

EXTRAIT

*Demande
par 43012
au SGAP*

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

-----0000000-----

STANDS DE TIR

-----0000000-----

INSTRUCTION TECHNIQUE

-----0000000-----

ÉDITION 1990

-----0000000-----

COPIE

*Permis le 15-5-92
par 436AD
24*

*Transmis
à 506AD
pour étude variante*

PLAN DE L'OUVRAGE

A - Instruction Générale	page 2 à 8
B - Ventilation	page 9 à 37
C - Isolation acoustique	page 38 à 42
D - Revêtements de sol Doublage des parois	page 43 à 47
E - Eclairage	page 48 à 57
F - Agencements spécifiques	page 58 à 63
- marquage au sol	page 60
- ciblerie	page 60
- pièges à balles	page 61

ANNEXES

Annexe I	Ventilation	page 1 à 8
Annexe II	Acoustique	page 9 à 27
Annexe III	Procédure d'essais et de tests d'évaluation des matériaux	page 28 à 32
Annexe IV	Protection phonique individuelle Etudes évaluatives et comparatives	page 33 à 37

C

ISOLATION ACOUSTIQUE

---==0000000==---

S O M M A I R E

I - GENERALITES

II - ISOLATION PAR RAPPORT AU VOISINAGE

III - ISOLATION INTERIEURE

IV - CONCLUSION

ISOLATION ACOUSTIQUE

I - GENERALITES :

L'isolation acoustique des stands de tir se décompose en 2 parties :

- La première concerne l'isolation par rapport au voisinage direct du stand des nuisances (bruit de ventilation et détonations) propre à la pratique du tir ;
- La seconde concerne l'isolation acoustique intérieure au stand devant atténuer dans des proportions sensibles la gêne occasionnée aux tireurs et aux moniteurs.

II - ISOLATION PAR RAPPORT AU VOISINAGE :

a) Implantation des stands de tir :

La limitation des nuisances sera d'autant plus effective si le concepteur choisit une implantation judicieuse du stand dans le site où la construction est prévue.

Dans le cas d'un stand inclus dans la construction (Hôtel de Police ou Commissariat de Police), il conviendra d'éviter de la placer à proximité de locaux recevant du public, de bureaux et toutes autres locaux occupés de façon sédentaire.

Un emplacement à proximité des parkings, garage atelier ou encore de locaux occupés de façon intermittente (salle de sport, salle de cours) est recommandé.

S'agissant de la création d'un stand de tir indépendant de la construction envisagée (cas des CRS ou école de police), le risque de propagation des nuisances est diminué de façon sensible toutefois les remarques citées ci-dessus restent valables.

Enfin le concepteur veillera, dans les 2 cas de figure évoqués à tenir compte des vents dominants lors de l'implantation du stand ceci afin d'éviter que les rejets polluants et les bruits résiduels soient projetés directement vers des bureaux ou des habitations avoisinants.

b) Technique d'isolation :

Rappel de la loi de masse (voir annexe I).

On voit donc que l'indice d'affaiblissement acoustique R croît à raison de 12 db (A) pour une masse surfacique supérieure à 150 kg/m² alors que l'accroissement n'est que de 4 db (A) pour une masse inférieure à 150 kg/m².

./...

On trouvera en annexe 2 la liste des matériaux susceptibles d'atteindre les objectifs recherchés compte tenu des bruits d'émissions (voir annexe 3). Le complexe d'isolation acoustique intérieure participera bien entendu à l'affaiblissement acoustique complétant ainsi l'efficacité du matériau préconisé.

III - ISOLATION INTERIEURE :

a) Bruit d'émission :

Le niveau sonore moyen est de 130 db (maxi pour une fréquence voisine de 500 hz).

b) Traitement acoustique du local :

On cherchera par l'emploi des matériaux décrits à l'annexe 2 à obtenir une durée de réverbération aussi faible que possible, de l'ordre de 0,5 à 2 secondes.

En effet, aucune action n'étant possible sur la source même du bruit, le traitement des parois, des planchers haut et bas viseront à rendre le local aussi lourd que possible en diminuant de façon importante le niveau du bruit réverbéré.

c) Rappel de la durée de réverbération :

Temps nécessaire pour que la pression acoustique entretenue dans un local atteigne le 1/1000ème de sa valeur initiale lorsque l'on coupe brusquement la source du bruit, autrement dit c'est le temps mis par le niveau sonore pour diminuer 60 db lorsque l'on coupe la source du bruit.

d) Matériaux acoustiques utilisables :

3 types de matériaux sont recensés : les matériaux poreux, les diaphragmes et les résonateurs.

S'agissant des matériaux poreux : leur coefficient d'absorption est important aux fréquences élevées mais faible aux fréquences basses sauf en épaisseur importante (supérieur à 50 mm) voir annexe 4.

Les diaphragmes et les résonateurs sont opérants pour les basses fréquences néanmoins leur emploi est incompatible avec la destination du local.

L'Héraclite, permettant une absorption nette des impacts de balle en raison de sa rigidité, est opérante aux fréquences comprises entre 125 et 500 hz.

En ce cas les panneaux d'Héraclite doivent avoir 10 cm d'épaisseur. Par ailleurs, entre le mur en béton et le panneau d'Héraclite, on placera un panneau de laine minérale à haute densité (au moins 5 cm d'épaisseur).

./...

IV - CONCLUSION :

Le complexe acoustique défini plus haut paraît devoir assurer un confort minimum aux usagers du stand de tir. Toutefois, pour des raisons liées à la conception générale du bâtiment, le stand de tir se trouve en mitoyenneté avec des locaux tels que bureaux, hall du public, locaux d'audition, les matériaux isolants verront leurs épaisseurs augmenter.

NOTA :

Des matériaux complémentaires type mousse d'insonorisation peuvent être utilisés en sus, sous réserve qu'ils aient satisfait aux procédures d'agrément requises par la D.L.P. (Matériaux types MO ou M1 ne dégageant que des vapeurs peu toxiques à l'occasion d'une combustion forcée).

./...

A N N E X E I I

A C O U S T I Q U E

ANNEXE TECHNIQUE :

A

L O I D E M A S S E

LA LOI DE MASSE

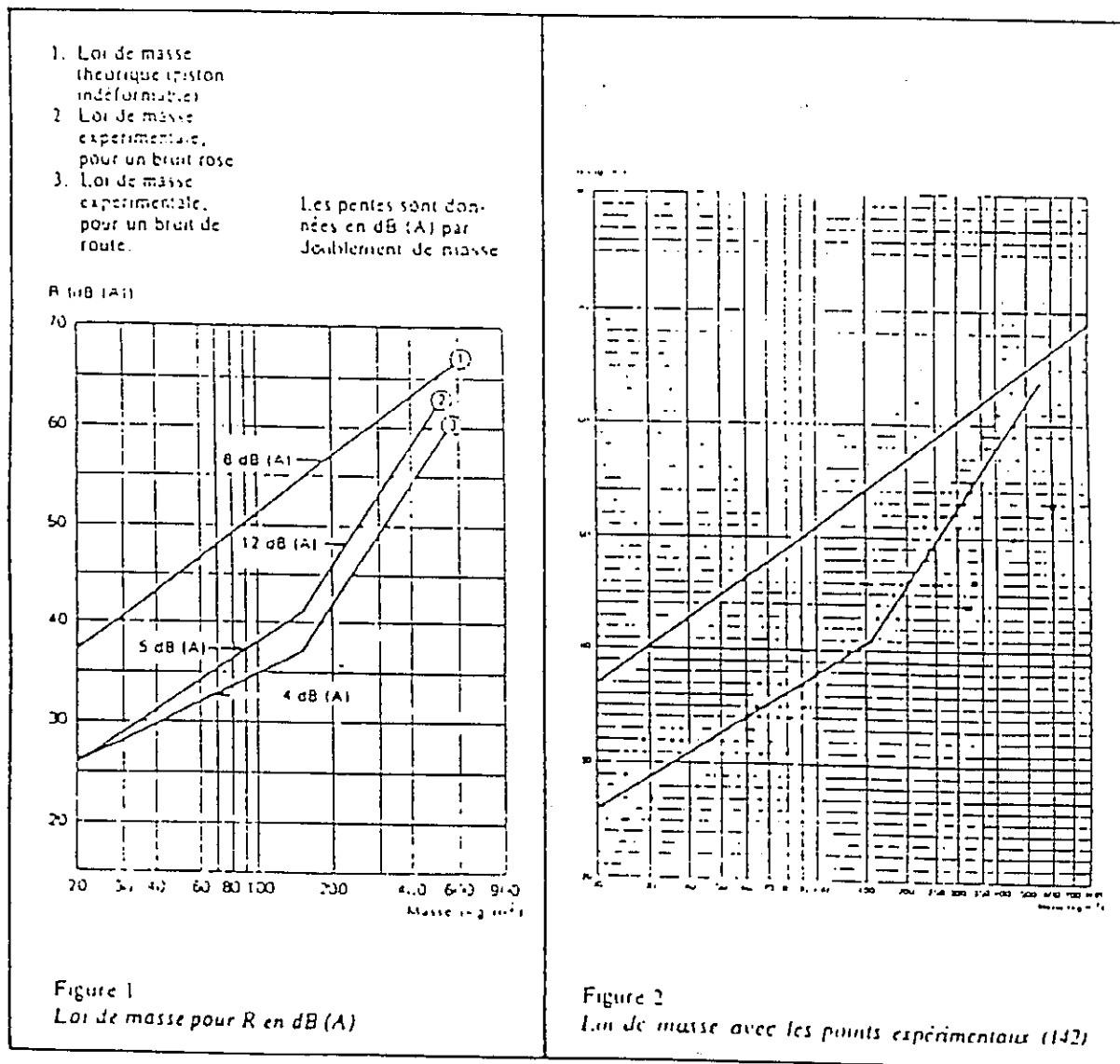
L'indice d'affaiblissement acoustique R d'une paroi simple, verticale ou horizontale, séparant deux champs acoustiques diffus, n'est, en première approximation, fonction que de la masse surfacique et de la fréquence. Exprimé en dB (A), l'indice R dépend alors de la masse surfacique et du spectre d'émission choisi.

La figure 1 montre les lois qui relient l'indice R exprimé en dB (A) et la masse surfacique en kg/m^2 , pour les deux spectres d'émission retenus. La brisure des droites pour la masse surfacique de 150 kg/m^2 est due à la corrélation implicite qui existe entre la masse et la rigidité d'une paroi, dans l'état actuel des techniques de construction.

Au-dessus d'une masse surfacique de 150 kg/m^2 , l'indice R croît à raison de 12 dB (A) par doublement de masse. En dessous de cette valeur la croissance est de 5 dB (A) par doublement lorsque l'indice R est calculé vis-à-vis d'un bruit rose et de 4 dB (A) vis-à-vis d'un bruit de trafic.

Ces lois sont expérimentales. Il est intéressant de montrer à la fois comment elles ont été obtenues et quelle précision on peut en attendre.

La figure 2 montre la loi de masse et les points expérimentaux (142) pour un spectre de bruit rose. Si on examine la validité de cette loi pour les parois homogènes seules, soit 60, on remarque que la moyenne de la différence $R_{\text{réel}} - R_{\text{loi}}$ est de 0,4 dB (A) et l'écart type de 2 dB (A). Pour l'ensemble des points, excepté les quatre points identifiés par un astérisque, la moyenne de cette différence est également de 0,4 dB (A) et l'écart type est alors de 2,2 dB (A).



