

Isolation acoustique des façades

Guide technique et administratif
pour le traitement des Points Noirs Bruit



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ÉQUIPEMENT,
DES TRANSPORTS,
DU LOGEMENT,
DU TOURISME ET
DE LA MER

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE ET
DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

ISOLATION ACOUSTIQUE DES FAÇADES

Guide technique et administratif pour le traitement des Points Noirs Bruit

Juin 2003

**Centre d'études sur les réseaux, les transports,
l'urbanisme et les constructions publiques**



MINISTÈRE
DE L'ÉQUIPEMENT,
DES TRANSPORTS,
DU LOGEMENT,
DU TOURISME ET
DE LA MER
MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE ET
DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

Collection Références

Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir. Le Certu s'engage sur le contenu.

Le Certu publie aussi les collections : débats, dossiers, rapports d'étude, enquêtes et analyses.

Catalogue des publications disponible sur <http://www.certu.fr>

Avertissement

Ce document a été établi au format PDF pour une diffusion Internet.

Il s'agit d'une version provisoire d'un guide plus complet, relatif à l'amélioration de l'isolation acoustique des façades, qui sera publié fin 2003.

Il développe plus particulièrement la mise en œuvre de l'isolation acoustique des façades dans le cadre de la résorption des Points Noirs dus au bruit des infrastructures de transport terrestres.

La rédaction de cet ouvrage a été confiée au CERTU par la Mission Bruit du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (www.environnement.gouv.fr/dossiers/bruit (rubrique "bruit des infrastructures de transports"))

Publication dirigée et rédigée par Vincent Steimer, groupe "Air, Bruit, Nature", département "Environnement" du CERTU.

Nous remercions Pascal Lemonnier de la Mission Bruit du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, qui a bien voulu confier au CERTU l'élaboration de ce guide.

Nous remercions également pour leur importante contribution à la rédaction :

- Bernard Agliany, Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée,
- David Delcampe, Mission Bruit du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable,
- Richard Durang, Laboratoire Régional de l'Est Parisien,
- Guillaume Dutilleux, Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Est,
- Claude Martin, Jean-Georges Villenave, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment,
- Yves Sévère, Centre d'Études Techniques de l'Équipement Normandie-Centre
- Georges Terme, Centre d'Études Techniques de l'Équipement de Lyon,
- Luc Vanderbeke, Centre d'Études Techniques de l'Équipement Nord-Picardie,

Ainsi que tous ceux qui ont participé à la relecture et au complément de ce document, notamment :

- Daniel Pillant, Nathalie Fürst, CERTU,
- Raymond Bilger, Centre d'Études Techniques de l'Équipement de l'Est,
- Roland Gaven, Bureau d'études assistance à maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre Espace9,

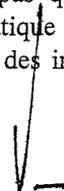
Préface

En décembre 1998, le « rapport LAMURE » a dressé un bilan préoccupant de l'exposition au bruit dû aux transports terrestres sur l'ensemble du territoire national : deux millions de personnes seraient en effet exposées à des niveaux sonores dépassant les valeurs reconnues comme critiques pour la santé humaine.

Le développement des trafics routiers et ferroviaires ainsi qu'une urbanisation mal maîtrisée aux abords des infrastructures ont concouru au développement de ces expositions sonores excessives.

Diverses orientations ont depuis lors été mises en œuvre sous la houlette des ministres chargés de l'environnement et des transports : il s'agit notamment de la constitution d'observatoires départementaux du bruit des transports terrestres ainsi que de l'instauration d'une nouvelle aide pour l'insonorisation des points noirs dus au bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux.

Le présent guide technique, élaboré par le Certu à la demande de la mission bruit du ministère de l'écologie et du développement durable, s'adresse aux DDE ainsi qu'aux prestataires de services et entreprises susceptibles d'intervenir dans le cadre de ce nouveau dispositif. Je ne doute pas qu'il constituera, pour l'ensemble de ces acteurs, un référentiel technique commun ainsi qu'une aide pratique indispensable pour la réalisation d'opérations d'insonorisation de qualité tant attendues par les riverains des infrastructures les plus bruyantes.



Philippe VESSERON,

*Directeur de la Prévention des Pollutions et des
Risques,
Délégué aux risques majeurs*

Sommaire

INTRODUCTION	1
1. LE PROGRAMME NATIONAL DE RESORPTION DES POINTS NOIRS BRUIT.....	2
1.1. COMMENT SONT DEFINIS LES POINTS NOIRS DUS AU BRUIT DES TRANSPORTS TERRESTRES?	2
1.2. COMMENT SONT RECENSES LES POINTS NOIRS BRUIT?	3
1.3. LES MODALITES DE PROGRAMMATION DES OPERATIONS DE RATTRAPAGE	3
1.4. QUELLES SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LE RATTRAPAGE DES POINTS NOIRS BRUIT?	3
1.5. LE FINANCEMENT DU TRAITEMENT DES POINTS NOIRS BRUIT DES RESEAUX NATIONAUX.....	4
2. SUBVENTIONS ACCORDEES PAR L'ÉTAT POUR LES OPERATIONS D'ISOLATION ACOUSTIQUE DES POINTS NOIRS BRUIT.....	5
2.1. LE CADRE DE LA SUBVENTION.....	5
2.2. PRESENTATION SYNTHETIQUE DES TEXTES	5
2.2.1. Décret et arrêté du 3 mai 2002	5
2.2.2. Circulaire du 23 mai 2002	6
2.3. PRESTATIONS DE MAITRISE D'ŒUVRE ET DE CONTROLE : DEUX PROCEDURES POSSIBLES.	7
3. LE DEROULEMENT D'UNE OPERATION "ISOLATION ACOUSTIQUE DES FAÇADES"	8
3.1. ÉTUDES PREALABLES	8
3.2. INFORMATION DES BENEFICIAIRES	8
3.3. DEMANDE ET ATTRIBUTION DE LA SUBVENTION	10
3.4. LES TRAVAUX A REALISER	10
3.5. LE MAITRE D'ŒUVRE	10
3.5.1. Qui est-il?	10
3.5.2. Choix du maître d'œuvre	10
3.5.3. Missions du maître d'œuvre.....	10
3.6. LE CONTROLE DE L'OPERATION	11
4. ACOUSTIQUE DES FAÇADES - THEORIE ET PRATIQUE.....	12
4.1. PREAMBULE : ACOUSTIQUE DU BATIMENT.....	12
4.1.1. Transmission du son à travers une paroi	12
4.1.2. Réverbération dans un local	14
4.2. PERFORMANCES ACOUSTIQUES DES ELEMENTS ET DES CONSTRUCTIONS : INDICATEURS	16
4.2.1. Indicateurs par bandes de fréquences	16
4.2.2. Indicateurs pondérés.....	17
4.3. CALCUL DE L'ISOLEMENT AUX BRUITS AERIENS VENUS DE L'EXTERIEUR	19
4.3.1. Données d'entrée.....	19
4.3.2. Transmission directe des murs et fenêtres.....	20
4.3.3. Transmission directe des petits éléments.....	20
4.3.4. Calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R'	20
4.3.5. Calcul de l'isolement acoustique standardisé $D_{2m,nT}$:	20
4.4. METHODES DE CONTROLE IN SITU	21
4.4.1. Généralités.....	21
4.4.2. Appareillage	21
4.4.3. Mesurage d'isolement	21
4.4.4. Mesurage de durée de réverbération.....	23
5. LES SOLUTIONS TECHNIQUES DE PROTECTION ACOUSTIQUE	24
5.1. COMMENT AMELIORER L'ISOLATION ACOUSTIQUE DES FAÇADES ?.....	24
5.2. LES PAROIS LOURDES	24
5.3. LES PAROIS LEGERES.....	24

5.3.1.	Les parois légères à ossatures bois	24
5.3.2.	Les façades légères de type "panneaux sandwichs"	25
5.4.	LES FENETRES ET LES PORTES	26
5.4.1.	Les différentes techniques, les différents composants	26
5.4.2.	Les performances acoustiques	28
5.4.3.	Les certifications et certificats de classification	28
5.4.4.	L'amélioration acoustique des fenêtres ou des portes extérieures	29
5.5.	LES ENTREES D'AIR ET LES ORIFICES DE VENTILATION	31
5.6.	LES FERMETURES, LES COFFRES DE VOLETS ROULANTS	32
5.6.1.	Les fermetures	32
5.6.2.	Les coffres de volets roulants	33
5.7.	LES TOITURES ET TOITURES-TERRASSES	34
5.7.1.	Les toitures en pentes	34
5.7.2.	Pour les toitures-terrasses	34
5.8.	LA PRESENCE DE BALCONS ET LOGGIAS, L'UTILISATION DES ESPACES INTERMEDIAIRES	35
5.9.	DANS LES DEPARTEMENTS D'OUTRE MER	36
5.10.	L'EQUILIBRE ENTRE L'ISOLEMENT DE FAÇADE ET LES ISOLEMENTS INTERIEURS	36
6.	AUTRES ASPECTS A PRENDRE EN COMPTE	37
6.1.	LES EXIGENCES DE PURETE DE L'AIR	37
6.1.1.	La ventilation des logements	37
6.1.2.	La ventilation des bâtiments autres que d'habitation	49
6.2.	LE MAINTIEN DU CONFORT THERMIQUE EN SAISON CHAUDE	50
6.2.1.	Objectifs	50
6.2.2.	Moyens	51
6.3.	LE MAINTIEN DU CONFORT THERMIQUE EN SAISON FROIDE	51
6.3.1.	Objectifs	51
6.3.2.	Moyens	52
6.4.	LES ASPECTS LIES A LA SECURITE	52
6.4.1.	Sécurité des personnes	52
6.4.2.	Sécurité incendie	52
6.4.3.	Sécurité gaz	53
6.4.4.	Sécurité électrique	53
	CONCLUSION	54
	BIBLIOGRAPHIE	55

Introduction

Un programme de rattrapage des Points Noirs Bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux visant à protéger 200 000 logements au moins d'ici 2010 est mené par l'État en partenariat avec les collectivités locales.

La mise en œuvre d'une isolation acoustique renforcée des bâtiments à protéger est une des solutions pour résorber ces Points Noirs, notamment en milieu urbain où des protections à la source de type écran acoustique ou butte de terre sont souvent difficiles à intégrer.

Les propriétaires de locaux d'habitation du parc privé, ainsi que de locaux d'enseignement, de soins, de santé ou d'action sociale, recensés par le préfet comme Points Noirs du Bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux, peuvent bénéficier d'une subvention de l'État, financée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, pour réaliser des travaux d'amélioration de l'isolation acoustique.

Après une présentation des grandes lignes du programme national de résorption des Points Noirs Bruit et des conditions d'attribution de la subvention accordée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, ce guide technique détaille les différentes étapes du déroulement d'une opération de résorption mettant en œuvre une isolation acoustique des façades.

Les trois dernières parties de l'ouvrage abordent les aspects théoriques et pratiques de l'amélioration de l'isolation acoustique des façades ainsi que les aspects connexes à prendre en compte : exigences de pureté de l'air, de maintien du confort thermique et aspects liés à la sécurité.

1. Le programme national de résorption des Points Noirs Bruit

L'accroissement des trafics routiers et ferroviaires, notamment la nuit, conjugué à l'absence de maîtrise des nuisances sonores le long des infrastructures les plus anciennes, ont produit et continuent de produire des situations extrêmes où des bâtiments à occupation sensible sont exposés à des niveaux sonores reconnus pour provoquer une gêne très importante : il s'agit des Points Noirs Bruit (PNB) des transports terrestres.

La communication, présentée en Conseil des Ministres du 10 novembre 1999 par la ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement en concertation avec le ministre de l'équipement, des transports et du logement, présente les grandes lignes de la politique nationale de résorption des Points Noirs Bruit, un des objectifs étant notamment de résorber au moins 200 000 logements exposés à des niveaux sonores excessifs d'ici 2010.

La circulaire interministérielle du 12 juin 2001, donne aux services déconcentrés de l'État des instructions concernant la mise en place d'un observatoire du bruit aux trois niveaux départemental, régional et national. Elle précise les modalités de hiérarchisation et de financement des opérations ainsi que les modalités techniques de résorption des points noirs.

1.1. Comment sont définis les points noirs dus au bruit des transports terrestres?

Il s'agit de bâtiments d'habitation, de soins, de santé, d'enseignement ou d'action sociale répondant à des critères liés à l'exposition sonore en façade du bâtiment ainsi qu'à sa date d'autorisation de construire, appelés critères d'antériorité :

▪ critères acoustiques :

- les indicateurs de gêne à considérer sont basés sur le L_{Aeq}^1 , évalué à deux mètres en avant des façades des bâtiments. Le tableau 1, ci-dessous, donne la définition de ces indicateurs diurne et nocturne en fonction de la nature des sources sonores.

Configuration de source	Indicateur diurne I (6h-22h)	Indicateur nocturne I (22h-6h)
Infrastructure(s) routière(s) seulement	$L_{Aeq}(6h-22h)$	$L_{Aeq}(22h-6h)$
Infrastructure(s) ferroviaire(s) seulement :		
Lignes Grandes Vitesses (exclusivement parcourues par TGV dont vitesse ≥ 250 km/h)	$L_{Aeq}(6h-22h)$	$L_{Aeq}(22h-6h)$
Autres cas	$I_f(6h-22h)$ [1]	$I_f(22h-6h)$ [1]
Infrastructures routière(s) et ferroviaire(s)	$L_{Aeq}(6h-22h) \oplus I_f(6h-22h)$ [2]	$L_{Aeq}(22h-6h) \oplus I_f(22h-6h)$ [2]

[1] : $I_f = L_{Aeq} - 3$ dB(A), indicateur de gêne ferroviaire défini par l'arrêté du 8 novembre 1999.

[2] : $L_{Aeq} \oplus I_f = 10 \log_{10} [10^{L_{Aeq}/10} + 10^{I_f/10}]$ où L_{Aeq} est la somme énergétique (notée \oplus) des contributions sonores des infrastructures routières et des lignes où circulent exclusivement des TGV à plus de 250 km/h et I_f est la somme énergétique des autres contributions ferroviaires.

Tableau 1. Définition des indicateurs de gêne

(Source : Annexe I, circulaire du 12 juin 2001)

¹ L_{Aeq} : Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, défini dans la norme NF S 31 110.

- les bâtiments, dont ces indicateurs de gêne évalués en façades dépassent la valeur limite diurne 70 dB(A) et/ou la valeur limite nocturne 65 dB(A), sont considérés comme Points Noirs Bruit. Ces indicateurs sont évalués compte tenu des hypothèses de trafic retenues pour le classement sonore des infrastructures des réseaux routier et ferroviaire nationaux qui sont à l'origine de l'exposition sonore.
- critères d'antériorité : on retient les bâtiments d'habitation autorisés avant le 6 octobre 1978 ainsi que ceux qui ont été autorisés avant l'infrastructure en cause. Pour les bâtiments d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale, on retient ceux qui ont été autorisés avant la date d'entrée en vigueur de l'arrêté préfectoral portant classement sonore de l'infrastructure en cause.

1.2. Comment sont recensés les points noirs bruit?

Le recensement des points noirs dus aux réseaux routier et ferroviaire nationaux relève de l'autorité du préfet de département. Il est réalisé sous leur impulsion et sous leur égide par les délégations régionales de Réseau Ferré de France pour ce qui vise le réseau ferroviaire national, par les DDE en collaboration avec les sociétés concessionnaires d'autoroutes pour ce qui concerne le réseau routier national. Les modalités de collaboration sont négociées dans le cadre d'un comité de pilotage départemental présidé par le préfet de département. Les études nécessaires sont financées par les ministères chargés des transports et de l'environnement.

Un guide technique² élaboré par le CERTU à la demande des directions d'administration centrale concernées précise la méthodologie technique et les outils à utiliser pour la mise en place des observatoires du bruit.

² Observatoire du bruit des routes – Guide méthodologique pour la mise en place des observatoires dans les départements, CERTU, 2001.

1.3. Les modalités de programmation des opérations de rattrapage

Les préfets de département sont chargés de proposer les opérations de rattrapage éligibles au programme national. Ces propositions sont discutées dans le cadre des comités de pilotage départementaux avec les principales collectivités locales concernées, les maîtres d'ouvrage des infrastructures concernées et les organismes professionnels du bâtiment et des travaux publics.

Les préfets de région assurent, dans le cadre d'un comité de pilotage régional associant les Régions, les arbitrages nécessaires entre les propositions des différents départements. Ils sollicitent auprès des ministres chargés des transports et de l'environnement les crédits d'État nécessaires. Ils programment les crédits obtenus et les subdélèguent aux préfets de département.

1.4. Quelles solutions techniques pour le rattrapage des points noirs bruit?

La circulaire du 12 juin 2001 précise que la priorité doit être donnée à la réduction de l'exposition sonore en façade des logements et locaux concernés, par la mise en œuvre d'actions durables de protection à la source : "traitement direct de l'infrastructure ou de ses abords immédiats, notamment à l'aide d'écrans, de parements acoustiques, de merlons, complétés si nécessaire par des actions visant à atténuer le bruit de roulement".

Ces solutions techniques sont étudiées de manière à ce que les contributions sonores extérieures soient rendues, si possible, inférieures à 65 dB(A) de jour et à 60 dB(A) de nuit. Si pour des raisons techniques, environnementales ou économiques, ces actions de protection à la source ne permettent pas d'atteindre les objectifs de rattrapage énoncés plus haut, il sera envisagé la mise en œuvre d'isolation acoustique des façades.

L'annexe V de la circulaire du 12 juin 2001 présente dans ce cas les objectifs d'isolation à atteindre. L'isolement acoustique standardisé

pondéré $D_{nT,A,tr}$ ³ à obtenir doit respecter simultanément les trois conditions suivantes :

- $D_{nT,A,tr} \geq I(6h-22h) - 40$ dB, ce qui correspond à un objectif de niveau intérieur diurne de 40 dB(A),
- $D_{nT,A,tr} \geq I(22h-6h) - 35$ dB, ce qui correspond à un objectif de niveau intérieur nocturne de 35 dB(A),
- $D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB.

L'article 4 de l'arrêté du 3 mai 2002 introduit de plus l'incertitude liée aux mesures visée à l'article 7 de l'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique. L'incertitude actuellement retenue est de 3 dB.

1.5. Le financement du traitement des points noirs bruit des réseaux nationaux

Près de 50 millions d'euros par an peuvent, depuis l'année 2000, être engagés chaque année sur le budget des ministères chargés des transports et de l'environnement, en complément des financements provenant des collectivités locales.

- Pour ce qui concerne le *réseau routier national non concédé*, les opérations de protection sont financées dans le cadre des Contrats de Plan Etat-Région ; les clés de financement sont généralement de 60-70% pour les collectivités locales et 30-40% pour le ministère chargé des transports. Ce sont les DDE qui assurent la maîtrise d'ouvrage de ces opérations.
- Pour ce qui concerne le *réseau autoroutier concédé*, les opérations de protection sont financées par les sociétés concessionnaires d'autoroute qui en assurent la maîtrise d'ouvrage, et les collectivités locales concernées.
- Pour ce qui concerne le *réseau ferroviaire national*, les opérations de rattrapage sont cofinancées dans le cadre de conventions multipartites associant la Direction Régionale

de l'Équipement (25%), la délégation régionale de Réseau Ferré de France (25%) qui assure la maîtrise d'ouvrage et le montage administratif des conventions de financement, et les collectivités locales (50%).

En complément de ces financements, essentiellement consacrés à la réalisation de protections à la source, les préfets de département peuvent accorder, dans le cadre du décret du 3 mai 2002, des subventions pour l'insonorisation des logements privés (80, 90 ou 100% selon les revenus des propriétaires) et des locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale (100%). Ces nouvelles aides de l'État, financées sur le budget du ministère chargé de l'environnement viennent compléter le cas échéant, les aides des collectivités locales et de l'agence nationale pour l'amélioration de l'habitat (ANAH).

Le cadre et les conditions d'attribution de cette subvention font l'objet du chapitre 2 suivant.

³ $D_{nT,A,tr}$: voir définition partie 4.2

2. Subventions accordées par l'État pour les opérations d'isolation acoustique des Points Noirs Bruit

2.1. Le cadre de la subvention

Le dispositif de financement de la résorption des Points Noirs Bruit prévoit la possibilité d'attribuer sous certaines conditions des subventions de l'État aux propriétaires de locaux d'habitation du parc privé, de locaux d'enseignement, de soins, de santé ou d'action sociale pour améliorer leur isolation acoustique.

Les modalités d'attribution de ces aides sont précisées par le décret N° 2002-867 du 3 mai 2002 et l'arrêté du 3 mai 2002 (voir annexes 1 et 2). Ces subventions, financées sur le budget du ministère chargé de l'environnement, sont attribuées par le préfet en complément des aides publiques directes existantes. L'aide peut également être accordée dans le cadre de conventions d'opérations programmées d'amélioration de l'habitat (OPAH).

Une circulaire DPPR précise aux préfets et DDE les modalités de programmation des financements du ministère de l'écologie, la dernière datant du 23 mai 2002 (voir annexe 3).

2.2. Présentation synthétique des textes

2.2.1. Décret et arrêté du 3 mai 2002

La subvention est accordée par le préfet sur demande des propriétaires conformément aux règles générales du décret du 3 mai 2002.

Les conditions locales d'octroi de cette aide sont précisées selon le cas par arrêté du préfet qui précise notamment les actions d'information et d'assistance envisagées, les périmètres donnant droit à l'aide, ou par la convention d'opération d'amélioration de l'habitat.

- Prestations donnant droit à subvention :
 - travaux d'isolation acoustique des PNB,
 - travaux nécessaires à satisfaire les exigences de pureté de l'air et de confort thermique,
 - autres travaux connexes,
 - prestations de maîtrise d'œuvre,
 - prestations de contrôle acoustique.

- Locaux concernés :
Pièces principales et cuisines des locaux d'habitation du parc privé, locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale. Ils doivent être recensés "Points Noirs Bruit" par le préfet et donc vérifier les critères acoustiques et d'antériorité rappelés au paragraphe 1.1. Ces locaux doivent être situés dans des périmètres donnant droit à subvention.

- Montant de la subvention :
 - Locaux d'habitation du parc privé : la subvention porte le taux global d'aides à 80% du montant de la dépense (travaux et prestations de maîtrise d'œuvre et de contrôle). Ce montant est plafonné selon les critères rappelés aux tableaux 2 et 3 suivants. Ce taux peut être porté à 90% sous certaines conditions de ressources, voire à 100% pour les bénéficiaires ayant droit à certaines aides sociales (voir l'article 4 du décret du 3 mai 2002 pour plus de détails).
 - Locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale : le montant de la subvention est égal au montant de la dépense prévisionnelle subventionnable.
 - Le montant total des aides publiques ne peut dépasser le montant de la dépense subventionnable.

I (6h-22h) > 80 dB(A) et / ou I (22h-6h) > 75 dB(A)		
Plafond par pièce	Logement collectif	Logement individuel
pièce principale	1 982 €	3 506 €
cuisine	1 829 €	1 829 €
70 ≤ I (6h-22h) ≤ 80 dB(A) et / ou 65 ≤ I (22h-6h) ≤ 75 dB(A)		
Plafond par pièce	Logement collectif	Logement individuel
pièce principale	1 829 €	3 201 €
cuisine	1 372 €	1 372 €

Tableau 2. Plafonds applicables pour les travaux d'isolation des locaux d'habitation en fonction de la valeur des indicateurs de gêne.

(Source : Arrêté du 3 mai 2002)

	Logement collectif	Logement individuel
Plafond par logement	610 €	1 677 €

Tableau 3. Plafonds applicables pour les prestations de maîtrise d'œuvre et de contrôle des locaux d'habitation.

(Source : Arrêté du 3 mai 2002)

▪ Objectifs d'isolation acoustique :

- $D_{nT,A,tr} \geq I(6h-22h) - 40$ dB, ce qui correspond à un objectif de niveau intérieur diurne de 40 dB(A),
- $D_{nT,A,tr} \geq I(22h-6h) - 35$ dB, ce qui correspond à un objectif de niveau intérieur nocturne de 35 dB,
- $D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB.

Une incertitude de mesure de 3 dB est admise.

▪ Dossier de demande de subvention :

Les bénéficiaires ou leurs représentants légaux établissent un dossier de demande de subvention qu'ils déposent à la DDE. Dès lors que celui-ci est complet, le préfet notifie au demandeur une décision de subvention qui précise les conditions individuelles d'octroi de l'aide.

Il est établi conformément aux dispositions générales du décret du 16 décembre 1999 et de l'arrêté du 30 mai 2000 qui précise les pièces à fournir (voir annexes 4 et 5). Ces pièces doivent être complétées par les justificatifs relatifs aux ressources du bénéficiaires qui permettront à l'instructeur du dossier de définir le taux d'aide

auquel aura droit le demandeur (voir article 3 de l'arrêté du 3 mai 2002).

Dans un délai de deux mois à compter de la date de réception du dossier de demande de subvention, l'autorité compétente (DDE) informe le demandeur du caractère complet du dossier. Cette même autorité émet au demandeur la décision d'attribuer la subvention.

▪ Décision d'attribuer la subvention :

Il peut s'agir d'un acte unilatéral ou d'une convention entre l'État et le bénéficiaire. Cette décision comporte au moins :

- la désignation du projet et ses caractéristiques,
- la nature et le montant prévisionnel de la dépense subventionnable engagée par le bénéficiaire,
- le taux et le montant maximum prévisionnel de la subvention,
- le calendrier prévisionnel de l'opération,
- les modalités d'exécution et de versement ainsi que les clauses de reversement,
- les exigences minimales à respecter en matière d'isolement acoustique après achèvement des travaux,
- les documents justificatifs à produire par le bénéficiaire à l'appui de sa demande de versement de subvention ; il s'agit des procès verbaux de mesure réalisés conformément à la norme de contrôle acoustique NFS 31 057 ou d'une attestation indiquant les raisons qui justifient l'impossibilité d'effectuer ces contrôles.

2.2.2. Circulaire du 23 mai 2002

Cette circulaire, qui pourra être révisée pour tenir compte des évolutions budgétaires et des modifications apportées aux décret et arrêté du 3 mai 2002, précise les modalités de programmation des financements du ministère chargé de l'environnement.

Elle définit les conditions de financement des actions d'accompagnement (information, suivi-animation) et permet aux DDE de prendre en charge directement les prestations de service préalables au montage des dossiers de demande de subvention (diagnostic, définition de l'objectif d'isolement, prescriptions techniques).

2.3. Prestations de maîtrise d'œuvre et de contrôle : deux procédures possibles.

Le bénéficiaire de la subvention est maître d'ouvrage des travaux d'amélioration de l'isolation acoustique à réaliser. Ce dernier peut s'appuyer sur un maître d'œuvre ainsi que sur un bureau de contrôle. Il peut librement recourir à des prestataires de son choix spécialisés en maîtrise d'œuvre et en contrôle acoustique. Les coûts de ces prestations entrent dans le montant des dépenses subventionnables, après application d'un plafond de dépense précisé par l'arrêté du 3 mai 2002.

Il est cependant vivement recommandé aux DDE de mettre en place un dispositif d'accompagnement des demandeurs afin de les informer de leurs droits et de les assister sur le plan administratif et technique en vue de monter leurs dossiers de demande de subvention.

Ces actions d'accompagnement seront précisées dans l'arrêté préfectoral ou la convention d'OPAH qui définissent les conditions locales d'attribution des aides. Elles sont financées sur les crédits du ministère chargé de l'environnement (cf. circulaire DPPR du 23 mai 2002).

1^{ère} solution : ces actions d'accompagnement sont confiées dans le cadre d'un marché public par la DDE à un opérateur spécialisé (de type CODAH ou PACT-ARIM, ou tout autre prestataire privé ayant des références dans le domaine) qui assistera directement les propriétaires concernés.

2^{ème} solution : les prestations de maîtrise d'œuvre et de contrôle acoustique sont réalisées dans le cadre d'un marché passé directement par la DDE, ce qui permet dans certains cas une économie d'échelle substantielle sur les coûts de maîtrise d'œuvre et de contrôle par rapport à la solution précédente.

3. Le déroulement d'une opération "Isolation acoustique des façades"

Les paragraphes suivants présentent de manière chronologique les différentes étapes d'une opération de résorption de Point Noir Bruit par mise en œuvre d'une isolation acoustique des façades.

3.1. Études préalables

On considère à ce niveau que l'opération de résorption a été retenue par le préfet de région au sein du comité de pilotage régional évoqué au paragraphe 1.3. et que les études de recensement sont réalisées et ont abouti à retenir une solution du type isolation acoustique des façades pour tous les logements et locaux à traiter.

On aura pour cela testé plusieurs scénarii de moyens de protection et démontré que seule une solution du type isolation acoustique des façades est techniquement ou économiquement envisageable.

Lors des études préalables réalisées par le maître d'ouvrage de l'infrastructure concernée, il s'agit de déterminer, pour l'ensemble de la zone à traiter, les locaux d'habitation du parc privé, les locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale qui peuvent bénéficier de la subvention financée par le ministère chargé de l'environnement. Ces locaux se doivent donc de vérifier les critères acoustiques et d'antériorité évoqués au paragraphe 1.1.

En ce qui concerne les critères acoustiques, les niveaux sonores sont déterminés en façade aux différents étages de chaque bâtiment à traiter : soit par calcul détaillé à partir de la méthode décrite dans la norme XP S 31 133, soit à l'aide de mesures acoustiques réalisées conformément aux normes NF S 31085 ou NF S 31 088. Ces niveaux sonores sont évalués pour une situation à terme. En général, et dans le même esprit que celui de la circulaire du 12 décembre 1997, on retiendra un horizon de 20 ans pour les prévisions de trafic.

La Figure 1 présente un exemple de résultats de calculs que peut fournir un bureau d'études acoustiques.

Pour chaque bâtiment concerné et vérifiant le critère d'antériorité, il faut ensuite déterminer le nombre de locaux ou logements à traiter. Souvent une visite terrain ou une étude des plans cadastraux de la commune permet d'obtenir ces informations. A partir des niveaux sonores en façades de chaque pièce ou local à traiter on peut en fine déterminer les isolements acoustiques nécessaires pour atteindre les objectifs présentés au paragraphe 1.4.

Compte tenu de toutes ces informations, il est alors possible d'établir une cartographie de la façade avec les isolements souhaités. On veillera à raisonner en classes homogènes (Voir Figure 2). En effet, le panachage des isolements peut s'avérer parfois plus coûteux.

3.2. Information des bénéficiaires

A ce stade il est nécessaire d'informer les riverains de la possibilité qui leur est offerte de faire réaliser des travaux subventionnés d'isolation acoustique ainsi que de la procédure à suivre.

Pour cela, le détail du contenu des décret et arrêté du 3 mai 2002 pourra leur être présenté, notamment les travaux et prestations pris en charge, la constitution des dossiers de demande de subvention et le principe de remboursement sur contrôle. Les résultats des études préalables pourront également être présentés.

Chaque propriétaire ou syndic de propriétaires dans le cas des immeubles collectifs sera maître d'ouvrage des travaux qui le concernent.

