Zeitschrift: Habitation : revue trimestrielle de la section romande de l'Association Suisse pour l'Habitat

Herausgeber: Société de communication de l'habitat social

Band: 30 (1958)

Heft: 7

Artikel: La défense contre le bruit dans les constructions

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-124772

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

cependant, tracé leurs ensembles urbains selon des lois religieuses, totalement irrationnelles!

En outre, à une donnée spirituelle pure s'attache presque automatiquement une manifestation secondaire d'ordre affectif ou sentimental, qui est très souvent plus saisissable et qui imprime un caractère déterminé au phénomène spirituel.

Ainsi une religion engendre une morale, laquelle morale se traduit matériellement par un caractère déterminé.

La méthode intuitive

La seconde difficulté réside dans le moyen d'investigation. Il ne s'agit plus ici d'une recherche qui relève du domaine de la science. Les analyses logiques, déductives, sont relativement aisées, la recherche et la compréhension intuitives sont plus ardues.

Mais cette difficulté n'est pas insurmontable, si toutefois elle fait appel à des facultés de perception et de compréhension qui sont de nos jours un peu négligées. Je pense qu'un contact direct, pratique, avec la réalité est nécessaire pour percevoir l'essence spirituelle qui s'y cache. Contact avec l'objet lui-même et non pas avec son apparence ou ses mécanismes.

Henri Bergson formule ainsi cette idée: «La forme intellectuelle de l'être vivant s'est modelée peu à peu sur les actions et réactions réciproques de certains corps et de leur entourage matériel, comment ne nous livrerait-elle pas quelque chose de l'essence même dont les corps sont faits? L'action ne saurait se mouvoir dans l'irréel... Une intelligence tendue vers l'action qui s'accomplira et vers la réaction qui s'ensuivra, palpant son objet pour en recevoir à chaque instant l'impulsion mobile, est une intelligence qui touche à quelque chose de l'absolu».

Esthétique

Quel sera l'aboutissement de cette troisième recherche? Une expression plastique de l'habitation, une expression poétique, une esthétique, peut-être?

A moins que l'esthétique ne doive naître d'un harmonieux équilibre dans la solution des trois aspects de l'étude que j'ai exposés.

Conclusion

Analyse des facteurs rationnels, analyse des facteurs psychologiques, analyse des facteurs spirituels.

Trois analyses font valoir trois aspects du programme. Or ces aspects, tour à tour mis en lumière, composent l'image véritable de l'habitation.

La synthèse

Ainsi je conclus par la nécessité d'opérer une intégration de ces trois aspects dans l'étude générale.

L'architecte ne doit pas traiter les trois problèmes d'une manière indépendante, mais tenter d'exprimer ces notions, tour à tour, selon les prépondérances positives qu'elles prennent au cours de l'étude, sans jamais abandonner l'une quelconque d'entre elles.

«L'architecture n'est pas... une aride combinaison du pratique et de l'utile, mais demeure un art, c'est-à-dire synthèse, expression», écrivait Sant'Elia, en 1914.

(Travail présenté à l'Ecole d'architecture de Genève)

LA DÉFENSE CONTRE LE BRUIT DANS LES CONSTRUCTIONS

M. L. Conturie, ingénieur en chef des télécommunications de France, a fait le 4 février, dans le cadre des conférences de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics, un important exposé sur la défense contre le bruit dans les constructions.

M. Paul Tournon, architecte en chef des bâtiments civils et palais nationaux, ancien directeur de l'Ecole nationale supérieure des beaux-arts, membre de l'Institut, présidait la séance.

M. L. Conturie a commencé par rappeler quelques notions de base.

Définition d'un bruit

Un bruit – ou un son – est un ébranlement périodique du milieu qui, dans sa dernière étape, avant d'atteindre notre oreille, se propage dans l'air par ondes de pression; c'est donc une variation périodique de pression qui se propage. Son passage provoque un mouvement périodique, c'est-à-dire une vitesse périodique, des molécules de l'air.

L'existence d'un bruit se traduit ainsi physiquement par la variation périodique dans l'air de deux grandeurs, la pression et la vitesse des molécules.

Les deux données fondamentales qui caractérisent un bruit sont donc la *périodicité* et l'*amplitude* des variations de ces grandeurs.

La périodicité des bruits est toujours une vibration complexe contenant très largement toutes les fréquences audibles de 40 à 10 000 p.s.

Comme les conditions de transmission des fréquences les plus basses et des fréquences élevées sont très différentes, il est très important de songer au spectre de fréquence des bruits dont on doit se protéger, les moyens de défense devant le plus souvent en tenir compte pour être appropriés; le plus souvent, du reste, les composantes les plus importantes des bruits sont des fréquences basses et ce sont celles contre lesquelles il est le plus difficile de se défendre.

Les amplitudes de pression mises en jeu sont très petites, mais s'étendent, dans la zone de sensibilité de l'oreille, sur une échelle considérable qui va de 1 à 10^6 et pour les intensités – grandeurs proportionnelles au carré des amplitudes de pression – de 1 à 10^{12}.

Comme, en vertu d'une loi physiologique générale, la sensation varie sensiblement comme le logarithme de l'excitation,

on définit et l'on mesure les intensités ou les niveaux sonores suivant une échelle logarithmique qui, en dehors de sa commodité, a le très grand avantage de donner une image bien plus correcte de la correspondance réelle entre l'intensité de la sensation et l'intensité de l'excitation.

Si les intensités physiques de divers sons sont entre elles comme 10 - 20 - 30 - 50 - 100 - 1000 - 10 000, etc., les sensations correspondantes perçues par notre oreille sont entre elles comme 10 - 13 - 15 - 17 - 20 - 30 - 40, etc.; on adopte cette seconde échelle pour la mesure des niveaux sonores et, en choisissant un niveau 0 conventionnel, on convient de dire que ceux-ci ont les niveaux 10 - 13 - 15 - 17 - 20 - 30 - 40, etc., décibels.

Un son de 100 décibels est un son très fort; un son de 80 décibels est un son fort; un son de 60 décibels est un son moyen; un son de 40 décibels est un son faible.