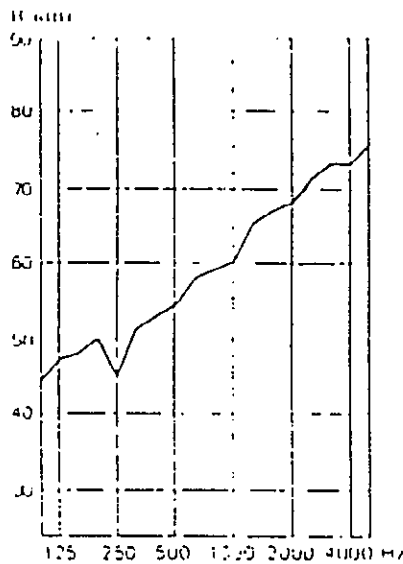
ANNEXE TECHNIQUE :

B

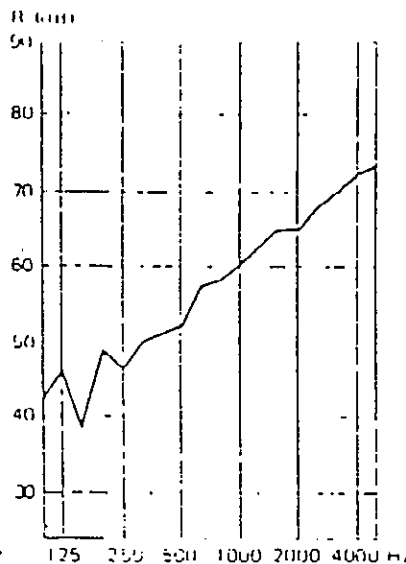
M U R S E T D O U B L A G E

V.4.a. MURS ET DOUBLAGES

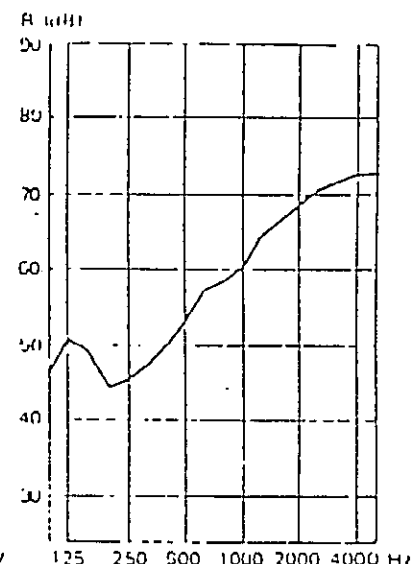
On présente le comportement de 9 murs simples, en béton normal, cellulaire ou d'agréats légers, en briques creuses et pleines et en parpaings de ciment creux et pleins. Les illustrations correspondant aux doublages ne concernent que des solutions capables de séparer deux logements, en respectant la réglementation.



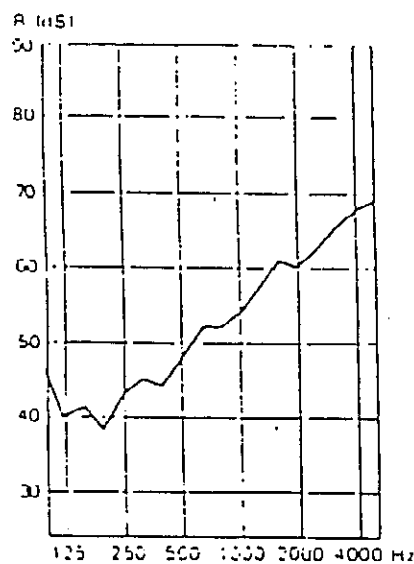
a) Mur homogène en béton
 $R_{0,10} = 54 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 240 kg/m^2
 Épaisseur : 160 mm
 Composition : béton de 160 mm



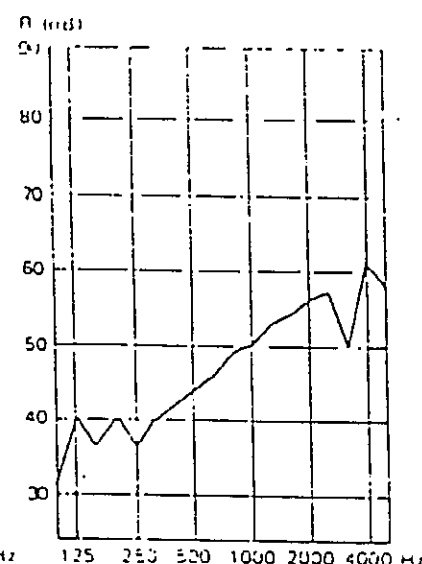
b) Mur de béton d'agréats légers
 $R_{0,10} = 57 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 330 kg/m^2
 Épaisseur : 205 mm
 Composition : béton d'argile expansée, sable de 250 mm, enduit plâtre une face



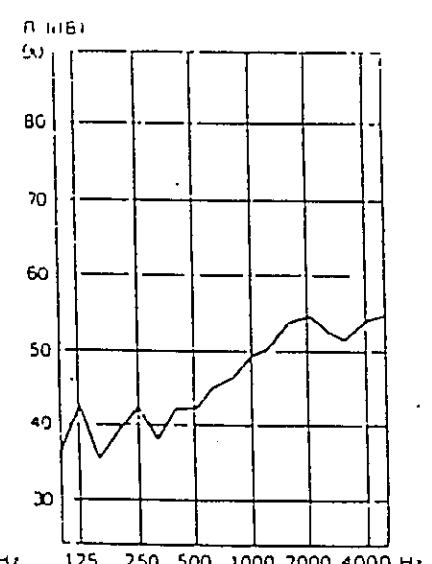
c) Mur de briques pleines
 $R_{0,10} = 57 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 480 kg/m^2
 Épaisseur : 250 mm
 Composition : briques pleines de 220 mm, enduites plâtre deux faces



d) Mur de parpaings pleins
 $R_{0,10} = 52 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 290 kg/m^2
 Épaisseur : 135 mm
 Composition : parpaings pleins de 125 mm, enduit plâtre une face

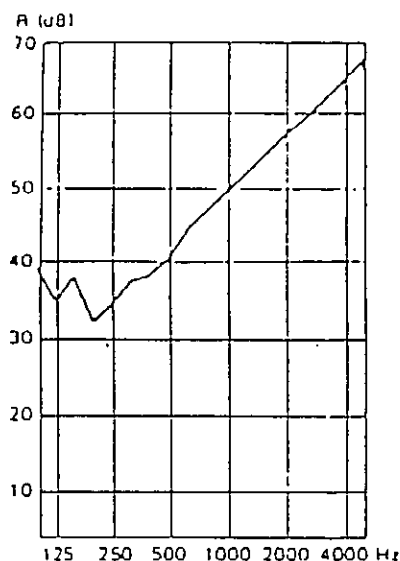


e) Mur de parpaings creux d'agréats légers
 $R_{0,10} = 49 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 230 kg/m^2
 Épaisseur : 160 mm
 Composition : blocs creux de béton de laitier expansé, monté au mortier et enduits plâtre deux faces

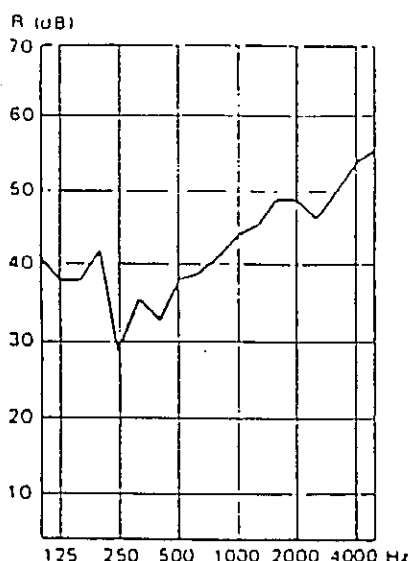


f) Mur de béton cellulaire
 $R_{0,10} = 47 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 200 kg/m^2
 Épaisseur : 260 mm
 Composition : blocs de béton pleins de 250 mm, montés au mortier-celle et enduits plâtre deux faces

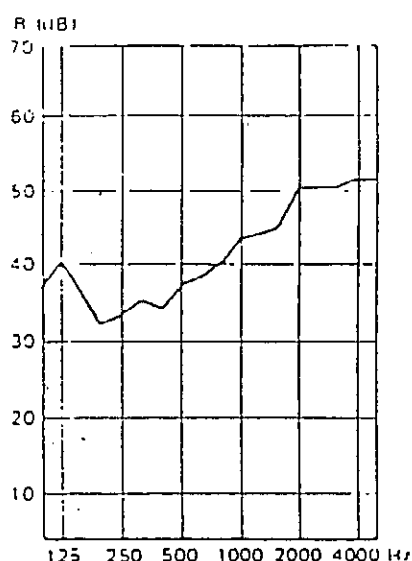
ACOUSTIQUE



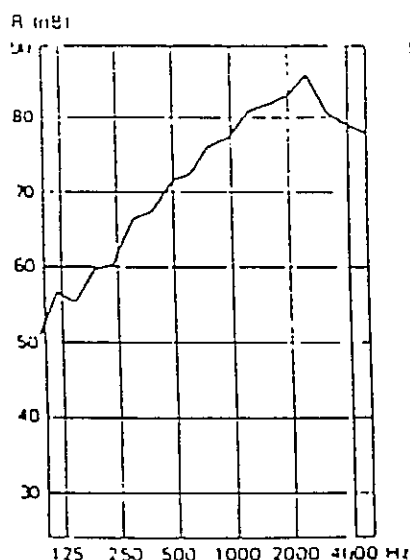
g) Mur homogène en béton
 $R_{1000} = 45$ dB (A)
 Masse surfacique : 200 kg/m²
 Épaisseur : 80 mm
 Composition : béton de 80 mm.



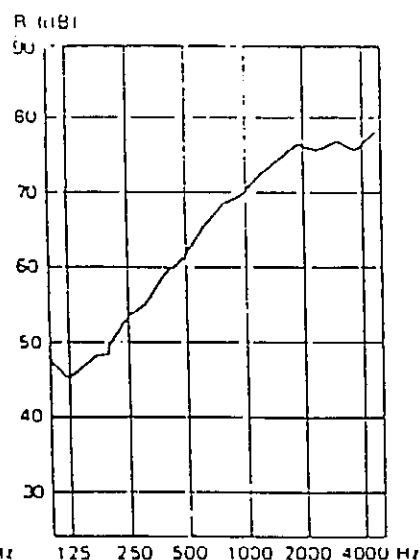
h) Mur de parpaings creux
 $R_{1000} = 42$ dB (A)
 Masse surfacique : 150 kg/m²
 Épaisseur : 110 mm
 Composition : parpaings creux de 100 mm, enduit une face



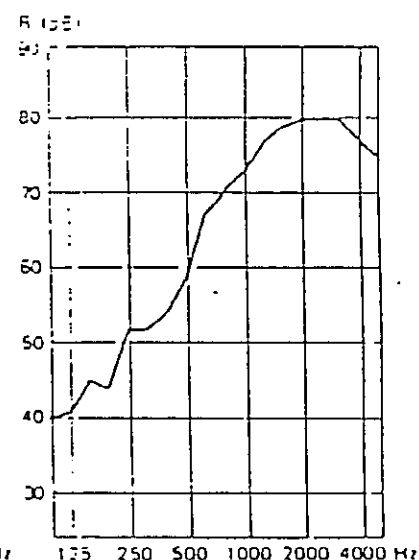
i) Mur de briques creuses
 $R_{1000} = 42$ dB (A)
 Masse surfacique : 200 kg/m²
 Épaisseur : 170 mm
 Composition : briques creuses de 140 mm, enduites plâtre des deux faces.



