**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande
**Band:** 61 (1935)
**Heft:** 24

**Artikel:** L'emploi du plomb pour l'insonorisation
**Autor:** Mahul, J.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-47033

**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:** 09.12.2025

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

Dans un second exemple [1] de *chambre de section constante, mais étroite* ($c = 0{,}079$) située de nouveau *au haut de la conduite*, mais où les temps de fermeture sont alors *beaucoup plus longs* vis-à-vis de $\mu'$, la concordance est complète avec les résultats de M. Jæger. Les résultats du calcul sont, en effet, dans ce cas, en % de la pression $H_o$ à l'obturateur aval :

| Surpression | Fermeture en | 2 sec. | 0 sec. | 30 sec. |
|---|---|---|---|---|
| | | % | % | % |
| $B_{*m}$ à l'obturateur | selon équation (6) (7) (8) | 220 | 27,9 | 8,4 |
| | d'après M. Jæger * | 215-224 | 28,0-28,4 | 8,5 |
| $\frac{Y_o}{H_o} B_m$ au pied de la chambre | selon équation (6) (7) (8) | 16,2 | 2,0 | 0,6 |
| | d'après M. Jæger * | 14,8-16,68 | 2,04-2,18 | 0,618 |

* Des deux valeurs indiquées, la première, d'après M. Jæger, n'est qu'approchée.

Le troisième exemple [2] de *chambre de section constante, étroite*, avec obturateur *au bas* de la conduite forcée, concorde encore mieux [1]. Au total, il est assez piquant de constater que — contrairement à ce qu'affirme M. Jæger [2] — les valeurs de $B_{*m}$ et de $B_m$ peuvent être calculées *en quelques minutes*, sans avoir recours à sa théorie.

(*A suivre.*)

[1] *Op. cit.*, p. 216. Voici les données de cet exemple :

$L = \infty$ $\quad L' = 32$ m $\quad L'' = 408$ m
$\mu = \infty$ $\quad \mu' = 0{,}049$ s $\quad \mu'' = 0{,}623$ s
$a = a' = a'' = 1310$ m/s
$W_o = V_o = C_o = 6{,}03$ m/s $\quad Y_o = 35{,}48$ m
$\rho = \rho' = \rho'' = 1{,}36$
$\rho_* = \rho'_* = \rho''_* = 3{,}68$ $\quad H_o = 109{,}47$ m

[2] *Op. cit.*, p. 218.