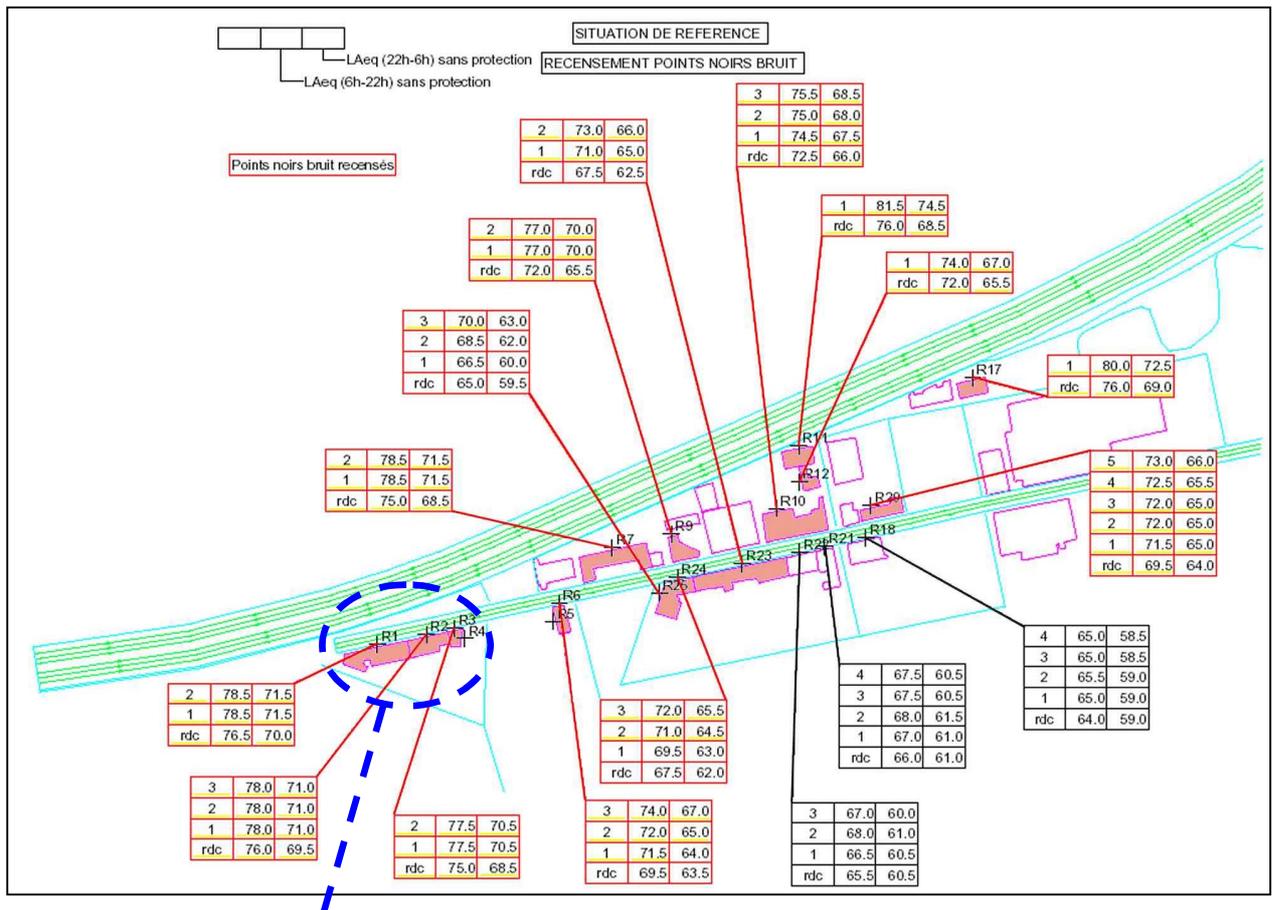


Figure 1. Détermination des niveaux sonores en façade des bâtiments PNB à traiter

(Source : Acouplus)

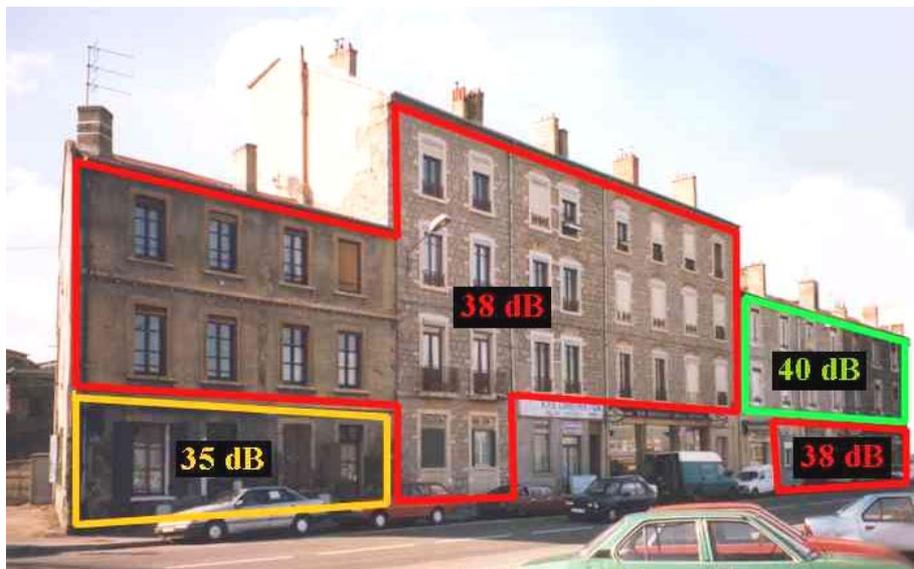


Figure 2. Isolements à obtenir pour un groupe d'immeubles

(Photo : Acouplus)

3.3. Demande et attribution de la subvention

La demande de subvention est à effectuer par les propriétaires des logements ou locaux à protéger. La DDE ou la délégation régionale de RFF les assiste dans cette démarche.

Les modalités d'attribution et de versement de la subvention sont précisées au chapitre 2.

3.4. Les travaux à réaliser

Les travaux de renforcement de l'isolation acoustique s'accompagnent de travaux et aspects connexes qu'il est essentiel de ne pas négliger. Le rétablissement de la ventilation du logement est un point essentiel.

On peut encore lister :

- le maintien du confort thermique d'été et d'hiver,
- l'aspect sécurité après les travaux (sécurité des personnes, sécurité incendie, gaz et électricité),
- l'homogénéité architecturale,
- le maintien d'un éclairage suffisant des pièces,
- la remise en état après travaux des pièces traitées

On trouvera tous les détails aux chapitres 5 et 6 de ce guide.

Le maître d'ouvrage peut profiter des travaux de renforcement de l'isolation acoustique des façades pour faire réaliser des travaux d'une autre nature dans son logement ou local. Ces travaux ne profitent bien évidemment pas de la subvention "Résorption des Points Noirs Bruit". Le maître d'ouvrage peut cependant profiter de la consultation des entreprises réalisée pour obtenir des tarifs intéressants pour ces travaux.

3.5. Le maître d'œuvre

3.5.1. Qui est-il?

Il aura de préférence une compétence, non seulement en acoustique du bâtiment mais aussi dans les domaines connexes aux travaux liés à l'amélioration de l'isolation acoustique des façades : ventilation et aération des logements, confort thermique...

Il pourra s'agir d'un bureau d'études spécialisé en acoustique ou d'un architecte ayant des compétences dans les domaines évoqués ci-dessus.

Le CIDB⁴ édite chaque année un annuaire où l'on peut trouver une liste non exhaustive de bureaux d'études et ingénieurs conseils en acoustique.

3.5.2. Choix du maître d'œuvre

Il est retenu, in fine, par le maître d'ouvrage, de préférence selon une des deux procédures présentées au paragraphe 2.3.

Il est recommandé de formaliser les missions et les responsabilités du maître d'œuvre dans un contrat de maîtrise d'œuvre. Cela évitera d'éventuels litiges lors de la réception des travaux, notamment si les isolements requis ne sont pas atteints.

Le maître d'œuvre devra être averti des conditions de son intervention et de la prise en charge de ses honoraires. Ceux-ci seront dans la mesure du possible forfaitaires.

3.5.3. Missions du maître d'œuvre

Les données remises au maître d'œuvre sont les résultats des études préliminaires ainsi que la localisation et composition des logements et locaux à traiter.

On peut lister dans l'ordre chronologique les différentes missions afférentes au maître d'œuvre :

▪ Le diagnostic de l'existant :

La première étape du diagnostic consiste à confirmer les pièces des logements ou locaux à traiter, pré-identifiées lors des études préalables.

⁴ CIDB : Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit (www.infobruit.org)

Il s'agit ensuite de réaliser un diagnostic de l'isolement acoustique existant ainsi que de tous les autres points du logement et du bâtiment sur lesquels les travaux de renforcement de l'isolation acoustique ont une influence (voir au paragraphe 3.4)

Pour la réalisation de ce diagnostic, on pourra s'aider du contenu des chapitres 4 à 6 de ce guide.

Ces informations relevées lors de la visite du bâtiment à traiter sont essentielles car elles vont orienter le maître d'œuvre dans ses choix techniques pour déterminer le type de travaux à réaliser. Le diagnostic permet de rassembler lors d'une visite tous les éléments nécessaires qui pourront être analysés par la suite, notamment pour le calcul prévisionnel de l'isolation acoustique.

Il peut également être utile de rechercher des plans de construction auprès du propriétaire, du syndic ou de l'architecte qui a conçu le bâtiment.

Des mesures d'isolation acoustique des façades peuvent éventuellement être réalisées, notamment pour vérifier l'isolation acoustique existante.

▪ **Choix des solutions techniques et dimensionnement des travaux :**

A partir du diagnostic, le maître d'œuvre identifie les travaux à réaliser.

Il prévoira un calcul prévisionnel de l'isolation acoustique (voir paragraphe 4.3) ainsi qu'un premier chiffrage des travaux.

▪ **Consultation et choix des entreprises :**

Le maître d'œuvre rédige le dossier de consultation des entreprises, décrivant de manière détaillée tous les travaux à réaliser, puis mène cette consultation en veillant à obtenir les prix les plus avantageux. Rappelons que le montant de la subvention est plafonné.

Le maître d'ouvrage effectue le choix des entreprises en fonction des résultats de la consultation menée par son maître d'œuvre.

Il est conseillé d'établir un contrat de travaux entre le maître d'ouvrage et les entreprises. Le maître d'œuvre veillera à ce que ces contrats soient établis en bonne et due forme.

▪ **Les réalisations des travaux :**

Le maître d'œuvre assure la surveillance des travaux des différentes entreprises en veillant notamment à leur bonne exécution, à leur bonne coordination et à leur conformité au cahier des charges. Il sera également attentif au respect des délais.

▪ **La réception des travaux :**

Lors de cette dernière phase de la mission du maître d'œuvre, il s'agit de vérifier la bonne mise en œuvre des travaux réalisés par les différentes entreprises. Cette réception sera dirigée par le maître d'œuvre en présence du maître d'ouvrage et des entreprises.

La réception est prononcée lorsque la totalité des travaux réalisés est conforme au cahier des charges établi dans les contrats de travaux.

3.6. Le contrôle de l'opération

Pour obtenir le versement de la subvention, le demandeur doit fournir les documents mentionnés dans la décision d'attribution de la subvention.

En ce qui concerne l'isolement acoustique il s'agit d'un procès verbal de mesure réalisé conformément à la norme NFS 31 057, lorsque la mesure est techniquement réalisable (voir au paragraphe 4.4).

Il est aussi recommandé de contrôler les autres prestations réalisées, notamment ce qui a été mis en œuvre pour maintenir l'aération des logements (voir au chapitre 6).

Le maître d'ouvrage choisit un bureau de contrôle pour les travaux réalisés. Celui-ci est de préférence indépendant du maître d'œuvre qui est responsable en cas de non-conformité. Les services de l'État peuvent assister le maître d'ouvrage dans ce choix et éventuellement prendre en charge directement les frais de contrôle (Voir au paragraphe 2.3).

Il pourra notamment être fait appel aux services des Centres d'Études Techniques de l'Équipement (CETE), ces derniers pouvant également assurer des missions d'assistance au maître d'ouvrage.

4. Acoustique des façades - théorie et pratique

Après ces considérations pratiques, ce chapitre rassemble des notions d'acoustique du bâtiment, en mettant l'accent sur la transmission du bruit par une façade.

Il permet de mieux comprendre les phénomènes en jeu ainsi que le vocabulaire et les indicateurs employés. En complément, on trouvera en annexe 6 un glossaire des symboles et notations utilisés, et en annexe 7 quelques rappels d'acoustique.

La première partie s'attache aux phénomènes physiques influençant le niveau de bruit observé dans un bâtiment, la transmission à travers une paroi et la réverbération dans un local. La deuxième partie présente les différents indicateurs employés pour caractériser les performances acoustiques des constructions et de leurs éléments. La troisième partie aborde les méthodes de calcul de l'isolement d'une façade à partir des performances de ses éléments. Enfin, la dernière partie présente la norme de contrôle in situ utilisable pour la réception d'une opération d'isolation acoustique de façades.

4.1. Préambule : Acoustique du bâtiment

4.1.1. Transmission du son à travers une paroi

La Figure 3 illustre les trois types de transmissions dans le bâtiment : la transmission directe (TD) - à travers une paroi séparative -, les transmissions latérales (TL) - impliquant au moins une autre paroi que la paroi séparative -, et les transmissions dites parasites (TP). Ces dernières peuvent se produire en présence d'un défaut d'étanchéité de la paroi séparative suite à une malfaçon ou à la présence d'une conduite par exemple. Conventionnellement, la transmission due aux entrées d'air et aux coffres de volets roulants est considérée comme TP. Ces trois types de transmissions sont présents aussi bien vis-à-vis des bruits intérieurs qu'extérieurs.

Dans la suite, on parlera fréquemment de pièce d'émission (local où le bruit est émis) et de réception (local où le bruit est reçu). Dans le cas d'une façade, la pièce d'émission est l'espace extérieur.

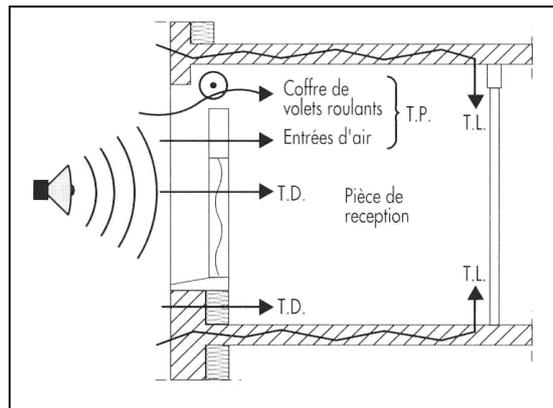


Figure 3. : Transmissions directes, latérales et parasites à travers une façade

(Source : Documentation NRA, DGUHC)

L'isolation acoustique d'un local vis-à-vis de l'extérieur dépend de plusieurs paramètres : la nature de la paroi séparative (partie opaque, vitrée, entrée d'air et coffre de volet roulant), des parois latérales et de la durée de réverbération de la pièce de réception.

Le caractère résonant d'un local influence la perception que l'on a de l'isolation acoustique apportée par l'enveloppe de celui-ci contre les bruits extérieurs. Dans un local présentant une durée de réverbération élevée (voir paragraphe 4.1.2), l'isolement apporté par une paroi séparative semble affaibli. En effet, le champ réverbéré conduit à une augmentation du niveau sonore dans le local.

4.1.1.1. Loi de masse pour les parois simples

Cette loi élémentaire permet de prédire l'essentiel du comportement d'une paroi de grandes dimensions composée d'un seul matériau. Elle s'exprime comme suit :

$$R = 20 \log (mf) - 42 \text{ dB}$$

Avec :

R : indice d'affaiblissement (voir paragraphe 4.2 relatif aux indicateurs). Plus R est élevé, plus la paroi est isolante,

m : la masse surfacique de la paroi (en kg/m^2),

f : fréquence (en Hz).

La loi de masse montre que l'isolement apporté par une paroi simple est une fonction croissante de la masse surfacique de la paroi (+ 6 dB par doublement de la masse surfacique) et de la fréquence (+ 6 dB par octave).

Un phénomène parasite non pris en compte par la loi de masse est responsable d'une baisse d'efficacité notable de la paroi. Dans le cas général, lorsqu'une paroi est excitée par une onde acoustique, cette onde met en vibration la paroi. Une onde mécanique de flexion se propage alors le long de la paroi. Lorsque les deux déformations coïncident, c'est à dire que la longueur d'onde de flexion est égale à celle de la projection de l'onde acoustique sur la paroi, l'indice d'affaiblissement de la paroi chute fortement (Figure 4). Ce phénomène se produit à une fréquence appelée fréquence de coïncidence f_c .

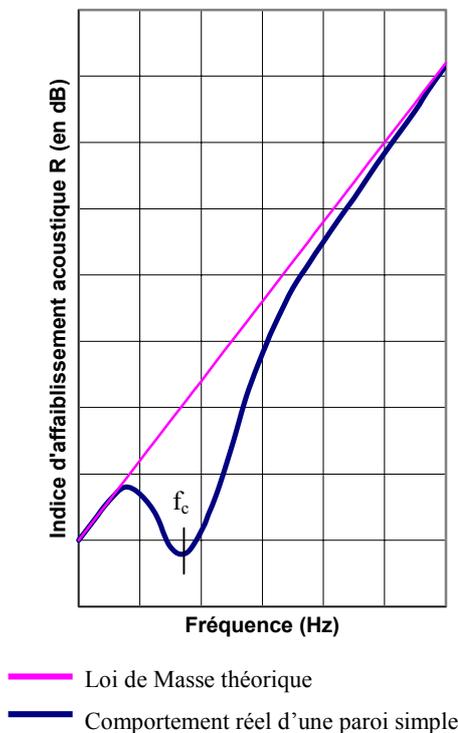


Figure 4. Loi de masse.

(Source LRPC de Strasbourg)

Cette fréquence est d'autant plus faible que l'angle d'incidence est rasant - c'est à dire que la direction de propagation de l'onde s'approche d'une parallèle à la paroi -, la limite inférieure étant appelée fréquence critique. L'amplitude de la chute observée pour f_c est d'autant plus importante que le matériau constituant la paroi est rigide.

La paroi présente enfin des fréquences de résonance qui dépendent de ses dimensions, de sa masse et de son élasticité. Lorsque l'onde sonore incidente est accordée sur une ces fréquences, la paroi entre en résonance, et son indice d'affaiblissement diminue.

4.1.1.2. Doubles parois

Dans le bâtiment, on rencontre fréquemment des parois dites "doubles", constituées de deux parois rigides séparées par une lame d'air ou un matériau isolant.

Le comportement observé pour ces doubles parois correspond à celui d'un système masse - ressort - masse (voir Figure 5). Les vibrations de la paroi 1 (dues à l'excitation provoquée par une onde acoustique) sont transmises à la paroi 2 avec une atténuation causée par la lame d'air ou le matériau isolant qui les sépare. Le matériau intermédiaire peut être représenté par un ressort.

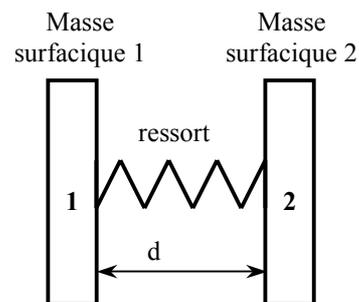


Figure 5. Représentation théorique d'une double paroi.

(Source : LRPC de Strasbourg)

Le système masse - ressort - masse possède une fréquence de résonance f_0 . A cette fréquence, les vibrations augmentent et provoquent une baisse de l'indice d'affaiblissement acoustique apporté par la double paroi. Dans le cas d'un champ acoustique incident d'orientation aléatoire, f_0 est donnée par la formule :

$$f_0 = 84 \sqrt{\frac{1}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (\text{en Hz})$$

Avec :

d : la distance entre les deux paroi en m.

m_1 et m_2 : la masse surfacique respectivement de la paroi 1 et 2 (en kg/m^2).

Les doubles parois présentent des caractéristiques intéressantes, à condition que leur fréquence de résonance soit située à basse fréquence.

Le phénomène de coïncidence peut aussi apparaître pour chacune des parois 1 et 2 constituant la paroi double. Si $f_{c1} = f_{c2}$, la coïncidence entraîne une chute importante de l'indice d'affaiblissement autour d'une fréquence particulière. Si $f_{c1} \neq f_{c2}$, la coïncidence pour la paroi 1 est atténuée par la paroi 2, et réciproquement. Ce deuxième choix est plus judicieux. L'existence de doubles vitrages d'épaisseurs différentes témoigne de la recherche de fréquences de coïncidence différentes.

4.1.2. Réverbération dans un local

Lorsqu'une source sonore est placée dans un local fermé, deux champs sonores bien distincts se créent :

- un champ direct composé d'une onde acoustique provenant de la source et arrivant au point de réception sans avoir rencontré un quelconque obstacle,
- un champ réverbéré provenant d'ondes acoustiques qui ont eu une ou plusieurs réflexions sur les parois du local avant d'arriver au point de réception.

La combinaison de ces deux champs sonores a pour conséquence l'augmentation de la pression acoustique à l'intérieur du local par rapport à la situation où seul le champ direct atteint le point récepteur. Une illustration de la superposition du champ direct et du champ réverbéré dans un local fermé est présentée en Figure 6 et Figure 7.

- 1 - Onde directe
- 2 - Onde réfléchie
- 3 - Onde réfléchie

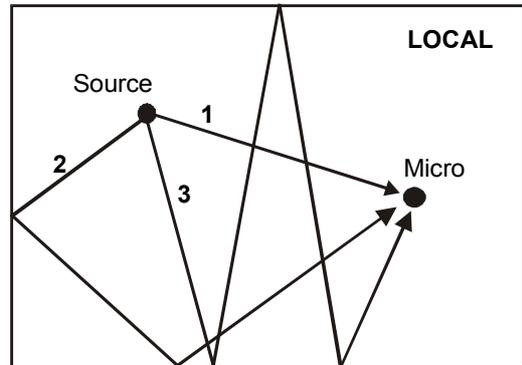


Figure 6. Réflexions des ondes sonores dans un local fermé.

(Source : LRPC de Strasbourg)

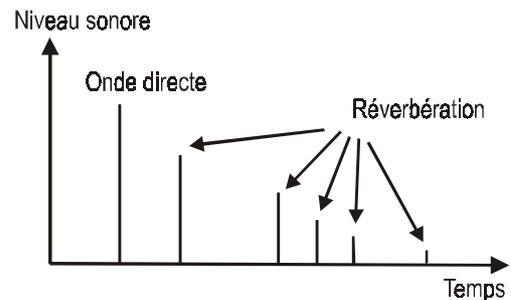


Figure 7. Illustration de la réverbération

(Source : LRPC de Strasbourg)

4.1.2.1. Durée de réverbération et calcul du coefficient d'absorption moyen d'un local

Afin de quantifier cette réverbération, on définit la *durée de réverbération*. C'est la durée T nécessaire pour que le niveau sonore décroisse de 60 dB dans un local fermé lorsque l'émission de la source est interrompue, après une durée d'émission suffisamment longue pour que le niveau sonore se stabilise dans le local. T est exprimée en secondes.

T dépend du volume de la salle et de l'aire d'absorption équivalente A . Cette aire s'exprime en m^2 et représente l'absorption apportée par tous les éléments dans la pièce considérée.

Pour calculer T , on détermine tout d'abord le coefficient d'absorption moyen $\bar{\alpha}$ du local :

$$\bar{\alpha} = \frac{S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_i \cdot \alpha_i}{S_1 + S_2 + \dots + S_i}$$

Avec :

S_1, S_2, \dots, S_i : surfaces des i éléments constituant les parois du local.

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$: coefficients d'absorption de Sabine relatifs à chacune des surfaces.

Le coefficient α varie de 0 (matériau réfléchissant parfaitement les ondes sonores, c'est à dire sans absorption) à 1 (matériau parfaitement absorbant). Le coefficient d'absorption dépend de la fréquence. Le tableau 4 donne quelques exemples de coefficients d'absorption pour des matériaux courants.

L'aire d'absorption équivalente A est ensuite calculée avec la formule, à partir de la surface totale des parois S du local :

$$A = S \cdot \bar{\alpha} = (S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_i \cdot \alpha_i)$$

Elle s'interprète comme suit : la surface des parois en place équivaut à une surface A de matériau parfaitement absorbant.

On en déduit enfin la durée de réverbération du local grâce à la formule de Sabine :

$$T = \frac{0.16V}{A} \quad (\text{s})$$

Avec V le volume du local en m^3 .

Cette formule est valable dans l'hypothèse où l'on se trouve en champ diffus, c'est à dire que le niveau de pression acoustique est le même partout dans le local lors de la mesure. Cette hypothèse est faite systématiquement dans la pratique.

Coefficient d'absorption			
F(Hz)	Parquet sur dalle lourde	Vitres	Briques
125	0.02	0.12	0.02
250	0.03	0.08	0.02
500	0.04	0.05	0.03
1000	0.05	0.04	0.04
2000	0.05	0.03	0.05
4000	0.06	0.02	0.07
F(Hz)	Rideaux légers	Rideaux tissés lourds	Grande ouverture sur l'extérieur
125	0.05	0.10	1.00
250	0.06	0.40	1.00
500	0.09	0.70	1.00
1000	0.12	0.90	1.00
2000	0.18	0.95	1.00
4000	0.22	1.00	1.00

Tableau 4. Coefficients d'absorption de matériaux courants

(source prEN 12354-6)

4.1.2.2. Mesurage du coefficient d'absorption d'un matériau

Il est réalisé dans un laboratoire en salle réverbérante selon la norme NF EN 20354. Une mesure du temps de réverbération T_1 de la salle réverbérante vide est réalisée. Ensuite l'échantillon de matériau absorbant est placé dans la salle réverbérante et une nouvelle mesure du temps de réverbération T_2 est effectuée. Toutes ces mesures s'effectuent sur chacun des tiers d'octave de la bande de fréquences [100Hz, 5000Hz].

L'aire d'absorption équivalente A est calculée à l'aide de la formule :

$$A = 55,3 \times \frac{V}{c} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

Avec :

V : volume de la salle réverbérante (en m^3)

c : la célérité du son (en m/s)

Enfin, le coefficient d'absorption acoustique α est calculé selon la formule :

$$\alpha = \frac{A}{S}$$

Avec S la surface de l'échantillon du matériau absorbant.

4.2. Performances acoustiques des éléments et des constructions : indicateurs

Maintenant que les comportements acoustiques des matériaux et des éléments d'une construction sont cernés qualitativement, il faut se préoccuper de leur classement en termes quantitatifs. A cette fin, des indicateurs existent en acoustique du bâtiment. L'évolution des réglementations françaises vers une harmonisation européenne a conduit ces dernières années à un changement des indicateurs employés habituellement. Ils ont notamment changé en ce qui concerne le classement des produits ou la réglementation applicable aux bâtiments d'habitation. Ce paragraphe s'efforce de présenter de manière organisée les indicateurs les plus utilisés.

4.2.1. Indicateurs par bandes de fréquences

4.2.1.1. Performance d'une paroi dans son ensemble : isolements acoustiques brut, standardisé et normalisé

L'*isolement acoustique brut* représente l'isolation d'un local vis-à-vis des bruits aériens. Il est indépendant de la puissance de la source car il est défini comme étant la différence entre la pression acoustique en émission et en réception :

$$D = L_1 - L_2 \quad (\text{en dB})$$

Avec :

L_1 : niveau de pression acoustique en salle d'émission (dB)

L_2 : niveau de pression acoustique en salle de réception (dB)

Il est nécessaire de corriger la valeur du niveau de pression acoustique du côté réception de la durée de réverbération afin de ne retenir que l'effet des transmissions à travers les parois.

Il est donc ajouté à la pression acoustique en réception un terme correctif défini par rapport à une durée de réverbération de référence $T_0 = 0,5$ s. On obtient alors l'*isolement acoustique standardisé* $D_{n,T}$ (Voir NF EN ISO 140-3) :

$$D_{n,T} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB})$$

Cas particulier important, le $D_{2m,nT}$ est l'*isolement de façade standardisé*. Sa définition est identique à celle du $D_{n,T}$, avec L_1 relevé à 2 mètres en avant de la façade. Les seuils réglementaires en $D_{n,T}$ pour une façade font l'hypothèse d'une mesure à 2 mètres.

Pour la même raison, l'*isolement acoustique normalisé* est déterminé à l'aide d'un facteur correctif cette fois exprimé à l'aide de l'aire d'absorption acoustique équivalente A du local de réception et d'une aire d'absorption acoustique équivalente de référence A_0 égale à 10 m^2 .

$$D_n = L_1 - L_2 - 10 \log \frac{A}{A_0}$$

Les isolements sont donc des indicateurs globaux, puisqu'ils prennent en compte tous les éléments constituant la paroi, ainsi que les transmissions latérales. Un cahier des charges de type obligation de résultat sera donc naturellement rédigé avec des contraintes d'isolement.

Pour les petits éléments, tels que les entrées d'air, gaines de câbles électriques, dispositifs d'étanchéité, coffres de volets roulants, on utilise l'*isolement acoustique normalisé d'un élément*, noté D_{ne} (Voir NF EN ISO 12354-1) :

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 - 10 \log \frac{A}{A_o}$$

La détermination de cette grandeur est décrite dans la norme NF EN 20140-10.

On peut encore rencontrer cette grandeur sous le nom de D_{n10} . Cette dernière notation est obsolète.

4.2.1.2. Performance intrinsèque d'un élément : indice d'affaiblissement acoustique

L'aptitude d'un élément de construction à isoler un milieu d'émission d'un milieu de réception est représentée par son *indice d'affaiblissement acoustique*. Il correspond à l'isolement mesuré en laboratoire entre deux salles, en l'absence de transmission latérale pour une éprouvette constituée d'un seul élément (paroi homogène, fenêtre). Cet indice est exprimé en dB et est lié au facteur de transmission τ .

$$\tau = \frac{W_2}{W_1}$$

$$R = 10 \log \frac{W_1}{W_2} \text{ dB}$$

Avec

W_1 : puissance acoustique du côté de l'émission sonore (en watts),

W_2 : puissance transmise côté réception (en watts) par la paroi ou l'élément testé.

L'indice d'affaiblissement est une grandeur intrinsèque du composant testé. C'est donc l'indicateur le mieux adapté au calcul de la performance d'une paroi à partir de celles de ses éléments et celui que l'on trouvera dans les catalogues des fabricants de produits de construction. La norme NF EN ISO 140-3 décrit le mesurage de l'indice d'affaiblissement pour les éléments du bâtiment.

Il existe une relation de passage entre l'indice d'affaiblissement acoustique et l'isolement brut. Elle fait intervenir l'aire d'absorption équivalente du local de réception A et la surface S de la paroi séparative :

$$R = L_1 - L_2 - 10 \log \frac{A}{S} \text{ dB}$$

Enfin, on rencontre aussi l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R' :

$$R' = 10 \log \frac{W_1}{W_{tot}}$$

Par rapport à R , la puissance prise au dénominateur est la puissance totale, c'est à dire la puissance rayonnée par toutes les parois de la salle de réception et pas uniquement celle qui est transmise par l'élément testé. Cet indicateur est employé dans la norme de calcul présentée ci-après au paragraphe 4.3.

4.2.2. Indicateurs pondérés

Plutôt que de manier des indicateurs par octave, on préfère se ramener à des indicateurs uniques, sur la base d'une pondération fréquentielle.