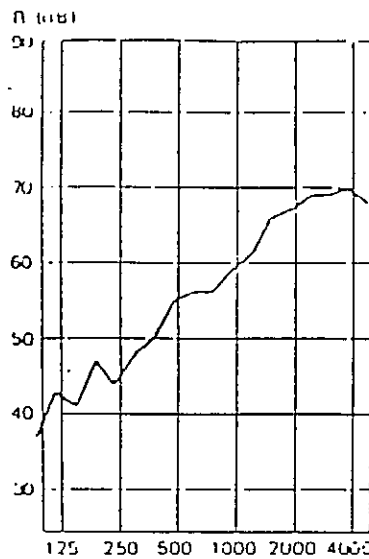
j) Mur lourd avec un doublage
 $R_{1000} = 71$ dB (A)
 Masse surfacique : 460 kg/m²
 Épaisseur : 210 mm
 Composition : parpaings pleins de 200 mm, enduits ciment deux faces et doublés d'un côté par une épaisseur de fibre minérale de 40 mm plus deux plaques de plâtre cartonées de 10 mm, séparées par un voile de verre de 3 mm.



k) Mur de parpaings pleins, avec un doublage
 $R_{1000} = 61$ dB (A)
 Masse surfacique : 290 kg/m² parpaing + 12 kg/m² doublage
 Épaisseur : 195 mm
 Composition : parpaings pleins de 125 mm, enduits plâtre une face et doublés de l'autre côté par une épaisseur de fibre minérale de 50 mm et d'une plaque de plâtre cartonée de 10 mm



l) Mur de parpaings creux, avec un doublage
 $R_{1000} = 59$ dB (A)
 Masse surfacique : 155 kg/m² parpaing + 10 kg/m² doublage
 Épaisseur : 150 mm
 Composition : parpaings creux de 100 mm, enduits plâtre une face et doublés d'une épaisseur de fibre minérale de 30 mm plus une plaque de plâtre cartonée de 10 mm.



m) Mur de briques creuses, avec un doublage

$R_{\text{tot}} = 56 \text{ dB (A)}$

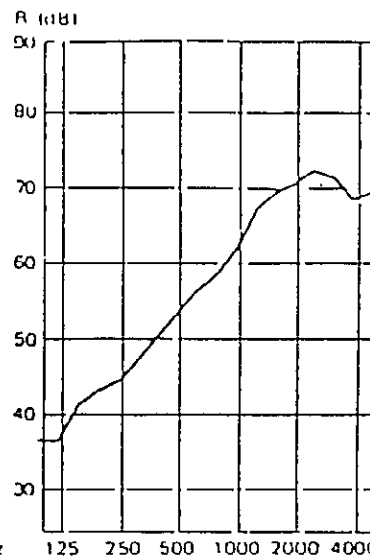
Masse surfacique :

115 kg/m^2 paroi

11 kg/m^2 doublage

Épaisseur : 190 mm

Composition : briques creuses de 100 mm, enduites plâtre une face et doublées par une épaisseur de fibre minérale de 70 mm plus une plaque de plâtre cartonnée de 10 mm



n) Mur de carreaux de plâtre, avec un doublage

$R_{\text{tot}} = 55 \text{ dB (A)}$

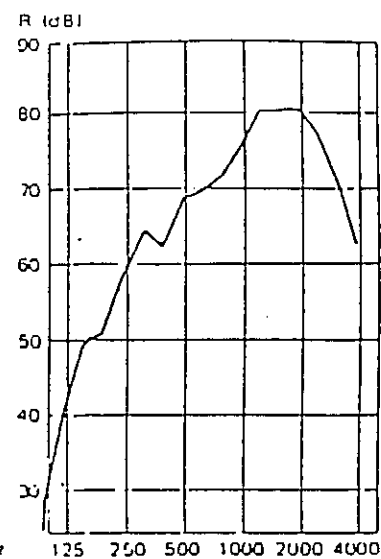
Masse surfacique :

100 kg/m^2 paroi

11 kg/m^2 doublage

Épaisseur : 180 mm

Composition : carreaux de plâtre de 100 mm doublés par une épaisseur de fibre minérale de 70 mm plus une plaque de plâtre cartonnée de 10 mm



o) Mur de carreaux de plâtre, avec deux doublages

$R_{\text{tot}} = 55 \text{ dB (A)}$

Masse surfacique :

43 kg/m^2 paroi

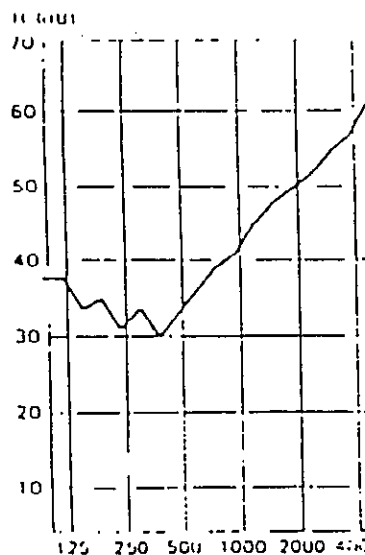
24 kg/m^2 doublage

Épaisseur : 170 mm

Composition : carreaux de plâtre de 50 mm doublés d'un côté par une épaisseur de fibre minérale de 70 mm plus une plaque de plâtre cartonnée de 10 mm, de l'autre côté par une épaisseur de fibre minérale de 30 mm plus une plaque de plâtre cartonnée de 10 mm.

V.4.b. LES CLOISONS

On trouvera ici les cloisons classiques prévues pour séparer des pièces à l'intérieur d'un même logement, par exemple. Toutefois, la majorité des exemples concernent des doubles cloisons constituées d'éléments légers et préfabriqués qui permettent l'obtention de résultats remarquables, tels que un indice R de 70 dB (A) pour une masse surfacique de 70 kg/m^2 .



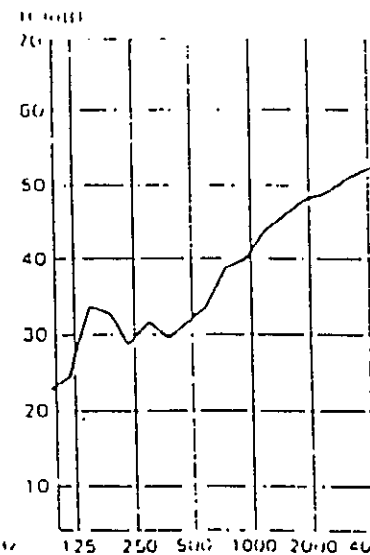
a) Cloison de carreaux de plâtre

$R_{\text{tot}} = 39 \text{ dB (A)}$

Masse surfacique : 110 kg/m^2

Épaisseur : 100 mm

Composition : carreaux de plâtre pleins



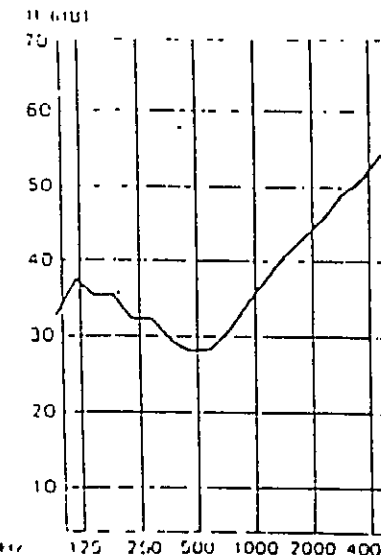
b) Cloison de béton cellulaire

$R_{\text{tot}} = 37 \text{ dB (A)}$

Masse surfacique : 100 kg/m^2

Épaisseur : 110 mm

Composition : béton cellulaire de 100 mm, enduit plâtre deux faces.



c) Cloison de carreaux de plâtre

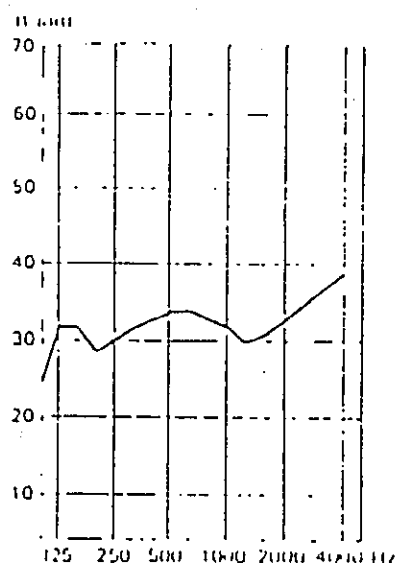
$R_{\text{tot}} = 35 \text{ dB (A)}$

Masse surfacique : 65 kg/m^2

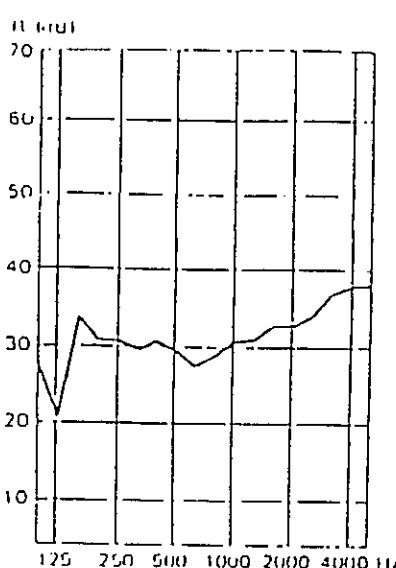
Épaisseur : 60 mm

Composition : carreaux de plâtre pleins.

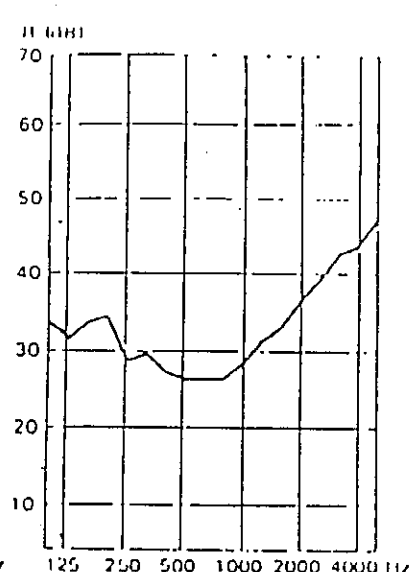
ACOUSTIQUE



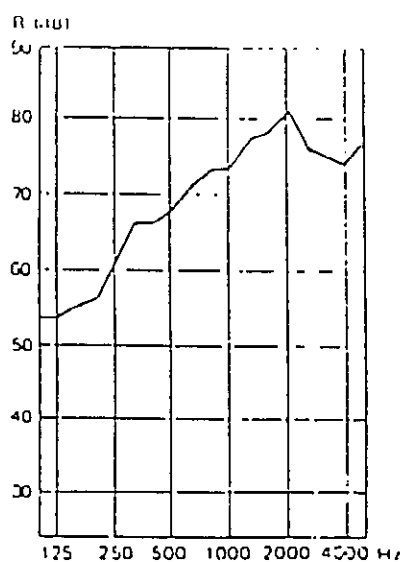
d) Cloison de particules de bois
 $R_{\text{moy}} = 32 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 35 kg/m^2
 Epaisseur : 50 mm
 Composition : panneau de particules de bois de 40 mm, maintenu par deux parements minéraux de 5 mm



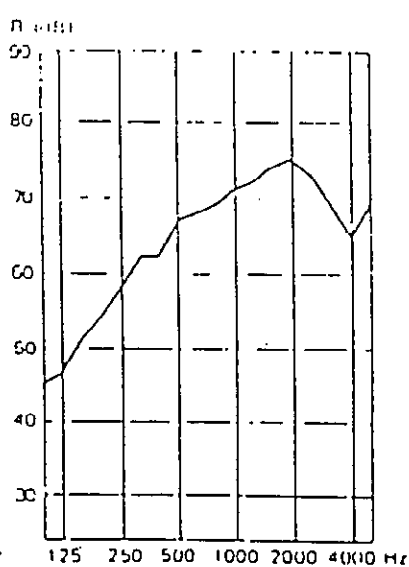
e) Cloison de briques
 $R_{\text{moy}} = 31 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 60 kg/m^2
 Epaisseur : 70 mm
 Composition : briques plâtrières de 50 mm, enduites plâtre deux faces



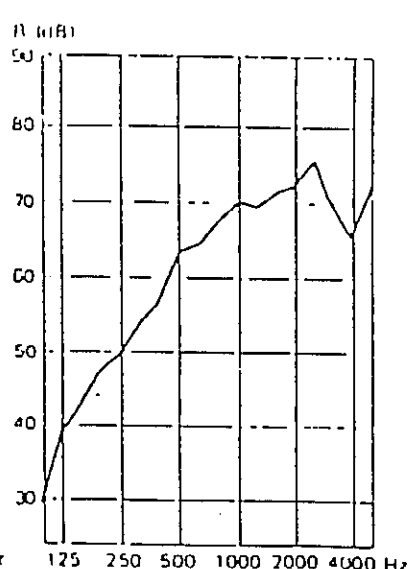
f) Cloison en carreaux de plâtre creux
 $R_{\text{moy}} = 31 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 60 kg/m^2
 Epaisseur : 60 mm
 Composition : panneaux de plâtre hauteur d'étagage de 60 mm à tributaires verticales de 30 mm de diamètre.



g) Double cloison en plaques de plâtre
 $R_{\text{moy}} = 70 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 70 kg/m^2
 Epaisseur : 300 mm
 Composition : trois plaques de plâtre de 15 mm, un espace d'air amorti de 215 mm, trois plaques de plâtre de 10 mm, double ossature métallique.



h) Double cloison en plaques de plâtre
 $R_{\text{moy}} = 65 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 60 kg/m^2
 Epaisseur : 160 mm
 Composition : trois plaques de plâtre cartonnées de 10 mm, fibre minérale de 100 mm, trois plaques de plâtre cartonnées de 10 mm, ossature métallique.