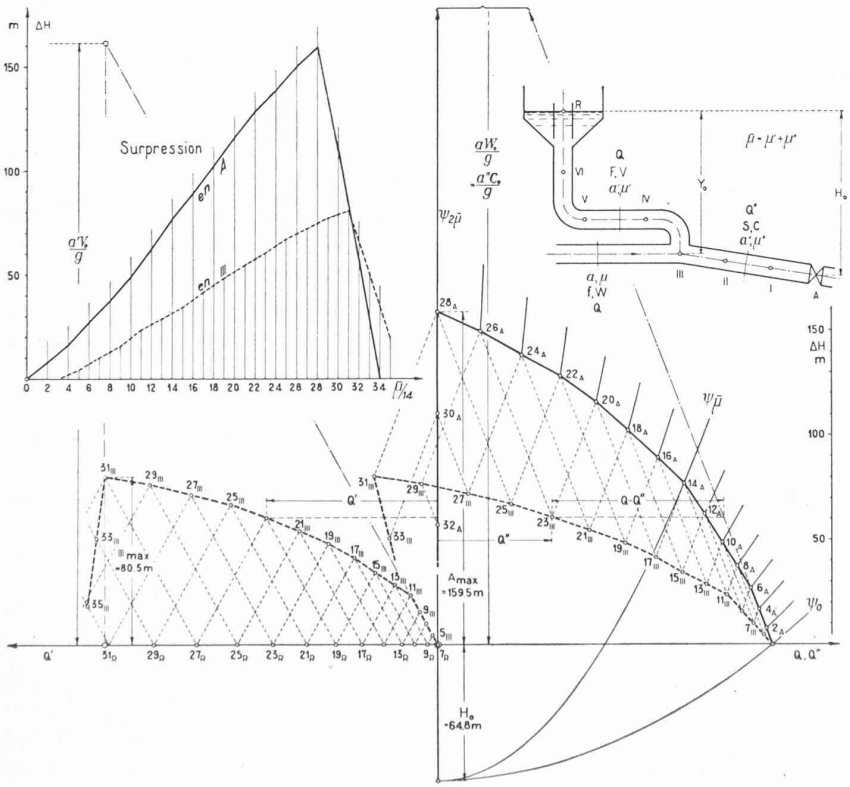


Fig. 4. — Chambre étroite, *fermée* en une seconde *par une vanne de sûreté.*

# L'emploi du plomb pour l'insonorisation.

Depuis pas mal de temps déjà, les Américains utilisent, sur une assez grande échelle, le plomb dans les divers problèmes d'insonorisation qui se présentent à eux, et plus particulièrement dans les fondations antivibratiles des machines bruyantes.

Sans vouloir répéter les lois bien connues de la transmission des sons, nous croyons néanmoins nécessaire de rappeler quelques principes élémentaires.

Le son qui frappe une paroi est en partie absorbé par la paroi elle-même, en partie réfléchi à sa surface et la partie restante est transmise à travers la paroi.

Les cas extrêmes sont constitués par une paroi très poreuse, qui absorbe, et ne réfléchit pas, et par une paroi très lisse qui réfléchit et n'absorbe pas.

Le plomb se classe parmi les parois absorbant très peu et réfléchissant beaucoup. Contrairement à la plupart des métaux communs, son manque d'élasticité est tel que la feuille de plomb ne vibre pas sous l'impulsion d'un choc sonore et qu'il n'y a pas, en conséquence, de vibrations secondaires émises.

Il est bien évident que, si l'on associe au plomb un matériau poreux, bon absorbant, on aura un résultat remarquable, puisque le son non absorbé sera réfléchi par le plomb, ou encore le son qui aurait pu passer à travers le plomb sera absorbé par le matériau poreux, et, d'une façon générale, il y aura une série d'absorptions et de réflexions successives qui étoufferont complètement le son.

C'est pourquoi les Américains ont employé si souvent dans leurs fondations l'association amiante-plomb.

D'autre part, de la série d'expériences auxquelles se sont livrés de nombreux chercheurs sur une série de matériaux, il résulte que la réduction du son dépend de la masse des matériaux (donc de leur nature et de leur épaisseur), ainsi d'ailleurs que de la hauteur du son.

Le plomb était donc *a priori* un matériau intéressant, et c'est ce que divers expérimentateurs ont confirmé, ainsi que le montrent les chiffres donnés par Berger et Sabine.

Le Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris, sous la direction de M. Cellerier, et sous le patronage du « Touring-Club de France », a examiné une série considérable de matériaux isolants ou de matériaux courants. Il était donc intéressant de savoir

[1] A l'exception toutefois de la fermeture en 5 sec., pour laquelle la surpression à l'obturateur est de 55,3 % ; l'indication 0,533 de M. Jæger est sans doute une faute d'impression.

[2] *Op. cit.*, p. 220, lignes 4 et 5.

dans quelle catégorie le plomb en feuilles assez minces se placerait, d'autant plus que les diverses méthodes de mesure ne donnent pas de résultast comparables, soit par suite du mode opératoire lui-même, soit par suite des dimensions des panneaux essayés, toute extrapolation étant sujette à caution dans cet ordre d'idées.

Il a donc paru nécessaire de faire exécuter sur l'appareil de M. Cellerier des expériences sur des feuilles de plomb de 50 cm sur 50 cm et de 1 et 2 mm. d'épaisseur. Les résultats de ces expériences exécutées avec des fréquences différentes et des intensités différentes sont exprimés en *décibels*.

L'unité *décibel* est bien connue ; d'ailleurs, sa définition mathématique importe peu dans la pratique courante.