Dans le but de faciliter la comparaison des résultats obtenus dans différents laboratoires, la normalisation européenne a introduit des pondérations de référence, aussi bien pour les indices d'affaiblissement, les isollements, que le coefficient d'absorption. Elle a aussi introduit des indicateurs pondérés. Ceux-ci suivent une notation de la forme X_w . A titre d'exemple, l'indicateur pondéré associé au R (resp. D_n) est l'*indice d'affaiblissement pondéré* R_w (resp. *isolement acoustique normalisé pondéré* $D_{n,w}$).

4.2.2.1. Indicateurs de transmission

La présentation qui suit s'inspire d'un document publié par le Comité Français de l'Isolation : "Acoustique, réglementation - les nouveaux indices"

Méthode française avant le 1^{er} janvier 2000 :

La réglementation française a longtemps reposé sur le $D_{nAT \text{ route}}$ qui est le D_{nT} pondéré A, ainsi que le R_{route} , indice d'affaiblissement pour un bruit de trafic routier.

A titre d'exemple, voici comment le D_{nT} obtenu pour les octaves 125 à 4000 Hz peut être

transformé en $D_{nAT\ route}$. On considère un spectre sonore routier L_{1i} en octaves. On calcule son niveau global L_{1A} en dB(A). Dans chaque octave i , on calcule la différence $L_{2i} = L_{1i} - D_{nTi}$. On calcule alors le niveau global en dB(A) L_{2A} associé aux L_{2i} . On en déduit l'isolement pondéré A pour un bruit routier à l'émission :

$$D_{nAT,route} = L_{1A} - L_{2A}$$

Méthode européenne au 1^{er} janvier 2000 :

Avec l'harmonisation européenne, la grandeur de référence devient l'isolement acoustique standardisé pondéré, noté $D_{nT,w}$.

Autre changement, le dB(A) est remplacé par le dB. La pondération A n'est pas pour autant abandonnée dans les calculs. Elle est seulement prise en compte différemment (Voir ci-après).

Enfin, le calcul des indicateurs pondérés est limité aux octaves 125 à 2000 Hz.

La courbe de référence ainsi que le mode de calcul des indicateurs pondérés sont fournis par la norme NF EN ISO 717-1. Celle-ci s'applique aussi bien aux indices d'affaiblissement acoustique (apparent ou pas), qu'aux isollements, qu'ils soient normalisés ou standardisés.

Pour déterminer un indice unique pondéré, on procède de la manière suivante : la courbe de référence est superposée à la courbe obtenue lors de la mesure (voir Figure 8). La courbe de référence est déplacée par pas de 1 dB par rapport à la courbe mesurée. On localise ensuite les écarts défavorables. Dans une bande de fréquence donnée, un écart est défavorable lorsque la courbe de référence se trouve au-dessus de la courbe mesurée, c'est à dire quand le matériau réel est moins isolant que le matériau fictif correspondant à la courbe de référence translaturée (voir figure 8). La somme de ces écarts défavorables doit être la plus proche possible de 10 dB (resp. 32 dB) mais sans dépasser cette valeur pour des résultats en octaves (resp. tiers d'octave).

Une fois que la position idéale de la courbe de référence est trouvée, la valeur globale est l'ordonnée de la courbe de référence à 500Hz.

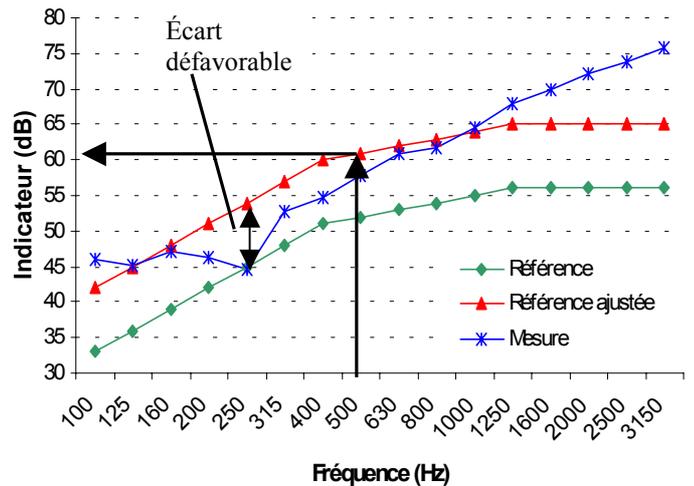


Figure 8. Ajustement d'une courbe de référence sur une mesure

(Source : LRPC de Strasbourg)

Le spectre de référence de la norme NF EN ISO 717-1 ne correspond pas au bruit de trafic routier. Un terme d'adaptation est introduit à cette fin. Celui-ci est calculé à partir d'un spectre routier de référence pondéré A.

Pour fixer les idées, prenons le cas d'un indice d'affaiblissement pondéré R_w . Tout d'abord, on soustrait la valeur de l'indice d'affaiblissement acoustique à celle du spectre routier de référence et ce, sur chaque octave i : $X_i = L_i - R_i$. Ensuite, la somme énergétique de toutes les différences X_i est calculée. A ce niveau global X , on soustrait le niveau global de l'indice d'affaiblissement acoustique calculé grâce à la norme ISO 717-1 (voir paragraphe précédent) soit $X - R_w$. On obtient alors le terme correctif pour le bruit routier noté C_{tr} .

Il est possible de calculer de la même manière le terme correctif au bruit rose pour l'indice d'affaiblissement acoustique apparent ou l'isolement standardisé et normalisé. Ce terme correctif est noté C .

Voici un exemple de résultat sous forme d'indicateurs pondérés :

$$R_w(C, C_{tr}) = 41 (0, -5) \text{ dB}$$

Cela signifie que l'indice d'affaiblissement pour un bruit de trafic routier vaut $41 - 5 = 36$ dB.

Relations de passage entre les anciens indicateurs français en dB(A) et les indicateurs européens :

La définition des termes d'adaptation ci-dessus a été fortement encouragée par la France lors de la rédaction de la norme NF EN ISO 717-1. Ces termes permettent en effet de retrouver un mode de calcul "à la française", sans l'octave 4000 Hz cependant. Leur utilisation est systématique en France, si bien que l'on a défini les notations spécifiques :

$$\begin{aligned}D_{nT,A} &= D_{nT,w} + C \\D_{nT,A,tr} &= D_{nT,w} + C_{tr} \\R_A &= R_w + C \\R_{A,tr} &= R_w + C_{tr}\end{aligned}$$

Suite au changement d'indicateurs dans la réglementation française, il peut être utile de disposer des approximations suivantes, qui montrent au passage que ce changement n'a pas bouleversé les ordres de grandeur :

$$\begin{aligned}D_{nT,A,tr} &\approx D_{nAT,route} \\R_{A,tr} &\approx R_{route}\end{aligned}$$

Un "isolement normalisé pour un bruit de trafic route" $D_{nAT,route}$ de 30 dB(A) devient donc un "isolement standardisé pondéré pour un bruit de trafic" $D_{nTA,tr}$ de 30 dB.

Ces notations et équivalences sont appliquées au paragraphe 5 relatif aux solutions techniques.

4.2.2.2. Indice d'absorption acoustique pondéré α_w

La norme NF EN ISO 11654 donne la courbe d'absorption de référence et le mode de calcul de α_w . Tout d'abord, l'indice d'absorption pratique α_{pi} est calculé pour chaque bande d'octave i en faisant la moyenne arithmétique des trois indices d'absorption acoustique des tiers d'octaves relatifs à l'octave i .

La courbe de référence est déplacée par pas de 0,05 vers les valeurs mesurées jusqu'à ce que la somme des écarts défavorables soit inférieure ou égale à 0,1. Une fois la position de la courbe trouvée, la valeur de l'indice d'absorption acoustique pondéré α_w est l'ordonnée de la courbe de référence à 500Hz.

A chaque fois qu'un α_{pi} excède la valeur de la courbe de référence de 0.25 ou plus, on peut

ajouter un ou plusieurs *indicateurs de forme* à la valeur α_w . Un excès est noté L à 250 Hz, M à 500 et 1000 Hz, H à 2000 et 4000 Hz. On aura par exemple $\alpha_w = 0,70$ (MH) pour un matériau absorbant nettement plus que le matériau de référence aux moyennes et hautes fréquences.

4.3. Calcul de l'isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur

Après les nécessaires rudiments d'acoustique du bâtiment et la présentation des indicateurs, il est désormais possible d'aborder le calcul de l'isolement aux bruits aériens d'une façade. Ce paragraphe dresse une synthèse de la norme en vigueur sur le sujet : NF EN 12354-3, Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments - Isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur.

Elle reprend les mêmes principes que la méthode CSTB qui a longtemps été la référence. La norme NF EN 12354-3 peut être utilisée avec des informations en bandes d'octave ou des indicateurs pondérés. Des annexes informatives y précisent comment prendre en compte les petits éléments et la forme des façades.

4.3.1. Données d'entrée

Pour réaliser un calcul, il est nécessaire de disposer de l'indice d'affaiblissement acoustique de chacun des éléments de la paroi tels que le mur, la fenêtre ou encore une entrée d'air. A partir de là, il est possible de déterminer la transmission directe suivant le type d'élément.

Une étude expérimentale récente (Saarinen 2002) a montré que si l'on dispose de mesures en laboratoire pour chacun des éléments participant à la transmission, l'écart entre la performance globale calculée et la performance mesurée est faible. Lorsque l'on intervient sur un bâtiment existant, il est malheureusement rare de disposer de ces informations, en dehors de celles concernant les nouveaux éléments de construction à mettre en place. Il faut donc en général estimer les performances de l'existant à partir d'informations telles que la nature et

l'épaisseur des éléments. Afin de limiter les erreurs de prévision, cette estimation doit être réalisée avec soin.

4.3.2. Transmission directe des murs et fenêtres

Pour ce type d'élément, la transmission directe est estimée avec la formule :

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}$$

Avec :

R_i : Indice d'affaiblissement acoustique de l'élément i en dB,

S_i : Surface de l'élément i en m^2 ,

S : Surface totale de la façade en m^2 .

4.3.3. Transmission directe des petits éléments

La formule suivante est utilisée par les petits éléments de construction de type entrée d'air.

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} 10^{-D_{n,e,i}/10}$$

Avec :

A_0 : Aire d'absorption équivalente de référence égale à $10m^2$

$D_{n,e,i}$: Isolement acoustique normalisé d'un petit élément i en dB

Une annexe informative à la norme précise qu'en l'absence de mesures, on peut estimer $D_{n,e,i}$ comme suit :

$$D_{n,e,i} = -10 \log \frac{S_{ouverture,i}}{10}$$

Avec $S_{ouverture,i}$, surface de l'ouverture i , en m^2 .

Cette même annexe informative indique des corrections simples, quand le nombre d'éléments varie entre le test en laboratoire et le chantier, de même lorsque la longueur change pour des entrées d'air de type fente. Enfin elle précise comment prendre en compte l'effet de la position de l'élément par rapport aux parois latérales.

4.3.4. Calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R'

Pour pouvoir calculer l'indice d'affaiblissement acoustique apparent R' , on s'appuie sur la formule :

$$R' = -10 \log \left[\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right]$$

Avec :

n : le nombre d'éléments de la façade pour la transmission directe

m : le nombre d'éléments de la façade pour la transmission

i : un élément de la façade

f : un élément latéral du local de réception.

Il est à présent possible de calculer l'isolement acoustique standardisé de la façade $D_{2m,nT}$ défini plus haut.

4.3.5. Calcul de l'isolement acoustique standardisé $D_{2m,nT}$:

L'isolement acoustique standardisé (en dB) est calculé grâce à la formule suivante :

$$D_{2m,nT} = R' + 10 \log \left(\frac{V}{6 \times T_0 \times S} \right)$$

N.B. : ce calcul est valable pour les façades plane sans géométrie particulière (un balcon par exemple). Dans le cas contraire, il faut ajouter à l'isolement acoustique standardisé l'isolement acoustique dû à la forme de la façade ΔL_{fs} :

$$\Delta L_{fs} = L_{1,in} - L_{1,s} + 6 \quad (\text{en dB})$$

Avec :

$L_{1,in}$: niveau moyen de la pression acoustique du plan de la façade sans présence de cette façade, en dB

$L_{1,s}$: niveau moyen de la pression acoustique de la surface extérieure du plan de la façade réelle en dB.

Une annexe informative à la norme précise comment prendre en compte la forme de la façade. Elle considère différentes formes de coursives, de balcons, le cas des façades en terrasse. Les paramètres supplémentaires à fournir sont alors la hauteur de la ligne de vision, c'est à dire la hauteur par rapport au plancher au-dessus de laquelle la source de bruit est en vue directe, ainsi que le α_w du toit de la coursive ou du balcon éventuel (Voir aussi le paragraphe 5.8 sur ce sujet).

4.4. Méthodes de contrôle in situ

A l'issue des travaux d'isolement, il est opportun de vérifier que les objectifs de protection acoustique sont atteints. Des mesures sont donc nécessaires. La norme en vigueur en France pour le contrôle in situ de la qualité acoustique des bâtiments porte la référence NF S 31-057 . Les éléments pertinents de cette norme dans le contexte de l'isolement acoustique de façades sont présentés ci-après, ainsi que quelques recommandations (passages en italiques).

4.4.1. Généralités

La norme NF S 31-057 est définie en bandes d'octave ou de tiers d'octave. Son domaine fréquentiel s'étend de l'octave 125 à l'octave 4000 Hz.

Elle s'applique au locaux dont le volume est compris entre 10 et 200 m³.

4.4.2. Appareillage

▪ **Production du champ acoustique :** pour la mesure de durée de réverbération comme d'isolement de façade, la norme accepte aussi bien les sources sonores impulsives (explosions) que les sources sonores stationnaires (bruit stable émis via un haut-parleur). *Les sources sonores impulsives sont toutefois à éviter, pour des questions de précision des mesures obtenues.*

- **Microphones :** microphones de champ diffus à l'intérieur. Lorsque les sonomètres sont équipés de microphones de champ libre, il est nécessaire d'effectuer une correction de champ diffus. Microphones de champ libre à l'extérieur.
- **Sonomètres :** conformes aux classes 0 ou 1 définies dans les normes NF EN 60651 et 60804. Un étalonnage à l'aide d'un calibre conforme à la norme NF EN 60942 doit être effectué au moins avant et après chaque série de mesurages. Si un changement de sensibilité supérieur à 0,5 dB est observé, la série d'essais est jugée invalide. La pondération temporelle S (1s) est retenue pour les mesurages.
- **Filtres :** les filtres en bandes d'octave ou de tiers d'octave présents dans la chaîne de mesure doivent être conformes à la norme NF EN 61260.

4.4.3. Mesurage d'isolement

Les portes et fenêtres doivent être tenues fermées, les volets ouverts lors des mesurages. Le cas échéant, les conduits de cheminée de foyer ouvert doivent si possible être obturés.

Positions de mesurage :

- **Émission :** le microphone doit être placé à 2 m en avant des parties les plus avancées de la section de façade correspondant au local testé, sur la perpendiculaire à cette section passant par son centre.
- **Réception :** le microphone est positionné sur une diagonale du local, aux 2/3 de sa longueur, à partir de l'angle de référence situé à droite en regardant la façade.

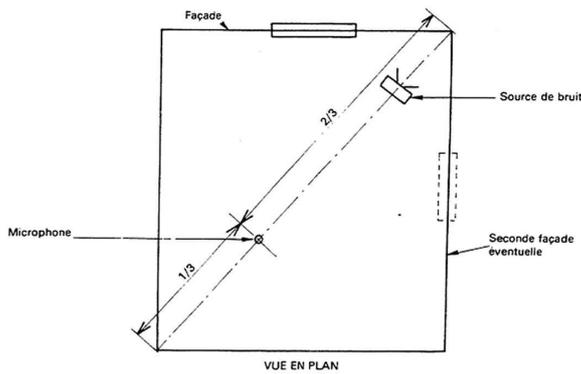


Figure 9. Position de source et de microphone dans le local de réception

(Source : NFS 31 057)

4.4.3.1. Correction de bruit de fond

Quand le bruit de fond peut être mesuré, on le mesure juste avant ou juste après un mesurage de source. Une correction peut être faite en dB(A) ou en bandes de fréquences.

Si la différence entre le niveau de bruit de fond et de source de bruit est comprise entre 5 et 7 dB, on retranche 1 dB aux valeurs relevées. Si la différence est inférieure à 5 dB, la mesure n'est pas valide, sauf si les valeurs obtenues respectent les exigences réglementaires.

4.4.3.2. Procédures de mesurage

Méthode du bruit de trafic

Il est possible d'utiliser le bruit de trafic comme émission, sous réserve que ce bruit soit assez élevé pour émerger suffisamment au dessus du bruit de fond dans la salle de réception, au risque de sous estimer l'isolement introduit par la façade. De ce fait, la méthode du bruit de trafic est limitée au contrôle de valeurs de $D_{nT,w}$ inférieures à 40 dB.

En présence d'un bruit de trafic permanent, faute de pouvoir mesurer le bruit de fond du local, on obtient un minorant de l'isolement réel.

Lorsque le bruit de trafic est intermittent, le bruit de fond peut être déterminé. L'isolement est défini comme la moyenne arithmétique des isolements mesurés pour 3 passages.

L'isolement normalisé est déduit de mesurages simultanés à l'extérieur et à l'intérieur. Pour une source de bruit routier, l'intervalle de mesurage s'étendra sur au moins 14 s. Cet isolement doit être déterminé en bandes de fréquences. La possibilité laissée par la norme d'une mesure directement en dB(A) n'est plus conforme à la réglementation.

Méthode de la source artificielle

On peut aussi utiliser une source de bruit artificielle. Seule la mise en œuvre d'une source stationnaire est présentée ici, car les sources impulsionnelles sont à éviter, comme indiqué précédemment.

La source de bruit doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Puissance suffisante pour respecter la contrainte d'émergence par rapport au bruit de fond dans le local de réception,
- Émission stable et spectre régulier,
- Directivité peu marquée, de manière à couvrir uniformément la paroi séparative concernée.

La source doit être placée à l'extérieur du bâtiment, à une distance $d > 7\text{m}$ de la section de façade testée (Voir Figure 10). Pour simuler une source routière, la source doit se trouver sensiblement dans le plan vertical perpendiculaire à la section de façade testée, et l'angle de site être comparable à celui de la circulation existante.

On peut alors procéder comme pour la méthode du bruit de trafic intermittent.

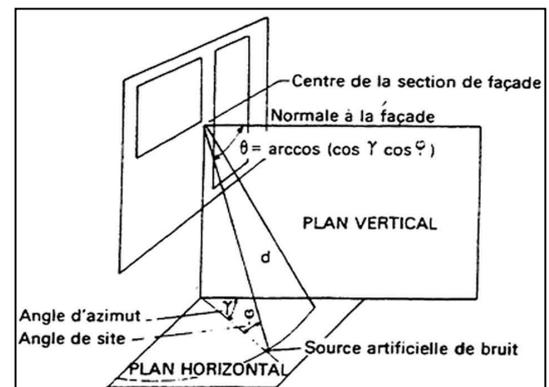


Figure 10. Géométrie de la mesure avec source artificielle

(Source : NFS 31 057)

4.4.4. Mesurage de durée de réverbération

L'application de la norme NF S 31-057 implique la détermination de la durée de réverbération par mesurage.

4.4.4.1. Géométrie des mesures

▪ **Source :** La source sonore est placée sur la diagonale retenue, sa direction d'émission privilégiée pointant vers l'angle de référence (Voir Figure 9).

▪ **Microphone :** dans la salle de réception, la durée de réverbération doit être mesurée au même emplacement que l'isolement (Voir Figure 9).

Il faut par ailleurs s'assurer que l'aire d'absorption équivalente est inchangée.

4.4.4.2. Procédure de mesurage

Le principe de la mesure consiste à émettre un bruit stationnaire, et à interrompre cette émission après un certain temps. On enregistre alors la décroissance du niveau sonore dans le local.

Comme pour les mesurages d'isolement, les sources impulsives bien qu'autorisées par la norme, sont à éviter pour les mesurages de durée de réverbération.

En pratique, il n'est presque jamais possible d'observer la réverbération sur 60 dB, comme le sous-entend la définition de cette grandeur. Par conséquent, on se contente d'observer une partie de la décroissance et de la prolonger par extrapolation. Si le niveau initial de la décroissance est fixé à 0 dB, la présente norme requiert la mesure du T_{15} , calculé entre -5 et -20 dB, ou bien l'estimation de la pente moyenne du niveau de pression acoustique environ 100 ms après la coupure du signal acoustique.

La norme prescrit un minorant de 0,4 s pour les durées de réverbération mesurées.

Comme pour l'isolement, la durée de réverbération s'exprime par bandes de fréquence, l'utilisation du dB(A) n'est plus conforme à la réglementation.

4.4.4.3. Rapport de mesurage

Le rapport de mesurage devra contenir au moins les éléments suivants :

- Référence à la norme
- Nom de la personne morale ayant réalisé les contrôles
- Nom et adresse du maître d'ouvrage
- Date de l'essai
- Identification
 - Localisation du bâtiment
 - Identification des pièces
 - Description des dispositions
 - Géométrie du local de réception
- Description de la construction
- Surface de l'élément séparatif
- Résultats :
 - Durées de réverbération par octave
 - D_{nT} par octave
 - $D_{nT,A,tr}$
- Description de la procédure et du matériel de mesure
 - Source de bruit employée
 - Toute disposition d'essai non strictement conforme à la norme
- Vérification de bruit de fond.

5. Les solutions techniques de protection acoustique

Cette partie présente de manière pratique les nombreux points à examiner pour améliorer l'isolation acoustique des façades. Pour chaque point, des solutions techniques sont proposées.

5.1. Comment améliorer l'isolation acoustique des façades ?

Pour améliorer l'isolation d'une façade, vis-à-vis des bruits extérieurs, la fenêtre est le premier élément à examiner. En effet, les performances acoustiques des fenêtres sont généralement faibles comparées à celles des murs. Cependant, elles ne sont pas toujours seules en cause. Il convient, également, d'évaluer les autres voies de transmission :

- les murs, notamment s'ils sont réalisés en matériaux légers,
- les éléments de toiture et leur doublage lorsque des pièces habitables sont situées en comble,
- les coffres de volets roulants,
- les différents orifices et ouvertures en liaison directe avec l'extérieur (ventilations, conduits de fumées, ...).

Des méthodes, répondant à la norme NF EN ISO 12354-3, permettent de prévoir l'isolement acoustique de la façade à partir des performances de chaque élément (Voir paragraphe 4.3).

Il revient ensuite au maître d'œuvre d'évaluer la part des aléas correspondant à la qualité de la mise en oeuvre.

D'autre part, la fiche I-4 de la brochure "Exemples de Solutions Acoustiques"⁵ propose des solutions pour obtenir un isolement de 30 dB. Les mêmes fiches sont en cours de préparation pour des isolement de 35 et 38 dB.

⁵ "Exemples de solutions acoustiques - Réglementation acoustique 2000" CSTB - édité par le Ministère de l'Équipement et du Logement (DGUHC), Mai 2002

5.2. Les parois lourdes

Réalisées en maçonnerie ou en béton, ces éléments de façade répondent, du point de vue acoustique, à la loi de masse. Ils ont un indice d'affaiblissement acoustique bien supérieur à celui des fenêtres qui y sont insérées. Ces parois sont généralement complétées par un doublage thermique intérieur ou extérieur qui, suivant la nature de l'isolant, améliore (cas des isolants à cellules ouvertes tels la laine de verre et les isolants élastifiés) ou diminue (cas des isolants à cellules fermées tels le polystyrène ou le polyuréthane) sensiblement l'indice d'affaiblissement acoustique.

Pour améliorer l'acoustique d'une façade, ce n'est généralement pas sur les parois lourdes qu'il faudra agir, le gain possible étant faible comparé aux autres voies de transmission.

5.3. Les parois légères

Il peut s'agir soit de parois à ossatures bois contemporaines soit de parois comprenant des éléments de remplissage de type panneau.

Si le renforcement acoustique des parois lourdes, répondant à la loi de masse, est bien maîtrisé, celui des parois légères se rapprochant, dans leur comportement, de celui des parois multiples, présente des difficultés dans le choix des solutions et le dimensionnement. Un gain d'isolement acoustique substantiel suppose des interventions "lourdes".

5.3.1. Les parois légères à ossatures bois

Elles se rencontrent dans la construction de logements individuels et de petits collectifs. Il s'agit de murs composés d'éléments modulaires réalisés en atelier, associant une structure porteuse en bois de petites sections, des panneaux raidisseurs en particules de bois

agglomérés et un remplissage en laine minérale. Ces modules reçoivent un habillage intérieur en plaque de plâtre le plus souvent monté sur ossature métallique indépendante. L'habillage extérieur peut être de diverses natures : bardage bois, panneaux peints ou enduits,

Le comportement acoustique de ces parois est celui des parois doubles. Le niveau des performances acoustiques obtenues dépend de la nature des composants, du dimensionnement des parois, de l'étanchéité à l'air des jonctions entre éléments et de la qualité de la réalisation.

Pour améliorer leur indice d'affaiblissement acoustique, l'application d'un complexe de doublage du type laine minérale + plaque de plâtre transforme ces parois doubles en parois triples pour donner des résultats généralement décevants.

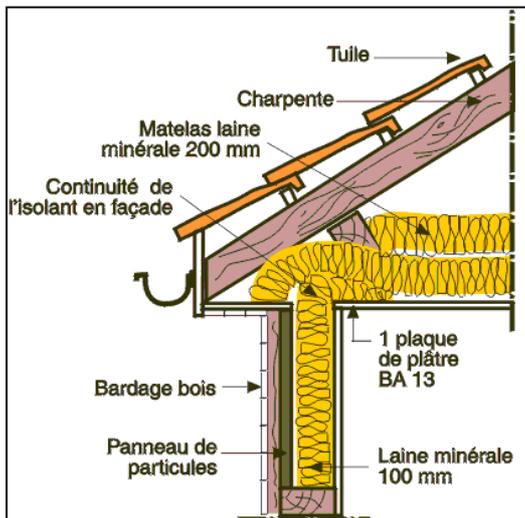


Figure 11. Exemple de façade légère avec parois extérieures à ossatures bois (vue en coupe)

(Source : Documentation NRA, DGUHC)

Pour ce type de constructions, il est préférable, suivant les cas :

- de vérifier et de renforcer l'étanchéité à l'air de l'enveloppe au niveau des liaisons avec les autres éléments de la construction (maçonneries, menuiseries, planchers, éléments de toiture),
- d'augmenter la masse de la paroi intérieure en appliquant plusieurs plaques de plâtres superposées,

- de désolidariser la paroi intérieure de l'ossature et d'augmenter l'espace entre les parois.

Ce type d'intervention peut correspondre à d'importants travaux ; une étude acoustique spécifique est nécessaire pour s'assurer du résultat.

5.3.2. Les façades légères de type "panneaux sandwichs"

Elles sont réalisées à partir d'éléments de remplissage de faible épaisseur (35 à 50 mm), préfabriqués en usine. Ce type de façade se rencontre fréquemment dans la construction de bâtiments tertiaires mais également en logements collectifs (Photo 1.)

Les panneaux utilisés sont constitués de parements (produits verriers, tôle, bois, amiante-ciment, ...) et d'un remplissage en mousse rigide. Ils sont souvent intégrés à l'intérieur d'éléments menuisés. Compte tenu de leur composition, ces parois présentent généralement des affaiblissements acoustiques ($R_{A,tr}$) peu importants, de l'ordre de 30 à 35 dB.

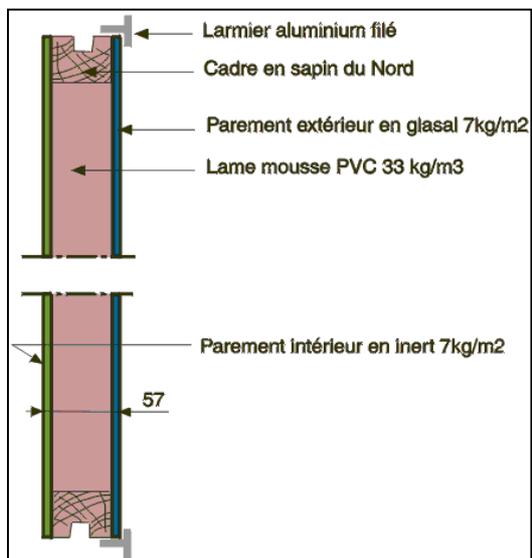


Figure 12. Panneau sandwich de type "KLEGEPA" – fabrication "POLYPLAC" - vue en coupe

(Source : CSTB)

Pour ce type de façade, il est déconseillé de procéder à un renforcement de l'isolation acoustique par un doublage intérieur par exemple (risque de condensation entre le panneau sandwich et le doublage, création d'une triple paroi souvent décevante du point de vue acoustique, ...). Une dépose des panneaux est nécessaire pour les remplacer par des éléments plus performants.



Photo 1. Façade composée d'éléments légers: structure lourde en béton, remplissage des allèges en panneaux sandwichs

(Source : CETE Normandie-Centre)

5.4. Les fenêtres et les portes

L'efficacité acoustique d'une fenêtre, d'une porte-fenêtre ou d'une porte⁶, dépend, par ordre d'importance :

- de son étanchéité à l'air,
- du vitrage (de son épaisseur, sa nature).

⁶ Les portes peuvent être concernées lorsqu'elles donnent directement sur une pièce principale ou une cuisine à protéger.

5.4.1. Les différentes techniques, les différents composants

5.4.1.1. Les vitrages

Les simples vitrages, du point de vue acoustique, se distinguent essentiellement par leur masse et leur rigidité, donc par leur épaisseur.

Le verre possède une fréquence critique. Au voisinage de cette dernière, la transmission d'énergie acoustique par le vitrage est augmentée - l'isolement acoustique est donc diminué (voir paragraphe 4.1).

L'épaisseur des verres utilisés est généralement déterminée par la nécessité de résister aux chocs. Cependant, pour une protection suffisante vis-à-vis des bruits extérieurs, on sera amené à choisir des verres plus épais, donc plus lourds. Dans ce cas, les menuiseries et leurs organes de manœuvre doivent être adaptés au poids des vitres dont ils sont équipés.

Les doubles vitrages sont aujourd'hui montés sur la quasi-totalité des fenêtres proposées sur le marché.

Ils se composent de deux feuilles de verre séparées de quelques millimètres par une lame d'air ou de gaz (argon en général) et maintenues par un joint périphérique souple ou un profilé métallique monté en usine.

La transmission des sons par un double vitrage dépend, comme pour le simple vitrage, de la masse et de la rigidité, et également de la résonance "masse - air - masse" de la double paroi.

Le double vitrage apporte, en plus d'un gain acoustique, des propriétés thermiques aux parois vitrées en divisant par deux les déperditions, grâce à la résistance thermique de la lame d'air ou d'un gaz présentant une conductivité thermique plus faible (argon). Un gain thermique peut également être apporté par une mince couche peu émissive déposée sur la face d'une des vitres, réfléchissant ainsi le rayonnement infrarouge intérieur.

Des vitrages feuilletés acoustiques sont développés aujourd'hui de manière à atténuer

l'effet de la fréquence critique. Ce sont des vitrages composés de deux ou plusieurs feuilles de verre assemblées entre elles par un ou plusieurs films de polyvinyle ou couches de résine de synthèse. Montés en double vitrage, il est ainsi possible de gagner jusqu'à 3 dB d'indice d'affaiblissement par rapport à des doubles vitrages d'épaisseurs similaires.