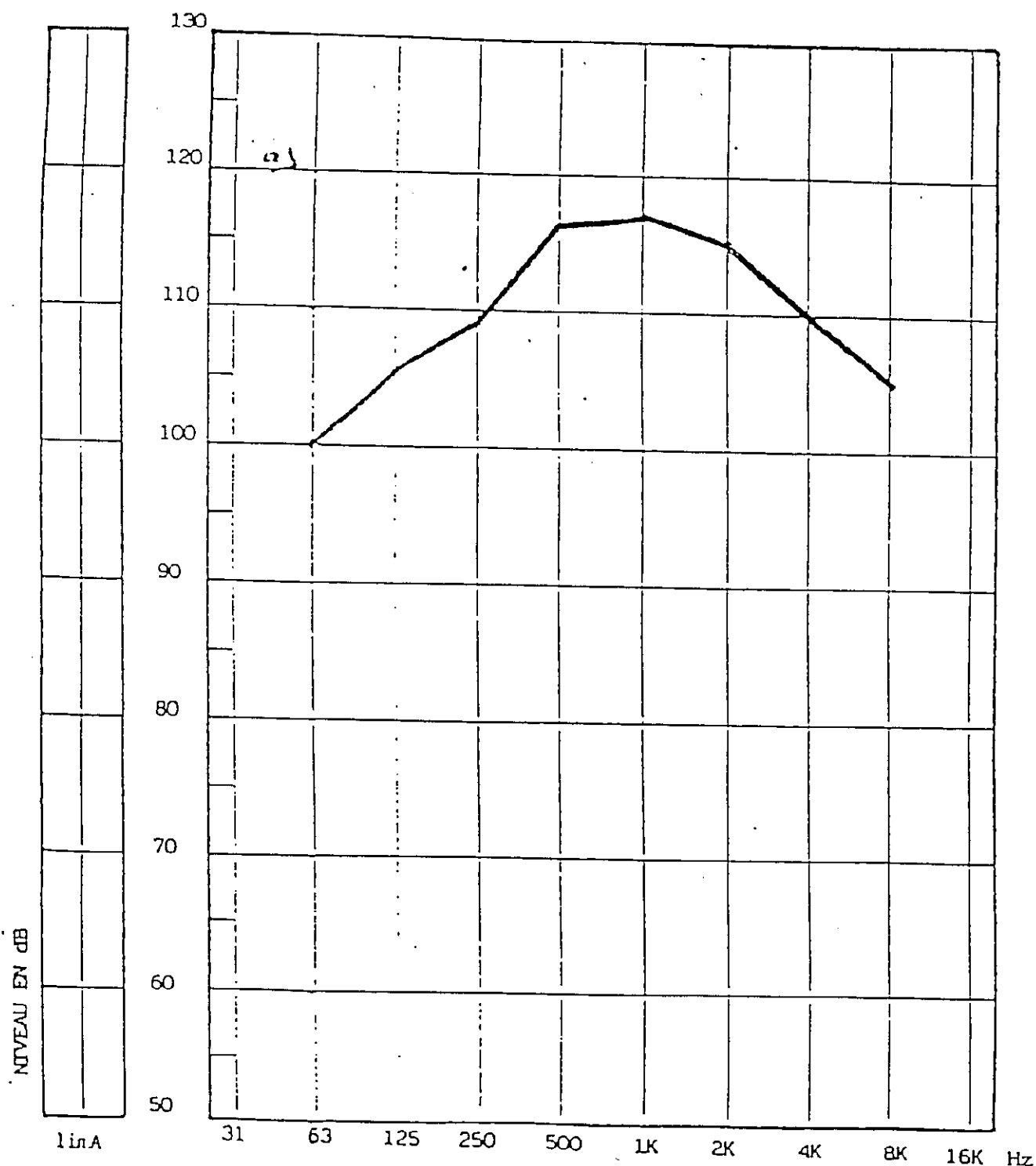
i) Double cloison en plaques d'amiante-ciment
 $R_{\text{moy}} = 56 \text{ dB (A)}$
 Masse surfacique : 30 kg/m^2
 Epaisseur : 200 mm
 Composition : deux plaques d'amiante-ciment de 5 mm espacées par une lame d'air amortie de 190 mm ossature métallique.

ANNEXE TECHNIQUE :

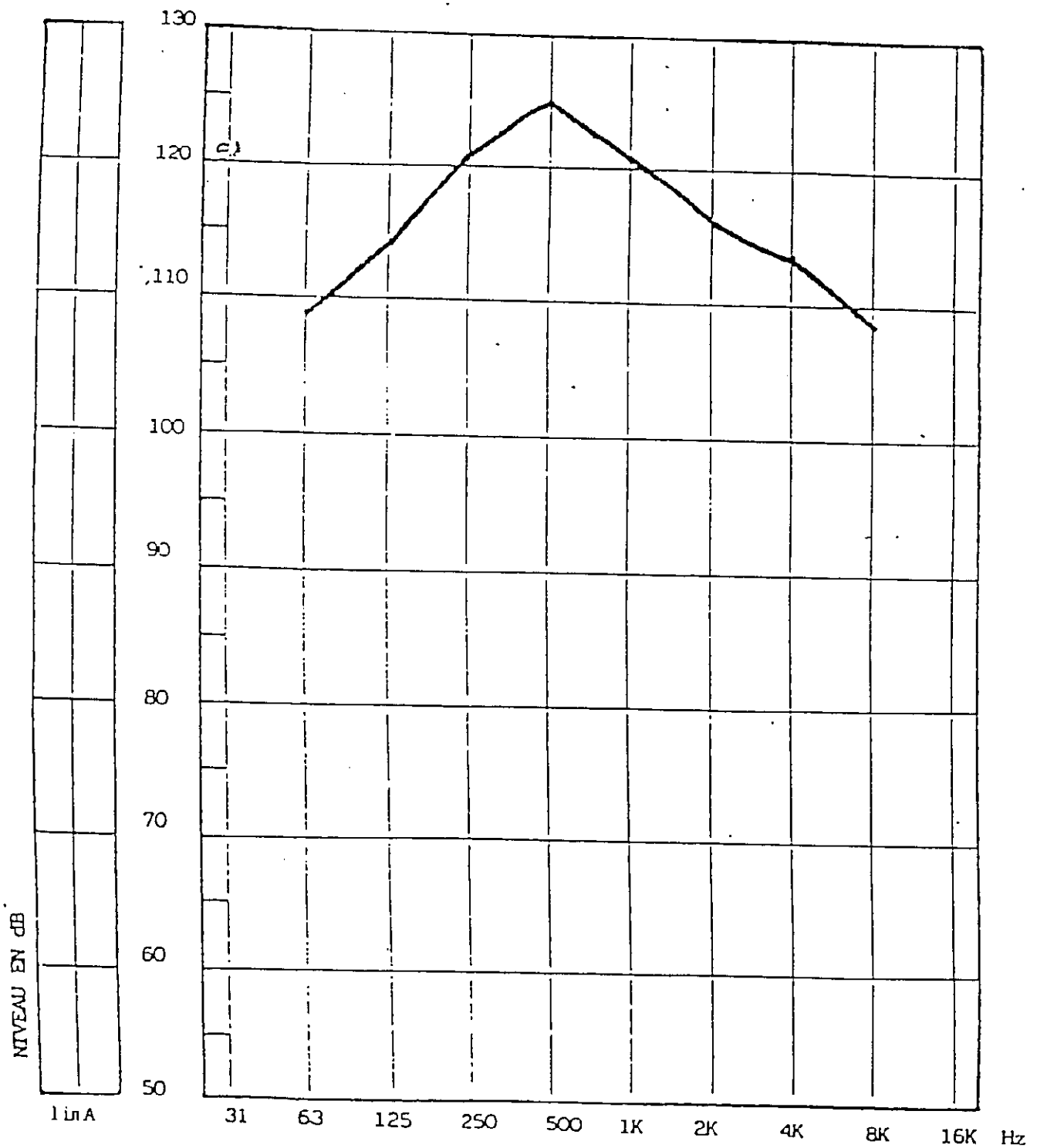
C

NIVEAUX SONORES ET COEFFICIENTS

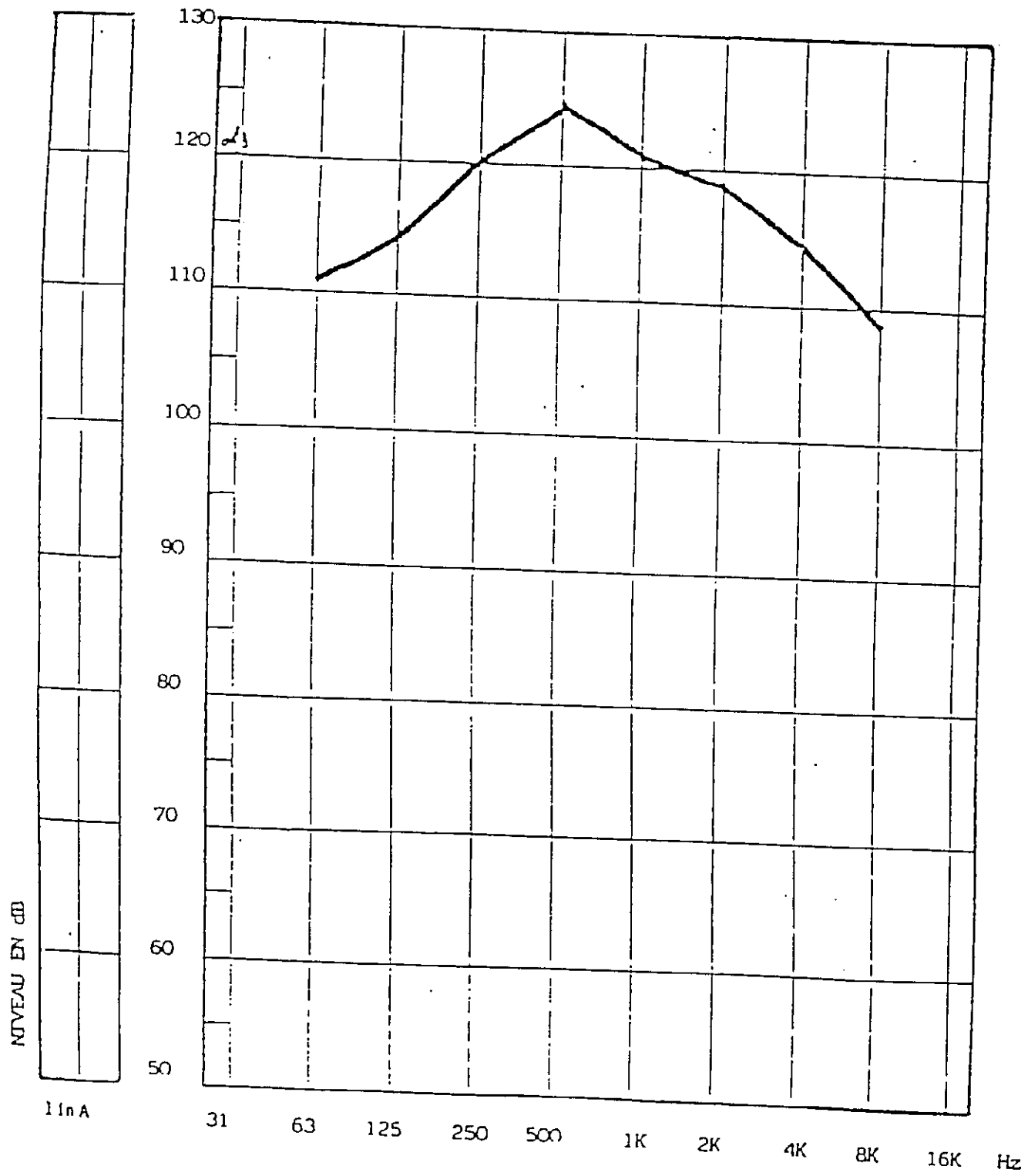
Pistolet automatique UNIC munitions 7.65 GEVELOT