Il nous paraît, par contre, intéressant pour l'usager de savoir à quoi correspond le décibel, au point de vue des bruits que nous connaissons et sommes à même de contrôler chaque jour.

Aussi, nous donnons ci-dessous le tableau de correspondance des bruits connus et des décibels :

| | | Décibels | |
|---|---|---|---|
| Bruits gênants pour le travail. | Insupportable. | 120 | Valeur limite supportée par l'oreille. |
| | | 110 | Motocyclette, échappement libre. |
| Bruits gênants pour le repos. | Très bruyant . | 100 | Rivetage. |
| | | 90 | Marteaux pneumatiques. |
| | | 80 | Wagon de métro. Maximum de circulation à Berlin. |
| | Bruyant..... | 70 | Une rue de Londres ou de Berlin à circulation moyenne. Machine à écrire. |
| | | 60 | Wagon de chemin de fer. Aspirateur non silencieux. |
| | Moyen ..... | 50 | Conversation ordinaire. |
| | | 40 | Appartement insuffisamment clos dans une rue passante à Paris. |
| | Tranquille ... | 30 | Bruits dans une rue tranquille. |
| | | 20 | Conversation à voix très modérée. |
| Très tranquille ... | | 10 | Appartement bien clos sur rue tranquille, à Paris. |
| | | 0 | Seuil d'audibilité. |

Enfin, d'après des personnes autorisées, on admet que le pouvoir réducteur de transmission du son doit donner au minimum un affaiblissement :

Pour les murs extérieurs de . . . . . 60-70 décibels
Pour les cloisons . . . . . 30-40 »
Pour les planchers . . . . . 50-60 »

Autrement dit, dans une rue à circulation moyenne, on demande que le bruit dans l'appartement passe de 70 à 10 décibels, ce qui donne la possibilité de repos complet.

Ces quelques explications préliminaires permettent de situer les expériences dans leur cadre véritable.

**Essais de transmission du son à travers une feuille de plomb de 1 mm. d'épaisseur, éxécutés au Conservatoire des Arts et Métiers, le 1er décembre 1934.**

| Fréquence. | Intensité de la source sonore. | $\sigma = \left(\frac{i}{I}\right)^2$ | Affaiblissement, en décibels. |
|---|---|---|---|
| 128 | Faible. | 0,00080 | — 31 |
| | Moyenne. | 0,00080 | — 31 |
| | Forte. | 0,00075 | — 32 |
| 435 | Faible. | 0,00020 | — 37 |
| | Moyenne. | 0,00020 | — 37 |
| | Forte. | 0,00020 | — 37 |
| 768 | Faible. | 0,00027 | — 36 |
| | Moyenne. | 0,00025 | — 36 |
| | Forte. | 0,00023 | — 36 |

**Essais de transmission du son à travers une feuille de plomb de 2 mm. d'épaisseur, exécutés au Conservatoire des Arts et Métiers, le 1er décembre 1934.**

| Fréquence. | Intensité de la source sonore. | $\sigma = \left(\frac{i}{I}\right)^2$ | Affaiblissement, en décibels, |
|---|---|---|---|
| 128 | Faible. | 0,00020 | — 37 |
| | Moyenne. | 0,00016 | — 37 |
| | Forte. | 0,00018 | — 37 |
| 435 | Faible. | 0,00017 | — 37 |
| | Moyenne. | 0,00015 | — 37 |
| | Forte. | 0,00015 | — 37 |
| 768 | Faible. | 0,000060 | — 42 |
| | Moyenne. | 0,000050 | — 43 |
| | Forte | 0,000046 | — 43 |

**Essais de transmission du son à travers une feuille de plomb de 23/100 de mm. d'épaisseur. exécutés au Conservatoire des Arts et Métiers, le 21 mars 1935.**

| Fréquence. | Affaiblissement, en décibels. |
|---|---|
| 435 | — 25 |

L'affaiblissement correspondant $n$ du son en décibels a été obtenu à l'aide de la formule :

$$n = 10 \log. \sigma ;$$

dans laquelle :

$$\sigma = \left(\frac{i}{I}\right)^2 ;$$

$i$ représente l'intensité du courant microphonique après passage au travers du matériau ;

$I$ représente l'intensité du courant microphonique sans l'interposition du matériau.

