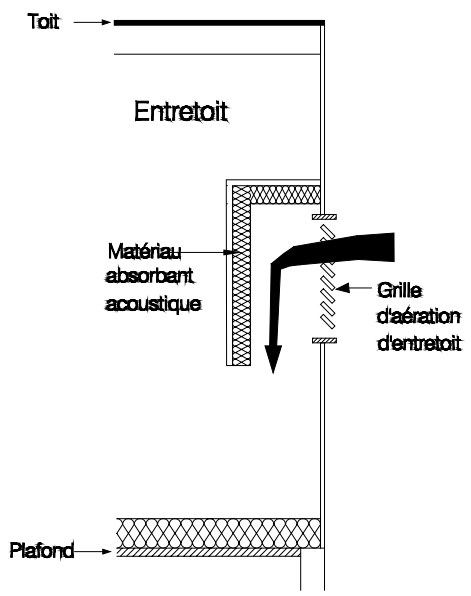
Exemple de vestibule d'entrée améliorant l'isolement acoustique d'une porte extérieure.

8. Le toit

Le toit est un élément important de l'insonorisation contre les bruits d'aéronefs, car c'est habituellement la plus vaste surface exposée à ces bruits. Dans nombre de maisons d'habitation, les toitures comportent de vastes surfaces d'entretoit isolées constituant des obstacles très efficaces à la propagation des bruits d'aéronefs. D'autres bâtiments sont munis de toits plats qui sont habituellement beaucoup moins efficaces à cet égard.

Dans le cas d'un toit plat ou d'une construction de type « plafond cathédrale », l'espace séparant les parois extérieure et intérieure est généralement plus petit et dépourvu de coupure antivibration entre les deux surfaces. Comme l'indique le tableau 1, ce type de construction ne réduirait les bruits d'aéronefs que de 25 dB. Toutefois, l'addition de profilés souples pour former une coupure antivibration, alliée à la pose d'un isolant poreux approprié devrait permettre d'obtenir une réduction atteignant 36 dB. En ajoutant une seconde couche de plaques de plâtre au plafond, combinée à la pose de profilés souples et de matériaux absorbant, on pourrait obtenir une réduction acoustique atteignant 39 dB. (Les profilés souples ne doivent jamais être posés entre deux couches de plaques de plâtre, ce qui diminuerait l'isolement acoustique des basses fréquences.) Ces exemples démontrent clairement la justesse des principes de base exposés en 2b). L'ajout de couches de plaques de plâtre accroît la masse des surfaces. Les profilés souples créent une coupure antivibration intermédiaire, et la pose de matériaux absorbants dans les cavités amortit les sons dans les espaces d'air.

Les toitures comportant un entretoit isolé constituent habituellement un écran acoustique très efficace contre les bruits d'aéronefs, grâce au large espace d'air et à la présence d'une épaisse couche de matériaux absorbants poreux. Le tableau 1 comprend une estimation correspondant à ce type de toiture, dans laquelle les plaques de plâtre du plafond sont soutenues par des profilés souples. On peut encore en améliorer l'efficacité en ajoutant au plafond une seconde couche de plaques de plâtre. Les toitures modernes canadiennes de ce type sont normalement bien ventilées pour réduire les problèmes d'humidité. Les dispositifs de ventilation ont pour effet de



Exemple de traitement d'une grille d'aération d'entretoit afin d'améliorer l'isolement acoustique.