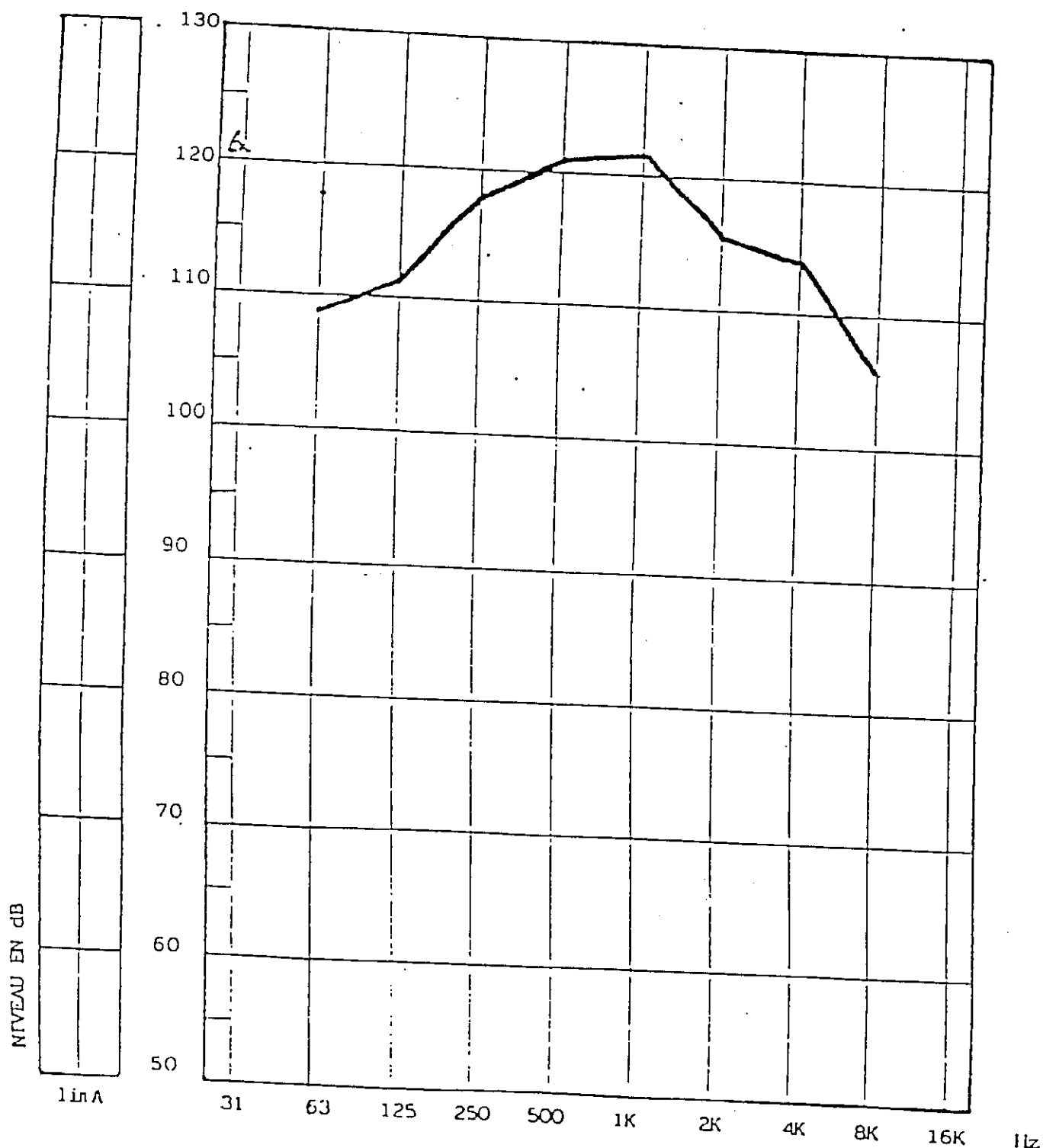
M.R 38 Special Revolver.



MR en 357 Magnum Revolver.



Pistolet automatique MAC 50



ANNEXE TECHNIQUE :

D

OBJET : ABSORPTION DES ONDES ACOUSTIQUES

-Ü-Ü-Ü-

Absorption par les matériaux de construction

Pour diminuer le temps de réverbération et par là abaisser légèrement les niveaux de bruit dans le bâtiment, il faut disposer de matériaux qui absorbent les sons venant les frapper. Les spécialistes de l'acoustique établissent des projets de traitement (de salles comme les studios d'enregistrement ou de radiodiffusion) qui doivent permettre d'amener le temps de réverbération à sa valeur optimale. Pour ce faire, ils ont à leur disposition une gamme de matériaux absorbant les sons de diverses fréquences.

Dans les habitations, le mobilier, les tapis, les rideaux, les tentures jouent en partie le rôle de matériaux absorbants et, en général, il est inutile de prévoir, en supplément, des matériaux spécialement mis pour absorption. Par contre, dans les bureaux, les couloirs, les salles de classe, etc. la nature ou l'absence du mobilier font que la surface d'absorption équivalente de ces locaux est faible et par suite la réverbération grande. Le traitement de ces locaux est souvent utile.

Les principes d'action des matériaux spécialement utilisés pour l'absorption sont les suivants :

Matériaux poreux

Si une onde acoustique frappe la surface d'un matériau très poreux, elle est peu réfléchi, elle pénètre presque intégralement dans le matériau. Au cours de sa propagation au sein du matériau, elle perd de l'énergie par suite des frottements inévitables des particules d'air en mouvement contre le matériau. Si le matériau est accolé à une paroi réfléchissante, l'onde, après avoir traversé le matériau, est réfléchi et ressort après une nouvelle traversée en sens inverse (fig. 11).

Pour qu'un matériau poreux soit bien utilisé, il y a un compromis à trouver entre son épaisseur d'utilisation et sa porosité. Plus il est poreux et plus il doit être utilisé en forte épaisseur, sinon l'onde ne perd pratiquement pas d'énergie au cours de sa traversée.

D'une manière générale, le coefficient d'absorption d'un matériau poreux croît avec la fréquence. Il est nul aux fréquences basses, et voisin de 1 (pour les bons matériaux) aux fréquences aiguës. L'allure générale de la variation ainsi que l'influence de l'épaisseur d'utilisation sont données sur la figure 12. En général, le coefficient d'absorption du matériau n'est pas le même suivant que ce matériau est placé contre une paroi ou à une certaine distance de celle-ci. La disposition contre la paroi est la plus défavorable puisque, contre cette paroi la vitesse des particules d'air, pour des ondes d'incidence normale, est nulle et, par suite, la perte d'énergie est nulle aussi. Des matériaux absorbants poreux sont par exemple les panneaux de laine de verre ou de roche, les panneaux de fibres végétales, les panneaux de plâtre fissuré.

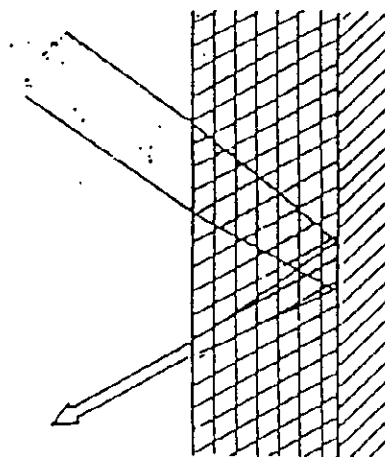


Figure 11

Matériau absorbant poreux placé contre une paroi.

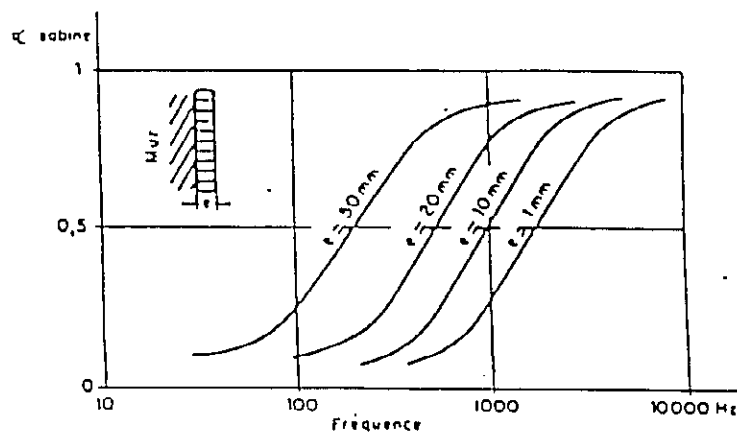


Figure 12

Exemple de variation du coefficient d'absorption d'un matériau poreux placé contre une paroi, en fonction de la fréquence, pour des épaisseurs diverses.

Résonateurs de Helmholtz

Un récipient fermé du volume V ne communiquant avec l'extérieur que par une ouverture relativement étroite constitue un résonateur de Helmholtz. Le comportement d'un tel résonateur peut facilement être expliqué si la liaison avec l'extérieur se fait par un tube fin et assez long (fig. 13).

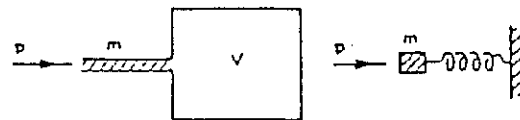


Figure 13

Résonateur de Helmholtz et dispositif mécanique équivalent.

Lorsqu'il existe une pression acoustique p agissant sur l'entrée du résonateur la masse m de l'air contenu dans le tube a tendance à se déplacer sous l'action de cette pression. L'air contenu dans le volume V oppose une force à ce déplacement et se comporte comme un ressort. L'ensemble est donc équivalent à une masse m attachée à un point fixe par l'intermédiaire d'un ressort de rigidité k . On peut facilement montrer qu'un tel ensemble présente une fréquence de résonance f_0 donnée par :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

La pression p agissant sur le résonateur communique donc à l'air contenu dans le tube une vitesse d'autant plus grande que la fréquence du son appliqué est plus voisin de f_0 .

Le déplacement de l'air dans le tube est forcément accompagné d'un dégagement de chaleur sur la face interne du tube par suite du frottement. Ce dégagement de chaleur est d'autant plus grand que la vitesse de l'air est plus importante. Le système se comporte donc comme un dispositif absorbant une partie de l'énergie acoustique incidente sur l'ouverture.

Les résonateurs de Helmholtz que l'on utilise sont en fait constitués par des plaques (en plâtre ou métal) perforées que l'on place à une certaine distance des murs ou plafonds de manière qu'elles emprisonnent entre elles et les murs un certain volume d'air qui n'est en communication avec l'extérieur que par les trous. Ces ensembles se comportent comme un grand nombre de résonateurs qui seraient placés les uns à côté des autres, chaque trou représentant l'ouverture d'un résonateur (fig. 14).

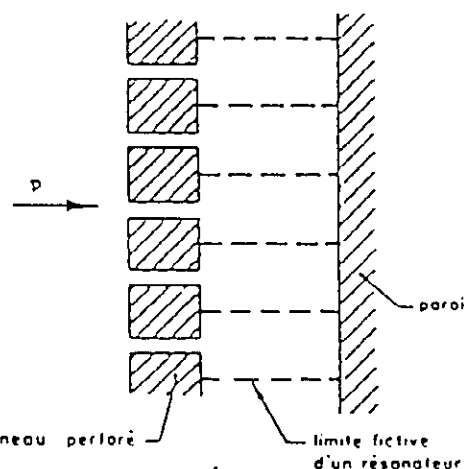


Figure 14

Un panneau perforé placé devant une paroi est équivalent à un ensemble de résonateurs de Helmholtz.

L'absorption de tels dispositifs étant sélective, la courbe donnant le coefficient d'absorption α en fonction de la fréquence a l'allure présentée sur la figure 15. En général, on installe un matériau poreux absorbant (laine minérale) entre les plaques et le plafond (ou le mur). La présence de ce matériau diminue la sélectivité, qui en général ne présente pas d'intérêt particulier.

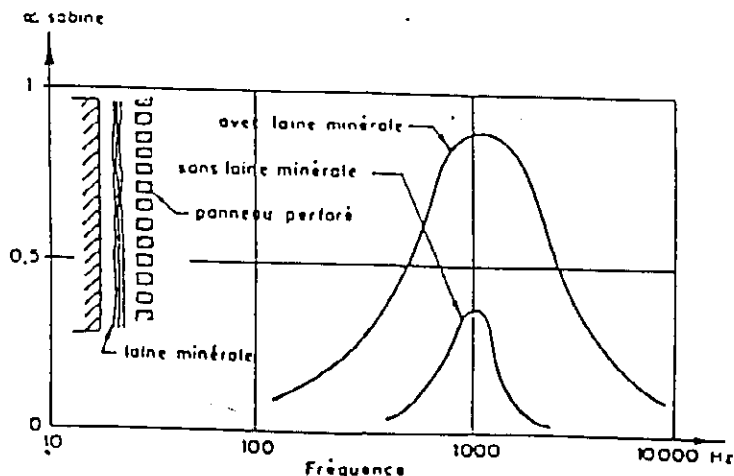


Figure 15

Coefficient d'absorption de panneaux perforés.