Un local dans lequel le niveau de bruit ambiant ne dépasse pas 35 db. peut être considéré comme très calme.

De ces toutes premières données, il ressort que, dans tout problème de défense contre le bruit, il faut:

1. Que l'on se fixe le but à atteindre; on sera naturellement plus exigeant pour une chambre d'hôpital que pour un bureau, plus exigeant pour un studio d'enregistrement que pour une salle de cinéma.

2. Que l'on sache contre quel niveau de bruit il faut se protéger *sans jamais perdre de vue le spectre de ces bruits*; le problème ne serait en effet pas résolu par une réduction moyenne du niveau si le niveau de certaines fréquences restait supérieur au niveau admissible.

Le niveau doit donc être défini par une courbe et non par un seul chiffre; le définir par un seul chiffre de valeur moyenne ne constitue qu'une première mais, le plus souvent, grossière approximation.

*

Le conférencier fait projeter des spectres de bruit et un premier tableau situant dans l'échelle des niveaux quelques ambiances. Un deuxième tableau indique les niveaux admissibles dans certaines catégories de locaux.

Le rapprochement de ces deux tableaux montre l'importance de la diminution du niveau de bruit qu'il faut obtenir suivant le but poursuivi et les circonstances dans lesquelles on se trouve.

Exemple. – La construction d'un hôpital à proximité d'une rue assez bruyante doit comporter un isolement de 50 db.

L'isolement est naturellement d'autant plus difficile à réaliser et coûteux qu'il est important.

Pour fixer dès à présent les idées, indiquons que pour obtenir un isolement de 30 à 40 db., il suffit d'éviter des erreurs grossières (ouvertures mal placées, cloisons très légères) et que des dispositions de bon sens suffisent.

Pour obtenir un isolement de 40 à 50 db., il faut une construction soignée assortie assez souvent de quelques procédés spéciaux simples: doubles cloisons, plafonds suspendus.

Pour obtenir un isolement de 50 à 60 db., des procédés spéciaux doivent être mis en œuvre: coupures dans le gros œuvre, planchers flottants, planchers et plafonds indépendants, portes et fenêtre spéciales.

Pour obtenir un isolement supérieur à 60 db., il faut des précautions draconiennes dès la conception du projet; fondations indépendantes, murs indépendants et une attention méticuleuse pour tous les éléments et toutes les installations qui interviennent dans la construction.

Sensibilité de l'oreille

Expliquant le choix d'une échelle logarithmique pour la mesure des niveaux de bruit, nous venons de dire que la sensation varie comme le logarithme de l'excitation. Cette loi ne constitue cependant qu'une approximation et n'est vraiment valable que, d'une part, dans la zone des niveaux moyens et, d'autre part, dans la zone médiane des fréquences audibles; aux fréquences basses ou élevées d'une part, aux niveaux faibles d'autre part, le comportement de l'oreille s'en écarte sensiblement.

Des recherches statistiques minutieuses ont permis de préciser la sensibilité de l'oreille. Le réseau de courbes obtenu est projeté.

Le seuil de sensibilité de l'oreille est très bas pour les fréquences moyennes, mais il s'élève pour les fréquences élevées d'une part et pour les fréquences basses surtout, d'autre part.

C'est ainsi qu'un son au niveau physique de 40 db. est très largement dans la zone d'audibilité à 1000 p.s.; mais il est tout juste audible à 100 p.s. L'oreille est beaucoup moins sensible aux fréquences basses qu'aux fréquences moyennes.

Cela est du reste heureux:

— parce que les composantes graves sont, dans la plupart des spectres de bruit, les plus intenses;
— parce que les composantes graves sont les plus gênantes;
— parce qu'enfin l'efficacité des procédés de défense contre le bruit est en général nettement plus faible aux basses fréquences que dans le reste de la gamme; il est donc avantageux que le gain physiologique soit plus rapide que le gain physique.

Un fait très important est le suivant: les niveaux de sensation varient beaucoup plus vite en fonction des niveaux physiques dans la zone des bas niveaux qu'au-delà. Il en résulte qu'un abaissement des niveaux physiques de l'ordre de 10 db. par un procédé de défense quelconque produira un effet relativement faible autour de 50 db. et produira un effet pratiquement radical autour de 30 db.

Il y a donc un intérêt fondamental à réduire les bruits à la source, de façon que la protection directe des locaux se faisant contre les niveaux de bruits réduits soit, pour ces simples et fondamentales raisons physiologiques, particulièrement efficaces.

Phénomènes physiques fondamentaux liés à la transmission

Deux notions interviennent constamment dans les problèmes des transmissions des bruits, ce sont les notions d'impédance et de résonance.

L'impédance d'un milieu ou d'un système quelconque est la mesure de la difficulté qu'éprouve une cause, s'exerçant dans ce milieu, ou appliquée à ce système, pour y produire un effet.

En acoustique, l'impédance s'exprime comme le rapport entre la pression vibratoire (cause) et le débit vibratoire (effet).

La transmission d'un effet à travers divers milieux, ou par l'intermédiaire de divers systèmes, comme c'est le cas dans la transmission des ébranlements sonores (à travers les milieux solides ou dans l'air et par l'intermédiaire de systèmes mécaniques mis en vibration), dépend des impédances rencontrées.

D'une part, plus les impédances sont fortes, plus, pour une cause donnée, l'effet produit est petit. D'autre part, lorsque les impédances successives rencontrées sont d'une valeur différente, l'énergie se transmet très mal, tandis qu'elle se transmet très bien lorsque les impédances sont de valeur sensiblement égale; on dit que dans le premier cas il y a désadaptation, dans le second cas qu'il y a adaptation.

Nous rencontrerons constamment cette notion de base; c'est d'elle, pour prendre tout de suite un exemple, que résulte l'utilité de discontinuités créées dans une construction par l'interposition de matériaux de caractéristiques mécaniques très différentes, discontinuités qui établissent des désadaptations d'impédance sur le parcours des ébranlements.

L'impédance d'un milieu ou d'un système est fonction de la fréquence.