Il résulte immédiatement de ces tableaux que le plomb en feuille, de 1 ou 2 mm, rentre dans la catégorie dite n° 1, des matériaux essayés au Conservatoire sous les auspices du « Touring-Club de France », cette catégorie comprenant les matériaux dits insonores, dont le $\sigma$ était plus petit que 0,002 et l'affaiblissement, en décibels, plus petit que 27.

D'après le résultat de ces expériences, comment se classe donc le plomb en feuilles vis-à-vis des autres matériaux de construction ?

Nous nous garderons bien de vouloir donner un classement précis, puisque se trouvent en présence des matériaux presque uniquement absorbants et des matériaux presque uniquement réfléchissants. D'autre part, répétons que, dans la pratique courante, le résultat donné par une cloison de 2,50 m de haut et de 4 m de long, encastrée dans le plancher et le plafond, est souvent très différent de celui obtenu sur la plaque de 50 cm × 50 cm. La cloison peut vibrer et entrer en résonance, tandis qu'il n'en est pas de même pour les plaques de petites dimensions.

Il faut donc se garder de faire des comparaisons trop absolues : on se rappellera néanmoins que la feuille de plomb est sans élasticité aucune et qu'elle ne vibrera pas, ce qui est un sérieux avantage.

Ces réserves étant faites, nous avons extrait des expériences de M. Cellerier les tableaux suivants :

| | Epaisseur en mm. | Affaibl. moyen, en décibels. |
|---|---|---|
| *Quelques matériaux de deuxième catégorie :* | | |
| Aggloméré de liège sans agglutinant . . . . | 50 | 8,6 |
| Béton ponce . . . . . | 84 | 15 |
| Varech . . . . . | 33 | 19,3 |
| Liège aggloméré pur . . . . . | 51 | 26,6 |

| | Epaisseur en mm. | Affaibl moyen, en décibels. |
|---|---|---|
| *Quelques matériaux de première catégorie :* | | |
| Panneau fibreux laine minérale, banroc et tôle perforée | 64 | 27 |
| Béton dit cellulaire | 48 | 32,3 |
| Béton dit cellulaire | 100 | 35,6 |
| Fibres végétales imprégnées de ciment magnésien, enduites de ciment sur les deux faces | 120 | 36 |
| Fibres de bois imprégnées de ciment magnésien, enduites de plâtre des deux côtés | 137 | 36,7 |
| Liège aggloméré enduit de plâtre des deux côtés | 76 | 37,4 |
| Agglomérés de ciment et de ponce de couleur grisâtre | 32 | 38 |
| Agglomérés de ciment et de ponce de couleur grisâtre | 52 | 39,3 |
| Agglomérés de ciment et de ponce de couleur grisâtre | 82 | 44,6 |
| *Quelques matériaux de construction ordinaires :* | | |
| Chêne | 22 | 33,5 |
| Carreau de plâtre | 54 | 33,5 |
| Briques pleines avec enduit de plâtre de 1 cm sur chaque face | 80 | 36,4 |
| Carreau de plâtre | 60 | 38 |
| Briques creuses de 8 cm hourdées au plâtre (1 cm enduit de plâtre sur chaque face) | 100 | 41,7 |
| Béton avec enduit de plâtre de 1 cm sur chaque face | 60 | 43 |
| *Feuilles de plomb :* | | |
| Epaisseur 1 mm | 1 | 35 |
| Epaisseur 2 mm | 2 | 39 |

Le « Bureau of Standards » américain a fait, il y a quelques années, une série de mesures sur de véritables cloisons construites avec les matériaux les plus divers.