Facteurs d'absorption de matériaux classiques

Vél. Acoustique et Architecture, R. Lambert, chez Masson Éditeur, 1975

Type du matériau	Facteur d'absorption aux fréquences ci-dessous					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Laine minérale densité 100 kg/m ³ épaisseur 50 mm	0,27	0,62	0,88	0,93	0,81	0,76
Mousse de polyuréthane floquée épaisseur 15 mm	0,13	0,13	0,24	0,70	0,77	0,68
Mousse plastique d'urée formol, dens. 6 kg/m ³ épaisseur 20 mm	0,14	0,19	0,31	0,62	0,81	0,72
Fibres de bois compressées densité 230 kg/m ³ épaisseur 20 mm	0,15	0,44	0,45	0,44	0,53	0,59
Plâtre perforé irrégulièrement (trous de 20, 11 et 6 mm de diamètre, épaisseur 7 mm sur laine minérale d'épaisseur 13 mm)	0,05	0,18	0,61	0,68	0,39	0,30
Plâtre perforé régulièrement diamètre de perforation 6 mm épaisseur 12 mm sur laine minérale d'épaisseur 13 mm	0,10	0,19	0,42	0,74	0,57	0,34
Tôle 20/10 perforée à 15 % sur laine minérale d'épaisseur 30 mm	0,26	0,33	0,56	0,79	0,65	0,45
Métal déployé (perforation à 20 %) sur laine minérale d'épaisseur 30 mm	0,61	0,75	0,73	0,70	0,76	0,67
Bac de polystyrène expansé avec perforations carrées de 15 x 15 mm sur laine minérale de 50 mm et vide d'air de 10 cm	0,38	0,64	0,68	0,63	0,69	0,53

Type du matériau	Facteur d'absorption aux fréquences ci-dessous					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Bois verni	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Chaux sur lattis bois	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
Crépi	0,01	0,03	0,04	0,04	0,08	0,17
Marbre	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Plâtre	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Briques peintes	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Briques brutes	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
Vitre	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Crin de jute	0,05	0,07	0,18	0,65	0,75	0,71
Linoléum	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Linoléum sur isorel	0,04	0,06	0,08	0,12	0,04	0,04
Parquet	0,03	0,04	0,08	0,12	0,12	0,17
Tapis caoutchouc 6,5 mm	0,04	0,04	0,08	0,12	0,10	0,10
Tapis liège 20 mm ciré et poli	0,04	0,03	0,05	0,11	0,07	0,02
Tapis liège brut 20 mm	0,04	0,03	0,08	0,18	0,21	0,22
Tapis moquette sur thibaude	0,14	0,32	0,45	0,45	0,40	0,35
Flockage rayonné mince	0,04	0,04	0,05	0,07	0,12	0,11
Flockage rayonné moyen 5 mm	0,07	0,15	0,13	0,23	0,25	0,35
Flockage rayonné épais 8-9 mm	0,20	0,36	0,49	0,49	0,53	0,60
Linex 230 en 40 mm	0,25	0,38	0,42	0,38	0,44	0,50
Linex 250 en 22 mm	0,02	0,05	0,03	0,04	0,06	0,10
Projection de vermiculite 15 mm non peinte	0,20	0,15	0,18	0,26	0,40	0,62
- idem - avec peinture caséine très mince	0,20	0,13	0,15	0,20	0,32	0,50
Polyvinyle perforé sur 5 cm de laine de verre	0,16	0,36	0,76	0,90	0,80	0,77
- idem - avec 1 cm de laine de verre	0,04	0,08	0,25	0,56	0,73	0,65
Surface occupée par des spectateurs assis	0,60	0,74	0,88	0,96	0,93	0,85
Surface occupée par des sièges de similicuir (rembourrage épais)	0,44	0,54	0,60	0,62	0,58	0,50
Peau de Klegecell, trous de 2 mm tous les 20 mm à 1 cm du mur avec laine de verre, éléments 40 x 40 cm	0,19	0,24	0,85	0,82	0,82	0,54
Draperie coton contre mur	0,04	0,05	0,11	0,18	0,30	0,44
Draperie coton plis serrés	0,10	0,38	0,50	0,85	0,82	0,67
Tissu amiante à 20 cm du mur	0,15	0,20	0,30	0,30	0,33	0,35
Feutre 12 mm flottant	0,17	0,24	0,35	0,50	0,65	0,65
Velours à 10 cm du mur	0,09	0,36	0,45	0,52	0,50	0,44
Velours à 20 cm du mur	0,12	0,36	0,45	0,52	0,50	0,44
Aggloméré de liège	0,15	0,26	0,22	0,22	0,20	0,20
Amiante projetée 25 mm	0,20	0,55	0,58	0,59	0,59	0,59
Contreplaqué 5 mm à 25 mm du mur	0,07	0,12	0,28	0,11	0,08	0,08
Contreplaqué 5 mm à 50 mm du mur	0,47	0,34	0,30	0,11	0,08	0,08
Feutre 25 mm collé	0,12	0,25	0,49	0,63	0,65	0,60
Laine minérale 40 mm agglomérée	0,30	0,70	0,88	0,85	0,65	0,60
- idem - recouverte papier kraft	0,74	0,54	0,36	0,32	0,30	0,17

ACOUSTIQUE

Type de matériau	Facteur d'absorption aux fréquences ci-dessous					
	125	250	500	1 000	2 000	4-4000
Laine de verre 25 mm	0,15	0,38	0,60	0,64	0,62	0,62
- idem - sur treillage métallique flottant	0,45	0,45	0,45	0,50	0,52	0,52
Laine de verre 50 mm recouverte de toile poreuse	0,39	0,45	0,56	0,59	0,61	0,55
Laine de lin	0,09	0,18	0,48	0,73	0,50	0,33
Moleskine tendue	0,51	0,57	0,48	0,35	0,28	0,20
3 couches de toile cirée à 30 mm d'intervalle	0,33	0,48	0,26	0,14	0,08	0,11
Acouslicelote 12 mm	0,22	0,28	0,47	0,53	0,62	0,62
Heraclith à 8 cm du mur (25 mm)	0,44	0,61	0,61	0,64	0,63	0,77
Isorel mou 12 mm	0,06	0,11	0,33	0,40	0,40	0,43
Isorel dur en diaphragme à 50 mm du mur	0,32	0,15	0,09	0,09	0,09	0,09
Isover 25 mm	0,43	0,51	0,57	0,62	0,65	0,67
Laine de verre projetée 10 mm	0,06	0,09	0,13	0,19	0,25	0,31
Panneaux bakélinés de laine de verre	0,19	0,27	0,37	0,54	0,44	0,40
Surface occupée par des sièges de tissus (rembourrage épais)	0,49	0,66	0,80	0,88	0,82	0,70
Peau de Kleccell non perforée à 8 cm du mur avec laine de verre, éléments 40 x 40 cm	0,59	0,68	0,38	0,35	0,27	0,22
Staff perforé commercial sur laine de verre	0,20	0,33	0,50	0,65	0,60	0,50
Spontex 10 mm	0,10	0,25	0,40	0,45	0,60	0,90
Panneaux agglomérés de lin en diaphragme 50 mm du mur	0,75	0,80	0,50	0,40	0,38	0,33
Laine de verre sous pegamoid perforé	0,12	0,27	0,49	0,70	0,70	0,60

A N N E X E I V

P R O T E C T I O N P H O N I Q U E
I N D I V I D U E L L E

E T U D E S E V A L U A T I V E S E T C O M P A R A T I V E S

journée d'étude du GALF

" bruits impulsionnels "

Paris,
18 novembre 1971

problèmes actuels du bruit de tir

par J.R. HEDIGER**

1. — IMPORTANCE DU PROBLEME

En Suisse, le bruit du tir a une importance particulière due aux facteurs suivants :

a) L'armée suisse est une armée de milice où tout citoyen astreint au service militaire doit jusqu'à l'âge de 30 ans effectuer chaque année des tirs obligatoires dans sa commune d'habitation. Avec son arme personnelle, un fusil d'assaut, il est tenu d'obtenir un certain nombre de points sur cible à 300 m au moyen de 24 cartouches. En plus s'ajoutent les tirs effectués durant la période de service actif (école de recrue et cours de perfectionnement), et les tirs des sociétés sportives qui sont loin d'être négligeables. Le tir étant un sport très populaire, à tel point que chaque année il y a lieu dans le canton de Zurich un concours pour les écoliers.

À titre d'exemple, dans la commune de Kloten qui a une population de 100.000 habitants, 1.500 tireurs effectuent leurs tirs obligatoires militaires de mars à septembre durant 45 dimanches. Ainsi, durant 25 samedis et 2 dimanches environ, 35.000 cartouches ont été tirées. En plus, les militaires en uniformes ont pour leur part tiré 48.000 cartouches durant 50 demi-journées supplémentaires.

b) La densité de population est élevée (235 habitants/km²) dans le canton de Zurich : elle a augmenté du-

rant les dix dernières années pour certaines communes du canton jusqu'à 500 %, ce qui ne va pas sans poser des problèmes délicats, les zones d'habitation se rapprochant toujours plus des stands de tir. En Suisse, on compte 2.456 stands de tir avec en tout 23.000 cibles à 300 m.

2. — ORIENTATION DES TRAVAUX DE RECHERCHES

Nos efforts ont porté avant tout sur les moyens de lutte contre le bruit produit par les armes à feu et tout particulièrement les armes personnelles, dans et aux environs des stands de tir.

2.1. Appareillage de mesure.

Pour l'étude de la variation de la pression acoustique en fonction du temps les oscillographes seront utilisés, ils permettent également de lire la valeur maximum de cette pression. Il existe sur le marché des appareils ayant une sensibilité et une gamme de fréquence suffisante. Il est possible au moyen d'un second microphone convenablement placé de déclencher le balayage à l'instant voulu (Trigger microphone). D'autres instruments permettent la lecture directe de la pression sonore maximum (GR 1556 B avec une constante de temps de 50 µs et HP 8052 A avec une constante de temps de 100 µs).

Le principe de mesure était le suivant :

Un condensateur est chargé par l'intermédiaire d'un amplificateur après redressement. L'erreur de lecture qui est fonction du temps de charge (tm)

du condensateur peut être estimée à $100 \times t_{m}/t_s$, ts étant la durée de l'événement sonore.

Les sonomètres conventionnels sont prévus pour la mesure de la valeur sonore effective. La lecture de niveaux sonores variables est facilitée par les constantes de temps assez grandes de l'instrument de lecture (lent 15 - rapide 150-200 ms). Les nouveaux sonomètres pour impulsions construits selon la norme allemande « DIN 45 533, feuille 2 » possèdent une constante de temps de 25 ms qui selon les dires des protagonistes correspond au temps nécessaire à l'oreille pour établir l'impression sonore. De plus, ces appareils possèdent un dispositif de mise en mémoire ce qui permet la lecture des points sonores de très courtes durées.

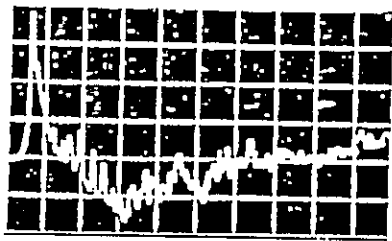
Il est de première importance de contrôler lors des mesures qu'aucun des éléments du circuit de mesure ne soit surchargé afin d'éviter toute distorsion du signal supérieure à 5 %. Des essais comparatifs ont montré que les magnétochrones du type Nagra travaillant à pleine piste avec une vitesse de défilement de 38 cm/sec. sont utilisables pour l'enregistrement et la reproduction du bruit des tirs, ce qui permet d'éviter l'utilisation de l'oscillographe sur le terrain.