En plus de leurs qualités thermique et acoustique, certains de ces vitrages possèdent des caractéristiques mécaniques permettant de répondre à des exigences de sécurité (protection contre la chute des personnes, anti-intrusion,...).

Simple vitrage ou double vitrage?

Pour des raisons purement acoustiques, les simples vitrages sont préférables aux doubles vitrages :

- à masse totale égale, l'indice d'affaiblissement d'un simple vitrage est plus élevé que celui d'un double vitrage,
- avec une épaisseur de la lame d'air de quelques millimètres, la fréquence de résonance d'un double vitrage (avec vitrage de même épaisseur) se situe dans une zone à l'intérieur de laquelle l'oreille est particulièrement sensible.

Pour concilier isolation thermique et acoustique, les verriers ont développé des gammes de doubles vitrages spécifiques :

- double vitrage intégrant des composants verriers d'épaisseurs différentes (double vitrage asymétrique) permettant d'obtenir un indice d'affaiblissement ($R_{A, tr}$) compris entre 30 et 34 dB,
- double vitrage intégrant un vitrage feuilleté acoustique permettant d'obtenir un indice d'affaiblissement ($R_{A, tr}$) supérieur à 35 dB.

Pour un double vitrage, la performance acoustique n'est pas influencée par le sens de pose. Cependant, pour des raisons de sécurité, le vitrage le plus épais doit être placé du côté extérieur.

Pour faciliter la prescription, le CEKAL⁷ a mis en place une certification des performances

acoustiques des doubles vitrages suivant six classes.

Classe AR	I	II	III	IV	V	VI
Indice $R_{A, tr}$ minimum du vitrage en dB	25	28	31	33	35	37

Tableau 5. Classement des performances acoustiques des doubles vitrages selon le CEKAL

	Épaisseur mm	Poids kg/m ²	Classe CEKAL	R_w dB	$R_{A, tr}$ dB
Simple vitrage	4	10		30	27
	5	12,5		30	28
	6	15		31	29
	8	20		32	30
	10	25		33	31
	12	30		34	32
Double vitrage	4(6)4	20	I	30	27
	4(8)4	20	I	30	27
	4(12)4	20	I	30	27
	5(12)5	25	II	32	28
	6(12)6	30	II	33	30
	8(10)8	40	III	34	31
Double vitrage acoustique	4(6)6	25	II	34	30
	4(6)8	30	III	35	31
	4(6)10	35	III	35	32
	8*(12)8	40,5	V	40	35
	8*(12)10	45,5	VI	41	37
	8*(20)11*	48	VI	47	40

* vitrage feuilleté, aussi noté 44-1, 55-1... (feuilletés composés de deux couches de vitrage de 4 ou 5 mm séparées par une couche de résine ou de PVB (polyvinyl de butyral) de 1 mm.)

Tableau 6. Exemples d'indices d'affaiblissement acoustique de l'ensemble fenêtre performante + vitrage

(Source : Mémento technique de Saint Gobain, 2000)

5.4.1.2. Les menuiseries

Les menuiseries sont constituées d'un dormant et d'un ou plusieurs ouvrants, d'un dispositif de manœuvre et de condamnation ainsi que de joints d'étanchéité entre l'ouvrant et le dormant.

Leur mode d'ouverture peut être à rotation (à la française, basculante, oscillo-battante,...), coulissant, ou mixte (pivotement et translation) - voir présentation en annexe 8.

⁷ Organisme certificateur des vitrages isolants

Tous les types de menuiseries n'atteignent pas les mêmes capacités d'isolation acoustique. Comparées aux châssis coulissants ordinaires, les menuiseries ouvrant par rotation, exercent une pression sur le joint à sa fermeture pour une meilleure étanchéité. De nouvelles conceptions de châssis coulissants, munis de dispositifs de manœuvre spécifiques assurent une mise en pression du joint lors de la fermeture.

Si le choix de profils rigides a une influence sur les capacités acoustiques des menuiseries, le choix du matériau (bois, PVC ou aluminium) repose sur d'autres critères : durabilité, entretien, étanchéité à l'eau, esthétique, coût.

5.4.1.3. L'étanchéité ouvrant-dormant

L'étanchéité à l'air d'une fenêtre ou d'une porte, facteur important d'une bonne isolation acoustique dépend :

- de sa conception,
- de sa tenue dans le temps,
- du réglage de ses dispositifs de manœuvre et de condamnation.

Une bonne étanchéité à l'air nécessite un contact continu entre l'ouvrant et le dormant, ce contact étant assuré sur les fenêtres de conception récente par l'intermédiaire d'un joint en élastomère ou métallique.

Avec un défaut d'étanchéité sur une fenêtre neuve de qualité, il est difficile d'atteindre un isolement acoustique de 30 dB.

5.4.2. Les performances acoustiques

L'indice d'affaiblissement ($R_{A, tr}$) qui caractérise les performances acoustiques de l'ensemble menuiserie et vitrage, que constitue la fenêtre ou la porte, est déterminé lors d'essais réalisés en laboratoire. Cette caractérisation de la performance acoustique concerne la fenêtre vitrée indépendante de son environnement. Elle est intrinsèque au produit testé (voir paragraphe 4.2).

A titre indicatif :

- $R_{A, tr} = 30$ dB peut être obtenu avec une menuiserie à étanchéité améliorée équipée d'un double vitrage (deux vitres de 4 mm séparées par une lame d'air),
- $R_{A, tr} = 35$ dB peut être obtenu avec une menuiserie à étanchéité améliorée équipée de double vitrage acoustique (classe AR : V),
- $R_{A, tr} \geq 40$ dB : quelques menuiseries à étanchéité renforcée équipées de double vitrage acoustique intégrant un vitrage feuilleté (correspondant à un poids total de 45 kg/m²) ou une solution de type double fenêtre peuvent atteindre cette valeur.

5.4.3. Les certifications et certificats de classification

Les fenêtres et les portes font l'objet d'un certificat de qualification NF CSTBat pour les menuiseries PVC et Aluminium et NF fenêtre bois pour les menuiseries en bois, résultat de mesures en laboratoire pour caractériser leur niveau de performance AEV⁸. Ce certificat repose sur un autocontrôle et sur un contrôle externe effectué par l'organisme certificateur.

La perméabilité à l'air : A comprend 3 classes A1, A2, A3 ; (A3 traduisant la meilleure perméabilité). Ils doivent également satisfaire à des exigences d'étanchéité à l'eau et de résistance au vent (performances classées E et V).

De plus, les fenêtres et les portes-fenêtres font l'objet, depuis 1981, d'une certification commune ACOTHERM qui concerne l'acoustique et la thermique. Cette certification est commune à toutes les fenêtres bois, alu et PVC. Elle est attribuée aux menuiseries fabriquées par un demandeur qui doit justifier d'un certificat attestant d'un classement AEV minimum A2. Cette certification est établie à partir de procès-verbaux de mesure en laboratoire réalisés périodiquement sur des produits prélevés dans la production du fabricant.

⁸ AEV : Air - Eau - Vent

Le certificat ACOTHERM est obtenu lorsque la fenêtre ou la porte est équipée d'un vitrage isolant et que son indice d'affaiblissement acoustique $R_{A, tr}$ est supérieur ou égal à :

- 28 dB pour le niveau AC1,
- 33 dB pour le niveau AC2,
- 36 dB pour le niveau AC3,
- 40 dB pour le niveau AC4.

Lorsque la fenêtre ou la porte est équipée d'origine d'une entrée d'air, le classement ACn est suivi de la lettre B.

En ce qui concerne le classement thermique Th , six classes définissent les performances thermiques : Th4 à Th 9 (plus le coefficient est élevé, plus le produit est performant). La nouvelle réglementation thermique RT 2000 exige la classe Th6 minimum. Ces exigences risquent d'entraîner la disparition de la classe Th4 et l'apparition d'une classe Th10.

Pour de plus amples informations, on se référera aux documents officiels relatifs à chacun des certificats.

On trouvera aussi des informations sur : <http://www.cstb.fr/produits/certification>

5.4.4. L'amélioration acoustique des fenêtres ou des portes extérieures

Lorsque le défaut d'isolation acoustique se situe au niveau des fenêtres ou des portes, différentes techniques peuvent être utilisées, suivant les performances recherchées :

- améliorer l'étanchéité à l'air,
- remplacer le vitrage,
- remplacer la fenêtre,
- réaliser une double fenêtre.

5.4.4.1. Améliorer l'étanchéité à l'air

Pour une bonne isolation acoustique des fenêtres et portes extérieures, il convient, en premier lieu, de leur assurer une étanchéité à l'air aussi parfaite que possible.

Procéder tout d'abord au réglage des jeux entre ouvrants et dormant au niveau des ferrures (paumelles, gâches). Ce réglage est généralement possible sur les menuiseries récentes.

Pour une étanchéité plus poussée, le joint existant, inadapté ou détérioré par l'action du rayonnement solaire et de l'humidité, peut être remplacé.

Sur les fenêtres traditionnelles à recouvrement ou à gueule de loup, dont l'étanchéité à l'air est assurée par simple contact entre ouvrant et dormant, il est possible d'ajouter un joint périphérique. Suivant les techniques (voir Tableau 7.), il s'agit de joints adhésifs en mousse élastomère ou en polypropylène, de joints métalliques cloués ou de systèmes utilisant une mousse durcissable moulée aux dimensions du jeu lors de la fermeture de la fenêtre.

Les joints adhésifs sont faciles à poser mais peu durables et peu efficaces sur le plan acoustique.

Les joints en mousse durcissable sont faciles à poser et plus durables.

Les joints à lèvres métallique ou polymère sont durables, efficaces, mais exigent un savoir faire pour la pose.

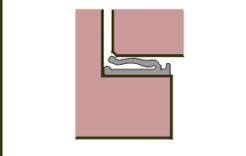
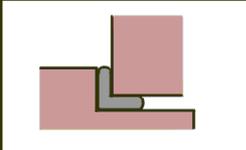
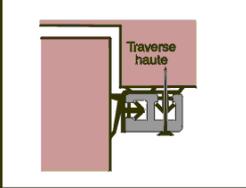
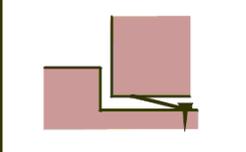
Schéma de principe	Procédé
	- joint adhésif en mousse élastomère ou en polypropylène
	- joint en mousse durcissable, moulé aux dimensions du jeu de la fenêtre
	- joint souple cloué utilisant un profil métallique
	- joint métallique cloué ou agrafé dans la feuillure, formant ressort

Tableau 7. Exemples d'amélioration de l'étanchéité sur fenêtres existantes

(Source : "Amélioration de l'isolation acoustique des façades", CETUR, 1987)

Ces solutions restent économiques, pour un gain acoustique qui peut atteindre 5 dB. Leur application suppose un bon état et une parfaite stabilité dimensionnelle des menuiseries pour garantir la pérennité des performances acoustiques.

Les joints n'assureront cependant pas forcément l'étanchéité à l'eau par capillarité.

Il convient également de vérifier l'absence de vides et de fuites d'air entre le dormant et la maçonnerie.

5.4.4.2. Remplacer le vitrage

L'étanchéité à l'air pourra être complétée par le remplacement du verre existant par un verre plus épais ou un double vitrage si la menuiserie le permet.

Doubler l'épaisseur permet une amélioration de l'indice de l'affaiblissement R d'une fenêtre jusqu'à 5 dB. Cette technique peut être envisagée si la menuiserie est apte à accepter la surcharge sans déformation. Le renforcement des organes de rotation peut s'avérer nécessaire.

5.4.4.3. Mettre en place un survitrage

Le survitrage consiste à ajouter un second vitrage du côté intérieur de la fenêtre pour constituer une lame d'air entre les deux vitrages. Ce survitrage est monté dans un cadre en bois, PVC ou aluminium ouvrant ou démontable. La performance acoustique apportée dépend de l'épaisseur de la vitre rapportée, mais en grande partie de l'étanchéité à l'air de l'ensemble.

Cette solution peut être adoptée pour un surcroît d'isolement de quelques dB, mais le résultat final dépendra essentiellement du soin apporté à la pose (risque de buée entre les vitrages) et de la capacité de la fenêtre d'origine à supporter la surcharge tout en restant étanche à l'air.

5.4.4.4. Remplacer la fenêtre

Par rapport aux solutions précédentes, cette solution présente les meilleures garanties en ce qui concerne le renforcement acoustique.

Deux solutions sont possibles :

- remplacer la totalité de la fenêtre existante,
- conserver le dormant existant et installer une fenêtre de réhabilitation à profils d'adaptation.

La première solution, plus coûteuse, multiplie les interventions dans le logement (plâtre, peinture, tapisserie).

Pour la deuxième solution, il faut considérer l'état du dormant de l'ancienne menuiserie et les modifications d'éclairage (clair de jour réduit) et d'aspect des façades, induites par l'épaisseur plus importante des profils utilisés pour cette solution.

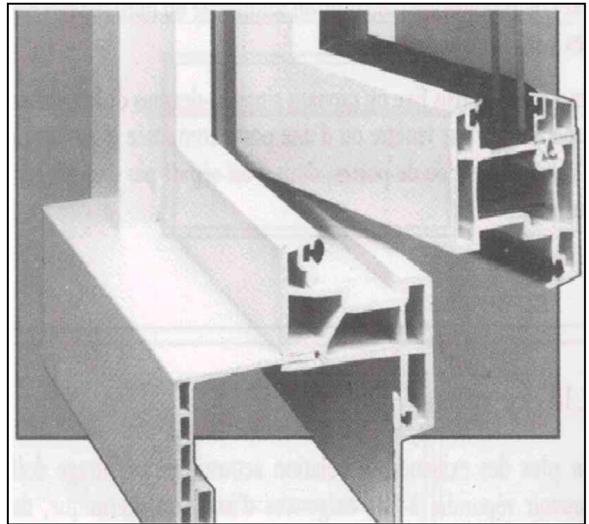


Photo 2. Exemple de menuiserie de réhabilitation avec profil d'adaptation

(Source : "Amélioration de l'isolation acoustique des façades", CETUR, 1987)

5.4.4.5. Réaliser une double fenêtre

La double fenêtre permet de répondre aux exigences acoustiques les plus importantes.

La performance acoustique est principalement déterminée par la distance séparant les deux vitrages et l'épaisseur du vitrage. La présence de matériaux absorbants, posés en tableau et en linteau, intervient également pour améliorer cette performance. Ce procédé assure une bonne désolidarisation mécanique entre les deux vitrages et corrige les éventuels défauts d'étanchéité (fuites acoustiques) de la première fenêtre.

Le mode d'ouverture de la fenêtre de doublage dépend de la position de la première fenêtre dans l'embrasure : coulissant, pour une pose au nu extérieur, à la française, pour une pose au nu intérieur.

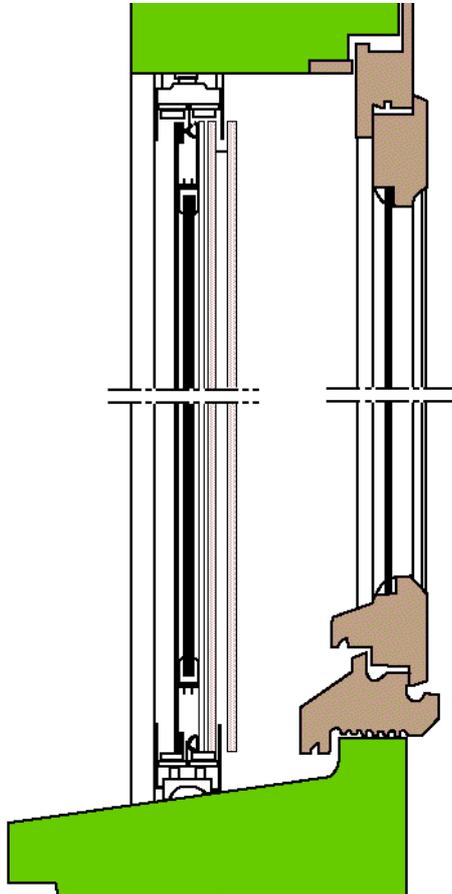


Figure 13. Fenêtre de doublage coulissante en aluminium – vue en coupe

(Source : CETE Normandie-Centre)

Avantages :

- très bonne isolation acoustique (l'indice d'affaiblissement R peut atteindre 50 dB pour un espacement entre les deux fenêtres suffisamment important, proche de 250 mm),
- bonne isolation thermique,
- intervention conciliable avec des travaux d'isolation des murs par l'intérieur ou l'extérieur,
- facilité du traitement acoustique de l'entrée d'air.

Inconvénients :

- tendance à réduire l'éclairage des pièces,

- surface de nettoyage doublée et interventions délicates, si la menuiserie posée est coulissante,
- système généralement mal perçu par les occupants,
- problèmes de compatibilité avec la présence d'équipements (persiennes, stores, barres d'appuis, barreaux, ...).

5.5. Les entrées d'air et les orifices de ventilation

Dans tous les cas, lorsque des travaux d'isolation acoustique sont envisagés, la prise en compte de la ventilation est incontournable (voir paragraphe 6.1).

Dans le système de ventilation, les entrées d'air assurent les échanges avec l'extérieur. Elles sont intégrées à la façade en traverses hautes des menuiseries ou alors dans les coffres de volets roulants ou encore dans les murs.

Du point de vue acoustique, elles sont caractérisées par leur isolement $D_{n,ew}+Ctr$ (voir paragraphe 4.2 relatif aux indicateurs).

Dans le cas de la ventilation naturelle par exemple, une entrée d'air constituée d'un simple orifice dégrade fortement l'isolement acoustique de façade. Une entrée d'air standard a un isolement $D_{n,ew}+Ctr$ de l'ordre de 35 dB.

Pour obtenir de forts isolements, il est nécessaire d'employer des entrées d'air acoustiques, généralement constituées de chicanes. Ces dernières sont conçues de manière à assurer la circulation de l'air sans perte de charge importante à leur niveau. Leur isolement $D_{n,ew}+Ctr$ est généralement supérieur à 40 dB.

En présence de pièces traversantes ou situées dans un angle du bâtiment, les entrées d'air seront préférentiellement placées sur la façade la moins exposée aux bruits émis par l'infrastructure.

Lorsque l'on change les fenêtres, les solutions avec entrées d'air acoustiques intégrées à la menuiserie ou dans les coffres de volets roulants sont des solutions techniques simples et économiques.

Pour des performances acoustiques plus élevées, on s'orientera vers des entrées d'air spéciales, placées dans l'épaisseur de la maçonnerie – qui demandent cependant une intervention lourde sur la façade du bâtiment ou sur le doublage – (Figure 14), voire vers une solution de ventilation à insufflation ou à double flux permettant la suppression des entrées d'air en façade.

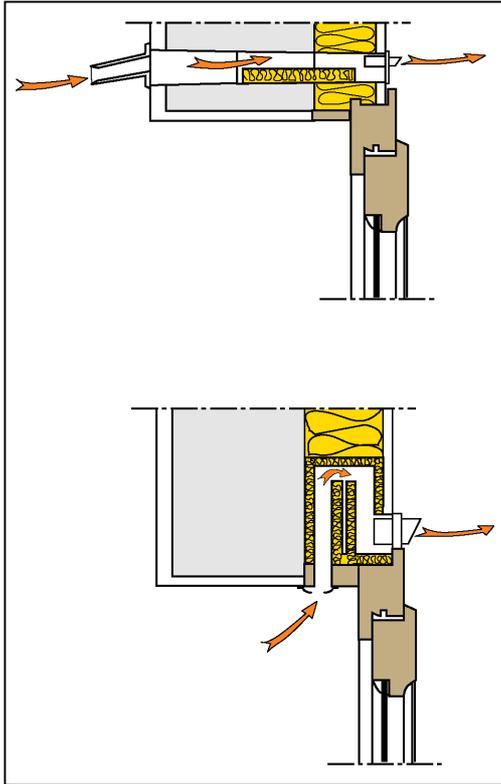


Figure 14. Exemples d'entrées d'air placées dans l'épaisseur de la maçonnerie ou du doublage

(Source : CETE Normandie-Centre)

5.6. Les fermetures, les coffres de volets roulants

Les volets ou persiennes assurent l'occultation des baies et protègent des intrusions par effraction. Ils jouent également un rôle favorable au confort thermique d'été (voir paragraphe 6.2).

Les fermetures n'ont pas a priori pour fonction de renforcer l'isolation acoustique de la fenêtre ou de la porte. Le contrôle de l'isolation

acoustique de la façade est d'ailleurs réalisé "volets ouverts" (conformément à la norme NFS 31 057). Dans certains cas de figure, ces fermetures peuvent même dégrader l'isolement acoustique de la façade.

Pour améliorer le confort des occupants, notamment dans les chambres, il vaut mieux cependant réaliser des fermetures efficaces au plan acoustique par application de quelques règles simples.

Par ailleurs, les coffres de volets roulants peuvent être une voie de propagation du bruit extérieur vers l'intérieur lorsqu'ils ne sont pas adaptés.

5.6.1. Les fermetures

Le comportement de l'ensemble fermeture - fenêtre peut être assimilé à celui d'une double paroi, ce qui suppose :

- une fermeture étanche à l'air,
- une épaisseur de la lame d'air minimale entre le vitrage et la fermeture,
- une masse spécifique du volet suffisante (pour une fréquence de résonance suffisamment basse).

Dans le cas de fermetures très légères (masse surfacique de l'ordre de 4 kg/m^2 par exemple un volet roulant en PVC) :

- une distance trop faible (quelques centimètres) peut dégrader la performance acoustique de la fenêtre seule.
- plus la performance de la fenêtre est élevée, plus la distance fenêtre - fermeture devra être grande.

Dans un souci de gain acoustique, il convient de préconiser des fermetures de masse surfacique suffisante (exemple : lames en aluminium profilées à double paroi) et un sens d'enroulement du tablier (lorsque le coffre est placé à l'extérieur) permettant une distance plus importante de la fenêtre à la fermeture.

Des tests ont été réalisés en laboratoire. Un volet roulant en aluminium placé à une distance de 20 cm d'une fenêtre, peut accroître ses performances acoustiques initiales ($R_{A, \text{tr}} = 30$ ou 35 dB) de +7 à +8dB. Mais rappelons tout de

même que ce gain de performances acoustiques ne pourra être pris en compte lors du contrôle acoustique et de la vérification de l'isolement obtenu vis-à-vis de l'objectif.

5.6.2. Les coffres de volets roulants

Si la fenêtre est munie d'un volet roulant, le coffre peut constituer un chemin de transmission préférentiel pour les bruits extérieurs, notamment lorsque le coffre du volet est placé au-dessus de la fenêtre, sous le linteau ou derrière celui-ci.

Pour améliorer leur performance acoustique :

- s'assurer de l'étanchéité du coffre s'il n'est pas muni d'entrées d'air.
En présence d'entrées d'air dans le coffre, le renforcement acoustique sera obtenu par des chicanes revêtues de matériaux absorbants, dans la mesure où l'espace disponible dans le coffre le permet,
- renforcer l'isolation des parois du coffre lorsque elles sont réalisées en matériaux de faible épaisseur. Un complexe de doublage thermo-acoustique ou un matériau de densité et d'épaisseur suffisantes peuvent être utilisés (feuille de PVC à masse spécifique renforcée) pour obtenir une paroi de plus de 15 kg/m²,
- réduire le niveau de bruit à l'intérieur du coffre en tapissant les faces internes de matériaux absorbants,
- vérifier l'étanchéité à l'air au passage des mécanismes de manœuvre.

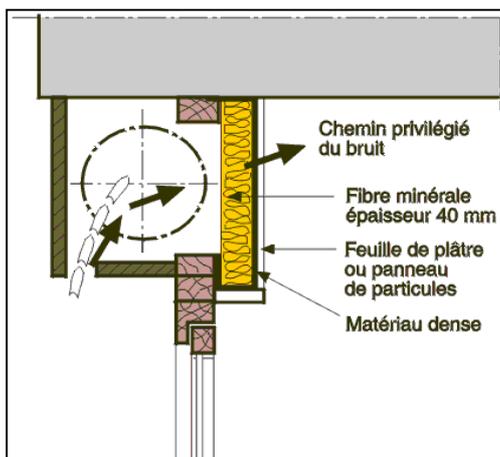


Figure 15. Exemple de renforcement acoustique d'un coffre de volet roulant

(Source : CETE Normandie-Centre)

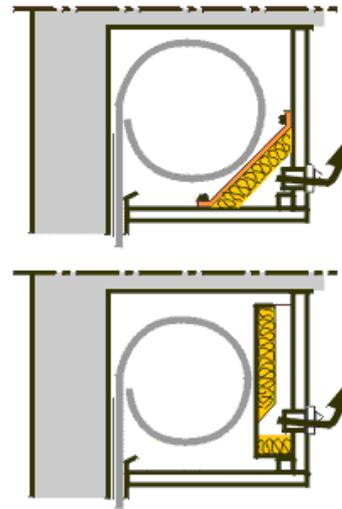


Figure 16. Réalisation d'entrées d'air en chicanes dans un coffre de volet roulant

(Source : CETE Normandie-Centre)

De façon générale, lorsque l'entrée d'air est intégrée au coffre, la performance acoustique de l'ensemble fenêtre - coffre est nettement plus élevée que lorsqu'elle est placée en menuiserie.

Pour un isolement acoustique plus élevé, il convient de placer le coffre entièrement à l'extérieur en avant de la menuiserie, à condition que cette solution ne porte pas préjudice à l'aspect général des façades.

Par ailleurs, des fabricants proposent des ensembles "blocs-baies" intégrant la fenêtre et le coffre de volets, avec un indice d'affaiblissement $R_{A, tr} \geq 34$ dB.

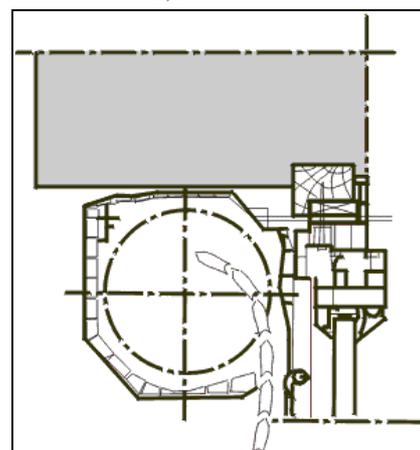


Figure 17. Exemple de coffre placé à l'extérieur

(Source : doc "GROFILEX")

5.7. Les toitures et toitures-terrasses

5.7.1. Les toitures en pentes

Pour les combles non aménagés, on considère la capacité d'isolation acoustique de l'ensemble constitué par la couverture, le volume non habité et le plafond, qui fonctionne comme une double paroi.

Ainsi, pour améliorer l'indice d'affaiblissement acoustique de cet ensemble on cherchera à :

- améliorer l'étanchéité à l'air de la couverture,
- augmenter la masse de la toiture ou du plafond,
- introduire un matériau absorbant (laine minérale) dans le volume du comble.

L'amélioration de l'étanchéité à l'air de la toiture doit prendre en compte la nécessité de ventiler la toiture pour assurer la pérennité des bois de charpente et de couverture.

Pour les combles aménagés, le volume habité, situé en sous toiture, est protégé de l'extérieur par un ensemble constitué :

- d'un matériau de toiture,
- d'un espace plus ou moins important contenant généralement un matériau isolant,
- d'un habillage intérieur, qui fonctionne acoustiquement comme une double paroi.

Pour améliorer l'indice d'affaiblissement acoustique de cet ensemble on cherchera à :

- renforcer l'étanchéité à l'air de la couverture ou de l'habillage intérieur,
- augmenter l'espace entre les deux parois,
- remplir cet espace avec un matériau absorbant (laine minérale) en veillant à interposer un pare-vapeur en sous-face de l'isolant (côté intérieur au local à isoler).

Comme précédemment, il est nécessaire de ventiler l'espace en sous toiture pour assurer la pérennité des bois de charpente et de couverture.

Autres points à surveiller :

- ① Piédroit : continuité du raccord isolant sur la sablière,
- ② Fenêtres de toit (vitrage, étanchéité entre dormant et ouvrant, étanchéité du raccord avec la partie courante), lucarnes et chiens assis (traitement acoustique des parois)
- ③ Entrées d'air (traitement acoustique),
- ④ Chatière (incidence possible sur l'isolement du fait du nombre de chatières par m² de toitures)
- ⑤ Conduit de fumée (étanchéité du raccord, isolation du conduit, calfeutrement périphérique au passage des différentes parois)
- ⑥ Sorties d'air (raccords)

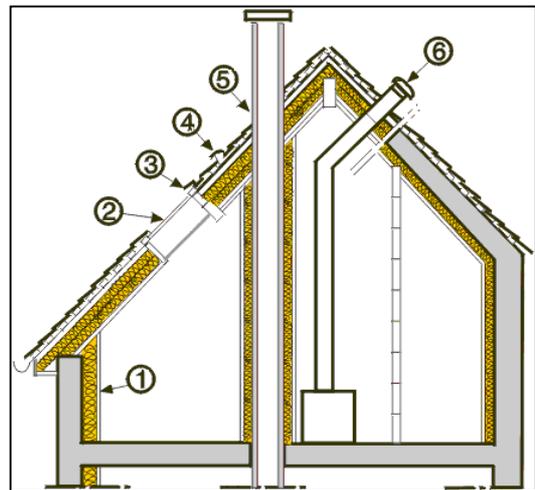


Figure 18. Points à surveiller pour l'isolation des toitures en pente

(Source : Documentation NRA, DGUHC)

5.7.2. Pour les toitures-terrasses

L'isolation acoustique des toitures terrasses est à examiner, notamment lorsque l'infrastructure routière est située en surplomb par rapport au bâtiment à protéger.

Les toitures-terrasses lourdes utilisent un plancher en béton comme support. Si elles sont totalement opaques, leur indice d'affaiblissement peut être considéré comme suffisamment élevé pour répondre aux objectifs acoustiques.

Les points à surveiller concernent essentiellement le traitement des fenêtres zénithales (lanterneaux,), des conduits et des sorties d'air.

Les terrasses légères utilisant des couvertures métalliques sont souvent peu performantes du point de vue acoustique. Pour ce type de terrasses, il convient de se rapprocher des solutions proposées pour les toitures en pente avec combles aménagés.

Dans tous les cas, les solutions de renforcement acoustique devront être définies de manière à ne pas surcharger la structure.

5.8. La présence de balcons et loggias, l'utilisation des espaces intermédiaires

Suivant l'angle d'incidence ou la direction du bruit extérieur, les balcons peuvent participer à la protection acoustique d'un élément de façade par un effet d'écran, ou altérer cette protection en raison des effets dus aux réflexions supplémentaires et à un champ acoustique réverbérant créé lorsque le balcon constitue une enceinte partielle autour de l'élément de façade.

Pour les étages supérieurs, la protection peut être améliorée par l'utilisation de garde-corps pleins et de revêtements absorbants en sous-face du balcon de l'étage supérieur.

Le Tableau 8. présente des exemples de valeurs d'accroissement ou de diminution de l'isolement acoustique d'une façade. On s'aidera de la Figure 19 pour sa bonne lecture.