On appelle résonance l'effet exceptionnellement important que produit une cause lorsqu'il y a entre sa fréquence et les caractéristiques du milieu, ou des systèmes intéressés, une relation exceptionnellement favorable. C'est ainsi que lorsqu'un système est actionné par une cause dont la fréquence correspond à son impédance minimum, l'effet produit est particulièrement grand; il peut être extrêmement grand si,

à cette fréquence, l'impédance est presque nulle; on dit que cette fréquence est la fréquence propre du système.

Les effets de résonance sont fondamentaux et nous aurons constamment à y porter notre attention, soit pour les éviter, soit pour les mettre à profit.

Ces notions rappelées, M. Conturie aborde l'objet de sa conférence.

LES BRUITS ET LEUR MESURE

Il existe des appareils simples et d'un maniement facile pour mesurer les bruits. Ce sont les sonomètres, qui ne sont rien d'autre que des magnétophones associés à un voltmètre dont l'échelle de lecture est logarithmique. Ils sont étalonnés par les constructeurs, de façon que les tensions de sortie des microphones mesurées soient traduites et lues directement en niveaux sonores exprimés en db.

On peut, ou bien se contenter en première approximation d'une lecture globale qui donne pour l'ensemble du bruit pris par conséquent avec son spectre de fréquence totale un seul filtre.

On peut, d'une manière plus précise, associer au sonomètre des filtres électriques qui découpent le spectre audible en un certain nombre de bandes plus ou moins étroites et, par conséquent, définir le bruit par une courbe fonction de la fréquence.

Cela dit, énumérons les divers types de bruits et les divers modes de propagation correspondants:

Le premier type de bruit est le bruit répandu dans l'air, qui s'y propage et qui rencontre ainsi une des parois: murs, cloisons, plancher ou plafond du local à protéger; c'est ce qu'on appelle la transmission directe; son examen nous conduit à examiner le comportement des structures enveloppes d'un local. Ce même bruit peut pénétrer dans le local par des ouvertures; nous aurons à examiner l'effet de ces ouvertures suivant leurs dimensions. Ce même bruit, enfin, peut se propager par un cheminement plus ou moins long dans la structure et se retransmettre au local par une voie indirecte.

Le second type de bruit prend naissance au contact de la structure sous forme d'ébranlement mécanique; ce sont les bruits de choc, que ces chocs soient des chocs directs (comme les bruits de pas, par exemple), ou des chocs indirects (comme les ébranlements communiqués aux structures par les canalisations qui y sont fixées, par exemple).

Le troisième type de bruit est celui, quelle que soit son origine, qui se transmet dans un guide qui, très exactement, le canalise vers le local: c'est le mode de transmission privilégié des gaines de ventilation.

Enfin, un type de bruit particulier et important est celui qui résulte de la mise en vibration générale des structures par des machines qui produisent des vibrations mécaniques à basse et même très basse féquence. Il s'agit à l'origine de diminuer la transmission de ces vibrations à la source par des procédés qui, quoique les idées directrices soient les mêmes, relèvent plus de la mécanique que de l'acoustique.

Quel que soit le type de bruit, il y a un intérêt fondamental à ce que le niveau qui en parvient au contact immédiat des locaux à protéger soit le plus faible possible.

Lorsque la source des bruits échappe à tout contrôle, il convient de s'efforcer:

d'en éloigner le plus possible les locaux sensibles (le niveau diminuant de 4 à 5 db. chaque fois que la distance double);

de disposer des écrans entre le bruit et les locaux sensibles;

d'éviter que des ébranlements vibratoires prennent naissance au contact même de l'enveloppe des locaux sensibles.

C'est là une affaire de parti général; il n'y faut que de la réflexion et du bon sens. Une bonne étude épargne beaucoup d'ennuis et des dépenses ultérieures.

Lorsqu'on peut agir sur la source de bruit – c'est le cas de toutes les installations que l'on met soi-même en place dans la construction – il convient:

de choisir, pour un service donné, les appareils les moins bruyants;

de prendre dans la mise en place des équipements et appareils, et immédiatement autour de ceux-ci, des dispositions protectrices qui diminuent aussi considérablement que possible, dès leur naissance, le niveau des bruits qui vont ensuite se propager dans le bâtiment.

Nous reviendrons tout à l'heure sur cette *protection à la source* qui rassemble des applications des diverses dispositions que nous allons maintenant examiner.

Transmission des bruits aériens d'un local à un autre

La transmission des bruits par une paroi se fait par mise en vibration mécanique d'ensemble de la paroi, laquelle, en gros, se comporte comme une membrane vibrante.

C'est l'impédance mécanique de la paroi qui constitue le facteur essentiel. La transmission se fait d'autant moins bien que l'impédance est plus élevée; la transmission se fera donc d'autant moins bien, c'est-à-dire la paroi sera d'autant plus isolante que sa masse sera plus grande et qu'il s'agira de fréquences plus élevées.

Comme les niveaux de bruits se mesurent selon une échelle logarithmique, ce résultat qualitatif s'exprime quantitativement par la loi suivante:

L'affaiblissement est proportionnel au logarithme de la masse et au logarithme de la fréquence; en conséquence:

l'affaiblissement apporté par une paroi augmente théoriquement de 6 db. chaque fois que sa masse est doublée;

à des fréquences élevées, toute paroi peut donner un affaiblissement important; c'est pourquoi un seul chiffre d'affaiblissement, non accompagné de l'indication de la fréquence à laquelle il correspond, ne donne aucune idée de la valeur d'une paroi.

Si le facteur masse est essentiel, il n'est cependant pas le seul:

a) pour une certaine valeur de la fréquence, l'impédance passe par un minimum; il y a *résonance*, comme nous l'avons expliqué tout à l'heure. Cette résonance se produit de façon très générale pour les structures utilisées en construction entre 100 et 150 périodes. C'est cette diminution de l'impédance allant jusqu'à la résonance aux fréquences basses qui rend, dans cette gamme pourtant essentielle, puisque la quasi-totalité des spectres de bruit comportent des composantes importantes dans les basses fréquences, la réalisation d'isolements importants si difficile. Dans cette zone, l'*amortissement* joue un rôle très notable et c'est là que s'établit une distinction entre les parois lourdes et les parois légères.