2.2. Rappel.

Les perturbations de pression dues aux armes à feu sont de 2 types. Le premier signal sonore est dû à l'augmentation rapide de la pression à la sortie de la bouche à feu de l'arme, provoquée par l'expansion des gaz de la charge explosive. Le second signal

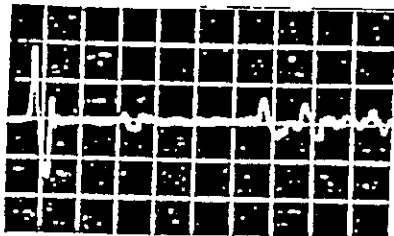
* Manuscrit reçu le 10 février 1972.
** Physicien diplômé, Licence en Science
(ETH, EMPA Dübendorf, Zürich)

0,5 mB/carré



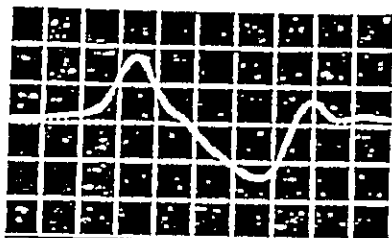
1) Mise à feu.

0,5 mB/carré



2) Déplacement du projectile.

0,5 mB/carré



3) Detail de l'oscillogramme n° 2.

50 µs/carré

est dû à la propagation à vitesse ultra-sonore du projectile qui provoque une onde de choc (onde balistique) ayant la forme typique d'un "N" élargi. Ce que montrent les oscillogrammes de la figure 1.

La montée brusque de la pression suivie d'une période de relaxation aperiodique ou hyperperiodique est une caractéristique pour toutes detonations. Deux grandeurs typiques sont: le niveau de pression maximum atteint p et la durée t , jusqu'au premier passage à la pression normale. Les valeurs atteintes par les deux types de sources sonores pour un fusil d'assaut à 7 m de distance sont respectivement $10 \text{ ms} \leq 154 \text{ dB}$, $t = 0,5 \text{ ms}$ et $3 \text{ ms} \leq 144 \text{ dB}$, $t = 0,3 \text{ ms}$.

2.3. Définition du champ sonore.

La première démarche à effectuer lorsque l'on veut agir sur un champ sonore, est d'en connaître le caractère. Afin que les mesures acoustiques effectuées puissent être comparées, nous nous sommes efforcés de que les nouveaux sonomètres pour impulsions nous ont été livrés, de noter les valeurs dB (première impulsion) (const. temps 35 ms) et dB (A) rapide (200 ms).

Les mesures des diagrammes polaires de la figure 2 ont été effectuées en plein air, le tireur étant placé sur

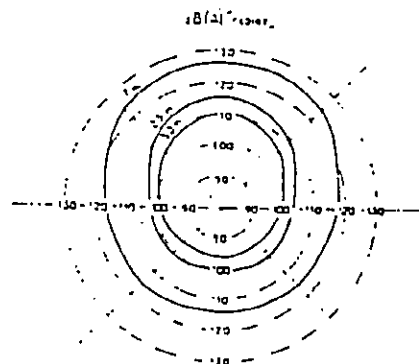
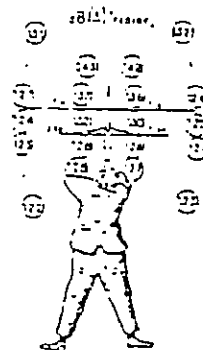


FIG. 2 — Diagramme polaire des niveaux sonores engendrés par le fusil d'assaut à différentes distances:
— en haut: 0,3 et 1 m.
— en bas: 7,25 et 50 m.

un échafaudage de 1.50 m de hauteur afin d'éviter les réflexions des ondes sonores au sol.

Comme l'on pouvait s'y attendre les points les plus bruyants sont situés aux environs de la bouche à feu. Une différence de niveau de 15 dB est à constater entre l'embouchure de l'arme et l'oreille du tireur. Par ailleurs pour des distances plus grandes — 25 à 50 mètres — nous constatons

Sous l'axe fréquence (Hz)											M
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000	64000	
1	107	111	114	113	109	104	101	98	95	92	15
2	-	77	81	86	91	94	94	91	87	84	15

1. Niveau sonore de la source à feu mesuré à 7 m, directement.
2. " " du projectile " " " "

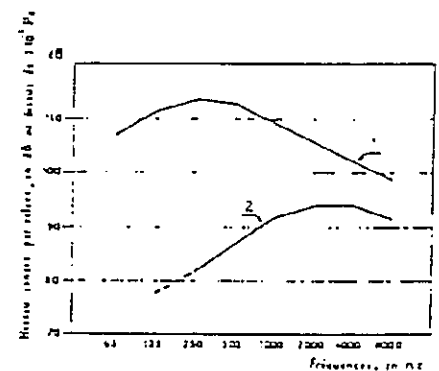


FIG. 3 — Analyse spectrale du bruit du fusil d'assaut à 7 m latéralement.
1) Bouche à feu.
2) Déplacement du projectile.

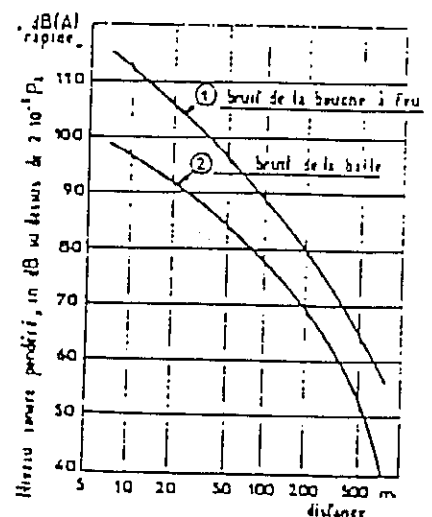


FIG. 4 — Niveaux sonores engendrés par le fusil d'assaut à différentes distances de l'arme.

allongement de la courbe d'égal niveau sonore en direction de la trajectoire de la balle dû à l'importance toujours plus grande du bruit engendré par le déplacement supersonique de cette dernière et au fait que le bruit engendré par la bouche à feu peut être considéré comme une source sonore ponctuelle contrairement au bruit supersonique qui est une source linéaire. Ce qui conduit pour des distances importantes à la forme théorique de la figure 4. La figure 3 montre que les spectres sonores sont fondamentalement différents. Le niveau sonore engendré par la balle est pour une distance égale inférieur à celui produit par la bouche à feu.

2.4 Recherche des limites à fixer au bruit du tir.

Afin de trouver la corrélation existante entre les mesures objectives du bruit et l'appréciation subjective de la gêne, un tir d'essai a été organisé.

22 personnes exerçant des professions différentes et réparties dans différentes classes d'âge furent convoquées à classer la gêne de différents niveaux sonores, en :

1. pas de gêne
2. peu de gêne
3. gêne moyenne
4. gêne importante
5. gêne insupportable.

Le programme comportant 16 positions de tir fut répété quatre fois, chaque position était différente ce qui permit l'étalonnage des intensités sonores (50-120 dB (A) imp.) et la diversification des spectres.

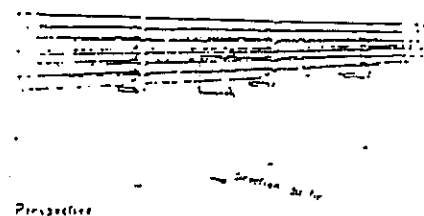
3. — MESURES DE PROTECTION A L'INTERIEUR DES STANDS

Qu'un stand de tir soit un endroit très bruyant n'a rien d'étonnant, lorsque 10 à 30 tireurs effectuent simultanément leurs tirs. Aux valeurs sonores atteintes à l'oreille du tireur — 134 dB (A) (150 dB crête) — produites par son arme s'ajoute l'effet des armes des tireurs voisins (122 dB (A)) qui malgré une valeur sonore effective plus faible est encore plus gênant car l'angle d'incidence de l'onde sonore est critique et l'oreille n'est pas dans le même stade auto-

Zone	1	2	3
Zone de tir	10	15	20
Zone d'observation	20	30	40
Zone d'écoute et d'écriture	15	25	35

Valeurs limites en dB(A) 1/100m.

FIG 2 — Critère d'appréciation du bruit des tirs.



Protection

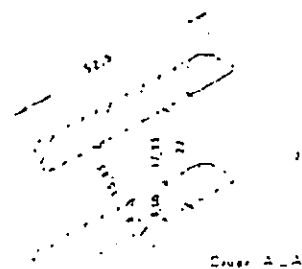


FIG 3 — Ecran à réflexions atténuées « Système Schneider ».

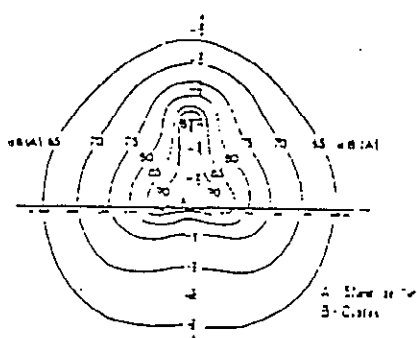
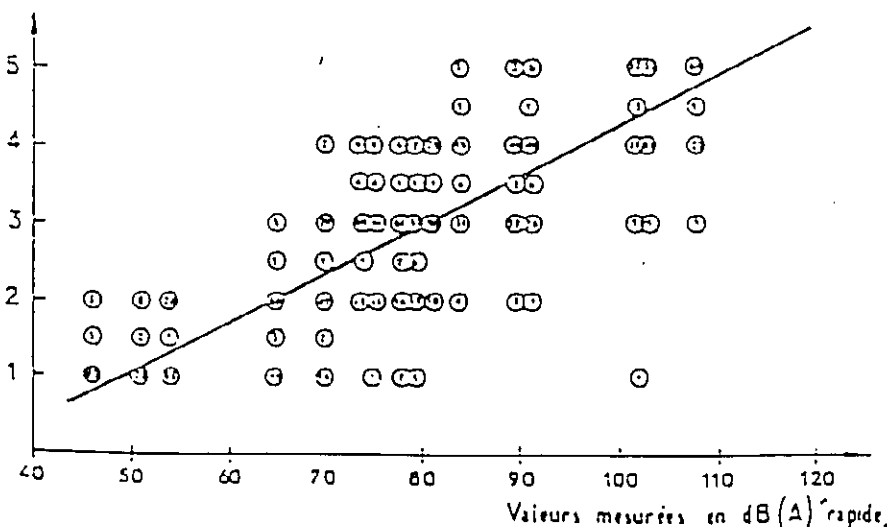


FIG 4 — Champ sonore aux environs d'un stand de tir.

FIG 5 — Appréciation subjective de la gêne due au tir isolé du fusil d'assaut. Importance de la gêne (en ordonnée) :

- 1) inexistante
- 2) faible
- 3) moyenne
- 4) forte
- 5) insupportable.



protectif que lorsque le tireur tire lui-même.

Relativement peu de tireurs portent un protecteur d'oreille efficace, la plupart se contentent d'ouate ayant un coefficient d'atténuation de 15 dB pour les fréquences supérieures à 1.000 Hz, ce qui conduit inévitablement à des hypoacusies de 10 à 20 dB. D'autre part, plusieurs formalités de tir imposent une conversation heureusement réduite qui n'est naturellement pas possible avec des protecteurs d'oreille. Etant donné ces faits, il semble souhaitable d'étudier le problème de la réduction du bruit également à l'intérieur des stands de tir.

Une amélioration peut être atteinte en supprimant les échos flottants (figure 9) et en diminuant le taux de réverbération dans le local.

Les figures 10 et 11 sont des exemples de constructions modernes des stands de tir tenant compte de l'acoustique. Les parois non parallèles sont revêtues de matériaux absorbants permettant une réduction non seulement de la réverbération mais aussi dans une certaine mesure du niveau sonore. La forme des plafonds est établie en fonction de l'acoustique géométrique.