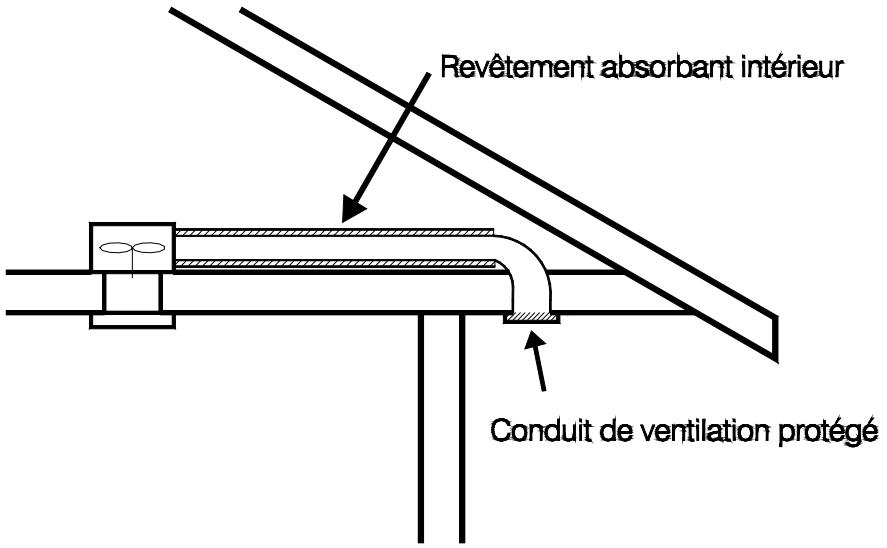
diminuer quelque peu l'insonorisation de la toiture, car le son peut traverser la paroi extérieure par cette voie. Si l'on augmente la masse du plafond en ajoutant des couches de plaques de plâtre, on peut en compenser les effets indésirables. Les dispositifs de ventilation sont traités à la section 9.

9. Cheminées, conduits de ventilation et autres ouvertures

Le son étant un déplacement d'air, toute ouverture non obturée dans un bâtiment permet la pénétration des bruits d'aéronefs. Certaines ouvertures de grandes dimensions comme les conduits d'évacuation et les cheminées peuvent être des causes plus évidentes de pénétration des bruits; cependant, des fissures très petites peuvent également jouer un rôle important. Si un mur de 12 m^2, par exemple, réduisant les bruits d'aéronefs de 50 dB ne comportait que 120 cm^2 (18,6 po^2) d'ouvertures attribuables à la fissuration autour d'une fenêtre ou d'une porte, la réduction réelle des bruits d'aéronefs ne serait pas supérieure à 30 dB. Ainsi, un mur très efficace deviendrait un écran acoustique tout à fait médiocre. Il est donc extrêmement important d'obturer toutes les fissures et toutes les petites ouvertures pour obtenir un bon isolement acoustique.

Les ouvertures destinées à la ventilation ne peuvent pas être obturées, mais elles peuvent être aménagées de telle façon qu'elles soient moins exposées aux bruits d'aéronefs. Par exemple, les conduits de ventilation de salle de bains et de cuisine peuvent être placés sur le côté calme du bâtiment. Ils peuvent aussi être disposés dans la sous-face de l'avant-toit où ils seraient protégés contre la pénétration directe des bruits d'aéronefs. On peut aussi réduire la propagation des sons dans les conduits de ventilation en utilisant des conduits comportant un revêtement intérieur fait d'un matériau absorbant acoustique. On appelle parfois atténuateurs dissipatifs ou à absorption ces conduits à revêtement intérieur acoustique.

Les ouvertures d'aération d'entretoit sont habituellement d'une taille importante et ont pour effet de réduire l'isolement acoustique effectif des systèmes entretoit-toit. Le son



Amélioration de l'isolement acoustique du conduit d'évacuation d'un ventilateur de salle de bains : le conduit est placé sous l'avant-toit où il est protégé contre les bruits d'aéronefs; le conduit comporte un revêtement absorbant les sons afin de réduire la transmission du bruit.

peut alors pénétrer dans l'entretoit par les ouvertures d'aération. On peut diminuer

l'effet de cette voie de pénétration à l'aide d'un labyrinthe acoustique analogue aux conduits à revêtement intérieur acoustique. Dans un labyrinthe acoustique, l'air empruntant le conduit d'aération doit suivre un cheminement complexe comportant plusieurs coudes. Les surfaces internes sont revêtues d'une couche de matériau absorbant. Le son passant dans un aérateur est forcé d'entrer en contact avec le matériau qui l'absorbe.