En ce qui concerne les premières, on ne peut agir sur leur amortissement.

En ce qui concerne les secondes, on peut au contraire très souvent, par des dispositions convenables, l'augmenter.

b) de plus, on constate expérimentalement que toutes les parois simples donnent un affaiblissement plus ou moins sensiblement inférieur à la loi de masse qui vient d'être énoncée.

Cela résulte de ce que les parois ne sont pas des membranes minces, mais ont une certaine épaisseur.

Leurs éléments se comportent non pas comme des cordes tendues, mais comme des poutres travaillant en flexion. Citons, à titre d'exemple, le mur de briques pleines de 22 cm. enduit, pesant 440 kg/m², et donnant un affaiblissement moyen de l'ordre de 50 db., et le fibragglo de 4 cm., enduit au plâtre, pesant 50 kg/m², et donnant un affaiblissement moyen de l'ordre de 32 db.

c) l'expérience montre, en outre, que *les enduits sont d'une extrême importance.* Entre une paroi enduite et une paroi non enduite, la différence d'affaiblissement est couramment de l'ordre de 4 à 5 db. Ce résultat, qui n'a évidemment aucun rapport avec le supplément de masse généralement négligeable de l'enduit, marque que toutes les structures sont plus ou moins poreuses pour le son et qu'il importe de les rendre étanches par une finition de surface.

Puisqu'en augmentant la masse d'une paroi simple on n'augmente que très lentement l'affaiblissement en raison du caractère logarithmique de la loi de masse, la première idée qui vient à l'esprit est d'ajouter les affaiblissements individuels de deux parois successives en observant que $2 \log m > \log 2 m$.

En pratique, doubler une paroi par une seconde paroi identique séparée est très loin de doubler l'affaiblissement; cela permet seulement en général d'obtenir un résultat global un peu meilleur que la loi de masse et même, dans le cas de parois minces bien étudiées, de dépasser assez sensiblement ce résultat.

Cela tient à ce que deux parois, relativement éloignées, même s'il n'y a pas entre elles de points de contact solides, ne sont jamais vraiment indépendantes. En effet, d'une part, la lame d'air qui les sépare constitue entre elles un élément de couplage qui, du reste, présente une série de résonances dont les fréquences dépendent de son épaisseur. Cet effet de couplage diminue au fur et à mesure que l'écartement augmente; le gain augmente de façon progressivement très appréciable jusqu'à l'écartement de 20 cm. environ pour ne plus croître au-delà que très lentement. Il faut donc chaque fois qu'on le peut, dans ces limites, rechercher l'écartement le plus grand possible.

En outre, on réduit cet effet en amortissant la résonance de la lame d'air en plaçant dans cet intervalle une couche de matériaux absorbants (type laine de verre, par exemple). On peut aller jusqu'au remplissage de l'intervalle, sans naturellement que ce remplissage soit compact. D'autre part, les deux parois considérées ne sont pas vraiment indépendantes du fait qu'elles sont l'une et l'autre liées aux murs, planchers et plafonds qui les entourent.

Cela nous amène à la *transmission indirecte*. L'effet de l'onde sonore proquant, comme nous l'avons dit, une vibration de flexion de la paroi, il en résulte des déformations de flexions qui se propagent dans celle-ci et dans toutes celles qui lui sont liées, avec un certain affaiblissement. A toute distance, elles se traduisent par des déformations de surface qui donnent un rayonnement, donc une onde sonore, donc une transmission de bruit.

En particulier deux parois parallèles voisines se transmettent, avec un certain affaiblissement, leurs déformations respectives, par le contact des éléments qui les encadrent.

Elles sont donc, par ce mécanisme, également couplées. Pour diminuer cet effet, il faut affaiblir ce mode de transmission; pour l'affaiblir, il faut que la déformation qui se propage rencontre une désadaptation d'impédance; pour que cette désadaptation soit forte, il faut qu'un matériau de caractéristiques très différentes des matériaux de structure soit interposé sur le chemin. Les matériaux de caractéristiques très différentes des matériaux de construction classique essentiellement rigides sont les matériaux élastiques comme le liège, le feutre, les caoutchoucs mous en général, les laines de verre ou de roche, etc., d'où le montage d'éléments de parois dans des encadrements de matériaux élastiques, accentuant dans une très grande mesure l'affaiblissement par transmission indirecte.

C'est avec ces idées directrices que l'on peut réaliser des structures complexes donnant de bons résultats. C'est ainsi, par exemple, que deux murs de briques, enduits de 15 et 20 cm., écartés de 10 cm., construits sans coupures contre la transmission indirecte, donnent un affaiblissement moyen de 67 db.

Lorsque les deux mêmes murs sont séparés par une coupure élastique, ils donnent un affaiblissement moyen de 73 db.

Dans le domaine des structures légères doubles, il faut aussi naturellement: les écarter le plus possible, les monter (au moins l'une d'elles) dans un encadrement élastique, amortir l'intervalle.

En outre, on gagnera sensiblement à augmenter l'amortissement mécanique de chacune des structures légères en leur accolant de façon convenable un matériau élastique (type feutre). Ce faisant, on a une résonance moins accusée, par conséquent une transmission nettement plus faible aux fréquences basses. Le conférencier montre trois structures doubles légères qui pèsent sensiblement le même poids (16 à 18 kg/m²) et donnent un affaiblissement moyen, la première de 25 db., les deux autres de 38 db.

On peut même, dans le cas particulier d'éléments légers de petites dimensions, en réalisant une fixation très souple (suspension type accordéon), rejeter la résonance dans les fréquences très basses, et en même temps augmenter artificiellement, de façon particulièrement importante, l'amortissement par un frottement (feutre sur feutre, par exemple), associé au mouvement. On peut alors obtenir aux fréquences basses classiques des affaiblissements de transmission étonnamment supérieurs à ceux que donne un montage classique.