Le document que nous avons en main ne spécifie pas dans chaque cas et d'une façon exacte les épaisseurs de cloison, ni les épaisseurs d'enduits ; d'autre part, les matériaux : briques, plâtre, etc., n'ont pas des compositions identiques à celles des matériaux français. Comme il est facile de remarquer, même parmi des matériaux français en apparence identiques, des différences considérables d'affaiblissement du son suivant leurs diverses provenances, il est impossible de faire des comparaisons entre les expériences françaises et américaines.

Les expériences ayant porté sur des feuilles de plomb ont donné les résultats suivants :

| | Epaisseur en mm | Facteur de réduction aux fréquences suivantes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | Moyenne |
| Feuille de plomb | 3,17 | 31 | 27,2 | 37,5 | 43,8 | 32,6 | 34,4 |
| Feuille de plomb | 1,58 | 31,8 | 33,2 | 32 | 32,1 | 32,5 | 32 |

ce qui montre que les chiffres sont du même ordre de grandeur que dans les expériences françaises.

On peut déduire de ces mesures et de l'examen de ces tableaux que le plomb, sous une épaisseur très réduite, donne un affaiblissement de transmission du son qui n'est donné par d'autres matériaux que sous des épaisseurs beaucoup plus considérables.

Enfin, on conçoit que, par la combinaison du plomb réfléchissant avec un matériau absorbant, on pourra arriver à la création de panneaux réellement insonores.

L'application du plomb sur un mur, qui par lui-même a déjà absorbé une bonne partie du bruit extérieur, permettra d'arriver à une insonorisation totale de la pièce.

Si le bruit qui pénètre est de l'ordre de 40 décibels, l'application d'une feuille de plomb de 1 mm d'épaisseur permettra de ramener le bruit à l'intérieur de la pièce à 10 décibels, ce qui correspond à une insonorité quasi totale.

Ces combinaisons de matériaux absorbants et de plomb ont, nous l'avons déjà dit, été très employées en Amérique.

Voici quelques exemples typiques choisis dans diverses industries et d'une réalisation récente.

1. *Salle Pleyel (Paris).* — Ci-contre, la coupe de la salle Pleyel, sur laquelle on remarque que le mur de refend situé entre la salle Debussy et la salle Chopin supporte le plancher

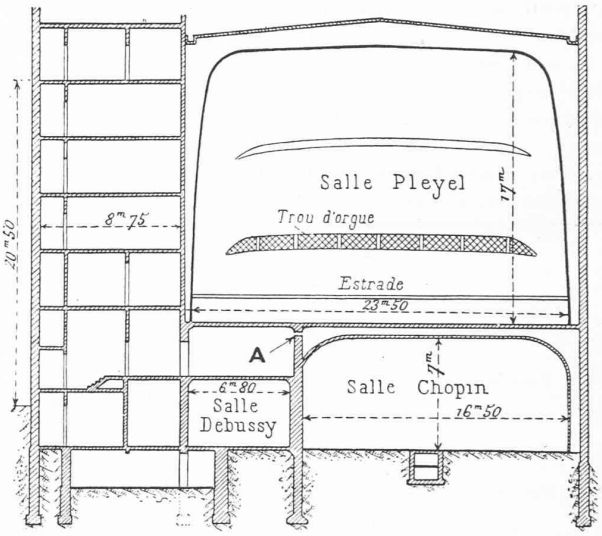


Fig. 1. — Coupe de la salle Pleyel.

de la salle Pleyel. Il est bien évident que, dans ces conditions, imposées par des considérations constructives, les trois salles étaient en communication acoustique, ce qui aurait pu être déplorable. Aussi fut-il interposé, dans le mur de refend, trois feuilles de plomb de 2 mm et deux feuilles d'amiante de 5 mm intercalées, comme l'indique le croquis ci-dessous. (Fig. 2.)

Ce système était à la fois un isolant acoustique parfait, s'opposant à toute transmission de son entre les trois salles, et, en même temps, permettait de supporter une pression assez élevée, ce que n'aurait pu faire un matériau du type organique par exemple. Ce dispositif donne toute satisfaction.