Hauteur de la ligne de vision sur la façade	≤ 1,5 m	1,5 - 2,5 m	≥ 2,5 m
Façade plane	nulle	nulle	nulle
Balcons superposés munis de garde-corps à claire voie	-1 dB	-1 dB	+1 dB
Balcons superposés munis de garde-corps pleins	nul	nul	+2 dB
Balcons munis de garde-corps à claire voie avec absorbant ($\alpha_w=0,6$) en sous-face du balcon de l'étage supérieur	-1dB	1 dB	+2 dB
Balcons munis de garde-corps pleins avec absorbant ($\alpha_w=0,6$) en sous-face du balcon de l'étage supérieur	nulle	+2 dB	+3 dB
Loggias sans absorbant en sous-face du plancher de l'étage supérieur	+1 dB	+1 dB	+1 dB
Loggias avec absorbant ($\alpha_w=0,9$) en sous-face du plancher de l'étage supérieur	+2 dB	+2 dB	+2 dB

Tableau 8. Valeurs d'accroissement ou de diminution de l'isolement acoustique d'une façade compte tenu de la présence de balcons ou loggias.

(Source : NF EN 12354-3)

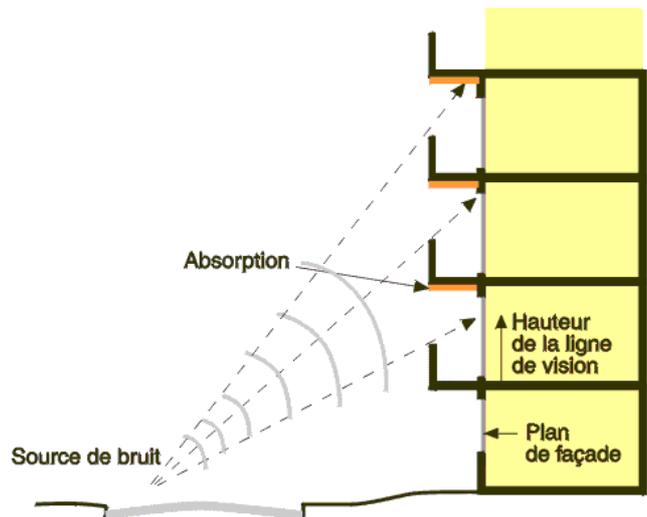


Figure 19. Illustration des différents paramètres appropriés pour l'isolation acoustique due à la forme de la façade

La norme NF EN 12354-3, d'où sont extraites ces valeurs, propose d'autres dispositions et d'autres indices d'absorption acoustique pondérés (α_w). Pour une évaluation plus détaillée, on se référera donc à ce document.

Suivant la disposition des logements, les balcons ou loggias peuvent être fermés sur l'extérieur par des éléments vitrés permettant la création d'espaces intermédiaires en prolongement de l'espace habitable (Photo 3.)



Photo 3. Fermeture de loggias sur la façade d'un immeuble de logements collectifs

(Source : CETE Normandie-Centre)

5.9. Dans les Départements d'Outre Mer

En régime tropical humide, le maintien d'un équilibre entre le confort acoustique et le confort thermique, en articulation avec les exigences de ventilation, est une priorité lorsqu'il s'agit d'intervenir sur l'enveloppe d'un bâtiment.

Pour les logements non climatisés artificiellement, le renforcement acoustique des façades est difficilement compatible avec la ventilation naturelle qui suppose un renouvellement d'air avec l'extérieur de l'ordre de 20 à 30 volumes/heure.

Dans ce cas, le recours à la climatisation artificielle, permettant l'utilisation de fenêtres

performantes du point de vue acoustique, est envisageable. Cette intervention doit nécessairement être accompagnée de dispositions permettant de limiter les consommations énergétiques de climatisation (possibilité d'obstruer les ouvertures entre les pièces climatisées et les pièces ventilées naturellement, renforcement de la protection solaire des baies et fenêtres exposées, protection thermique en toiture,...) Le maintien d'une ventilation d'hygiène conforme est aussi indispensable.

Des expériences menées localement, notamment aux Antilles et à la Réunion, proposent des réponses techniques à adapter suivant le type d'habitat (traditionnel, individuel récent ou collectif) :

- utilisation des espaces intermédiaires ou des balcons et création d'espaces tampon (avec pièges à sons) pour permettre le maintien d'une ventilation naturelle tout en atténuant le bruit extérieur,
- ventilation traversante assistée mécaniquement, ...

5.10. L'équilibre entre l'isolement de façade et les isolements intérieurs

Le renforcement de l'isolation de l'enveloppe d'un bâtiment peut avoir un impact important sur la perception des bruits intérieurs. En effet, si l'isolement de la façade à traiter est faible, le bruit de circulation peut masquer des nuisances induites par des isolements intérieurs faibles (isolement entre logements, bruits d'équipements, ...).

Avant de réaliser tout type de travaux acoustiques sur les façades, il est conseillé de faire un diagnostic acoustique complet intégrant les isolements vis-à-vis des bruits intérieurs.

6. Autres aspects à prendre en compte

L'intervention sur l'isolation acoustique des façades a des conséquences sur d'autres aspects des bâtiments traités qu'il convient d'examiner avec attention. Il s'agit notamment de la ventilation des locaux protégés, du maintien de leur confort thermique et du respect de certaines conditions de sécurité après les travaux.

6.1. Les exigences de pureté de l'air

6.1.1. La ventilation des logements

L'isolation acoustique des façades a pour conséquences de renforcer l'étanchéité à l'air des composants d'une façade que sont les fenêtres et les orifices divers tels que les ventilations basses et hautes, les conduits de fumée, les coffres de volets roulants avec leur organes de manœuvre.

Pour profiter de cette isolation acoustique, il est nécessaire de maintenir les fenêtres fermées et ce quelle que soit la période de l'année.

Dans ces conditions, il est nécessaire de prendre des dispositions pour :

- **assurer un renouvellement d'air hygiénique** en toute saison au moins dans les chambres, séjours et cuisines isolés,
- **limiter les condensations** sur les parois froides telles les fenêtres à simple vitrage et les murs mal isolés ; l'apparition de ces condensations est liée à un taux de renouvellement d'air insuffisant,
- **assurer la sécurité des habitants** en présence d'appareils à combustion de manière à éviter les risques d'intoxication au monoxyde de carbone ; ceci impose d'assurer à la fois une bonne alimentation en air comburant (entrées d'air neuf extérieur dimensionnées en fonction de la puissance des appareils) et l'extraction des produits de combustion.

Ces dispositions impliquent, dans la plupart des logements existants, de mettre en place un

nouveau système de ventilation ou au minimum de réadapter le système existant après diagnostic. Cela peut consister, par exemple pour la façade exposée au bruit, au remplacement des entrées d'air existantes par des entrées d'air acoustiques lorsque qu'une V.M.C. à simple flux existe et est correctement réalisée.

La prise en compte de la ventilation est cependant incontournable lors de la mise en œuvre d'une isolation acoustique des façades d'un logement.

6.1.1.1. Principes de ventilation

Aération à tirage naturel par pièces séparées :

Les pièces de service (cuisine, salle de bains et W.C.) sont pourvues chacune d'une ventilation basse (entrée d'air neuf) et d'une ventilation haute (sortie d'air vicié), la cuisine comportant en plus, en général, un conduit de fumée.



Photo 4. Exemple de ventilation basse en cuisine (vue de l'intérieur, vue de l'extérieur)



Photo 5. Exemple de ventilation haute

Source : CSTB

Le renouvellement d'air des pièces principales s'effectue en partie par infiltration due à la mauvaise étanchéité des fenêtres, mais surtout par l'ouverture de ces dernières.

De plus, la circulation de l'air est assurée de manière non permanente par le vent et les différences de température variables entre l'intérieur et l'extérieur.

En cas de réhabilitation acoustique (avec mise en place de fenêtres étanches) ce principe de ventilation conduit à une absence de ventilation des pièces principales, ce qui se traduit pour les occupants par une mauvaise qualité de l'air et pour le bâti par des risques de condensation et de moisissures. La mise en place d'orifices d'entrée d'air dans les pièces principales ne permet pas de pallier la sous-ventilation puisqu'il n'existe pas d'orifices de sortie d'air correspondants.

Ce principe de ventilation ne doit pas être maintenu lors d'une opération de réhabilitation.

Aération générale et permanente, statique ou mécanique, utilisant le principe du balayage :

Ce principe, introduit pour la première fois dans la réglementation en 1969, consiste à créer un "balayage" du logement. L'air neuf entre dans le séjour et les chambres par des entrées d'air, transite dans le logement, puis l'air vicié s'évacue dans les pièces à pollution spécifique que sont la cuisine, le W.C. et la salle de bains au travers de bouches d'extraction.

Ces principes ont été développés par les différentes réglementations relatives à la ventilation des logements, exposées au paragraphe suivant.

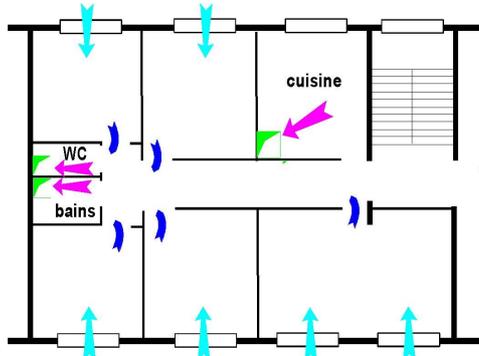


Figure 20. Illustration du principe du balayage

6.1.1.2. Historique de la réglementation

Pour les logements antérieurs à 1955 il n'y avait pas de réglementation spécifique à la ventilation des logements. Cependant, les Règlements Sanitaires Départementaux énoncent des exigences en matière de ventilation des WC (ouvrants, ventilation haute et basse) et des cuisines (conduits de fumée, ventilation haute et basse). Seuls sont autorisés les conduits individuels (ventilation ou fumée).

En 1955 les conduits collectifs à raccordement individuels de hauteur d'étage (conduits shunt) sont autorisés tant pour la ventilation que pour l'extraction des produits de combustion.

En 1958 intervient la première réglementation nationale en matière de ventilation des logements. Le principe de la ventilation par pièces séparées y est développé. Toutefois la réglementation précise que pour les logements en simple exposition (une seule façade) ou pour les logements équipés de fenêtres étanches, des entrées d'air hautes et basses doivent être créées dans les pièces principales.

En 1969 est introduit le principe de la ventilation générale et permanente par balayage. Les débits de ventilation sont de 1 vol/h des pièces principales (environ 0,7 vol/h du logement). C'est à cette période qu'apparaissent les premières installations de ventilation mécaniques.

L'arrêté du 22 octobre 1969, toujours en vigueur à la date de publication du présent guide, précise les dimensions minimales des conduits de fumée en fonction de la puissance et du nombre d'appareils raccordés.

En 1977, l'arrêté du 2 août, également encore en vigueur, fixe les règles relatives aux installations de gaz dans les logements ; en particulier le titre IV, article 15 précise les conditions de ventilation des locaux en fonction du type d'appareil installé.

En 1982 est définie la réglementation actuelle par la publication de l'arrêté du 24 mars 1982, relatif à l'aération des logements.

Après la crise énergétique de 1974, les autorités ont mis en place une réglementation thermique (1977). Mieux isolés les logements ont pu voir baisser leur taux de ventilation sans augmentation des risques de condensation. Ce taux est réduit à environ 0,5 vol/h du logement.

Remarque importante : il faut garder à l'esprit que c'est à partir du moment où les logements ont été isolés thermiquement (en 1977) qu'il a été possible de réduire les débits de ventilation (en 1982). Pour les logements faisant l'objet d'une réhabilitation acoustique et dépourvus d'isolation thermique les débits de 1982 sont insuffisants : ceux de 1969 conviennent mieux.

6.1.1.3. Les différents systèmes de ventilation

En adoptant le principe de la ventilation générale et permanente par balayage, décrit ci-avant, les systèmes courants sont les suivants.

▪ Ventilation statique ou naturelle

Le logement est équipé d'entrées d'air dans les pièces principales et de bouches d'extraction dans les pièces de service. La circulation de l'air est assurée par le vent et par les différences de température variables entre l'intérieur et l'extérieur. Les débits de ventilation sont importants en hiver sous l'effet de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du logement mais plus aléatoires en demi-saison et même faibles ou nuls en été. De plus, si le système ne comporte pas de dispositifs anti-refoulement (aspirateurs statiques), la circulation de l'air peut être interrompue voire même inversée en période de vent.



Photo 6. Débouchés de conduits en ventilation naturelle (avec extracteurs statiques quelconques)

Source : CSTB



Photo 7. Extracteur statique

Source : CSTB

Variante : Ventilation naturelle hygroréglable

Ce système comporte des entrées d'air et des bouches d'extraction qui régulent les débits en fonction de l'humidité dans les pièces principales et de service. Ce système de ventilation naturelle n'apporte pas de réponse à la sous-ventilation rencontrée en demi-saison et en été.

La ventilation naturelle et sa variante hygroréglable imposent, en demi saison et en été, un complément d'aération par ouverture des fenêtres. Ce système est donc mal adapté aux immeubles réhabilités pour des raisons acoustiques.

▪ Ventilation stato-mécanique

Par rapport au système précédent, les conduits verticaux existants (individuels ou shunt) d'évacuation d'air vicié ou des fumées sont coiffés par des aspirateurs stato-mécaniques dont l'efficacité en fonctionnement statique a été testée en laboratoire.

Lorsque la température extérieure devient trop élevée (tirage thermique trop faible), ou lorsque les besoins sont importants comme au moment de la préparation des repas, les ventilateurs mécaniques prennent le relais. Ils sont commandés par un thermostat extérieur (vitesse réduite pour pallier les insuffisances du tirage thermique) ou par une horloge (grande vitesse pour assurer un supplément de débit à l'heure de préparation des repas).

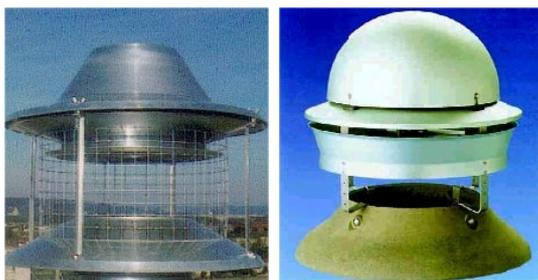


Photo 8. Exemples d'extracteurs stato-mécaniques

Source : CSTB

Pour éviter les inversions de tirage des appareils à combustion et le reflux de l'air vicié, toutes les tourelles d'extraction, desservant un même logement, ont un fonctionnement ou un arrêt simultané.

L'installation doit être adaptée pour évacuer par tirage thermique les produits de combustion des appareils raccordés en cas de panne d'un extracteur mécanique.

Ce système de ventilation est bien adapté aux immeubles précédemment ventilés en ventilation naturelle et faisant l'objet d'une réhabilitation acoustique.

▪ Ventilation mécanique contrôlée à simple flux

Le système de la "ventilation mécanique contrôlée" ou V.M.C. a été mis au point en application du principe de la ventilation générale et permanente par balayage.

Les bouches d'extraction des pièces de service sont raccordées à des gaines verticales en acier galvanisé débouchant généralement en toiture du bâtiment. Un réseau de gaines en toiture collecte les débits des gaines verticales et se raccorde à un caisson d'extraction muni d'un ventilateur électrique centrifuge.

Quand le système est prévu pour évacuer simultanément l'air vicié et les produits de combustion des appareils à gaz raccordés, de chauffage et/ou de production d'eau chaude sanitaire on dit qu'il s'agit d'un système de VMC-gaz. Dans ce cas le fonctionnement des appareils à gaz raccordés est asservi au fonctionnement du ventilateur d'extraction (DSC ou Dispositif de Sécurité Collective).



Photo 9. Partie horizontale d'un réseau VMC

Source : CSTB

Variante : ventilation mécanique basse pression:

Une variante pouvant facilement être mise en œuvre dans l'habitat existant consiste à installer des tourelles d'extraction mécanique (adaptées aux dépressions acceptables par les appareils à combustion raccordés) sur chacune des souches de ventilation ou d'évacuation des fumées statiques, ces tourelles fonctionnant simultanément et en permanence.

Les appareils à gaz raccordés devront comporter un système de sécurité en cas d'arrêt des ventilateurs.

Quand ils génèrent des dépressions supérieures à 50 pascals, les systèmes de ventilation mécanique ne peuvent être mis en place sur des conduits de ventilation naturelle existants sans s'être au préalable assuré de l'étanchéité de ces derniers. La simple vérification par des essais fumigènes n'est pas suffisante, on envisagera plutôt des mesures de dépression dans les conduits.

On peut mettre en œuvre un système de ventilation mécanique basse pression sur des conduits de ventilation naturelle existant en utilisant des extracteurs stato-mécaniques à fonctionnement continu. Dans ce cas l'asservissement des appareils à gaz raccordés au fonctionnement des extracteurs n'est pas nécessaire si les conduits de fumée sont correctement dimensionnés (conformes aux exigences de l'arrêté du 22/10/69 et aux recommandations ATG B.84). En effet, en cas de panne de l'extracteur, les fumées sont extraites naturellement.

▪ Ventilation mécanique contrôlée à double flux

Au lieu d'être introduit par la dépression créée par un ventilateur d'extraction, l'air neuf est insufflé dans les pièces principales par un ventilateur relié, via des gaines, à des bouches de soufflage.

Le ventilateur peut être placé en toiture, comme pour la V.M.C. à simple flux, le sens de circulation de l'air étant inverse.

L'air vicié et les produits de combustion sont extraits par un système identique à celui de la V.M.C. à simple flux.

Les débits de soufflage et d'extraction sont sensiblement égaux.

Les appareils à combustion raccordés existants peuvent continuer à fonctionner en tirage naturel à condition que soient prévues des entrées d'air comburant adaptées.

Ce système de V.M.C. à double flux a les avantages suivants :

- éviter les entrées d'air en façade exposée, donc le passage du bruit, des poussières et de la pollution de la rue,
- permettre une filtration de l'air neuf introduit par le caisson de soufflage et réduire la pollution en orientant la prise d'air neuf loin et à l'opposé de la voie bruyante,
- permettre en hiver ou en été une récupération de la chaleur ou de la fraîcheur de l'air extrait au profit de l'air neuf au moyen d'un échangeur statique ou thermodynamique,
- réaliser pour la saison chaude un rafraîchissement ou une climatisation de l'air introduit.

Il a en revanche l'inconvénient d'être coûteux à réaliser et des dispositions particulières, pas toujours faciles à mettre en œuvre, doivent être prises pour assurer l'entretien et le nettoyage des réseaux de soufflage.

D'autres systèmes existent, mais ne sont pas forcément mis en œuvre dans l'habitat existant :

▪ La ventilation mécanique répartie

Ce système s'inscrit dans un principe de ventilation générale et permanente par balayage. Des ventilateurs indépendants à fonctionnement continu, sont installés dans les pièces de service

(en traversée de paroi ou raccordés à un conduit unitaire d'extraction).

▪ Les systèmes d'insufflation

Ils s'inscrivent dans un principe de ventilation générale et permanente par balayage. Un caisson de soufflage est installé en faux plafond dans les dégagements du logement. Raccordé à une prise d'air neuf, ce caisson permet, après filtration, d'insuffler de l'air dans les pièces principales par l'intermédiaire d'un répartiteur équipé d'organes autoréglables (constance du débit insufflé). L'air est ensuite distribué dans les pièces principales par un réseau de gaines souples courant en faux-plafond du dégagement. Ce système d'insufflation est associé au système de ventilation existant (ventilation naturelle ou mécanique).

6.1.1.4. *Prise en compte de la ventilation, point réglementaire pour l'habitat existant*

L'article 40 du Règlement Sanitaire Départemental Type (R.S.D.T.) fixe des exigences minimales en matière de ventilation. Celles-ci sont applicables à l'ensemble des logements construits avant les réglementations successives en matière d'aération des logements (voir au paragraphe 6.1.1.2).

"Les pièces principales doivent être munies d'ouvertures donnant à l'air libre et présentant une section ouvrante permettant une aération satisfaisante.

Les pièces de service (cuisine, salle d'eau et cabinet d'aisance) lorsqu'elles sont ventilées séparément, doivent comporter les aménagements suivants en fonction de leur destination :

- *Pièces de service possédant un ouvrant donnant sur l'extérieur : ces pièces doivent être équipées d'un orifice d'évacuation d'air vicié en partie haute. En sus, les cuisines doivent posséder une amenée d'air frais en partie basse.*
- *Pièces de service ne possédant pas d'ouvrant donnant sur l'extérieur : ces pièces doivent être munies d'une amenée d'air frais, soit par gaine spécifique, soit par l'intermédiaire d'une pièce possédant une prise d'air sur l'extérieur. L'évacuation de l'air vicié doit s'effectuer en partie haute, soit par une gaine*

verticale, soit par une gaine horizontale à extraction mécanique conformément à la réglementation en vigueur.

Lorsque les pièces de service sont ventilées par un dispositif commun à l'ensemble du logement, ce dispositif doit être réalisé conformément à la réglementation en vigueur."

Les réglementations successives en matière de ventilation et d'évacuation des produits de combustion tenaient compte à la fois de l'évolution technologique des matériaux de construction (par exemple, perméabilité à l'air des ouvrants) et des habitudes de vie des occupants (par exemple, ouverture régulière des fenêtres). Or les travaux de réhabilitation acoustique en renforçant l'étanchéité à l'air des ouvrants modifient de façon sensible les conditions de ventilation des logements. En outre la nécessité de se protéger des nuisances sonores limite les possibilités d'aérer le logement par ouverture des fenêtres.

Il convient donc lors de l'opération de réhabilitation acoustique de réhabiliter également la ventilation du logement. Nous avons vu au paragraphe 6.1.1.1 que seule la ventilation générale et permanente par balayage pouvait satisfaire à la fois aux exigences de qualité d'air intérieur tout en évitant les condensations. La dernière phrase de l'article 40.1 du R.S.D.T. indique que lors de la mise en place d'un tel principe de ventilation il convient de respecter la réglementation en vigueur et en particulier l'article 1^{er} de l'arrêté du 24 mars 1982 rappelant que "*dans les bâtiments soumis à un isolement acoustique renforcé [...] l'aération doit pouvoir être permanente en toute saison*".

Seuls les systèmes de ventilation mécanique (VMC, ventilation mécanique répartie, ventilation par insufflation) ou stato-mécanique répondent à cette exigence.

En présence d'appareils à combustion, de chauffage, de cuisine et de production d'eau chaude sanitaire :

Le R.S.D.T., dans ses articles 52 à 53 bis, indique toutes les précautions à prendre dans ce cas là, mais il ne se prononce pas sur le système de ventilation globale du logement à mettre en œuvre.

Toutefois les recommandations ATG B.84 indiquent en leur paragraphe "5.2.2 *Réhabilitation avec interventions sur l'enveloppe*" (c'est le cas des réhabilitations acoustiques) :

Amenée d'air directe : Cette solution, bien que non interdite par la réglementation en vigueur, est fortement déconseillée car la forte réduction de la perméabilité à l'air diminue les possibilités d'amenée d'air neuf (amenée d'air neuf directe plus défauts d'étanchéité).

Amenée d'air indirecte : L'évacuation de l'air vicié du logement (avec ou sans appareil à gaz raccordé) s'effectue obligatoirement par conduit vertical. Les grilles d'entrée d'air sont disposées dans les pièces principales (séjour et chambres).

Note : les définitions de l'amenée d'air directe et de l'amenée d'air indirecte sont données dans l'arrêté du 2 août 1977 modifié :

"amenée d'air directe : système d'aération dans lequel l'air prélevé dans l'atmosphère extérieure pénètre directement dans le local où se trouvent le ou les appareils d'utilisation par un conduit ou par des passages ménagés dans les parois extérieures du local.

amenée d'air indirecte : système d'aération dans lequel l'air prélevé dans l'atmosphère extérieure pénètre tout d'abord dans un ou des locaux ne contenant pas les appareils d'utilisation à alimenter et transite ensuite dans le local qui contient ceux-ci."

En conclusion

En cas de réhabilitation acoustique, on réhabilitera également le système de ventilation :

- En mettant en place, si ce n'est pas déjà le cas, un principe de ventilation générale et permanente par balayage.
- Le système de ventilation mis en œuvre devra pouvoir fonctionner en permanence : ceci impose l'utilisation de systèmes de ventilation mécanique (fonctionnement mécanique continu) ou stato-mécanique (fonctionnement mécanique seulement si les conditions extérieures ne permettent pas le fonctionnement de la ventilation naturelle).

6.1.1.5. Les objectifs de débit ou de renouvellement d'air

Le cahier du C.S.T.B. n°3248, intitulé "Ventilation dans les bâtiments collectifs d'habitation existants" indique :

"Sachant que les exigences actuelles en matière d'aération des logements (arrêté du 24 mars 1982) conduisent à un débit de ventilation de 15 à 18 m³/h dans les chambres et de 30 à 35 m³/h dans le séjour, on constate que les risques de condensations en partie courante des façades existent (...). Ainsi, on pourra être amené à recommander des débits de ventilation supérieurs à ceux indiqués dans l'arrêté du 24 mars 1982 si :

- Cas 1 : les parois extérieures sont peu ou mal isolées ;
- Cas 2 : la température intérieure est faible (forte intermittence du chauffage par exemple) ;
- Cas 3 : la production d'humidité est importante (mode de vie, sur-occupation,...) ;
- Cas 4 : les occupants utilisent des appareils de chauffage d'appoint non raccordés : les produits de combustion contiennent une forte proportion de vapeur d'eau, mais aussi des polluants qui sont toxiques même en faibles concentrations (monoxyde de carbone, oxydes d'azote,...)".

Ces débits majorés correspondent sensiblement aux exigences de la réglementation de 1969.

Note : la réglementation de 1969 préconisait un débit d'environ 1 vol/h des pièces principales ; ces débits sont supérieurs d'environ 30 à 50% à ceux exigés par la réglementation actuelle pour les bâtiments neufs. Cette diminution des débits de ventilation pour les bâtiments neufs est liée à la mise en place d'une isolation thermique qui a supprimé les risques de condensations. Ces débits pour les bâtiments à construire sont insuffisants pour les bâtiments existants non isolés thermiquement.

Il est à noter par ailleurs que certains appareils, dont les appareils ménagers de cuisson et ceux de faible puissance calorifique et munis de dispositifs de sécurité, sont dispensés de raccordement à un conduit de fumée (voir arrêté

du 2 août 1977, article 17). Leurs débits d'air de combustion sont assurés par les débits de renouvellement d'air hygiéniques de base, indiqués dans l'arrêté de 1982 :

- article 8 : "En cas d'installation d'appareils à combustion dans un logement, le système d'aération doit pouvoir assurer les débits nécessaires à leur bon fonctionnement" ;
- article 12 : "Lorsque l'évacuation de l'air de la cuisine est faite par un dispositif mécanique collectif, il convient qu'en cas de panne de celui-ci, les produits de combustion d'appareils à gaz ou hydrocarbures liquéfiés non raccordés qui pénètrent dans le circuit d'extraction, puissent cheminer vers l'extérieur par tirage naturel. S'il n'en est pas ainsi, notamment lorsque le circuit d'évacuation est descendant, il doit exister un système d'alarme fonctionnant automatiquement en cas de panne".

Pour déterminer les objectifs de débit ou de renouvellement d'air, on distinguera deux cas importants : les logements comportant des appareils à combustion et ceux n'en comportant pas.

Les logements ne comportant pas d'appareils à combustion :

Dimensionnement des entrées d'air acoustiques ou non :

Les entrées d'air sont caractérisées par leur module, c'est à dire leur débit en m³/h sous une différence de pression de 20 pascals et par leur isolement acoustique.

Les entrées d'air devront être certifiées "NF entrée d'air autoréglable" ; cette certification permet de garantir à la fois leurs performances aérauliques et leurs performances acoustiques.

Les modules requis et possibles sont indiqués ci-dessous :

- en ventilation naturelle ou stato-mécanique, et en ventilation mécanique basse pression :

Pièces	
Séjour	Chambre
2 modules de 45, ou 3 modules de 30, ou 4 modules de 22	1 module de 45 ou 2 modules de 22

- en ventilation mécanique :

En V.M.C., le dimensionnement des entrées d'air est conditionné par la valeur QM du débit total extrait du logement lorsque toutes les bouches d'extraction sont en position d'ouverture maximale.

Se reporter au D.T.U. 68.1 pour satisfaire aux différents cas.

Dimensionnement des passages de transit :

- en ventilation naturelle ou stato-mécanique, et en ventilation mécanique basse pression :

Passage de transit	Portes desservant une cuisine	Autres portes intérieures
Passage d'air en partie inférieure d'une porte	$e \geq 3\text{cm}$	$e \geq 1,5\text{ cm}$
Grille de transfert	Section $\geq 250\text{ cm}^2$	Section $\geq 120\text{ cm}^2$

Débits majorés : dans les conditions indiquées ci-avant, les sections seront majorées de 50 %.

- en ventilation mécanique :

Passage de transit	Portes desservant une cuisine	Autres portes intérieures
Passage d'air en partie inférieure d'une porte	2 portes: $e \geq 1\text{ cm}$ 1 porte: $e \geq 2\text{ cm}$	$e \geq 1\text{ cm}$, quel que soit le nombre de portes
Grille de transfert	Module 200	Non employée

Débits majorés : dans les conditions indiquées ci-avant, les sections seront majorées de 50 %.

Dimensionnement des sorties d'air, des conduits d'extraction et des extracteurs :

- en ventilation naturelle ou stato-mécanique, et en ventilation mécanique basse pression :

Bouches d'extraction :

	Cuisine	Autres pièces humides
Débits ordinaires	bouches fixes : 100 cm ² , bouches autoréglables : Section $\geq 75\text{ cm}^2$	bouches fixes : 75 à 100 cm ² , bouches autoréglables , Section $\geq 50\text{ cm}^2$
Débits majorés	Ø	bouches fixes : 100 à 150 cm ² , bouches autoréglables , 30 à 50 m ³ /h

Conduits d'extraction et extracteurs :

Les sections des conduits verticaux sont à calculer en fonction du nombre d'étages et des pièces principales desservies, suivant les prescriptions du cahier n°3248 du C.S.T.B.. On fera de même pour les extracteurs statiques ou stato-mécaniques ainsi que pour les extracteurs mécaniques basse pression.

- En ventilation mécanique :

On adoptera soit les débits prévus par l'arrêté du 24 mars 1982 pour les bâtiment isolés thermiquement, soit des débits proches de ceux préconisés par l'arrêté du 22 octobre 1969 pour les bâtiments non isolés thermiquement. On dimensionnera les bouches, les conduits et le ventilateur d'extraction conformément au D.T.U. 68.1 ou norme XP P 50-410 de juillet 1995.

Les logements comportant des appareils à combustion :

Ces appareils situés dans le logement peuvent être des chaudières à gaz, à fuel ou bois, des chauffe-bains à gaz, des poêles à gaz, charbon, fuel ou bois, des cheminées à feu ouvert ou insert, raccordés à un conduit de ventilation ou des appareils mobiles de chauffage (alimentés en pétrole par exemple) **non raccordés**. Sont concernés également les appareils à gaz servant à la cuisson des aliments (cuisinières et plaques chauffantes).

L'amélioration de l'étanchéité à l'air du logement accroît considérablement les risques d'une mauvaise évacuation des fumées avec production de monoxyde de carbone qui risque alors de rester dans le logement.

La pose d'entrées d'air et le raccordement des appareils de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire à un conduit vertical de fumée du logement sont indispensables, mais ne permettent pas d'assurer avec certitude la sécurité des personnes.