Ce sont les mêmes idées qui inspirent les réalisations maintenant presque classiques de planchers flottants et de plafonds suspendus. Pour ces éléments particuliers, on cherche de même à diviser la structure en deux ou trois éléments aussi indépendants que possible.

Pour les planchers flottants, le principe est de faire reposer sur une structure primaire une deuxième structure semi-lourde (dalle de béton, par exemple) par l'*intermédiaire de matériaux élastiques* réduisant autant que possible les liaisons mécaniques entre les deux.

Signalons en passant que, contrairement à une idée fausse très répandue, le sable n'étant à aucun titre le matériau élastique, l'interposition de sable ne réalise en aucune manière un plancher flottant, et par conséquent ne fait rien gagner (mis à part l'augmentation de masse) pour l'affaiblissement de transmission.

De même un plafond suspendu est une structure, forcément relativement légère, suspendue à la structure primaire par des liens élastiques (ressorts ou montage comportant une interposition de caoutchoucs).

Il est plus difficile dans ce domaine, que pour les parois verticales, d'approcher les conditions idéales dont nous avons parlé; en effet, on ne peut guère écarter les structures de façon importante; les structures se portant nécessairement les unes les autres, leur couplage mécanique reste inévitablement non négligeable.

Est-il besoin de dire que les charges que constituent les structures flottantes ou suspendues ne doivent jamais conduire à dépasser le domaine d'élasticité des matériaux interposés, sinon l'indépendance des structures devient illusoire?

En pratique, on ne doit pas dépasser un écrasement des matériaux élastiques usuels de plus de 12%. Cela signifie que pour des structures flottantes ou suspendues (qu'il est naturellement désirable d'avoir les plus lourdes possible), il faut choisir la nature, l'épaisseur et la disposition des matériaux élastiques, non seulement en fonction de leurs propriétés élastiques spécifiques, mais encore en fonction de la charge qu'ils peuvent supporter au centimètre carré, sans sortir de leur domaine élastique.

Les ouvertures et les points faibles

A la réalisation des parois enveloppes d'un local est liée la question des ouvertures et des points faibles:

par ouvertures, j'entends tous les défauts d'étanchéité qui peuvent exister aux encadrements de portes et de fenêtres; j'entends aussi tous les percements plus ou moins imparfaitement rebouchés ou jointoyés;

par points faibles, j'entends les éléments de structures tels que les portes et fenêtres dont l'affaiblissement de transmission propre est très généralement inférieur à celui des parois dans lesquelles ils sont placés.

En ce qui concerne les ouvertures, s'il en est d'appréciables, c'est-à-dire d'une surface de l'ordre du centimètre carré et au-dessus, on peut dire qu'elles anéantissent pratiquement toutes les dispositions d'isolement qu'on aura cherché à prendre en définissant les structures. L'intérêt est primordial, au point de vue de l'isolement phonique, de réaliser, en

particulier pour les fenêtres, des joints d'encadrements aussi étanches que possible.

Lorsque les ouvertures sont très petites, le résultat peut être moins fâcheux. En effet, il se produit, au passage d'une onde acoustique par une très petite ouverture, un effet de diffraction tout à fait semblable à celui qui se produit lorsqu'une onde lumineuse se présente devant une très petite ouverture. Il est d'autant plus marqué que l'ouverture est plus petite et que la fréquence est plus basse. Les petites ouvertures seront moins nuisibles pour les fréquences basses que pour les fréquences élevées, ce qui est très heureux, les premières étant presque toujours les plus importantes et les plus nuisibles.

En ce qui concerne les points faibles, on peut déterminer l'affaiblissement de transmission global que donne une paroi ayant certaines caractéristiques dans laquelle est placée une structure plus faible (fenêtre, par exemple). Le résultat dépend grandement du rapport des surfaces «bonne» et «mauvaise» et de la différence de leurs caractéristiques.

Un réseau de courbes projeté permet de voir combien l'affaiblissement total est diminué lorsque la surface faible est relativement importante (disons égale ou supérieure à 15% du total) et lorsque ses caractéristiques sont faibles.

C'est pourquoi il est si avantageux d'utiliser des doubles fenêtres. C'est pourquoi il est vain de construire des murs donnant un affaiblissement de transmission relativement élevé s'ils sont perçus par des fenêtres faibles.

C'est ainsi par exemple qu'en montant une fenêtre double (affaiblissement moyen 26 db.) dans un mur de briques pleines de 11 cm. (affaiblissement moyen de 43 db.), en admettant une surface relative de 20 %, on obtient un résultat global de 33 db., et en y montant un vitrage Aterphone type lourd, 37 db., alors qu'avec un vitrage simple le résultat global est de 21 db.

Il ne servirait à rien de remplacer le mur en question par un mur de briques pleines de 22 cm. Les résultats globaux seraient presque exactement les mêmes.

Ainsi, du point de vue de l'isolement phonique, il vaut beaucoup mieux n'avoir que des murs à caractéristiques moyennes et des doubles fenêtres, que d'avoir des murs plus lourds et des simples fenêtres; or, la première solution n'est très généralement pas plus coûteuse que la seconde.

M. Conturie montre à l'aide de projections, à titre d'exemple d'application de ces idées, les dispositions prises pour la Maison de la radio de Paris actuellement en construction, puis il poursuit sa conférence.

Transmission indirecte

Nous avons déjà été conduit à aborder la transmission indirecte et à en décrire le mécanisme en exposant les conditions de couplage de deux parois. Ce mécanisme de transmission et les conséquences qui en résultent sont tout à fait généraux. Disons tout de suite que, si l'on ne prend pas dans les constructions de dispositions appropriées contre la transmission indirecte, il est absolument vain, quelques dispositions que l'on prenne ailleurs, d'espérer avoir en définitive des affaiblissements de transmission moyens supérieurs à 50 db.

Lorsqu'on veut sensiblement dépasser ces résultats, il faut, de la même manière et pour les mêmes raisons qui ont été exposées tout à l'heure, établir des discontinuités aussi élastiques que possible dans les structures. Ces discontinuités doivent naturellement être totales, sous peine d'être absolument inutiles. Pour les établir, il faut choisir des matériaux aussi élastiques que possible, mais capables de supporter les charges auxquelles ils sont soumis sans déformations excessives. Il faut aussi, bien entendu, que ces matériaux soient placés de façon que la stabilité ne soit pas compromise et il faut aussi que ceux de ces matériaux qui sont placés dans les zones inaccessibles ou dans des endroits délicats soient d'une conservation sûre.