Des études démontrent qu'une cheminée de foyer classique peut constituer le point faible de l'insonorisation d'une maison autrement bien isolée. Les cheminées offrent un accès direct au-dessus du toit où elles sont largement exposées aux bruits des aéronefs qu'elles propagent à l'intérieur des maisons. Dans les maisons d'habitation canadiennes, les foyers sont généralement situés dans les salons et les salles de séjour où la propagation des bruits d'aéronefs peut être particulièrement gênante. La fermeture du registre du foyer réduit la propagation des bruits dans la pièce quand le foyer n'est pas utilisé. De même, les différents modèles de foyers fermés et de poêles à bois forment un obstacle supplémentaire. D'autres cheminées comme celles qui sont reliées aux générateurs d’air chaud et aux chauffe-eau sont moins problématiques, car les bruits d'aéronefs se propagent par le générateur d’air chaud généralement dans une partie de la maison qui est moins sensible aux bruits.

10. Vue d'ensemble et priorités

Les fenêtres, les portes et les autres ouvertures sont habituellement des points critiques où il est très difficile d'obtenir un bon isolement acoustique contre les bruits d'aéronefs. Généralement, la construction des toits et des murs est plus massive et présente moins de problèmes d'isolement acoustique. Cette section résume le présent document et donne la liste des éléments traités dans l'ordre d'importance décroissante. Par exemple, les fenêtres, dans la liste, sont considérées comme ayant une incidence plus importante que les toits. Il est habituellement inutile d'améliorer l'isolement acoustique de la toiture si celui des fenêtres ne l'a pas été. Dans la plupart des cas, l'énergie acoustique traversant les éléments les plus faibles, comme les fenêtres, est relativement considérable, à tel point que l'amélioration d'éléments déjà mieux isolés, comme les toitures, n'aura pas d'effet sensible. Naturellement, l'importance relative de chaque élément de la façade du bâtiment peut varier, dans les détails, d'un bâtiment à l'autre.

Isolement acoustique - Ordre de priorité typique

- **Fenêtres**
  - assurer un scellement approprié;
  - réduire les dimensions;
  - vitrage et lame d'air plus épais;
  - ajouter aux fenêtres existantes une couche supplémentaire de vitre épaisse avec un grand espace d'air.
- **Portes**
  - assurer un scellement approprié;
  - doubles portes;
  - vestibule d'entrée.
- **Conduits de ventilation et trous**
  - disposer les ouvertures de ventilation sur le côté calme du bâtiment;
  - soumettre les conduits de ventilation à un traitement acoustique;
  - calfeutrer ou obturer les trous et les fissures.
- **Murs**
  - augmenter la masse des constructions légères au moyen de couches de plaques de plâtre supplémentaires ou de matériaux plus lourds à l'extérieur;
  - utiliser des plaques de plâtre sur des profilés souples afin de créer une coupure antivibration.
- **Toiture**
  - utiliser dans les plafonds une double couche de plaques de plâtre montée sur des profilés souples;
  - soumettre les ouvertures d'aération d'entretoit à un traitement acoustique.
- **Aménagement**
  - déplacer les activités sensibles aux bruits.

11. Amélioration des maisons d'habitation

Dans les maisons d'habitation touchées par des problèmes d'isolement acoustique, il faut habituellement déterminer le ou les points faibles qui sont la principale cause de pénétration des bruits perturbateurs. On peut dépenser de vastes sommes d'argent pour améliorer d'autres parties de la façade du bâtiment, sans résultat notable, si l'on ne traite pas le principal point faible.

Ainsi, la première étape est de déterminer la principale voie de pénétration des bruits d'aéronefs dans la maison. Comme l'indique le présent rapport, les points faibles les plus communs sont les fenêtres, les portes, les conduits de ventilation, les fissures et autres ouvertures. On peut éventuellement identifier une trajectoire acoustique dominante en écoutant attentivement les sons se propageant par divers points faibles possibles. Par exemple, en prêtant l'oreille aux sons transmis par la gaine d'un ventilateur d'évacuation de cuisine au cours du survol d'un aéronef (le ventilateur étant à l'arrêt), on peut s'apercevoir qu'il s'agit d'une importante voie de pénétration des bruits d'aéronefs dans la maison. Si le bruit de l'aéronef est clairement audible et plus fort qu'en tout autre point de la pièce, il est probable que ce conduit d'évacuation contribue de façon importante au bruit total à l'intérieur de la maison.