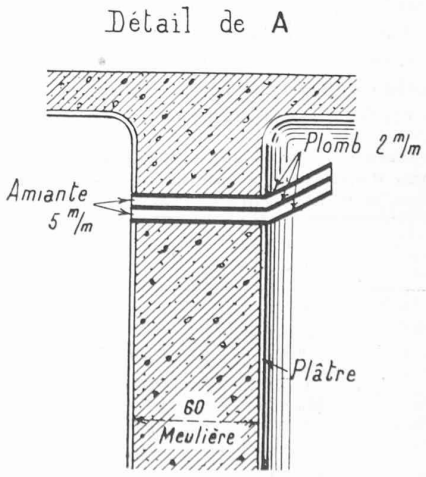


Fig. 2.

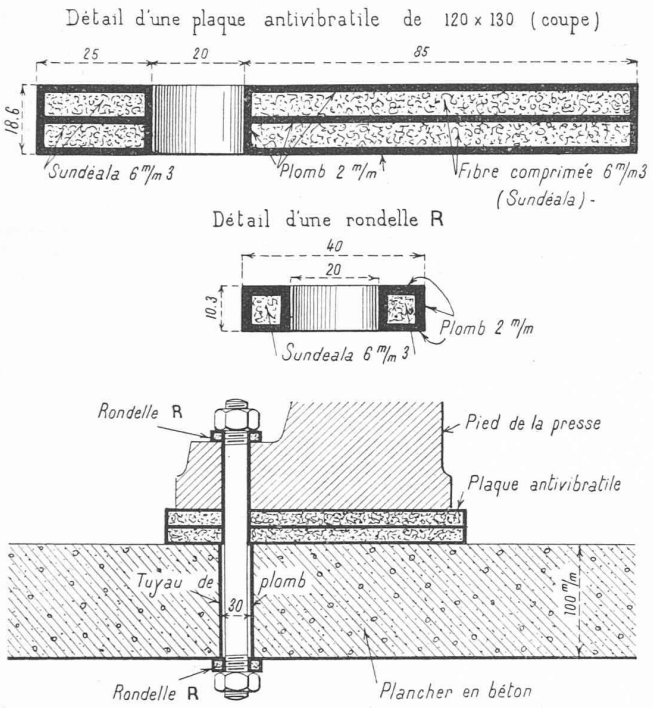


Fig. 3: — Détail de l'isolement au plomb d'une presse à découper, par plaques antivibratiles au plomb.

2. *Presses à découper (Paris).* — Des presses à découper situées dans une usine du XVe arrondissement provoquaient, de la part des locataires d'un immeuble contigu, des réclamations incessantes. L'interposition de plaques composées d'un matériau organique absorbant, en l'espèce de la fibre de bois (Sundeala) et de la feuille de plomb de 2 mm, sous la forme indiquée par le croquis fig. 3, a permis d'amortir toutes les vibrations et chocs qui ne se transmettent plus à la maison contiguë. Le résultat cherché a donc été atteint dans ce cas difficile et bien typique.

On remarquera sur le dessin la précaution indispensable de l'interposition du tube de plomb pour isoler le boulon de fondation du plancher support de la presse. Si ce tube n'avait pas été mis, l'interposition de la plaque antivibratile eût

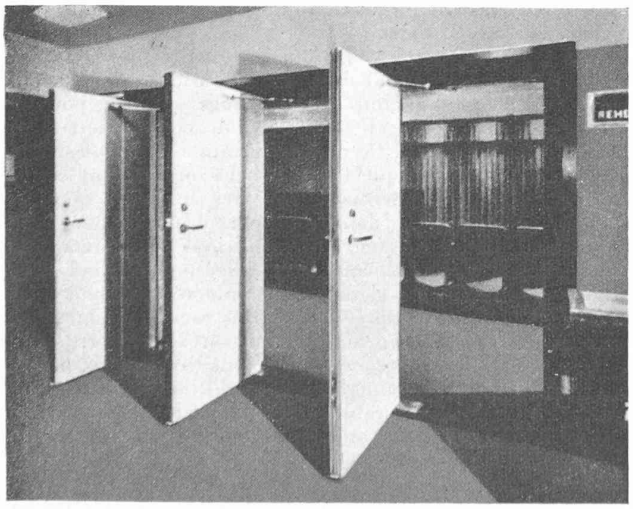

Fig. 4. — Portes du National Broadcasting de New York, isolées acoustiquement au moyen de feuilles de plomb.