Transmission par chocs

Les chocs sont des ébranlements mécaniques directs des parois provoquant dans celles-ci une vibration à spectre toujours très complexe, vibration qui est normalement rayonnée sous forme d'onde acoustique par la surface de la paroi. Ce mode d'attaque des parois étant particulièrement direct, les vibrations résultant des chocs sont souvent intenses et il est en conséquence spécialement difficile de s'en défendre.

Nous examinerons dans cette catégorie de bruits deux exemples particuliers, habituels dans les constructions: les bruits de pas et les bruits provenant des canalisations et de leurs équipements.

Les bruits de pas

La transmission des bruits de pas dépend de la structure des planchers et de leurs revêtements de surface. Il existe, pour l'étudier de façon objective, les appareils à chocs normalisés sur le plan international; les mesures, en vue de déterminer les caractéristiques d'une structure ou d'un revêtement de plancher, se font de façon relative par référence en général à une dalle de béton brut de 5 cm. d'épaisseur. La transmission est d'autant plus faible que la structure ébranlée a une impédance mécanique plus élevée, c'est-à-dire qu'elle est plus lourde.

De même, la transmission n'a de chance d'être sérieusement affaiblie dans le local à protéger que si, entre la structure attaquée et la structure enveloppe du local, il y a une coupure réalisant une désadaptation d'impédance importante, c'est-à-dire une coupure constituée par un matériau élastique. C'est à ce point de vue que les planchers flottants prennent une importance particulière. Par rapport à la structure de référence précitée, une structure double dont l'élément plancher suffisamment lourd est flottant, peut donner un affaiblissement de transmission de 18 à 25 db. en moyenne, résultat très substantiel.

Enfin les revêtements de sols qui présentent une certaine élasticité absorbent une partie de l'énergie cinétique de choc par formation et atténuent ainsi l'amplitude des vibrations provoquées dans la dalle elle-même.

A cet égard, par conséquent, les revêtements de sols rigides (carrelages, pierres, revêtements minces sans élasticité) ne procurent aucune atténuation; ceux qui comportent une certaine élasticité (caoutchouc, ou une sous-couche quelque peu élastique: feutre, liège) donnent une atténuation de 3 à 6 db. dans les fréquences basses et de 10 à 12 db. dans les fréquences moyennes.

Les moquettes donnent un résultat un peu meilleur: 6 à 7 db. dans les fréquences basses, 14 à 15 db. dans les fréquences moyennes. Les revêtements à sous-couche très élastique assez épaisses (type bulgomme) donnent les résultats les meilleurs: 7 à 8 db. aux fréquences basses, 20 db. aux fréquences moyennes.

On constate que, quel que soit le revêtement, l'atténuation de transmission à en attendre aux fréquences basses n'est jamais très grande. Il ne saurait par conséquent se substituer valablement à la réalisation d'un sol flottant lorsqu'on recherche une atténuation vraiment substantielle des bruits de pas.

Notons en passant que la dalle de plancher rayonne, bien entendu, aussi dans le local dont elle constitue le sol; si donc son ébranlement est atténué par un revêtement bien choisi, le niveau de bruit dans le local même sera notablement diminué.

Les bruits de canalisations

En ce qui concerne les bruits causés par les canalisations, ils prennent naissance essentiellement de trois manières :

a) les écoulements dans les tuyauteries, au lieu de se faire suivant un régime laminaire, se font très habituellement suivant un régime turbulent. Les écoulements laminaires sont ceux dans lesquels les veines de fluide s'écoulent parallèlement les unes aux autres, régulièrement, dans la direction générale de la propagation, ce régime ne donnant lieu à

aucun bruit. Au contraire, l'écoulement turbulent est celui dans lequel les particules de fluides, quoique entraînées dans un mouvement général orienté, se déplacent individuellement dans des directions quelconques. Ce régime donne lieu à des chocs sur des parois, donc à des bruits.

On passe du régime laminaire au régime turbulent en fonction de la vitesse; or la vitesse dans les canalisations est en général de l'ordre de 2,5 m. par seconde, correspondant à un régime turbulent;

b) la fermeture plus ou moins brusque des robinets provoque une discontinuité de pression qui se traduit par une onde de choc communément appelée coup de bélier. Ce choc ébranle naturellement les canalisations et se traduit par un bruit. On s'y oppose efficacement en mettant un dispositif qui permet à cette onde de choc de se détendre, ce qui en diminue considérablement l'amplitude;

c) enfin, dans beaucoup de dispositifs de robinets, l'étranglement d'ouverture est disposé de façon telle qu'il y a des zones de faible pression et de grande vitesse.

Il se produit alors des décollements dans la veine du fluide, ce qui est proprement la cavitation. Les bulles gazeuses qui en résultent traversent de façon turbulente l'étranglement, ce qui donne un bruit important. Il existe des types de robinets dont la structure est telle que, sur l'étranglement d'ouverture et en tous les points, une pression appréciable est toujours maintenue; une telle disposition évite la cavitation. Il faut, bien entendu, préférer ces robinets silencieux aux autres.

Il y a, en tout état de cause, intérêt à atténuer la transmission de l'ébranlement causé par des chocs à l'ouverture des robinets à l'ensemble du réseau de canalisations; à cette fin, il est utile de disposer, entre la canalisation et son appareillage terminal, un manchon en matériau élastique (type caoutchouc) qui, d'une part, joue ce rôle et, d'autre part, se prête à une certaine détente de l'onde de choc-coup de bélier.

En outre, même lorsqu'on a pris ces dispositions, il est très important d'éviter que les vibrations mécaniques de la paroi des canalisations soient transmises à la structure de la construction, le principe des procédés à utiliser à cet effet sont ceux que nous connaissons bien:

d'abord se fixer les préférences sur des éléments de structure à forte impédance, c'est-à-dire lourds;

ensuite interposer entre la canalisation et la structure de désadaptation d'impédance, c'est-à-dire un matériau élastique ou, en d'autres termes, réaliser des fixations élastiques.