La seconde étape consiste à essayer de vérifier si la ou les voies de pénétration identifiées sont celles qui contribuent le plus à la pénétration totale de bruits d'aéronefs. Une technique simple, permettant de vérifier l'importance de chaque voie de pénétration identifiée, consiste à bloquer temporairement chacune de ces voies. Par exemple, on peut obturer une ouverture de ventilation à l'aide d'un morceau de contreplaqué fixé à l'aide de ruban collant, de façon à obtenir une fermeture épaisse et hermétique. De même, on peut couvrir temporairement l'ouverture d'une fenêtre ou d'une porte à l'aide d'une feuille de contreplaqué pour vérifier s'il s'agit de la voie de pénétration dominante. Ce contreplaqué devrait avoir une épaisseur de 13 mm (1/2 po) ou plus et ses bords devraient être fixés à l'aide de ruban collant de façon à former une couverture hermétique. Si l'on ne constate aucune amélioration sensible après avoir recouvert les ouvertures identifiées, il ne vaut probablement pas la peine de tenter d'améliorer l'isolement acoustique de ces éléments du bâtiment sans d'abord améliorer d'autres voies de pénétration plus importantes. Il peut paraître assez difficile de recouvrir une fenêtre ou une porte de cette façon, mais on peut ainsi économiser le prix, qui pourrait être considérable, de rénovations inefficaces.

Après avoir identifié et vérifié une ou plusieurs voies de pénétration acoustique dominantes, la troisième étape consiste à trouver des solutions permanentes afin d'améliorer leur isolement acoustique. Dans certains cas, les trous et ouvertures peuvent être obturés de façon permanente. Les fenêtres et les portes peuvent souvent être améliorées en installant de nouveaux joints. Les premières pages du présent rapport offrent d'autres conseils au sujet des facteurs importants à envisager pour améliorer l'isolement acoustique d'une voie de pénétration donnée. Très souvent, le problème de l'amélioration de l'isolement acoustique est trop complexe pour donner lieu à un diagnostic simple et nécessite l'aide d'un expert.

12. Consultations plus approfondies

Le présent document tente d'expliquer les principes de base de l'isolement des maisons d'habitation contre les bruits d'aéronefs; cependant, il ne constitue pas un guide de conception complet. La conception d'une maison bien isolée dans le but de protéger convenablement les résidents d'une zone bruyante est un sujet très complexe. Les solutions sont habituellement moins coûteuses au stade conceptuel. L'amélioration de l'isolement acoustique de bâtiments plus anciens est habituellement coûteuse.

Les personnes envisageant de construire une maison, dans une zone exposée à d'importants bruits d'aéronefs ou dans laquelle on peut prévoir que les bruits d'aéronefs augmenteront à l'avenir, devraient se mettre en rapport avec un expert-conseil en acoustique ayant l'expérience de ces problèmes. C'est probablement le moyen le plus rentable d'assurer une ambiance intérieure acceptable.

Le rapport de la Société canadienne d'hypothèques et de logement intitulé « Nouveaux secteurs résidentiels à proximité des aéroports » est un guide de conception largement diffusé résultant des travaux effectués par le Conseil national de recherches du Canada au début des années 70. Ce guide de conception est malheureusement dépassé à de nombreux égards. Il est fondé sur des modèles d'aéronefs anciens produisant des bruits tout à fait différents de ce que sont les bruits des appareils plus silencieux de la période actuelle. De plus, il ne tient pas compte des nombreux types de construction modernes largement utilisés de nos jours. Toutefois, il peut être utile à ceux qui désirent se procurer des informations plus détaillées.

La présente publication est l'aboutissement d'un effort conjoint du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et des ministères de la Défense nationale, Directeur général - Environnement (MDN/DGE). Si vous avez des questions techniques à poser, veuillez vous mettre en rapport avec le CNRC au numéro (613) 993-2305 ou avec la base ou l'escadre locale du MDN.

Le Conseil national de recherches du Canada, en collaboration avec le ministère de la Défense nationale et Transports Canada, a récemment commencé à travailler sur un nouveau guide de conception qui sera fondé sur les caractéristiques des bruits d'aéronefs modernes et sur les techniques de construction récentes, et qui vise à fournir des résultats plus précis, présentés d'une façon plus commode.