Il y aura lieu de se conformer à l'arrêté du 2 août 1977 et en particulier, au titre IV : "Prescriptions concernant l'aménagement des locaux où fonctionnent les appareils à gaz". Il s'agira de respecter la surface minimale des parties ouvrantes du local où est installé l'appareil (article 15, II.A.3) et les recommandations ATG B.84 pour les systèmes en ventilation naturelle ou stato-mécanique.

Dimensionnement des entrées d'air acoustiques ou non :

- en ventilation naturelle ou stato-mécanique, et en ventilation mécanique basse pression :

En plus des valeurs des modules indiqués précédemment pour les pièces principales, la somme des modules d'entrée d'air du logement (ΣM) doit vérifier :

$$\Sigma M \geq 6.2 \times P_u \quad \text{et} \quad \Sigma M \geq 90$$

Pour tous les appareils raccordés, P_u est la somme des puissances utiles maximales en kW de ces appareils. Pour les appareils non

alimentés au gaz et dont on ne connaît pas la puissance, on retiendra $P_u = 14$ kW. (Voir D.T.U. 61.1., additif-modificatif n°4 de novembre 1997)

- en ventilation mécanique :

Une installation de ventilation mécanique contrôlée peut être conçue pour l'extraction simultanée de l'air vicié et des produits de combustion d'un ou plusieurs **appareils à gaz raccordés**, de puissance utile unitaire au plus égale à 70 kW; elle est dite alors installation de "V.M.C.-gaz". Elle doit alors satisfaire à l'article 8 de l'arrêté du 24 mars 1982 précité.

Elle doit être conçue et dimensionnée selon les préconisations du DTU 68.1, et être réalisée selon les préconisations du DTU 68.2

Une extraction naturelle d'autres appareils à combustion dans le même logement est à proscrire.

Dimensionnement des passages de transit :

Mêmes dispositions que pour les logements ne comportant pas d'appareils à combustion.

Dimensionnement des sorties d'air, des conduits d'extraction et des extracteurs :

- en ventilation naturelle ou stato-mécanique, et en ventilation mécanique basse pression :

Pour les sorties d'air, et en présence d'appareils de cuisson au gaz, la sortie d'air vicié devra avoir une **section minimale de 100 cm²**.

Cette sortie d'air en cuisine peut être également le coupe-tirage d'un appareil à gaz raccordé, pour autant que la partie inférieure de ce coupe-tirage soit à plus de 1,8 m du sol.

En ce qui concerne les conduits et les extracteurs, on se référera au cahier du C.S.T.B. n° 3248.



Photo 10. Coupe-tirage

- en ventilation mécanique :

Selon que le bâtiment est isolé thermiquement ou non, on adoptera les débits prévus par l'arrêté du 24 mars 1982 (bâtiments isolés) ou par celui du 22 octobre 1969 (bâtiments non isolés). Dans les deux cas on dimensionnera le système de ventilation (de l'entrée d'air au ventilateur d'extraction) conformément au D.T.U.68.1 (norme XP P 50-410 de juillet 1995).

Note : les éléments indiqués dans ce paragraphe 6.1.1.5 ne sont pas exhaustifs des dispositions à mettre en œuvre, un diagnostic détaillé de l'état existant des installations de ventilation est à réaliser avant d'établir une étude spécifique de préconisations.

6.1.1.6. Ventilation et isolation acoustique des façades pour les bâtiments existants - Recommandations générales

Importance du diagnostic préalable

Afin d'adapter ou de transformer le système de ventilation existant dans un immeuble de logements, compte tenu des conditions nouvelles créées par l'isolation acoustique d'une ou plusieurs façades, il y aura lieu d'établir un état des lieux très précis du système de ventilation existant et de ses conditions de fonctionnement.

Le but est de réaliser une installation efficace dans les meilleures conditions de sécurité.

Le diagnostic portera sur le relevé de la nature et des composants du système de ventilation existant tels que :

- le principe,
- le tirage naturel ou mécanique,
- le type de ventilation (V.M.C.,...),
- les orifices d'entrée d'air (ventilation basse) en façade ou sur des conduits (surface libre),
- les gaines d'amenée d'air neuf (type de conduit, nombre, sections, état),
- les orifices de transfert d'air entre pièces (nombre, sections, état),
- les orifices d'évacuation d'air vicié et de fumées et la présence de hottes de cuisine (état, nombre, sections),
- les conduits d'évacuation (types, état, dimensions, dates des visites d'entretien),
- les souches en toiture munies ou non d'aspirateurs statiques efficaces, les tourelles mécaniques ou les caissons de ventilation mécaniques (état, position par rapport au faîtage, types, dimensions et débits),
- les appareils à combustion utilisés (position, nombre, combustible, puissance, raccordement ou non à un conduit de fumée, position du coupe-tirage, organes de sécurité et conformité des installations),
- les dysfonctionnements ou les dégradations signalés par les occupants, leurs pratiques ainsi que leurs besoins,
- l'état du bâtiment du point de vue étanchéité à l'air et à l'eau, l'isolation thermique (fenêtres, murs, liaisons entre murs et planchers) et la pollution de l'air intérieur due à certains matériaux,
- l'environnement du bâtiment : façades exposées au bruit, sources de pollution extérieure.

Pour plus de détails, se référer au cahier du C.S.T.B. n°3248, annexe 4 : "Exemples de fiches de diagnostic".

Attention : Lors du diagnostic, tout constat d'anomalies du point de vue sécurité est à signaler dans les plus brefs délais au maître d'ouvrage du bâtiment. Ceci implique de réaliser des relevés détaillés des installations existantes de ventilation, de chauffage, et de production d'eau chaude dans chaque logement.

Options générales

Pour respecter le principe d'une ventilation générale et permanente dans un logement, le balayage de l'air doit être homogène dans toutes les pièces.

Le cahier du C.S.T.B. n°3248 signale dans le chapitre "Conception et dimensionnement" à l'article 6.1. :

"Quand un bâtiment est réhabilité pour des raisons acoustiques, il n'est parfois procédé qu'à la réhabilitation d'une seule façade (celle donnant sur le site bruyant); la façade réhabilitée voit sa perméabilité à l'air fortement diminuée et si l'on met en oeuvre une ventilation par extraction seule (en respectant le principe du balayage ou celui par pièces séparées...), l'air entrera préférentiellement par les défauts d'étanchéité de la façade non réhabilitée.

Deux solutions permettent de résoudre ces problèmes :

- rendre la façade du côté non bruyant aussi étanche que celle située en zone de bruit : cela suppose a minima la pose de fenêtres étanches (ou de rendre étanche les fenêtres existantes). Cette solution permet de mettre en oeuvre (ou de conserver) une ventilation par extraction dans les pièces de service. Il est bien entendu que toutes les pièces principales devront être équipées d'entrée d'air ;
- mettre en place un système d'insufflation d'air dans chacune des pièces du logement (système d'insufflation par pièces ou système double flux). Ce système présente l'avantage de s'affranchir de la présence d'entrées d'air en traversée de façade, ce qui facilite l'obtention d'un bon isolement vis-à-vis des bruits extérieurs"

Par ailleurs, une autre question se pose : lorsque seule une partie d'un bâtiment est à isoler acoustiquement, par exemple, les deux tiers supérieurs des niveaux du bâtiment, peut-on ne réadapter que la ventilation des logements des niveaux supérieurs?

Si les conduits verticaux montants existent et débouchent en toiture, ils desservent tous les niveaux et on ne peut que conserver ce principe, la rénovation de la ventilation sera à faire globalement pour tous les logements.

Si les conduits sont à créer, il paraît inapplicable de faire cohabiter deux systèmes de ventilation différents dans le même bâtiment (par exemple l'un mécanique pour les niveaux supérieurs, l'autre naturel nécessitant aussi des conduits verticaux débouchant en toiture pour les niveaux inférieurs).

La réponse générale est qu'il est nécessaire de réadapter le système de ventilation de manière globale dans le bâtiment.

Choix d'un système de ventilation en fonction du degré d'isolation de façade requis

Il paraît logique de choisir le système de ventilation à mettre en place en fonction du degré d'isolement acoustique de façade requis, et ce pour les raisons suivantes :

- plus le niveau en façade est élevé, moins l'occupant aura tendance à ouvrir ou à entrouvrir les fenêtres pour renouveler l'air de son logement ;
- pour pallier ce manque de renouvellement d'air, le système de ventilation devra être à même de prendre le relais, fenêtres fermées, quelle que soit la saison, notamment en zone climatique "chaude". Il devra aussi pouvoir contribuer au confort thermique en saison chaude.

L'ouverture des fenêtres n'est pas envisageable dès que les niveaux sonores en façades sont trop élevés quelle que soit la pièce concernée, ni la nuit dans les pièces de repos (chambres).

Si le niveau sonore en façade est important la nuit ou si le niveau équivalent de jour (LAeq 6-22h) dépasse 65 dB(A), il conviendra de s'orienter au minimum vers un système de ventilation stato-mécanique ou de VMC à simple flux.

Les systèmes les mieux adaptés sont la VMC double flux et les systèmes d'insufflation d'air - même avec une extraction naturelle de l'air vicié, ces derniers présentent les mêmes avantages - avec, en zone climatique Ed, au moins un sur-débit nocturne ou un rafraîchissement de l'air neuf introduit par humidification de l'air extrait ou son refroidissement par un groupe frigorifique au travers d'un échangeur air extrait - air neuf.

L'air neuf étant pris en toiture, ce système évite la pose de bouches d'entrée d'air en façade. Les forts isolements sont dans ce cas plus faciles à atteindre. L'échangeur précité peut, en hiver, servir de récupérateur de chaleur sur l'air extrait au profit de l'air neuf et engendrer des économies d'énergie.

Il faut cependant garder en mémoire que ces systèmes demandent une bonne expertise pour être conçus, dimensionnés et mis en œuvre. En particulier il convient de maintenir le réseau de soufflage en état de propreté et donc de veiller à l'accessibilité et à la nettoyabilité de ce réseau (la présence de filtres sur l'air neuf n'est pas suffisante pour assurer, sur la durée, la propreté de ce réseau).

Si l'ouverture des fenêtres est tolérable (niveau équivalent de jour inférieur à 65 dB(A) - ce qui n'est pas le cas des Points Noirs Bruit -), on pourra choisir de mettre en place un système de ventilation naturelle comprenant des bouches d'entrée d'air acoustiques ($D_{new} + C_{tr} \geq 34$ dB(A)) à faibles pertes de charges dans les chambres et séjour exposés au bruit, lorsque le logement est de type "traversant" (à deux façades opposées).

Si le logement n'est pas de type "traversant", il sera préférable de mettre en place une ventilation mécanique contrôlée à simple flux ou une ventilation stato-mécanique.

6.1.1.7. Nature des équipements nécessaires

D'une manière générale, les principaux équipements nécessaires à *une ventilation naturelle, stato-mécanique ou mécanique à simple flux* sont les suivants :

- des entrées d'air calibrées, placées en partie haute des châssis des fenêtres dans le séjour et les chambres de chaque façade du logement : ces entrées d'air seront certifiées "NF entrées d'air autoréglables". Si la ventilation existante est du type par "pièces séparées", il y aura lieu de reboucher les orifices de ventilation basse dans les pièces de service,
- des portes intérieures détalonnées ou des grilles de transfert pour permettre le transit de

l'air des pièces principales vers les pièces de service,

- des portes palières étanches avec joints pour éviter l'aspiration parasite de l'air dans les cages d'escaliers,
- des bouches d'extraction d'air autoréglables dans la cuisine, les salles de bains et WC. Il y aura lieu de vérifier si des appareils à combustion de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire existent en cuisine ou ailleurs, ce qui nécessitera des dispositions adaptées (dont bouches d'entrée d'air supplémentaires éventuelles, dispositifs de sécurité sur les appareils, etc...),
- des conduits existants verticaux, individuels ou collectifs (suivant les bâtiments), de ventilation haute, en cuisine et WC : ils devront être préalablement ramonés, puis révisés pour assurer un tirage suffisant (voir l'état des conduits, vérifier leur section, leur débouché, etc...),
- des conduits existants verticaux de fumée en cuisine, séjour et couloir à réviser pour assurer un tirage suffisant,
- des souches en toiture collectant les différents conduits, révisées et coiffées par des aspirateurs statiques efficaces (ou avec moteur) pour favoriser l'extraction de l'air vicié par dépression tout en évitant les refoulements dus au vent.

Attention : le débouché des conduits devra être à une hauteur réglementaire au-dessus du faîtage (40 cm à la date de publication de ce guide).

Autre solution : ces souches, une fois leurs aspirateurs statiques existants déposés, dans le cas d'un toiture-terrasse, pourront être collectées par un réseau horizontal de gaines métalliques à un ou plusieurs caissons de V.M.C. posés sur des plots anti-vibratiles sous réserve que l'on ait préalablement vérifié, par mise en dépression, que le degré d'étanchéité des conduits existants est compatible avec les niveaux de pression rencontrés en VMC.

Les moteurs doivent être raccordés à une armoire électrique de commande comportant un arrêt automatique de tous les ventilateurs en cas de panne de l'un d'eux.

Dans le cas d'une *V.M.C. à double flux*, les principaux équipements nécessaires sont les suivants :

- un caisson de soufflage d'air neuf en toiture,
- un réseau horizontal de gaines métalliques de soufflage aboutissant à des souches de conduits verticaux existants,
- ces conduits individuels ou collectifs de ventilation haute ou anciennement de fumées sont à réutiliser après révision, avec un flux inverse. La création de nouveaux conduits verticaux métalliques peut cependant s'avérer nécessaire,
- des antennes horizontales en plafond du logement permettant d'aboutir dans chaque pièce principale,
- des bouches de soufflage dans chaque pièce principale, avec organes de réglage et d'équilibrage,
- des portes intérieures détalonnées ou des grilles de transfert pour permettre le transit de l'air des pièces principales vers les pièces de service,
- des bouches et des gaines verticales d'extraction d'air identiques à celles de la V.M.C. à simple flux,
- un réseau horizontal de gaines métalliques en toiture aboutissant à un caisson d'extraction ; ce caisson pourra être réuni en un seul caisson englobant celui de soufflage (voir figure ci-dessous),
- ce caisson unique comportera de plus, pour le confort d'été, un échangeur et un système de production de froid permettant de refroidir l'air extrait au profit de l'air neuf entrant.

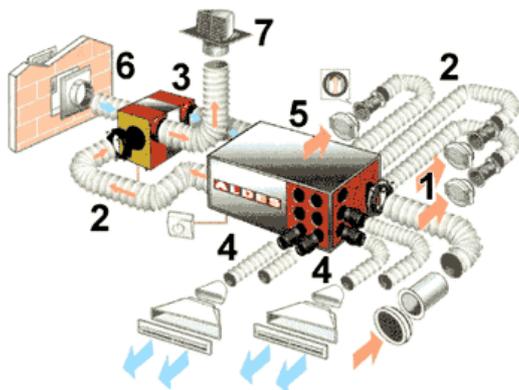


Figure 21. La ventilation double flux

Source : Aldès

En cas de mise en œuvre d'un système collectif d'insufflation mécanique (le réseau d'extraction existant étant maintenu) le réseau d'insufflation

sera réalisé dans les mêmes conditions que le réseau d'amenée d'air neuf d'un système double flux. Il convient de noter qu'il existe des systèmes individuels d'insufflation (chacun traitant un appartement), la prise d'air neuf s'effectuant en façade.

N.B. : Ces listes sont données à titre d'exemple, elles ne sont pas exhaustives et sont à adapter aux nombreux cas rencontrés dans l'habitat existant.

6.1.2. La ventilation des bâtiments autres que d'habitation

De même que pour les bâtiments d'habitation, l'adaptation ou la mise en place de la ventilation dans les bâtiments tertiaires occupés, doit être entreprise lorsqu'une isolation acoustique de façade est prévue.

6.1.2.1. Objectifs

Les bâtiments concernés sont ceux mentionnés dans l'arrêté du 5 mai 1995 : établissements de santé, de soins, d'action sociale, d'enseignement et locaux à usage de bureaux.

Ces bâtiments sont assujettis à l'arrêté du 13 avril 1988, relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments autres que les bâtiments d'habitation.

Cet arrêté essentiellement prévu pour limiter les déperditions des locaux, ne prescrit pas de système de ventilation particulier.

Le Règlement Sanitaire Départemental Type prévoit pour les locaux d'enseignement, d'hébergement et les bureaux d'activité non salariée, des débits minimaux d'air neuf, c'est à dire "de l'air pris à l'extérieur hors des sources de pollution". Pour les bureaux relevant d'une activité salariée, il faut se reporter au Code du Travail (Hygiène des locaux affectés au travail).

L'article 64 du R.S.D.T. prescrit des débits d'air neuf pour les "locaux à pollution non spécifique" et des valeurs de débit extrait pour ceux "à pollution spécifique" (locaux sanitaires, cuisines, par exemple).

L'arrêté du 12 mars 1976, complété par la circulaire du 20 janvier 1983, est relatif aux dispositifs de renouvellement d'air dans les bâtiments autres que d'habitation. Il prescrit des débits minimaux d'air neuf.

Il est également nécessaire de tenir compte du décret n° 92-478 du 29 mai 1992, relatif à l'interdiction de fumer dans les lieux à usage collectif, qui impose un débit minimal d'air neuf par occupant fumeur de 25 m³/h.

Note : "Les exemples de solution ventilation" (cahier du CSTB 2286, livraison 293 d'octobre 1988) rassemblent les exigences des différents règlements d'hygiène et donnent pour de nombreux types de locaux les débits de ventilation qu'il convient de mettre en œuvre.

6.1.2.2. La sécurité des occupants

Il y aura lieu d'examiner toutes les incidences possibles des travaux sur la sécurité de manière à demeurer en conformité avec les règles de sécurité en vigueur :

- le code du travail (articles R235.4.8 et R235.4.15) et l'arrêté du 5 août 1992 modifié, relatif à la prévention des incendies et du désenfumage de certains lieux de travail ;
- l'arrêté du 25 juin 1980 modifié, dit Règlement de sécurité incendie, dans les parties des bâtiments correspondant à des Établissements Recevant du Public.

6.1.2.3. Exemple d'un bâtiment de bureaux

Locaux à usage de bureaux

L'article 64.1. du R.S.D.T. prévoit pour les locaux à pollution non spécifique une ventilation mécanique ou naturelle par conduits avec les débits d'air neuf minimaux suivants :

Débits en m ³ /h	Avec interdiction de fumer	Sans interdiction de fumer
Par occupant	18	25

Le décret n° 92-478 du 29 mai 1992 relatif à l'interdiction de fumer dans les lieux à usage

collectif impose un débit minimum d'air neuf par occupant fumeur de 25 m³/h.

Sanitaires contigus à l'espace des bureaux

L'article 64.2 du R.S.D.T. prévoit les débits minimaux d'air neuf en m³/h à respecter :

Pièces à usage collectif	Débits en m ³ /h
Cabinet d'aisance isolé	30
Salle de bains ou de douches isolée	45
Salle de bains ou de douches commune avec cabinet d'aisance	60
Bains, douches et cabinets d'aisance groupés	30 + 15N ⁽⁹⁾
Lavabos groupés	10 + 5N ⁽⁹⁾
Salle de lavage, séchage et repassage du linge	5 par m ² de surface de local ⁽¹⁰⁾

Note : les bureaux peuvent servir de locaux d'entrée d'air et les sanitaires (à pollution spécifique) de locaux de sortie d'air. Mais dans ce cas-là, le débit global à prendre en compte est le débit le plus important résultant des "valeurs bureaux" et des "valeurs sanitaires à usage collectif".

6.2. Le maintien du confort thermique en saison chaude

6.2.1. Objectifs

Comme cela a été indiqué pour la ventilation au paragraphe 6.1, l'isolation acoustique des façades se traduit par une augmentation de l'étanchéité à l'air des bâtiments. Il y a lieu de reconsidérer entièrement le système de ventilation existant de manière à pouvoir maintenir les fenêtres fermées tout en assurant

⁹ Nombre d'équipements dans le local

¹⁰ Compte tenu des contraintes techniques, les débits retenus seront de préférence arrondis au multiple supérieur de 15

un renouvellement d'air hygiénique et une température supportable en saison chaude

L'article 1 de l'arrêté du 3 mai 2002 rappelle que "les travaux d'isolation acoustique doivent prendre en compte les exigences de pureté de l'air **et de confort thermique en saison chaude à l'intérieur des bâtiments**"

Les textes applicables pour la ventilation ont été énoncés au paragraphe 6.1.

En ce qui concerne le confort thermique en saison chaude, il est conseillé de s'inspirer de l'arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments, qui s'applique aux bâtiments d'habitation et aux autres (R.T. 2000).

Il a pour but essentiel de limiter les consommations de chauffage et de climatisation. Il définit des objectifs de moyens.

Les facteurs qui influent le confort thermique en saison chaude à l'intérieur d'un bâtiment sont :

- son inertie thermique quotidienne,
- l'efficacité de ses protections solaires,
- son taux de renouvellement d'air, en particulier la nuit.

6.2.2. Moyens

On ne peut en général que très peu accroître l'inertie d'un bâtiment existant. On sera par contre attentif à ne pas la diminuer, par exemple en isolant acoustiquement les planchers.

Nous pouvons donner quelques règles simples pour améliorer le confort thermique en saison chaude des occupants d'un bâtiment :

- Renforcer ou installer des protections solaires, en particulier devant les vitrages, tels des volets, persiennes de couleur claire, vitrages réfléchissants. L'arrêté du 29 novembre 2000 dans ses articles 12, 13, 14 et 38 (bâtiments d'habitation climatisés), indique les facteurs solaires à respecter compte tenu de l'inertie quotidienne, de la zone climatique, de la classe d'exposition au bruit d'une baie, de l'orientation et de l'inclinaison de cette baie.

Pour mémoire, le facteur solaire d'une baie est le rapport entre le flux d'énergie pénétrant dans le bâtiment et l'énergie incidente.

- Assurer un renouvellement d'air permanent ou variable suivant les besoins, alors que l'existant est souvent aléatoire (ouverture des fenêtres) ou faible. Il peut être accru en période nocturne afin d'introduire de l'air plus frais que dans la journée et rafraîchir ainsi les locaux (free-cooling),.
- Le rafraîchissement (écart de température en saison chaude de 3°C environ entre l'extérieur et l'intérieur) ou la climatisation (écart de température en saison chaude de 5 à 7°C environ entre l'extérieur et l'intérieur), permet bien sûr d'améliorer le confort thermique des occupants tout en maintenant les fenêtres fermées, mais il s'accompagne de dépenses d'énergie supplémentaires.

Note : le rafraîchissement ou la climatisation ne peut être obtenu en le combinant avec la ventilation, que par un système à double flux.

6.3. Le maintien du confort thermique en saison froide

6.3.1. Objectifs

L'isolation acoustique des façades s'accompagne d'une isolation thermique qui est fonction du type de traitement mis en oeuvre (joints, double-vitrage, double fenêtre).

Les installations existantes de chauffage au moyen de corps de chauffe à eau chaude (tels que radiateurs, convecteurs, batteries etc..), sont à rééquilibrer hydrauliquement pour tenir compte des nouvelles déperditions calorifiques inférieures à celles initiales. Cela permet ainsi d'éviter les surchauffes dans les pièces dont la ou les façades ont été isolées et de réaliser de surcroît des économies d'énergie.

6.3.2. Moyens

Un réseau de chauffage à eau chaude normalement constitué est composé :

- d'un réseau horizontal d'alimentation de plusieurs bâtiments comportant une vanne d'équilibrage par bâtiment,
- d'un réseau horizontal de distribution dans chaque bâtiment (au sous-sol par exemple) dont chaque pied de colonne montante est équipé d'une vanne de réglage sur le circuit aller ou retour,
- de corps de chauffe pourvus chacun d'un Té de réglage sur le retour ou d'un robinet d'arrêt avec réglage incorporé sur l'aller.

On peut rencontrer des installations qui ne comportent aucun organe de réglage hydraulique, ou par exemple seuls les radiateurs en sont équipés.

Dans l'un ou l'autre cas, les travaux nécessaires de mise en place de ces organes seront à notre avis, à prendre en charge par le maître d'ouvrage de l'immeuble concerné, d'autant plus que l'isolation acoustique des façades, s'accompagnant de l'amélioration de l'isolation thermique, engendrera des économies d'énergie pour le propriétaire ou le locataire.

6.4. Les aspects liés à la sécurité

Principe général : toute intervention sur une partie d'un bâtiment soumise à une règle de sécurité entraîne l'obligation de mettre cette partie de bâtiment en conformité avec les règles de sécurité en vigueur à la date des travaux.

Pour des raisons d'imputation de responsabilité et de prise en charge financière, il est impératif, avant tous travaux financés par l'État, de faire réaliser un diagnostic détaillé de l'état existant permettant de signaler au maître d'ouvrage du bâtiment les non conformités éventuelles à la réglementation du point de vue sécurité.

Ce diagnostic est à réaliser par le maître d'œuvre.

Les paragraphes suivants listent les principaux points auxquels il faudra être attentif.

6.4.1. Sécurité des personnes

Surcharges significatives apportées aux structures (fermetures de balcons, remplacement de parois légères, isolement acoustique de toitures ou toitures terrasses) : s'assurer que la conception du bâtiment permet de supporter ces surcharges.

Travaux affectant la partie basse des fenêtres tels que changement de fenêtres avec allèges ou de portes-fenêtres donnant sur un balcon avec garde-corps : vérifier la conformité de la hauteur d'allège finale avec la norme NF P 01-012 et avec l'article R 111-15 du CCH¹¹. Si la hauteur d'allège par rapport au plancher (sauf pour les rez-de-chaussée) est inférieure à 0,90 m, il doit être mis en place un système d'appui situé à 1m maximum du plancher.

Travaux sur portes automatiques de garage : dans le cas d'un remplacement d'une porte de garage à ouverture manuelle (ou d'une porte automatique) par une nouvelle porte automatique offrant un meilleur isolement acoustique, il faudra vérifier la conformité de cette nouvelle porte avec la norme NF P 25-362.

6.4.2. Sécurité incendie

Dans le cas de fermetures de loggias, si celles-ci sont susceptibles de contenir des produits inflammables, la propagation verticale du feu peut être favorisée. Il est donc nécessaire de vérifier, en cas de fermeture des balcons, le respect de la règle du "C+D" énoncée dans l'arrêté du 31 janvier 1986 (hauteur entre deux baies ou orifices de la façade + distance entre le vitrage général de la façade et un ouvrage en saillie par rapport à cette façade) :

- seuls les immeubles collectifs sont concernés,
- les orifices de ventilation inférieurs à 200 cm² ne sont pas pris en compte,
- soit "C" la hauteur entre le haut de l'ouverture de l'étage n et le bas de l'ouverture de l'étage n+1 et "D" la longueur du débordement, par rapport à la façade, du plancher séparant l'étage n de l'étage n+1 (voir Figure 22).

¹¹ Code de la Construction et de l'Habitat

La somme des distances C+D doit être supérieure à une valeur comprise entre 0,6 et 1,30 m selon le type d'habitation et la "masse combustible mobilisable de la façade".

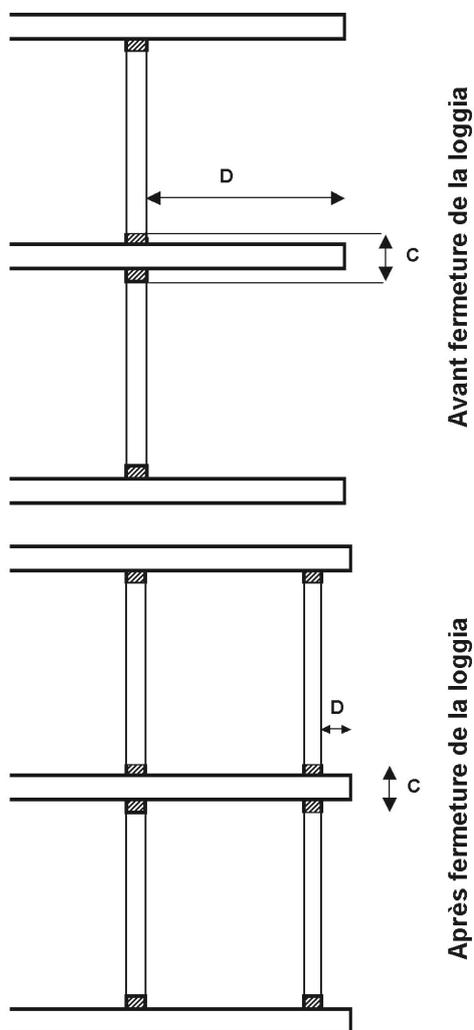


Figure 22. Illustration de la règle du "C+D"

(Source : LRPC Clermont-Ferrand)

6.4.3. Sécurité gaz

Les principes de sécurité concernant la ventilation des locaux en présence d'appareils à gaz sont traités au paragraphe 6.1.

6.4.4. Sécurité électrique

En ce qui concerne les travaux affectant les branchements électriques (installation d'une VMC par exemple), l'installateur sera tenu de réaliser le branchement conformément aux normes NFC 14-100 et NFC 15-100 (mise à la terre, protection par disjoncteur différentiel de 30 mA,...), soit par raccordement à une installation conforme, soit en réalisant un branchement indépendant conforme.

Conclusion

L'amélioration de l'isolation acoustique des façades est souvent une solution très intéressante pour insonoriser les logements ou locaux recensés comme étant des Points Noirs Bruit. Dans le cadre de la politique de résorption de ces Points Noirs sur les réseaux routier et ferroviaire nationaux, les propriétaires peuvent profiter d'une subvention de l'État, financée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, pour faire réaliser ces travaux. Les conditions d'attribution de cette subvention sont précisées dans les décret et arrêté du 3 mai 2002.

Il est important que les travaux d'isolation soient réalisés dans les règles de l'art tout d'abord pour obtenir les isolements requis mais aussi pour éviter la mise en danger des occupants des locaux protégés. En effet, le maintien d'une bonne aération des logements isolés est primordial, notamment lorsque les locaux comprennent des appareils à combustion.

Après une présentation générale de la politique de résorption des Points Noirs Bruit, ce guide permet aux différents intervenants - DDE chargées d'attribuer les subventions, maîtres d'œuvres, entreprises de pose, bureaux de contrôles et bien sûr bénéficiaires des subventions - de cerner les aspects directs et indirects, administratifs et techniques à prendre en compte pour mener à bien une opération d'isolation acoustique de façade.

Il nous paraît important d'insister sur une mise en œuvre soignée des travaux dont dépendra l'efficacité des protections. Chaque bâtiment étant spécifique, le maître d'œuvre veillera à réaliser un diagnostic détaillé, qui sera utile au dimensionnement des travaux. Enfin, le montant des subventions accordées étant plafonné, une maîtrise des coûts est indispensable. Une économie d'échelle peut notamment être réalisée par le regroupement des opérations au sein d'une même zone exposée.

Afin de pouvoir être utilisé pour les opérations lancées dès 2003, ce guide n'est disponible dans un premier temps qu'en version fichier informatique PDF. Le CERTU prévoit de publier un ouvrage fin 2003 plus complet dont le champ d'application sera élargi aux opérations d'isolation acoustique des façades nécessitées lors de la construction de routes nouvelles ou de la modification significative de routes existantes. La circulaire de la Direction des Routes du 25 juin 1982 relative à ces opérations est par ailleurs en cours de révision.