été inutile, puisque les vibrations du pied de la presse se seraient transmises par le boulon au béton lui-même.

Ce principe est fort intéressant, lorsqu'il s'agit de machine à laver, dont les lessives caustiques bouillantes sont corrosives pour le caoutchouc, le liège, la plupart des ciments, et vis-à-vis desquelles le plomb reste neutre.

3. *Isolation acoustique d'un studio de T. S. F. (New York).* — Au « National Broadcasting », dans le Centre Rockfeller, à New York, on a eu l'obligation de rendre les portes des studios d'auditorium absolument insonores. (Fig. 4.)

Ces portes ont été constituées par deux feuilles de plomb de 1,58 mm intercalées entre trois panneaux de pin blanc d'Amérique.

Ces portes mesurent 0,91 m × 1,97 m et sont, bien entendu, complétées par des dispositifs de fermeture étanche avec double cordon de caoutchouc.

Ces portes, au nombre de 112, donnent un affaiblissement de son égal à 39,85 décibels, ce qui est considérable.

J. Mahul.
*Ingénieur E. C. P.*

# Consolidation de barrages par tirants métalliques mis en tension.

Certains événements vinrent attirer l'attention, en 1927, sur la situation du barrage, en maçonnerie de moëllons, des Cheurfas, en Algérie, qui fut jugée critique. Les principaux dangers reconnus étaient la maigreur du profil (le parement amont travaillait à l'extension avant que le plan d'eau dépasse la cote normale de retenue), l'insuffisance du déversoir, la faiblesse des ancrages, le manque d'étanchéité des berges et l'affouillement du pied aval. (Fig. 1.)

Une fois prises certaines mesures d'urgence — abaissement de 2 m de la cote de retenue et allongement du déversoir à toute la longueur possible — un programme général de reconnaissance et de renforcement fut élaboré dont l'exécution est d'ores et déjà très avancée.

Dans le cahier VIII (août 1935) des *Annales des ponts et chaussées*, M. *Drouhin* décrit « le moyen employé pour parer à l'insuffisance du profil, à l'exclusion de tous autres travaux confortatifs ».

La méthode très élégante retenue, dit-il, avait été préconisée par M. *Coyne*. Elle constitue une application de ce que *Rabut* a appelé la « synthèse statique des constructions » et consiste à charger verticalement la crête du barrage au moyen d'une masse empruntée aux terrains de fondation. Dans ce but, des forages sont percés à travers la maçonnerie du barrage et s'enfoncent profondément dans le terrain d'appui. On met en place dans chacun de ces forages un câble métallique que l'on scelle à la partie inférieure, dans le terrain, par injection de coulis de ciment. Au-dessus du scellement, le câble est mécaniquement isolé du terrain, puis de la maçonnerie, par une matière plastique interposée. La partie haute du tirant est prise dans une tête d'amarre en béton armé et fretté, grâce à laquelle s'effectue la mise en tension. Celle-ci est obtenue au moyen de vérins hydrauliques placés entre la crête et la partie inférieure de la tête d'amarre. Une fois la mise en tension effectuée, on fait reposer la tête sur des cales qui se substituent définitivement aux vérins pour la transmission des efforts.

Dans le cas du barrage des Cheurfas le problème consistait à mettre en place tous les quatre mètres un tirant tendu à 1000 tonnes (250 tonnes de charge au mètre courant), la réalisation de ce dispositif devant permettre, non seulement le rétablissement de la cote de retenue normale à sa valeur primitive (229,00) mais encore une surélévation du plan d'eau pouvant atteindre 3 m (cote 232,00). (Fig. 2.)

*On trouvera dans la publication indiquée une description très claire et très instructive des moyens mis en œuvre pour appliquer*