Conduits de ventilation

Les gaines de ventilation, souvent de section importante, surtout lorsqu'il s'agit de gaines de climatisation, sont non seulement des points faibles, mais de véritables guides de bruits, d'une part produits par la source qui les alimente, d'autre part reçus à travers leurs parois sur leur trajet.

Le problème est donc d'affaiblir la transmission du bruit sans faire obstacle à la circulation de l'air, puis d'éviter que les gaines recueillent des bruits extérieurs.

Pour résoudre le premier problème, on dispose de deux moyens qu'il convient d'ailleurs d'employer à la fois.

Tout d'abord créer un affaiblissement par absorption tout le long de la gaine. Lorsqu'on habille les faces intérieures d'une gaine d'un matériau absorbant (l'absorption se faisant soit par frottement dans les pores d'un matériau poreux type feutres, laine de verre, etc., pour les fréquences moyennes et élevées, soit par déformation d'une membrane amortie pour les fréquences basses), on obtient un affaiblissement de transmission. Pour avoir un affaiblissement important, il faut avoir un périmètre utile aussi grand que possible par rapport à la section. Il est intéressant de diviser la section nécessaire en plusieurs canaux. En pratique, on arrive assez facilement à des affaiblissements de transmission allant de 2 à 3 db. par mètre aux fréquences moyennes et élevées; il est malheureusement difficile d'obtenir des résultats de cet ordre aux fréquences basses. Il faut aussi avoir un développement en longueur assez important.

Bien entendu, la transmission par les parois de la gaine, vibrant comme des parois toujours assez légères, ne doit pas, en quelque sorte, court-circuiter l'affaiblissement de transmission dans la gaine; pour cela il convient, suivant ce que nous savons déjà, de couper la paroi rigide de la gaine de place en place et en particulier à son origine, près de la source, par des manchons élastiques.

Ensuite, on peut interposer sur le parcours de la gaine des filtres acoustiques.

Il existe plusieurs types de filtres fondés sur des principes physiques différents. On peut associer en un même montage plusieurs de ces types de filtres.

En principe, la meilleure disposition d'ensemble est de disposer un filtre efficace à la sortie du local-source et un filtre efficace à l'entrée du local à ventiler, la gaine entre ces deux points étant raisonnablement absorbante.

Pour éviter que les gaines ne recueillent des bruits extérieurs, il convient: qu'elles ne traversent pas de zones bruyantes; que leurs parois, quoique généralement légères, soient d'une structure donnant un affaiblissement de transmission raisonnable (au moins 25 db. moyen); qu'il ne leur soit pas transmis de vibrations mécaniques, ce qui implique qu'elles soient fixées aux parois supports par des suspensions élastiques.

Notons enfin que la sortie de l'air aux bouches de soufflage peut donner naissance à un bruit (bruit de tourbillons et de biseau) dont l'apparition et le niveau dépendent de la vitesse. Sauf dispositions très spéciales des bouches (qui doivent faire l'objet d'un contrôle expérimental préalable), il convient de ne pas dépasser aux bouches de soufflage une vitesse de 4 m/sec.

Isolation contre les vibrations des machines

Un type de bruit particulier est celui qui résulte de la transmission indirecte des vibrations communiquées à la structure par les machines dont le fonctionnement même s'accompagne d'ébranlements périodiques. Pour diminuer ces vibrations, l'idée directrice est de constituer avec la machine un système dont les caractéristiques soient telles qu'il réponde mal aux sollicitations périodiques sont il est l'objet. Il en sera ainsi si la fréquence propre du système est beaucoup plus basse que celle de la force.

Si donc, avec la machine alourdie s'il est besoin par massif reposant sur un dispositif élastique, on constitue un système vibrant à fréquence propre suffisamment basse, on n'appliquera à la structure du bâtiment que des vibrations de très petite amplitude.

Bien entendu – et là est toute la difficulté – il faut que deux conditions soient remplies:

a) la première est que l'on ait vraiment un système vibrant, c'est-à-dire que le dispositif élastique ne soit pas chargé au-delà de sa limite d'élasticité. C'est trop souvent que cet impératif élémentaire est perdu de vue et que l'on voit, sans réflexion, construire, prétendus élastiques, des massifs si lourds que le matériau interposé a largement dépassé l'écrasement maximum qui correspond à sa limite d'élasticité; dans ce cas, le résultat est nul; tout se passe comme si la machine était directement fixée sur la structure avec laquelle son support fait, en réalité, corps. Or il existe des données précises, cataloguées, qui donnent pour divers matériaux (feutre, liège, caoutchoucs divers, certaines laines de verre, etc.), en fonction de l'épaisseur, et pour divers dispositifs élastiques (ressorts), les limites de charge à ne pas dépasser.

A titre d'indication notons que lorsque les charges ne sont pas très lourdes et lorsque la fréquence propre à obtenir n'est pas très basse, des matériaux du genre de ceux que nous venons de citer peuvent convenir; lorsque les charges sont fortes ou que la fréquence propre à obtenir est très basse, il faut faire appel à des ressorts;

b) la seconde est que la fréquence propre du système soit vraiment beaucoup plus basse que la fréquence des ébranlements. Ici, aucun empirisme n'est permis; si cette condition n'est pas remplie, le résultat est désastreux; en effet, on a une

amplification, voire une résonance, et la situation est plus mauvaise, voire beaucoup plus mauvaise que si l'on n'avait rien fait.

Il faut donc d'une part s'inquiéter de la fréquence des vibrations périodiques produites par la machine.

Il faut d'autre part déterminer la ou les fréquences propres du dispositif envisagé; il y en a, en effet, non pas une seule, correspondant à un mouvement vibratoire vertical simple – comme une approximation, cause de graves erreurs, le fait croire trop souvent – mais plusieurs, correspondant aux divers mouvements vibratoires possibles, généralement vertical, horizontal et de rotation autour d'un axe. On peut, si l'on connaît la masse du système, la forme du massif, la position du centre de gravité de l'ensemble, la position des dispositifs élastiques et leurs caractéristiques élastiques, écrire les équations qui donnent ces trois fréquences propres.