Bibliographie

Normes :

- NF S 31 110 "Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation" AFNOR,
- XPS 31 133 : Acoustique - Bruit des infrastructures de transports terrestres – Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques. AFNOR, Avril 2001.
- NF S 31 088 : Mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation. AFNOR, Octobre 1996.
- NF S 31 085 : Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier – Spécifications générales de mesurage. AFNOR, Novembre 2002.
- NFS 31 057 : Vérification de la qualité acoustique des bâtiments. AFNOR, Octobre 1982.
- NF EN 20354 : Acoustique – Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante. AFNOR, Septembre 1993.
- NF EN ISO 140-3 : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'affaiblissement des bruits aériens par les éléments de construction. AFNOR, Août 1995.
- NF EN ISO 140-5, Acoustique – Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 5 : mesurage in situ de la transmission des bruits aériens par les éléments de façades. AFNOR, décembre 1998.
- NF EN ISO 12354-1, Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments : Partie 1 : Isolement au bruit aérien entre des locaux. AFNOR, Avril 2000.
- NF EN 12354-3, Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments - Isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur. AFNOR,
- Pr EN 12354-6, Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 6 : Absorption acoustique des pièces et espaces fermés. CEN, février 2002
- NF EN 20140-10 : Acoustique – Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. Partie 10 : mesurage en laboratoire de l'isolement au bruit aérien des petits éléments de construction. AFNOR, Avril 1993.
- NF EN ISO 717-1 : Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction ; Partie 1: isolement aux bruits aériens. AFNOR, Août 1997.
- NF EN 61260, Electroacoustique – Filtres de bandes d'octave et de bandes d'une fraction d'octave. AFNOR, janvier 1996.
- NF EN 60651, *Sonomètres*. AFNOR, juillet 1994.
- NF EN 60942, Electroacoustique - Calibreurs acoustiques. AFNOR, avril 2001, 13 pages.
- NF EN ISO 11654, Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments, évaluation de l'absorption acoustique. AFNOR, juillet 1997, 13 pages.
- NF P 01-012, juillet 1988, dimensions des garde-corps, règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier
- NF P 25-362, octobre 1992, fermetures pour baies libres et portails, spécifications techniques - règles de sécurité.
- NF C 14-100, septembre 1996, installations de branchement à basse tension.
- NF C 15-100 septembre 1996, installations électriques à basse tension, règles
- DTU 61.1, NF P 45-204, Installations de gaz
- DTU 68.1, XP P 50-410, juillet 1995, Installations de ventilation mécanique contrôlée – Règles de conception et de dimensionnement.
- DTU 68.2, XP P 50-411, Exécution des installations de ventilation mécanique.

Principaux textes réglementaires :

- Circulaire DPPR, DR, DTT du 12 juin 2001 relative aux observatoires du bruit des transports terrestres et à la résorption des points noirs du bruit des transports terrestres (BO du Ministère chargé de l'environnement N° 7 et 8 du 20 septembre 2001)
- Décret N° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'État concernant les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routiers et ferroviaires nationaux.
- Arrêté du 3 mai 2002 pris pour l'application du décret N°2002-867 du 3 mai 2002.
- Circulaire du 23 mai 2002...
- Décret 99-1060 du 16 décembre 1999 Relatif aux subventions de l'État pour des projets d'investissement.
- Arrêté du 30 mai 2000 Relatif aux pièces à produire à l'appui des demandes de subventions de l'État pour des projets d'investissement.
- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation
- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique
- Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures de transport ferroviaires
- Circulaire DR, DPPR du 12 décembre 1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national
- Arrêté du 18 novembre 1958 (abrogé par l'arrêté du 22 octobre 1969)
- Arrêté du 22 octobre 1969, Aération des logements
- Arrêté du 2 août 1977, relatif aux règles techniques et de sécurité applicables aux installations de gaz combustible et d'hydrocarbures liquéfiés situés à l'intérieur des bâtiments d'habitation ou de leurs dépendances
- Arrêté du 24 mars 1982, dispositions relatives à l'aération des logements
- Circulaire n° 82-52 du 7 juin 1982, relative à l'aération des logements
- Arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments
- Arrêté du 13 avril 1988, relatif aux équipements et aux caractéristiques thermiques dans les bâtiments autres que les bâtiments d'habitation.

Ouvrages et articles:

- Chagué Michel, *L'acoustique de l'habitat*. Paris, Le Moniteur, 2001, 242 pages.
- Fischetti Antonio, *Initiation à l'acoustique*. Belin, 2001, 287 pages.
- Val Marcel, *Aide mémoire d'acoustique appliquée*. Dunod, 2002, 350 pages.
- Acoustique – Réglementation – les nouveaux indices. Comité Français de l'Isolation.
- Saarinen A., Reduction of external noise by building facades : tolerance of standard EN 12354-3. *Applied Acoustics* 63(2002) 529-545. Mai 2002.
- Cahiers du CSTB n°1855, Comment concevoir une protection satisfaisante des bâtiments vis à vis des bruits extérieurs. CSTB, juin 1983.
- Cahiers du CSTB n° 3248, Ventilation dans les bâtiments collectifs d'habitation existants
- Exemples de solutions acoustiques – Réglementation acoustique 2000, Ministère de l'Équipement et du logement – Direction Générale de l'Urbanisme de l'Habitat et de la Construction, CSTB, mai 2002, 47 pages.
- Pinçon Ghislain, Amélioration acoustique des logements existants, CATED 1995, 308 pages.
- Cassegrain Martine, Bâtiments et infrastructures de transports — Étude prospective relative aux coffres de volet roulant, IMPEDANCE - Acoustique et vibrations, ADEME, mars 2001, 70 pages
- Observatoire du bruit des routes – Guide méthodologique pour la mise en place des observatoires dans les départements, CERTU, 2001.
- Amélioration de l'isolation acoustique des façades, CETUR, 1987
- L'acoustique de l'habitat - principes fondamentaux - application de la réglementation française et européenne, édition Le Moniteur, collection Guides Techniques, 2001
- Spécial Réhabilitation des logements anciens, édition CIDB, Revue écho bruit n° 95, mars 2001
- Acoustique et réhabilitation - améliorer le confort sonore dans l'habitat existant, édition Eyrolles, 2002
- Isolations thermique et acoustique en résidentiel, édition CFI, collection Les guides CFI, 1998

Annexes

ANNEXE 1.	Décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'Etat concernant les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux.....	2
ANNEXE 2.	Arrêté du 3 mai 2002 pris pour l'application du décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'Etat concernant les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux	4
ANNEXE 3.	Circulaire DPPR du 23 mai 2002.....	7
ANNEXE 4.	Décret no 99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'État pour des projets d'investissement	10
ANNEXE 5.	Arrêté du 30 mai 2000 relatif aux pièces à produire à l'appui des demandes de subventions de l'Etat pour des projets d'investissement	14
ANNEXE 6.	Glossaire des symboles utilisés	17
ANNEXE 7.	Rappels d'acoustique	18
ANNEXE 8.	Les différents types de fenêtres suivant leur mode d'ouverture ou de manœuvre .	21

ANNEXE 1. Décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'Etat concernant les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,

Vu le code de l'environnement ;

Vu le code de la construction et de l'habitation ;

Vu le code général des impôts ;

Vu le code de la sécurité sociale ;

Vu le code de la famille et de l'aide sociale ;

Vu la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 modifiée relative à la lutte contre le bruit ;

Vu le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres ;

Vu le décret n° 99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'Etat pour des projets d'investissement, et notamment son article 10,

Décète :

Article 1

Les propriétaires de locaux d'habitation du parc privé, ainsi que de locaux d'enseignement, de soins, de santé ou d'action sociale, recensés par le préfet comme points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux, peuvent bénéficier, en complément des aides publiques directes existantes, d'une subvention financée par le ministère chargé de l'environnement.

Article 2

Sont considérés comme points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux les bâtiments d'habitation et les établissements d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale répondant à des critères acoustiques et d'antériorité fixés par arrêté conjoint des ministres chargés du budget, des transports, du logement et de l'environnement.

Article 3

La subvention est accordée par le préfet pour les travaux nécessaires à l'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux.

Elle inclut les prestations de maîtrise d'oeuvre et de contrôle acoustique réalisé à l'issue des travaux.

Pour les locaux d'habitation du parc privé, cette subvention est accordée dans le cadre d'opérations programmées d'amélioration de l'habitat. Toutefois, pour l'année 2002, cette subvention peut être accordée en dehors de ce cadre, pour les locaux d'habitation situés dans les périmètres délimités par le préfet.

Article 4

Pour les opérations d'isolation acoustique des locaux d'habitation du parc privé, le montant maximum prévisionnel de la subvention est déterminé de manière à ce que le montant de l'ensemble des aides publiques directes porte le taux global d'aide à 80 % du montant prévisionnel de la dépense subventionnable, selon un plafond fixé par arrêté conjoint des ministres chargés du budget, des transports, du logement et de l'environnement.

Toutefois, ce taux global d'aide est porté à 90 % quand les bénéficiaires sont des personnes dont le revenu fiscal de référence de l'année précédant celle de la date de dépôt de leur demande, défini au IV de l'article 1417 du code général des impôts, n'excède pas les limites prévues au I dudit article.

Il est porté à 100 % pour les personnes bénéficiaires de l'allocation supplémentaire mentionnée à l'article L. 815-2 ou à l'article L. 815-3 du code de la sécurité sociale ou des formes d'aide sociale définies au titre III du code de la famille et de l'aide sociale.

Pour les opérations d'isolation acoustique des locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale, le montant maximum prévisionnel de la subvention est égal au montant prévisionnel de la dépense subventionnable.

Dans tous les cas, le montant de la subvention ne peut avoir pour effet de porter le montant total des aides publiques directes à plus de 100 % du montant prévisionnel de la dépense subventionnable.

Article 5

La décision d'attribuer la subvention doit mentionner, outre les indications exigées par l'article 9 du décret du 16 décembre 1999 susvisé, les exigences minimales à respecter en matière d'isolement acoustique après achèvement des travaux d'isolation ainsi que, lorsque le contrôle de l'isolation acoustique est possible, les documents justificatifs à produire par le bénéficiaire à l'appui de sa demande de subvention.

Les exigences d'isolement acoustique à respecter, les méthodes de contrôle à utiliser ainsi que les documents justificatifs visés à l'alinéa précédent sont fixés par arrêté conjoint des ministres chargés du budget, des transports, du logement et de l'environnement.

Article 6

Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, le ministre de l'équipement, des transports et du logement, le ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, la secrétaire d'Etat au logement et la secrétaire d'Etat au budget sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 3 mai 2002.

Lionel Jospin

Par le Premier ministre :

Le ministre de l'aménagement du territoire

et de l'environnement,

Yves Cochet

Le ministre de l'économie,

des finances et de l'industrie,

Laurent Fabius

Le ministre de l'équipement,

des transports et du logement,

Jean-Claude Gayssot

La secrétaire d'Etat au logement,

Marie-Noëlle Lienemann

La secrétaire d'Etat au budget,

Florence Parly

ANNEXE 2. Arrêté du 3 mai 2002 pris pour l'application du décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'Etat concernant les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux

Le ministre de l'équipement, des transports et du logement, le ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, la secrétaire d'Etat au logement et la secrétaire d'Etat au budget,
Vu le code de l'environnement ;
Vu le code de la construction et de l'habitation ;
Vu la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 modifiée relative à la lutte contre le bruit ;
Vu le décret n° 95-21 du 9 janvier 1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le code de l'urbanisme et le code de la construction et de l'habitation ;
Vu le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres ;
Vu le décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'Etat pour les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux ;
Vu l'arrêté du 6 octobre 1978 modifié relatif à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de l'espace extérieur ;
Vu l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières ;
Vu l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit ;
Vu l'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique ;
Vu l'arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires,

Arrêtent :

Article 1

Une subvention complémentaire aux aides publiques directes est accordée pour la réalisation de travaux d'isolation acoustique aux propriétaires de locaux d'habitation du parc privé ainsi qu'aux établissements d'enseignement, de soins et d'action sociale qui répondent à des critères acoustiques et d'antériorité définis au présent arrêté.

Les travaux d'isolation acoustique doivent prendre en compte les exigences de pureté de l'air et de confort thermique en saison chaude à l'intérieur des bâtiments.

Article 2

Sont considérés comme répondant aux critères acoustiques les bâtiments d'habitation et les établissements d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale pour lesquels les indicateurs de gêne due au bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux mentionnés à l'article 4 du décret du 9 janvier 1995 susvisé dépassent, ou risquent de dépasser à terme, la valeur limite pour la période diurne de 70 dB(A) ou la valeur limite pour la période nocturne de 65 dB(A).

Ces indicateurs peuvent être calculés selon des méthodes agréées par l'administration pour ce qui concerne l'évaluation des émissions sonores, complétées par la norme XP S 31-133 intitulée « Acoustique. - Bruit des infrastructures de transports terrestres. - Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur incluant les effets météorologiques », ou selon des méthodes équivalentes.

Ces indicateurs peuvent être mesurés selon la norme NF S 31-085 intitulée « Caractérisation et mesurage du bruit dû au trafic routier » pour ce qui concerne le bruit routier, et la norme NF S 31-088 intitulée « Mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation » pour ce qui concerne le bruit ferroviaire.

Article 3

Les locaux qui répondent aux critères d'antériorité sont les suivants :

1° Les locaux d'habitation dont la date d'autorisation de construire est antérieure au 6 octobre 1978 ;

2° Les locaux d'habitation dont la date d'autorisation de construire est postérieure au 6 octobre 1978 tout en étant antérieure à l'intervention de toutes les mesures visées à l'article 9 du décret du 9 janvier 1995 susvisé et concernant les infrastructures des réseaux routier et ferroviaire nationaux auxquelles ces locaux sont exposés ;

3° Les locaux des établissements d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale dont la date d'autorisation de construire est antérieure à la date d'entrée en vigueur de l'arrêté préfectoral les concernant pris en application de l'article L. 571-10 du code de l'environnement.

Lorsque les locaux d'habitation, d'enseignement, de soins, de santé ou d'action sociale ont été créés dans le cadre de travaux d'extension ou de changement d'affectation d'un bâtiment existant, l'antériorité doit être recherchée pour ces locaux en prenant comme référence leur date d'autorisation de construire et non celle du bâtiment d'origine.

Article 4

Les exigences acoustiques visées à l'article 5 du décret du 3 mai 2002 susvisé sont les suivantes :

- DnT.A.tr \geq L (6 h-22 h) - 40 dB (A)-I ;
- DnT.A.tr \geq L (22 h-6 h) - 35 dB (A)-I ;
- DnT.A.tr \geq 30 dB (A)-I,

où :

- DnT.A.tr est l'isolement acoustique standardisé pondéré défini selon la norme NF EN ISO 717-1 intitulée « Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction » (indice de classement français S 31-032-1) ; il peut être mesuré selon la norme NF S 31-057 « Vérification de la qualité acoustique des bâtiments » ;

- L est l'indicateur de gêne visé à l'article 2 ;

- I est la valeur de l'incertitude de mesure visée à l'article 7 de l'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique.

Article 5

Les plafonds applicables pour chaque opération d'isolation acoustique des locaux d'habitation du parc privé en vue de déterminer le montant de la dépense subventionnable sont les suivants :

1° Pour ce qui concerne les travaux visés à l'article 3 du décret du 3 mai 2002 susvisé, les plafonds forfaitaires à considérer pour chaque pièce principale, au sens de l'article R. 111-1 du code de la construction et de l'habitation, et pour chaque cuisine, dépendent du niveau sonore constaté en façade. Pour les pièces des points noirs du bruit exposées aux valeurs des indicateurs de gêne visés à l'article 4 du décret du 9 janvier 1995 susvisé strictement supérieures à 80 dB (A) en période diurne, ou strictement supérieures à 75 dB (A) en période nocturne, les plafonds applicables sont les suivants :

Plafond par pièce	Logement Collectif (€)	Logement Individuel (€)
pièce principale	1 982	3 506
cuisine	1 829	1 829

Pour les pièces des points noirs du bruit exposées aux valeurs des indicateurs de gêne visés à l'article 4 du décret du 9 janvier 1995 susvisé situées entre 70 et 80 dB (A) en période diurne, ou 65 et 75 dB (A) en période nocturne, les plafonds applicables sont les suivants :

Plafond par pièce	Logement Collectif (€)	Logement Individuel (€)
pièce principale	1 829	3 201
cuisine	1 372	1 372

2° Pour ce qui concerne les prestations de service visées à l'article 3 du décret du 3 mai 2002 susvisé, les plafonds forfaitaires pour chaque logement sont les suivants :

	Logement Collectif (€)	Logement Individuel (€)
Plafond par logement	610	1 677

Article 6

Les documents justificatifs visés à l'article 5 du décret du 3 mai 2002 susvisé sont les procès-verbaux d'essai, réalisés selon la norme NF S 31-057 « Vérification de la qualité acoustique des bâtiments », de tous les locaux faisant l'objet d'une demande de subvention après achèvement des travaux d'isolation. Lorsque pour des motifs techniques il ne peut être procédé à des contrôles acoustiques permettant de vérifier que les exigences visées à l'article 5 du décret précité sont remplies, le demandeur devra produire une attestation indiquant les raisons qui justifient l'impossibilité d'effectuer ces contrôles.

Article 7

Le directeur des routes, le directeur des transports terrestres, le directeur de la prévention des pollutions et des risques, le directeur général de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction et la directrice du budget sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 3 mai 2002.

Le ministre de l'aménagement du territoire

et de l'environnement,

Yves Cochet

Le ministre de l'équipement,

des transports et du logement,

Jean-Claude Gayssot

La secrétaire d'Etat au logement,

Marie-Noëlle Lienemann

La secrétaire d'Etat au budget,

Florence Parly

ANNEXE 3. Circulaire DPPR du 23 mai 2002

La Ministre de l'Ecologie et du Développement Durable

à

Mesdames et messieurs les préfets de département - Direction départementale de l'équipement
et

Mesdames et messieurs les Préfets de région - Secrétariat général pour les affaires régionales - Direction
régionale de l'environnement

- Objet :** Financement des opérations d'insonorisation des logements privés et des locaux d'enseignement, de
soin, de santé et d'action sociale
- Réf. :** Circulaire du 12 juin 2001 relative à l'observatoire du bruit des transports terrestres et à la résorption des
points noirs du bruit des transports terrestres
Lettre DPPR du 24 décembre 2001 relative à l'aide à l'insonorisation des points noirs du bruit dus au
réseau national des transports terrestres
Circulaire du 28 février 2002 relative aux politiques de prévention et de réduction du bruit ferroviaire
Décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 relatif aux subventions accordées par l'Etat pour les opérations
d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux
Arrêté du 3 mai 2002 pris pour l'application du décret précédent

Un programme de rattrapage des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire
nationaux visant à protéger 200 000 logements au moins d'ici 2010 sera mené par l'Etat en partenariat
avec les collectivités locales.

Les circulaires du 12 juin 2001 et du 28 février 2002, visées en référence, vous ont précisé les
modalités de recensement des points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux ainsi que
les modalités de financement, par le ministère chargé des transports (direction des routes et direction des
transports terrestres), des opérations de rattrapage de ces points noirs.

La circulaire du 12 juin 2001 vous avait également informé qu'une nouvelle aide à
l'insonorisation des logements privés et des locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale,
recensés comme points noirs du bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux serait mise en place et
financée sur le budget du ministère chargé de l'environnement. La présente circulaire a pour objet de vous
préciser les modalités de mise en œuvre de cette nouvelle aide.

1 - Conditions d'attribution des aides financées par le ministère chargé de l'environnement

L'attribution de cette nouvelle aide, le cas échéant complémentaire aux aides publiques directes
existantes, incombe au préfet de département. Elle vise à subventionner les opérations d'insonorisation
des logements privés et des locaux d'enseignement, de soins, de santé et d'action sociale que les préfets
de département ont recensés comme étant des points noirs dus au bruit des réseaux routier et ferroviaire
nationaux.

L'attribution de cette aide doit respecter les dispositions régissant de manière générale les
subventions de l'Etat pour des projets d'investissement fixées par le décret n° 99-1060 du 16 décembre
1999 (Journal Officiel du 18 décembre 1999) et l'arrêté du 30 mai 2000 (Journal Officiel du 8 juin 2000),
complétées par les dispositions particulières récemment fixées par le décret n° 2002-867 du 3 mai 2002 et
l'arrêté du 3 mai 2002 (publiés au Journal Officiel du 5 mai 2002), tous deux relatifs aux aides accordées
par l'Etat pour l'insonorisation des points noirs dus au bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux.

Le décret et l'arrêté du 3 mai 2002, que vous trouverez ci-joints, définissent les critères particuliers d'éligibilité des opérations, les taux d'aide et plafonds de dépenses applicables pour le calcul de la subvention, les exigences minimales en matière d'isolation acoustique après achèvement des travaux d'isolation (qui doivent être précisés, en complément des indications exigées par l'article 9 du décret du 16 décembre 1999, dans la décision attributive de subvention), et les documents justificatifs de ces résultats acoustiques à fournir par les bénéficiaires à l'appui de leur demande de versement (qui doivent également être mentionnées dans la décision attributive de la subvention). L'annexe 1 de cette circulaire fournit des indications utiles pour l'instruction des dossiers de demande de subvention concernant la nature des travaux d'insonorisation.

J'appelle l'attention des préfets et des DDE sur les dispositions de l'article 3 (dernier paragraphe) du décret du 3 mai 2002.

Celui-ci permet au préfet de département de subventionner les opérations d'isolation acoustique des logements privés en dehors du cadre des opérations programmées d'amélioration de l'habitat (OPAH), pour l'année 2002 seulement. Cette dérogation permet en fait aux préfets de notifier des décisions attributives de subvention dès 2002, sans qu'il ne soit nécessaire de mettre en place une OPAH pour financer ces opérations, les versements pouvant être effectués les années suivantes.

Les opérations qui ne seront pas prêtes à temps pour entrer dans ce cadre dérogatoire devront être traitées dans le cadre exclusif des OPAH dès 2003, ce qui impliquera que les conventions des OPAH en cours sur les secteurs concernés soient modifiées pour y intégrer les modalités de financement de ces opérations, ou que des OPAH soient spécifiquement montées pour permettre le financement de ces opérations. Cette modalité vise à coordonner, dans un cadre contractuel clair, l'ensemble des aides publiques directes (Etat, Agence nationale pour l'amélioration de l'habitat (ANAH) et collectivités locales concernées), ainsi qu'à mettre en place les actions de suivi et d'animation nécessaires à l'information et à l'accompagnement administratif des demandeurs.

J'appelle également l'attention des préfets de département et des DDE sur les modalités d'application de l'article 4 du décret du 3 mai 2002, notamment pour ce qui concerne les opérations d'isolation des locaux d'habitation du parc privé.

Cet article fixe les taux globaux d'aide applicables à l'ensemble des aides publiques directes. Or, dans certains cas, les opérations d'isolation acoustique des locaux d'habitation du parc privé éligibles à l'aide du ministère chargé de l'environnement seront également éligibles aux aides de l'ANAH ou des collectivités locales. Dans ces cas, la subvention du ministère chargé de l'environnement viendra compléter ces aides, de manière à atteindre les taux globaux fixés par le décret du 3 mai 2002 (80, 90 ou 100%).

Dans les autres cas, le taux applicable (80, 90 ou 100%) s'appliquera à la seule aide financée par le ministère chargé de l'environnement. Ce sera en particulier le cas des propriétaires occupants dont les ressources ne répondent pas aux conditions fixées par l'article R. 321-12 du code de la construction et de l'habitation (ce qui ne leur permet pas de bénéficier des aides de l'ANAH).

L'application de ces nouvelles dispositions exige une organisation administrative adaptée à l'échelon départemental afin de préparer la programmation financière et d'assurer l'instruction des dossiers de subvention dans les meilleures conditions possibles. Aussi, j'appelle l'attention des préfets de département et des DDE sur la nécessaire coordination des différents services concernés (service chargé de l'observatoire du bruit des transports terrestres, délégation départementale de l'ANAH, service en charge de l'instruction des aides financées par le ministère chargé de l'environnement pour l'insonorisation des points noirs).

2 – Programmation 2002 des crédits du ministère chargé de l'environnement

Le financement de l'aide du ministère chargé de l'environnement pour l'insonorisation des points noirs dus au bruit des réseaux routier et ferroviaire nationaux, sera imputé sur le chapitre 67-20 article 40 du budget de l'environnement. Le financement des marchés passés par les DDE pour la réalisation de prestations d'information et d'accompagnement administratif des demandeurs, et, le cas échéant de maîtrise d'œuvre et de contrôle acoustique, sera imputé sur le chapitre 34-98 article 60 du budget de l'environnement.

J'invite les préfets de département à m'adresser les demandes d'autorisation de programme **avant le 15 juin 2002**, sous le présent timbre, avec copie pour information au préfet de région (DIREN). Chaque demande d'autorisation de programme sera accompagnée de fiches descriptives (voir modèle en annexe 2) complétées pour chaque programme d'insonorisation proposé. Chaque fiche devra notamment faire apparaître le classement départemental du programme proposé. Les préfets de département, à cette occasion, confirmeront, ou infirmeront, l'engagement dès 2002 des programmes signalés en réponse à ma lettre du 24 décembre 2001.

Il reviendra ensuite aux préfets de région (DIREN) de me faire part de leur avis sur la recevabilité des demandes et d'effectuer un classement régional des programmes proposés par les préfets de département. Ce classement régional devra m'être adressé, sous le présent timbre, **avant le 30 juin 2002**.

Compte tenu de ces éléments, les délégations d'autorisation de programme globale (DAPG) sur le chapitre 67-20 article 40 seront notifiées aux préfets de région (DIREN). Je demande aux préfets de région et aux DIREN de mettre en œuvre les dispositions nécessaires afin de subdéléguer dans les meilleurs délais les autorisations de programme sur le chapitre 67-20 article 40 aux préfets des départements concernés. Les délégations d'autorisations d'engagement (DAE) sur le chapitre 34-98 article 60 seront faites directement aux DDE.

Les demandes de délégation des crédits de paiement sur le chapitre 67-20 article 40 devront m'être adressées, sous le présent timbre, **avant le 15 novembre 2002**.

3 – Programmation 2003 des crédits du ministère chargé de l'environnement

Les programmes d'insonorisation des logements privés dont l'engagement est prévu en 2003 étant financés dans le cadre des OPAH, je demande aux préfets de département d'engager, dès cette année, les négociations avec les collectivités locales concernées pour préparer le montage de ces OPAH.

Les demandes d'autorisation de programme pour l'année 2003 devront m'être adressées par les préfets de département selon des modalités identiques à celles qui ont été précédemment indiquées, **avant le 15 décembre 2002**.

Le classement régional des programmes départementaux devra m'être adressé par les préfets de région **avant le 15 janvier 2003**.

Pour la ministre et par délégation

Le Directeur de la Prévention des Pollutions et des Risques,
délégué aux risques majeurs

Philippe VESSERON

ANNEXE 4. Décret no 99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'État pour des projets d'investissement

Le Président de la République,

Sur le rapport du Premier ministre et du ministre de l'économie, des finances et de l'industrie,

Vu l'ordonnance no 59-2 du 2 janvier 1959 portant loi organique relative aux lois de finances, modifiée par la loi organique no 71-474 du 22 juin 1971 et par la loi organique no 95-1292 du 16 décembre 1995 ;

Vu le code général des collectivités territoriales ;

Vu le code de la construction et de l'habitation ;

Vu la loi du 10 août 1922 modifiée relative à l'organisation du contrôle des dépenses engagées ;

Vu le décret no 62-1587 du 29 décembre 1962 modifié portant règlement général sur la comptabilité publique ;

Vu le décret no 82-389 du 10 mai 1982 modifié relatif aux pouvoirs des préfets et à l'action des services et organismes publics de l'Etat dans les départements ;

Vu le décret no 82-390 du 10 mai 1982 modifié relatif aux pouvoirs des préfets de région et à l'action des services et organismes publics de l'Etat dans la région et aux décisions de l'Etat en matière d'investissement public ;

Vu le décret no 85-1510 du 31 décembre 1985 modifié relatif à la dotation globale d'équipement des communes des départements métropolitains ;

Vu le décret no 96-629 du 16 juillet 1996 relatif au contrôle financier déconcentré ;

Le Conseil d'Etat (section des finances) entendu ;

Le conseil des ministres entendu,

Décète :

Art. 1er. - Les dispositions du présent décret régissent les subventions que l'Etat peut accorder sur le budget général, les budgets annexes et les comptes spéciaux du Trésor aux personnes publiques, à l'exception des établissements publics de l'Etat, et aux personnes physiques ou morales de droit privé, en vue de la réalisation de projets d'investissement matériel ou immatériel, pour la mise en oeuvre d'une politique d'intérêt général.

Ces dispositions ne s'appliquent pas aux dotations aux collectivités territoriales et à leurs établissements publics prévues par le code général des collectivités territoriales. Elles ne s'appliquent aux subventions prévues par le code de la construction et de l'habitation que pour celles figurant sur une liste arrêtée par le ministre chargé du budget et le ministre chargé du logement et, le cas échéant, le ministre chargé de l'outre-mer.

Elles ne s'appliquent pas aux subventions pour des projets réalisés à l'étranger.

Art. 2. - Les subventions relatives à des projets d'investissements peuvent être consacrées au financement des différentes phases d'une opération, telles que les études, les acquisitions immobilières, les travaux de construction ou d'aménagement, les grosses réparations, l'équipement en matériel à l'exclusion du simple renouvellement.

La dépense subventionnable peut inclure des dépenses connexes qui concourent directement à la réalisation du projet.

Art. 3. - La demande de subvention est présentée par le bénéficiaire éventuel de celle-ci ou son représentant légal.

Les pièces à produire à l'appui de la demande sont énumérées par un arrêté du ministre chargé du budget et du ministre chargé de la réforme de l'Etat. Le cas échéant, chaque ministre détermine, par arrêté, les pièces complémentaires nécessaires pour l'examen des dossiers de demande de subvention relevant de ses attributions.

Art. 4. - Dans un délai de deux mois à compter de la date de réception du dossier de demande, l'autorité compétente pour attribuer la subvention informe le demandeur du caractère complet du dossier ou réclame la production des pièces manquantes. Dans ce dernier cas, le délai est suspendu.

En l'absence de réponse de l'administration à l'expiration du délai de deux mois, le dossier est réputé complet.

Art. 5. - Sous réserve de l'application des dispositions de l'article 6, aucun commencement d'exécution du projet ne peut être opéré avant la date à laquelle le dossier est complet au sens de l'article 4. Toute demande de subvention qui n'a pas donné lieu à décision attributive au sens de l'article 9 du présent décret dans un délai de six mois à compter de cette même date est rejetée implicitement. Ce délai de six mois est suspendu lorsque l'attribution de la subvention est subordonnée à la consultation d'autorités extérieures à l'Etat. La liste de ces consultations est fixée par arrêté du ministre intéressé et du ministre chargé du budget. Si, après rejet, la demande de subvention est présentée de nouveau, elle constitue une nouvelle demande.