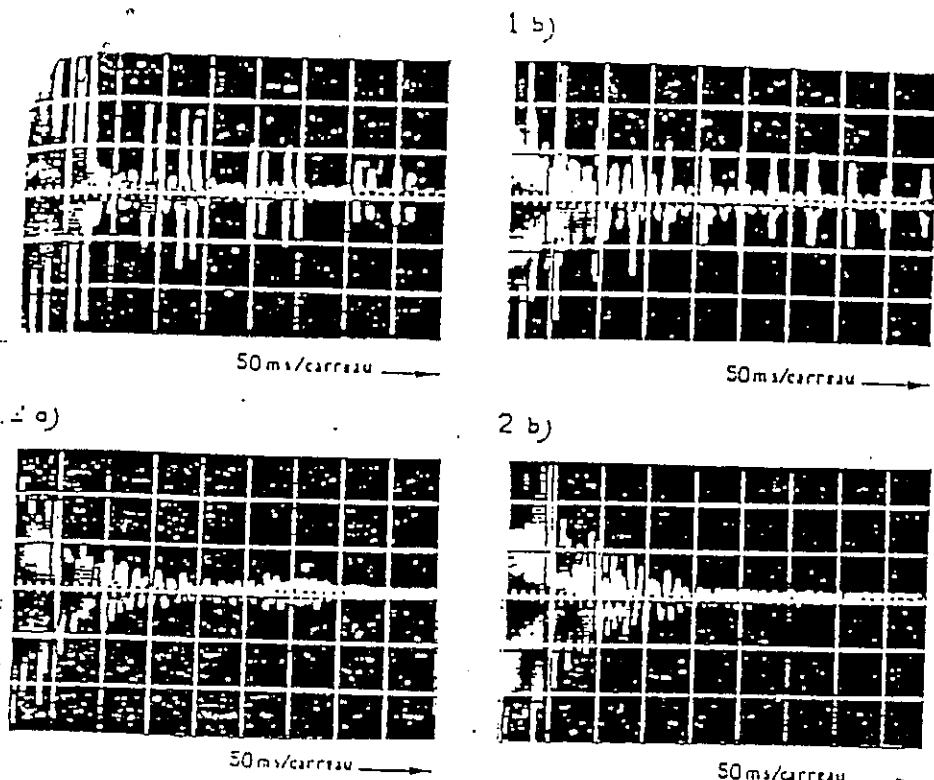


FIG. 9 — Oscillogrammes des tirs à l'intérieur des stands :
1) exemple avec échos flottants marqués
2) exemple sans échos flottants
a) stores ouverts
b) stores fermes.

FIG. 10 — Exemple de formes de stands tenant compte des impératifs acoustiques.

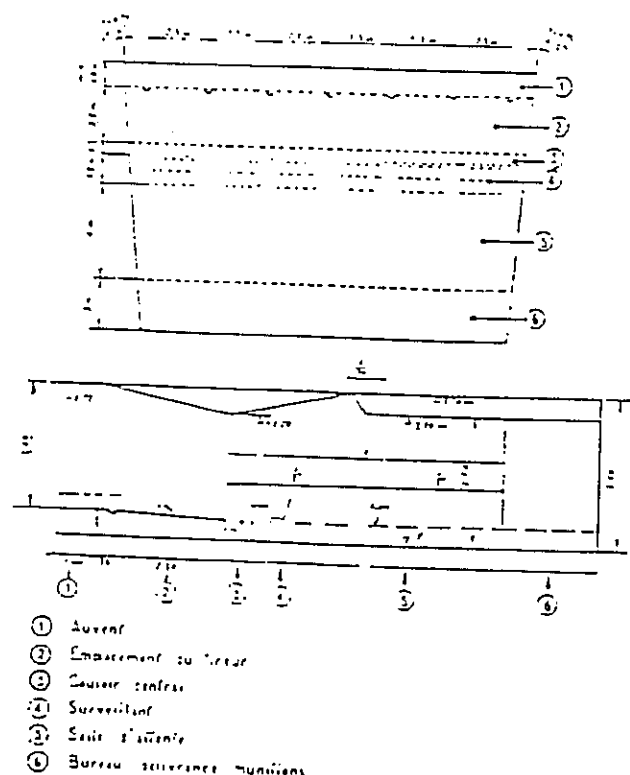
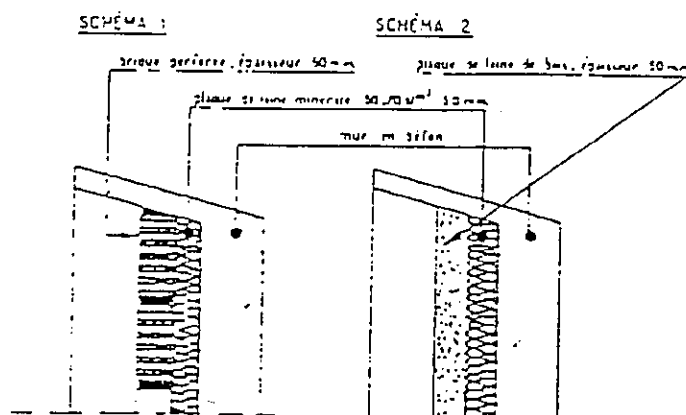


FIG. 11 — Auvents traités du point de vue acoustique.



Connaissant le spectre sonore de la bouche à feu, il est possible de déterminer quels sont les matériaux ou combinaisons de matériaux les mieux adaptés à l'utilisation dans un stand de tir. Un coefficient d'absorption $\alpha = 0,75$ de 200 à 5.000 Hz est nécessaire.

Une meilleure solution serait la construction d'un canal de tir pour chaque tireur. Nous avons à titre d'essai construit un tel canal ayant 3 m de longueur, 1 m de largeur et 2 m de hauteur. Les parois extérieures sont constituées de 12 cm de béton garni intérieurement de 3 cm de laine minérale protégée par de la tôle perforée ayant une surface de perforation de 21 %, montée de telle sorte qu'un espace d'air de 1,5 cm soit encore présent.

Nous avons ensuite mesuré la réduction sonore obtenue tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du stand (voir fig. 12).

Les résultats obtenus sont très bons et la réduction obtenue pour le contrôleur de tir et surtout pour le tireur voisin sont importants. À l'extérieur on obtient une réduction à une distance de 25 m de 5 dB pour un angle de 45° et 8 dB pour un angle de 55°. Pour des distances supérieures ou des angles inférieurs l'effet est moindre, le canal n'étant à même que de diminuer le bruit de la bouche à feu.

Ensuite fut tracé dans un diagramme ayant pour abscisse les valeurs sonores mesurées en dB et pour ordonnée les notes de gêne, la droite de régression Y (figure 6).

De plus, le coefficient de corrélation fut calculé pour les valeurs de mesure dB (A) rapide, $r = 0,8698$; dB (A) imp., $r = 0,8899$; dB (lin.), $r = 0,8756$.

Donc, pour mesurer la gêne aux alentours des stands de tir les courbes de pondération A rapide et A impulsif sont utilisables, par contre les valeurs maximum A crête sont moins indiquées.

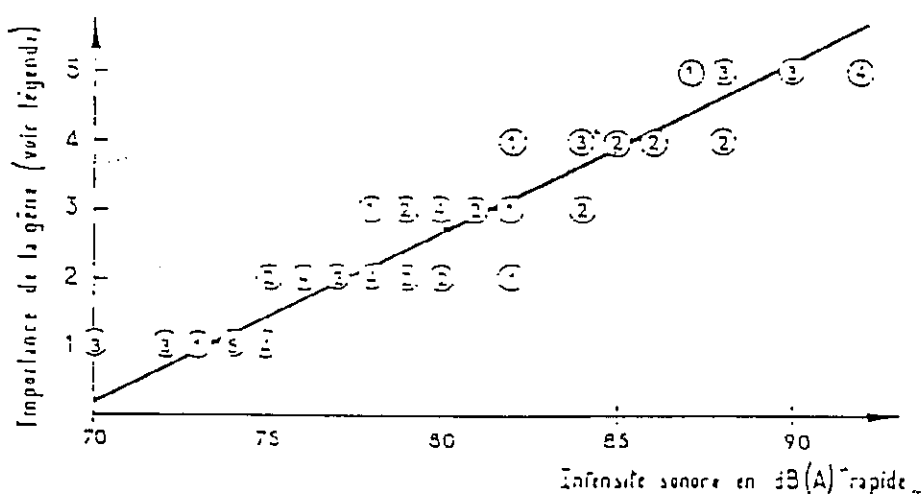
N°	NOM DE MESURES	Niveaux sonores en décibels		
		avec écran	avec écran	avec écran
1	A l'entrée du contour de la	122	115	121
2	A l'entrée du tir	124	110	121
3	A l'entrée d'un trou de la	132	113	119
4	Derrière à 25 m de la bouche à feu 45° à gauche de la direction du tir	107	101	—
5	Derrière à 25 m de la bouche à feu 55° à droite de la direction du tir	106	98	100
6	Derrière à 25 m de la bouche à feu 45° à gauche de la direction du tir	117	104	113
7	Derrière à 25 m de la bouche à feu 55° à droite de la direction du tir	113	100	109
8	Derrière à 75 m de la bouche à feu 40° à droite de la direction du tir	118	100	117
9	Derrière à 225 m de la bouche à feu 25° à droite de la direction du tir	113	102	102

à Position de mesure également recouverte par le matériel

FIG. 12. — Niveaux sonores mesurés avec et sans canal absorbant.

FIG. 13. — Appréciation subjective de l'effet de surprise dû aux coups isolés (différentes armes) durant la conduite des véhicules.

L'échelle de gêne en coordonnées est la même qu'à la figure 5.



A la suite de cette étude, il fut possible d'établir les valeurs maximum admissibles pour différentes zones urbaines — ceci en fonction de l'importance de la place de tir (figure 7).

4. — MESURES DE PROTECTION A L'EXTERIEUR DES STANDS DE TIR

Il est clair que la gêne due au tir pourrait être réduite par des moyens administratifs, par exemple :

- réduction du nombre des tirs ; par exemple les tirs ne seraient obligatoires que tous les deux ans ;
- remaniement de plusieurs petites installations régionales par une installation centrale unique ;

- interdiction des tirs le dimanche matin, et réduction des heures de tir dans la soirée.

Par des moyens d'ordre constructif, en particulier pour de nouveaux stands de tir il est possible d'édicter les règles de construction suivantes :

- disposer le champ de tir dans une dépression de terrain ou border celui-ci de remblais de 4-6 m de hauteur ;
- disposer le champ de tir dans une forêt assez dense de façon à avoir une largeur effective de forêt d'au moins 100 m ;
- utiliser le stand de tir comme barrière acoustique, dans ce cas utili-

ser une construction lourde, et prolonger les parois latérales du stand.

- dans le cas où aucune des mesures précédentes ne peut être réalisée, calculer la distance minimum entre stand et habitations. Cette distance ne devrait alors en aucun cas être inférieure à 500 m.

Problème particulier des écrans :

Il a été possible de trouver une solution meilleure au problème des écrans protecteurs. Ces écrans sont généralement construits au moyen de plaques disposées verticalement, ce qui est naturellement défavorable — étant donné les réflexions. Par une construction spéciale tenant compte de la géométrie, il est possible de réduire les réflexions tout en gardant le même matériel de construction (figure 2).

5. — LE PROBLEME PARTICULIER DES GRANDS CHAMPS DE TIR

Etant donné les niveaux sonores atteints par les armes de gros calibres, il est clair que pour respecter les valeurs limites fixées pour les zones d'habitation voisines, des distances assez grandes sont nécessaires. Afin de réduire ces distances, il est possible d'interposer une forêt, celle-ci apportera une diminution de 7 à 10 dB supplémentaire par 100 m de largeur : 300 m de terrain libre plus 300 m de forêt diminuent le niveau maximum moyen de 50 dB.

Le cas d'une autoroute projetée le long d'un champ de tir nous a amené à étudier jusqu'à quel niveau sonore la mise à feu d'une arme lourde peut mettre en danger la circulation. Il fut procédé de la façon suivante : un canon de 10,5 cm fut placé en position et tira à intervalle irrégulier. Pendant ce temps, trois véhicules se mirent en route, parcourant des trajets différents en se rapprochant du canon. Les occupants des véhicules furent invités en cours de route à indiquer leurs impressions subjectives relatives à l'effet de surprise, classer en :

1. inexistant ; 2. faible ; 3. admissible ; 4. fort ; 5. très fort. A chaque appréciation fut noté le niveau sonore à l'intérieur du véhicule. Les trajets furent répétés trois fois. Les résultats furent ensuite interprétés en traçant la droite de régression ayant une pente de 4,11 dB par note avec un coefficient de corrélation $r = 0,95$ (figure 13).

Notons que lorsque les fenêtres d'une voiture sont fermées un coefficient d'atténuation de 20 dB est atteint, alors que l'atténuation n'est que de 3 à 5 dB lorsque celles-ci sont ouvertes.