On simplifie les équations en multipliant les symétries dans le montage.

On les simplifie bien plus encore en réalisant un montage symétrique dont le centre de gravité soit dans le plan des dispositifs élastiques. Les variables sont alors, en effet, séparables, et l'on obtient très aisément la valeur des fréquences propres. Ce type de réalisation diminue du reste les fréquences propres correspondant aux mouvements vibratoires autres que le mouvement vertical.

De là l'intérêt des socles suspendus de façon à ramener le centre de gravité dans le plan des suspensions; de là aussi l'intérêt d'avoir des socles relativement lourds par rapport aux machines, et de hauteur relativement faible de façon à se rapprocher suffisamment de cette situation idéale.

Il existe des catalogues très importants décrivant un grand nombre de dispositifs élastiques et donnant la charge maxima qu'ils peuvent supporter et leurs caractéristiques d'élasticité dynamiques dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

Notons enfin qu'il peut être quelquefois intéressant de faire intervenir un amortissement; certaines machines, en effet, entre le démarrage et la marche en régime, produisent des vibrations de fréquence croissante; on passe donc à un instant donné par la coïncidence avec la fréquence propre du système, c'est-à-dire par la résonance; il est alors très important que l'amortissement soit grand pour que ce passage ne soit pas désastreux. Les matériaux élastiques en couche ont tous un amortissement très petit; les montages à ressorts peuvent au contraire être associés avec des dispositifs d'amortissement dont voici quelques exemples.

Il faut aussi souligner que les machines ainsi isolées ne doivent transmettre directement leurs vibrations à la structure par aucune autre voie; toutes les canalisations qui peuvent leur être liées ne doivent donc leur être attachées que par l'intermédiaire de manchons élastiques.

Amortissement et absorption

Pour être complet, nous devons mentionner les procédés d'amortissement:

Au sens exact du mot, des vibrations d'éléments légers tels que des capots de machines, des tableaux de contrôle ou de signalisation, des panneaux métalliques divers. De tels éléments, excités de façon quelconque (vibrations complexes, chocs, etc.), tendent à vibrer sur leurs fréquences propres; sur les plus basses de ces fréquences propres, l'amplitude de ces vibrations peut être importante et, par conséquent, le niveau du bruit rayonné.

Si ces éléments ne sont pas du tout amortis, ces phénomènes peuvent être très gênants et durer plus ou moins longtemps. Si l'on augmente l'amortissement, on diminue notablement l'amplitude de ces résonances et on diminue aussi très grandement la durée du bruit audible.

Pour y parvenir, on peut coller sur le panneau un matériau souple (feutre, isorel, liège, par exemple); ce matériau gêne et, par conséquent, diminue les déformations du panneau; l'amortissement est notablement plus grand lorsque cet effet s'accompagne d'un frottement, c'est-à-dire lorsque le matériau, gaufré, n'est collé qu'en quelques points et, entre ces points, frotte sur le panneau dont il ne suit pas ou suit mal les déformations.

On peut ainsi, aux points de maxima possibles, correspondant aux fréquences propres les plus basses, points qu'on peut du reste rechercher expérimentalement avec un détecteur de vibrations, disposer des systèmes liés à fréquences propres beaucoup plus basses qui jouent alors un rôle particulièrement efficace, se comportant tout à fait comme les systèmes de suspension de machines dont nous venons de parler; ils diminuent de façon considérable les amplitudes de vibrations et, lorsqu'ils sont judicieusement placés, donnent des résultats étonnants.

Enfin, il nous faut noter une dernière ressource qui, dans certaines constructions achevées, est malheureusement souvent la seule. Lorsqu'on a, dans un local, une certaine puissance sonore, le niveau de bruit qui s'établit dépend du temps de réverbération de ce local; on appelle temps de réverbération d'un local le temps qu'il faut pour qu'après l'arrêt de la source, on ne perçoive plus le son; ce temps d'un petit local traité acoustiquement à un grand local nu peut aller de 0,4 sec. à 7 ou 8 sec. et même davantage; on montre dans l'étude de l'acoustique interne des locaux – sujet qui sort de notre cadre et nous entraînerait trop loin – que le niveau de bruit correspondant à une puissance donnée dans un local dépend directement de ce temps de réverbération. Or on peut diminuer celui-ci en traitant intérieurement le local en plaçant sur ses parois des matériaux absorbants convenables. Entre un local nu et un local fortement traité ainsi, on peut avoir une diminution du niveau de bruit final de 6 à 8 db., ce qui est très appréciable.

Conclusion

Contrairement à une opinion trop répandue, la défense contre le bruit ne relève d'aucun empirisme, d'aucune recette, d'aucun hasard. Elle résulte de lois physiques, dans leur principe très claires, quelquefois difficiles à appliquer sans doute, mais qu'il faut connaître et chercher à mettre en œuvre si l'on veut sérieusement obtenir un résultat.

Le Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment.

LA CHINE AU 39e COMPTOIR SUISSE

13-28 septembre 1958

La République populaire de Chine occupera le pavillon étranger de la Foire nationale de Lausanne en septembre prochain.

Après le Portugal, le Canada, l'Argentine et l'Inde qui présentèrent leur exposition dans le pavillon spécial construit à cet effet il y a quelques années seulement, après tant d'autres pays qui furent les hôtes du Comptoir suisse à une époque où, faute d'un pavillon spécial, une certaine superficie était mise à la disposition des participants étrangers, la présence à Lausanne de la République populaire de Chine constituera un intéressant complément à la grande foire d'automne de notre pays. Elle fournira de plus l'occasion de renforcer les relations qu'entretiennent déjà notre pays et la République populaire de Chine.

Le pavillon de la République populaire de Chine à la Foire de Lausanne sera placé sous le patronage du chef de mission de ce pays en Suisse, S. E. M. Hsuan Feng, ambassadeur à Berne.