Art. 6. - Par dérogation aux dispositions de l'article précédent, l'autorité compétente pour attribuer la subvention peut, par décision visée du contrôleur financier ou de l'autorité chargée du contrôle financier déconcentré :

- autoriser le commencement d'exécution du projet avant la date à laquelle le dossier est complet ou interdire le commencement d'exécution du projet avant la date de la décision attributive de subvention sauf renonciation à la subvention de la part du demandeur ;
 - proroger le délai de rejet implicite de la demande visé au deuxième alinéa de l'article 5, pour un projet qui aurait reçu un commencement d'exécution dans des conditions régulières.
- L'autorisation ou l'interdiction de commencer le projet et la décision de proroger le délai de rejet implicite du dossier sont notifiées au demandeur.

Art. 7. - En aucun cas l'accusé de réception du dépôt du dossier, ni l'autorisation de commencer la réalisation du projet, ni la décision de proroger le délai de rejet implicite du dossier ne valent promesse de subvention.

Art. 8. - Le commencement d'exécution est réputé constitué par le premier acte juridique passé pour la réalisation du projet ou, à défaut, par la déclaration mentionnée ci-après.

Le demandeur ou le bénéficiaire de la subvention informe l'autorité compétente du commencement d'exécution du projet.

Lorsque le projet nécessite des études préalables ou l'acquisition de terrains, ces études ou cette acquisition ne constituent pas un commencement d'exécution.

Art. 9. - La décision attributive, qu'il s'agisse d'un acte unilatéral ou d'une convention, comporte au moins la désignation du projet, ses caractéristiques, la nature et le montant prévisionnel de la dépense subventionnable engagée par le bénéficiaire, le taux et le montant maximum prévisionnel de la subvention, le calendrier prévisionnel de l'opération, les modalités d'exécution et de versement ainsi que les clauses de reversement.

Une opération ou tranche d'opération ou un projet ne peut donner lieu, sur un même chapitre budgétaire, qu'à une seule subvention de l'Etat.

Art. 10. - Pour chaque décision attributive, le montant maximum prévisionnel de la subvention est déterminé par l'application à la dépense subventionnable prévisionnelle d'un taux arrêté par l'autorité compétente. La dépense subventionnable prévisionnelle est calculée à partir du coût du projet d'investissement présenté.

Toutefois, dans les cas prévus par un décret pris sur le rapport du ministre chargé du budget et du ministre intéressé, le montant de la dépense subventionnable peut être plafonné ou celui de la subvention calculé par application d'un barème.

Le montant de la subvention de l'Etat ne peut avoir pour effet de porter le montant des aides publiques directes à plus de 80 % du montant prévisionnel de la dépense subventionnable engagée par le demandeur, sauf dispositions particulières fixées par décret pris sur le rapport du ministre chargé du budget et du ministre intéressé.

Au sens du présent décret, les subventions de l'Etat et de ses établissements publics, les aides de la Communauté européenne et des organisations internationales, des collectivités territoriales et de leurs établissements publics constituent des aides publiques.

Art. 11. - Si, à l'expiration d'un délai de deux ans à compter de la notification de la subvention, le projet, l'opération ou la phase d'opération au titre duquel elle a été accordée n'a reçu aucun commencement d'exécution, l'autorité qui a attribué la subvention constate la caducité de sa décision.

Cette autorité peut toutefois fixer un délai inférieur ou, exceptionnellement, proroger la validité de sa décision pour une période qui ne peut excéder un an.

Art. 12. - Lorsque le bénéficiaire de la subvention n'a pas déclaré l'achèvement du projet, de l'opération ou de la phase d'opération dans un délai de quatre ans à compter de la date de déclaration du début d'exécution, celui-ci est considéré comme étant terminé. L'autorité qui a attribué la subvention liquide celle-ci dans les conditions fixées à l'article 13. Le cas échéant, elle demande le reversement des avances et des acomptes versés, trop perçus. Aucune demande de paiement de la part du bénéficiaire ne peut intervenir après expiration du délai.

Toutefois, l'autorité qui a attribué la subvention peut, par décision motivée, prolonger le délai d'exécution pour une durée qui ne peut excéder quatre ans. Au préalable, elle vérifie que le projet initial n'est pas dénaturé et que l'inachèvement du projet n'est pas imputable au bénéficiaire. La liquidation de la subvention intervient dans les conditions fixées au premier alinéa ci-dessus.

Art. 13. - Sauf dans le cas prévu au deuxième alinéa de l'article 10 où le montant de la subvention est calculé conformément à un barème, la liquidation de la subvention s'effectue par application au montant de la dépense réelle, plafonné au montant prévisionnel de la dépense subventionnable, du taux de subvention mentionné au premier alinéa de l'article 10. Ce taux, ainsi que la nature de la dépense subventionnable, ne peuvent être modifiés par rapport à la décision attributive.

Par dérogation aux dispositions de l'alinéa précèdent, la nature de la dépense subventionnable peut être modifiée et le taux peut s'appliquer au montant de la dépense réelle lorsque des sujétions imprévisibles par le bénéficiaire et tenant à la nature du sol ou résultant de calamités conduisent à une profonde remise en cause du devis, ou dans les cas énumérés par arrêté du ministre intéressé et du ministre chargé du budget. Le complément de subvention fait l'objet d'une nouvelle décision.

Art. 14. - Le versement de la subvention est effectué sur justification de la réalisation du projet et de la conformité de ses caractéristiques avec celles visées par la décision attributive.

Une avance peut être versée lors du commencement d'exécution du projet. Elle ne peut excéder 5 % du montant prévisionnel de la subvention, sauf disposition particulière fixée par décret pris sur le rapport du ministre intéressé et du ministre chargé du budget.

Des acomptes peuvent être versés au fur et à mesure de l'avancement du projet. Ils ne peuvent excéder 80 % du montant prévisionnel de la subvention.

Art. 15. - L'autorité compétente exige le reversement total ou partiel de la subvention versée dans les cas suivants :

- si l'objet de la subvention ou l'affectation de l'investissement subventionné ont été modifiés sans autorisation ;
- si elle a connaissance d'un dépassement du taux maximum prévu au troisième alinéa de l'article 10 ;
- le cas échéant, si le projet n'est pas réalisé dans le délai prévu à l'article 12.

Art. 16. - L'autorité qui attribue la subvention effectue un suivi régulier de la réalisation du projet et s'assure de la conformité de ses caractéristiques par rapport à la décision attributive.

Cette autorité met en place un dispositif d'évaluation des projets réalisés.

Art. 17. - Le présent décret est applicable à la collectivité territoriale de Mayotte.

Art. 18. - Les dispositions du présent décret peuvent être modifiées par décret du Premier ministre.

Art. 19. - Les dispositions du présent décret entreront en vigueur le premier jour du quatrième mois suivant celui de sa publication au Journal officiel de la République française, pour les dossiers de demande de subvention déposés à compter de la date d'entrée en vigueur précitée.

Art. 20. - Les décrets no 72-196 du 10 mars 1972 portant réforme du régime des subventions d'investissement accordées par l'Etat et no 72-197 du 10 mars 1972 portant application de l'article 18 de ce décret sont abrogés pour les dossiers déposés à compter de la date prévue à l'article 19. Toutefois, les articles 10 et 11, le premier alinéa de l'article 12, les articles 13 et 21 du décret no 72-196 du 10 mars 1972 continuent à recevoir application pour les subventions mentionnées à l'article 12 du décret du 31 décembre 1985 susvisé.

Les articles R. 235-5 à R. 235-45 du code des communes sont abrogés à compter de la date mentionnée à l'article 19.

Art. 21. - Le Premier ministre, le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie et le ministre de la fonction publique, de la réforme de l'Etat et de la décentralisation sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 16 décembre 1999.

Jacques Chirac
Par le Président de la République :

Le Premier ministre,
Lionel Jospin

Le ministre de l'économie,
des finances et de l'industrie,
Christian Sautter

Le ministre de la fonction publique,
de la réforme de l'Etat et de la décentralisation,
Emile Zuccarelli

ANNEXE 5. Arrêté du 30 mai 2000 relatif aux pièces à produire à l'appui des demandes de subventions de l'Etat pour des projets d'investissement

Le ministre de la fonction publique et de la réforme de l'Etat et la secrétaire d'Etat au budget,
Vu le décret no 99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'Etat pour des projets d'investissement, notamment son article 3,
Arrêtent :

Art. 1er. - Les pièces communes à produire à l'appui d'une demande de subvention sont énumérées en annexe au présent arrêté, sous réserve des dispositions particulières à certaines procédures d'aides publiques.

Art. 2. - Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République française.

Fait à Paris, le 30 mai 2000.

Le ministre de la fonction publique
et de la réforme de l'Etat,
Michel Sapin

La secrétaire d'Etat au budget,
Florence Parly

A N N E X E

Nota. - L'autorité administrative compétente peut dispenser le porteur de projet de la production de pièces dont elle dispose déjà, en particulier dans le cadre d'autres procédures ou dans le cas d'un projet donnant lieu à des tranches ou phases.

La transmission des pièces par le porteur de projet peut être effectuée par voie électronique.

1. Pièces communes à toutes les demandes de subventions

11. Pièces relatives au porteur de projet :

111. La demande signée du porteur de projet ou de son représentant légal, avec nom (raison sociale), adresse, et autres coordonnées, numéro SIRET, énumérant l'objet du projet, son coût prévisionnel global, sa durée et le montant de la subvention sollicitée, la procédure au titre de laquelle celle-ci est demandée et les nom et coordonnées du responsable du projet.

112. Selon le cas :

- le pouvoir habilitant le signataire à engager l'organisme demandeur ;
- la délibération de l'organe compétent de la collectivité territoriale ou de l'organisme public approuvant le projet d'investissement et le plan de financement prévisionnel précisant l'origine et le montant des moyens financiers ;
- pour les sociétés ou entreprises : la preuve de l'existence légale (extrait K bis, inscription au registre ou répertoire concerné) ; pour les subventions sollicitées d'un montant supérieur à 300 000 F, l'organigramme, la structure du capital social et les liens éventuels avec d'autres personnes de droit privé, les moyens humains et, pour des projets à caractère économique, les moyens de production ;
- pour les associations : statuts avec copie de la publication au Journal officiel ou du récépissé de la déclaration à la préfecture et liste des membres du conseil d'administration ;
- pour les groupements d'intérêt public : convention constitutive avec copie de l'arrêté approuvant la

convention publié au Journal officiel ou au Recueil des actes administratifs de la préfecture et liste des membres du conseil d'administration.

113. Pour les subventions sollicitées d'un montant supérieur à 300 000 F, et dans la mesure où la date de création de l'organisme demandeur le permet, les documents comptables ci-après :

- pour les sociétés ou entreprises : les bilans et comptes de résultats approuvés et signés des deux derniers exercices, accompagnés des rapports du commissaire aux comptes (ou de l'expert-comptable) ou, s'agissant du dernier exercice clos, ces documents provisoires s'ils sont disponibles ;

Les documents comptables ne sont pas à produire dans le cas où le projet d'investissement est réalisé par une personne physique et ne concerne pas son activité professionnelle ;

- pour les associations, les comptes financiers approuvés et signés des deux derniers exercices, le rapport du commissaire aux comptes selon les règles en vigueur, ou, s'agissant du dernier exercice clos, ces documents provisoires s'ils sont disponibles ;

- pour les groupements d'intérêt public : les mêmes documents comptables et, pour les GIP à comptabilité privée, les rapports du commissaire aux comptes ;

- les mêmes documents comptables prévisionnels pour l'exercice en cours.

114. Pour les personnes physiques ou morales de droit privé, une attestation sur l'honneur du demandeur de la régularité de sa situation au regard de ses obligations fiscales et sociales.

12. Pièces relatives au projet :

121. Une note indiquant de façon précise :

- son objet, les objectifs poursuivis et les résultats attendus et, pour les entreprises, son insertion dans leur stratégie économique et financière ;

- sa durée et son calendrier (sauf s'ils sont suffisamment détaillés dans la demande) ;

- dans le cas d'un investissement physique, l'estimation de son coût de fonctionnement éventuel après sa mise en service ;

- s'il y a lieu, ses conditions particulières de réalisation et la justification de son caractère fonctionnel. S'il s'agit d'une tranche ou d'une phase, leur intégration dans le projet dans son ensemble avec indication du déroulement de celui-ci.

122. Un état du coût prévisionnel détaillé par nature de dépense ; le cas échéant, les devis (ceux-ci ne sont pas produits, en particulier dans le cas où le montant de la subvention est forfaitaire du fait de l'application d'un barème) ; si le projet est partiellement ou en totalité réalisé par le porteur de projet, un état descriptif faisant apparaître les dépenses de personnel, les frais directement liés au projet et les frais généraux.

123. Les autorisations préalables requises par la réglementation en vigueur et nécessaires à l'instruction du dossier.

13. Pièces relatives au financement du projet :

- le plan de financement prévisionnel du projet intégrant les dépenses connexes, précisant l'origine et le montant des moyens financiers (apport personnel, emprunts, subventions y compris l'aide sollicitée) ainsi que, s'il y a lieu, un échéancier indicatif des dépenses prévues ;

- pour les aides déjà obtenues, la copie de la décision ;

- l'indication des aides publiques indirectes s'il y a lieu.

14. Pour les entreprises, la liste des aides publiques obtenues durant les trois dernières années indiquant, pour chaque année considérée, leur origine, leur nature et leur montant.

Pour les porteurs de projet privés autres que les entreprises, sollicitant une subvention d'un montant supérieur à 300 000 F, la liste des subventions de l'Etat obtenues durant les trois dernières années (origine, montant et objet).

Dans les deux cas, les aides obtenues ou envisagées pour le projet faisant l'objet de la demande et citées au point 13 n'ont pas à être mentionnées.

15. Une lettre du porteur de projet certifiant que le projet pour lequel la subvention est demandée n'a reçu aucun commencement d'exécution et s'engageant à ne pas commencer l'exécution du projet avant que son dossier ne soit déclaré ou réputé complet, sauf autorisation visée à l'article 6 du décret.

16. Selon le cas, une attestation du porteur de projet selon laquelle il n'est pas assujéti et ne récupère pas la taxe à la valeur ajoutée.

17. Un relevé d'identité bancaire ou postal.

2. Pièces supplémentaires pour les acquisitions immobilières, les travaux et les équipements en matériel

21. Acquisitions immobilières :

- une note précisant la situation et la destination du terrain ou de l'immeuble, son prix et les besoins auxquels répondra la construction ou l'aménagement prévu ;
- le plan de situation, le plan cadastral et le plan parcellaire ;
- dans le cas où l'acquisition du terrain est déjà réalisée, le titre de propriété et un document justifiant son caractère onéreux si ce titre ne le spécifie pas.

22. Travaux :

- un document précisant la situation juridique des terrains et immeubles et établissant que le demandeur a ou aura la libre disposition de ceux-ci ;
- le programme détaillé des travaux ;
- le devis estimatif et descriptif des travaux et, sauf pour les opérations simples, le dossier d'avant-projet définitif ou le dossier de projet ;
- le plan de situation, plan de masse des travaux.

23. Equipement en matériel :

- les prévisions d'utilisation de ce matériel. S'il s'agit d'un renouvellement, la justification de l'amélioration apportée ;
- si le matériel est financé par crédit-bail, indication de la valeur marchande et projet de contrat de crédit-bail.

ANNEXE 6. Glossaire des symboles utilisés

Symbole	Définition	Unité
A	Aire d'absorption acoustique équivalente	m^2
A_0	Aire d'absorption acoustique équivalente de référence égale à $10m^2$	m^2
C	Terme de correction par rapport au bruit rose	dB
C_{tr}	Terme de correction par rapport au bruit routier	dB
c	Célérité du son	m/s
D	Isolement acoustique brut	dB
D_n	Isolement acoustique normalisé	dB
D_{nT}	Isolement acoustique standardisé	dB
$D_{n,AT}$	Isolement normalisé par un indice global	dB(A)
$D_{n,e,i}$	Isolement acoustique normalisé d'un petit élément	dB
$D_{2m,nT}$	Isolement acoustique standardisé à 2m de la façade	dB
f	Fréquence	Hz
f_c	Fréquence critique	Hz
Log	Logarithme décimal	
L_p	Niveau de pression acoustique	dB
L_W	Niveau de puissance acoustique	dB
m_s	Masse surfacique	Kg/m^2
P_{eff}	Pression acoustique efficace	P_a
P_0	Pression acoustique de référence égale à 2.10^{-5} Pascal	P_a
R	Indice d'affaiblissement acoustique	dB
R'	Indice d'affaiblissement acoustique apparent	dB
R_W	Indice d'affaiblissement acoustique pondéré	dB
S	Surface de la façade	m^2
S_i	Surface d'un élément i de la façade	m^2
S_{lat}	Surface des parois latérales de la façade	m^2
T	Durée de réverbération d'un local	sec
T_0	Durée de réverbération de référence égale à 0.5sec	sec
V	Volume du local	m^3
W	Puissance acoustique	W (Watts)
X	Transmission	
XE	Niveau global pondéré A du spectre théorique d'émission	dB
XR	Niveau global pondéré A du spectre théorique de réception	dB
α	Coefficient d'absorption acoustique	/
α_{pi}	Coefficient d'absorption acoustique pratique	/
α_W	Coefficient d'absorption acoustique pondéré	/
ΔL_{fs}	Isolement acoustique dû à la forme de la façade	dB
τ	Facteur de transmission	/
$\tau_{e,i}$	Facteur de transmission directe	/

ANNEXE 7. Rappels d'acoustique

La présente annexe a pour but de rappeler les notions qui servent de base au document global. La première partie traite des niveaux sonores, la seconde des notions de spectre et de pondération fréquentielle. Pour plus de détails, il conviendra de se reporter à des ouvrages d'acoustique (Voir en bibliographie).

Échelle logarithmique

7.1. Présentation du décibel

L'intensité d'un bruit est fonction de la pression acoustique. Quantitativement, l'oreille humaine est sensible à des variations de pression allant de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa à 20 Pa. Ceci représente une gamme de sensibilité considérable. Or on observe expérimentalement que l'intensité de la sensation auditive est approximativement proportionnelle au logarithme de l'excitation pour les fréquences moyennes. D'où l'usage d'une grandeur logarithmique, le décibel, pour mesurer le niveau de pression acoustique, l'intensité ou la puissance acoustique. On le note dB.

7.2. Niveau de pression acoustique

La formule du niveau de pression acoustique est :

$$L_p = 10 \log \frac{P_{eff}^2}{P_0^2} \text{ (en dB)}$$

Avec :

P_{eff} : la pression acoustique efficace (moyenne quadratique sur un intervalle de temps $t_2 - t_1$) en pascals égale à :

$$P_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \left(\int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt \right)}$$

P_0 : la pression acoustique de référence égale à $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (seuil d'audibilité qui correspond à 0 dB).

log : logarithme décimal (noté lg dans les normes)

7.3. Niveau de puissance acoustique

La puissance acoustique W (en watts) est l'énergie sonore qui traverse une surface S par unité de temps.

$$W = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_S \int_{t_1}^{t_2} p(t) \cdot V(t) dt \cdot dS$$

D'où le niveau de puissance acoustique :

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ (dB)}$$

Avec $W_0 = 10^{-12}$ Watts, la puissance de référence.

7.4. Addition des niveaux sonores

Dans le cas de plusieurs sources sonores non-cohérentes, ce qui est en général valable dans le contexte de l'exposition d'un logement au bruit d'une infrastructure de transport, le cumul des sources s'obtient comme suit (les $P_i(t)$ sont sans corrélation entre elles, aucune interférence n'est donc possible) :

$$P_{eff}^2 = \sum_i P_{eff_i}^2 \text{ (en Pa}^2\text{)}$$

D'où le niveau global L_p :

$$L_p = 10 \log \left(\sum_i 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right) \text{ (en dB)}$$

Exemples :

Somme de deux niveaux égaux : $L_1 = 80$ dB et $L_2 = 80$ dB

$$\rightarrow L_{eq} = 10 \log(10^{80/10} + 10^{80/10}) = 83$$

Somme de deux niveaux très différents : $L_1 = 80$ dB, $L_2 = 70$ dB

$$\rightarrow L_{eq} = 10 \log(10^{80/10} + 10^{70/10}) = 80,4$$

En pratique lorsque deux niveaux L_1 et L_2 diffèrent de plus de 10 dB, la contribution du plus faible est négligeable.

Notion de spectre

7.5. Spectre

Un son peut être représenté comme une superposition d'ondes de fréquence et d'amplitudes différentes. Cet ensemble de couples (fréquence, amplitude) conduit à la notion de spectre sonore. Le spectre audible s'étend de 20Hz à 20kHz. Les performances acoustiques d'un élément de construction sont en général dépendantes de la fréquence.

7.6. Bande d'octave

En pratique, on découpe le spectre en bandes d'octave ou de tiers d'octave. L'octave est l'intervalle entre deux fréquences f_a et f_b telles que $f_b=2f_a$. La largeur d'un octave dépend donc de la fréquence. On note les octaves par leur fréquence centrale. Une bande d'octave peut-être divisé en trois tiers d'octave. Dans le bâtiment, les octaves qui nous intéressent vont de 125Hz à 4000Hz (Tableau 1.), soit en tiers d'octave de 100Hz à 5000Hz. On regroupe parfois les bandes d'octaves en trois domaines fréquentiels : les basses fréquences (de 100 à 315Hz), les moyennes fréquences (de 400 à 1250Hz) et les fréquences aiguës (de 1600 à 5000Hz).

Le niveau sonore dans une bande d'octave est la somme des niveaux des trois tiers d'octave correspondants.

Tiers d'octave (Hz)	Octave (Hz)
100	125
125	
160	
200	250
250	
315	
400	500
500	
630	
800	1000
1000	
1250	

1600	2000
2000	
2500	
3150	4000
4000	
5000	

Tableau 1. Octaves et tiers d'octave

7.7. Pondération A

Contrairement aux appareils de mesure dont la sensibilité est constante sur tout le spectre considéré, celle de l'oreille humaine dépend de la fréquence. Pour passer de l'intensité sonore mesurée à l'intensité perçue, il est nécessaire d'appliquer une correction dépendante de la fréquence aux signaux bruts. Cette correction est appelée pondération. Plusieurs pondérations ont été définies, mais actuellement seule la pondération A (Figure 1) est utilisée de manière courante pour évaluer le niveau sonore perçu par l'oreille humaine.

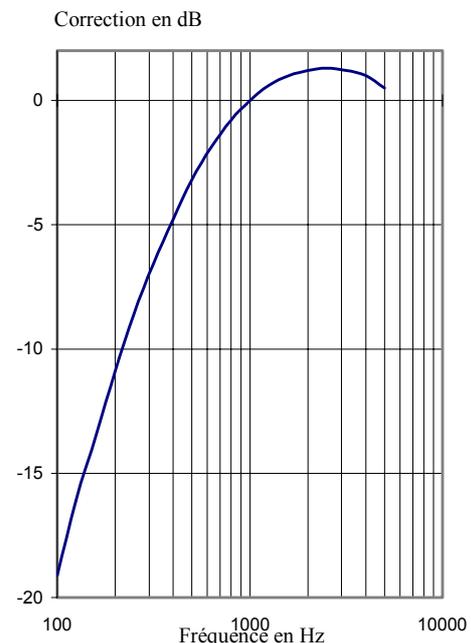


Figure 1. Graphe de pondération A en fonction de la fréquence

Le Tableau 2. donne les valeurs de la pondération en bandes d'octave (source NF EN 61-260).

Fréquence centrale (Hz)	Correction Cj (dB)
125	-16
250	-8.5
500	-3
1000	0
2000	+1
4000	+1

Tableau 2. Pondération A pour les bandes d'octave utiles

Le calcul du niveau sonore pondéré A s'effectue comme suit si S_j et C_j sont respectivement le niveau sonore et la pondération A pour l'octave j :

$$L_p = 10 \log \sum_{j=1}^6 10^{(S_j+C_j)/10}$$

Un niveau sonore corrigé selon la pondération A est exprimé en dB(A).

7.8. Spectres particuliers

Dans le but de pouvoir réaliser de réelles comparaisons entre différents éléments ou produits, il est nécessaire d'avoir des spectres de référence. Dans le domaine du bâtiment, il en existe deux : le bruit rose et le bruit routier.

Le **bruit routier**, comme son nom l'indique, est représentatif du bruit émis par un trafic routier. Sa définition est normalisée (NF EN ISO 717-1). Il sert généralement à la qualification des produits et éléments de construction destinés à l'isolation aérienne aux bruits extérieurs. Son niveau est globalement décroissant quand la fréquence augmente (Figure 2). Le spectre de bruit routier est également utilisé pour le trafic ferroviaire.

Le **bruit rose** a une densité d'énergie inversement proportionnelle à la fréquence, donc un niveau constant par octave. Il est utilisé pour les mesures d'isolement de façades lorsque par commodité on remplace l'émission de l'infrastructure par un haut-parleur. Il est possible de ramener un isolement de façade en bruit rose à un isolement en bruit routier, par

simple ajustement de l'amplitude relative des octaves.

Enfin, on rencontre parfois le **bruit blanc**, dans le même contexte que le bruit rose. Sa densité d'énergie est cette fois indépendante de la fréquence. D'où un niveau sonore qui augmente de 3 dB par octave.

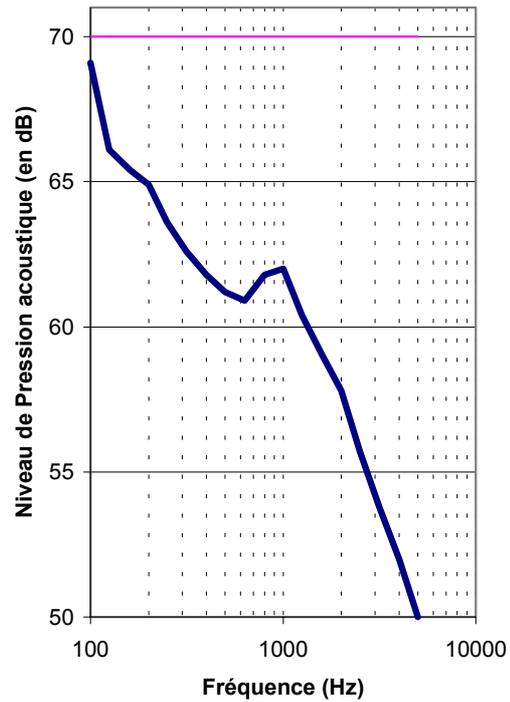


Figure 2. Allure du spectre routier

Le Tableau 3. donne les amplitudes par bandes d'octave normalisées à 70 dB(A) pour les 3 spectres évoqués.

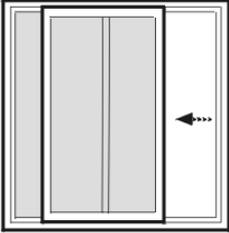
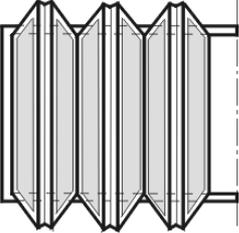
		Fréquence (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Bruit	Routier	72	68,5	66	66	63	58
	Rose	64	64	64	64	64	64
	Blanc	52	55	58	61	64	67

Tableau 3. Niveaux en dB par bande d'octave normalisés à 70 dB(A)

ANNEXE 8. Les différents types de fenêtres suivant leur mode d'ouverture ou de manœuvre

Sur les schémas, ci-dessous, l'observateur est supposé être placé du côté intérieur.

A la française*	Un ou deux vantaux ouvrent vers l'intérieur suivant un axe vertical. Les organes de rotation sont fixés sur le ou les montants en rive.	
A l'anglaise*	Même disposition que précédemment mais le ou les vantaux ouvrent vers l'extérieur.	
Oscillo-battante*	Le vantail possède deux modes d'ouverture vers l'intérieur : ouverture limitée, par rotation horizontale, ouverture complète par rotation verticale.	
A projection	Le châssis ouvre par rotation vers l'extérieur, suivant un axe horizontal. Les organes de rotation sont fixés en traverses hautes.	
A soufflet	Le châssis ouvre par rotation vers l'intérieur, suivant un axe horizontal. Les organes de rotation sont fixés en traverses basses.	
Basculante	Le châssis ouvrant pivote autour d'un axe horizontal situé le plus souvent à mi-hauteur	
A guillotine	L'ouverture s'effectue par translation verticale des châssis coulissants	

Coulissante*	Un ou plusieurs châssis ouvrent par translation horizontale	
Pliantes*	Les châssis ouvrants sont reliés par leurs montants verticaux et s'articulent les uns par rapport aux autres. L'ouverture s'opère par rotation verticale et translation horizontale	
A jalousie	Le dispositif de fermeture de la fenêtre est composé de lamelles mobiles pivotantes, disposées horizontalement ou verticalement	

* s'applique également aux portes extérieures

Il existe d'autres types de fenêtres (pivotantes, à la canadienne, à l'italienne, à l'australienne) moins répandues.

Les fenêtres peuvent également être composées d'un ou plusieurs châssis accolés ou superposés, fixes ou mobiles, les parties mobiles pouvant s'ouvrir de différentes manières.

© CERTU – 2003

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, du Tourisme et de la Mer
Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du CERTU est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination : Pôle programme et produits

Dépôt légal : 2^e trimestre 2003

ISBN : 2-11-094093-X

ISSN : 1263-3313

Cet ouvrage est en mise en téléchargement sur le site de CERTU :

www.certu.fr

Pour tout autre renseignement, contacter le :

Bureau de vente:

9, rue Juliette Récamier

69456 LYON cedex 06 - France

☎ 04 72 74 59 59

Internet : www.certu.fr

■ La mise en œuvre d'une isolation acoustique renforcée des façades est une des solutions pour protéger les bâtiments recensés et classés Points Noirs Bruit par les préfets.

Pour réaliser ces travaux, les propriétaires des bâtiments sensibles, exposés à des niveaux de bruit excessifs, peuvent bénéficier d'une subvention accordée par l'État dans le cadre du décret du 3 mai 2002.

Après une présentation des conditions d'attribution de cette subvention, ce guide expose les différentes techniques d'amélioration de l'isolation acoustique ainsi que les aspects connexes qu'il convient de prendre en compte : exigences de pureté de l'air, maintien du confort thermique et aspects liés à la sécurité après les travaux.

Il est destiné aussi bien aux services des Directions Départementales de l'Équipement, chargés de l'attribution des subventions, qu'aux maîtres d'œuvre et bureaux de contrôle impliqués dans ces opérations.

Observatoire du bruit des routes

Guide méthodologique pour la mise en place des observatoires dans les départements

Certu, 2001

Résorber les points noirs dus au bruit des transports terrestres

fiches au format PDF à télécharger :

<http://www.infobruit.org/ministeres/publications/index.htm>

Isolation acoustique des bâtiments les plus sensibles aux bruits des transports

fiches au format PDF à télécharger :

<http://www.infobruit.org/ministeres/publications/index.htm>

Service technique placé sous l'autorité du ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques a pour mission de faire progresser les connaissances et les savoir-faire dans tous les domaines liés aux questions urbaines. Partenaire des collectivités locales et des professionnels publics et privés, il est le lieu de référence où se développent les professionnalismes au service de la cité.

Aménagement et urbanisme

Aménagement
et exploitation de la voirie

Transport et mobilité

Maîtrise d'ouvrage
et équipements publics

Environnement

Technologies
et systèmes d'information



**Direction
de la prévention
des pollutions
et des risques**