

Ville de Genève

Département des affaires sociales,
des écoles et de l'environnement

Service des écoles
et institutions pour l'enfance

PR 531

Proposition du Conseil administratif du 20 décembre 2006 en vue de l'ouverture d'un crédit extraordinaire de Fr. 945'000.– destiné au remplacement des fenêtres de l'école pré-professionnelle de Saint-Gervais (EFP) en vue d'améliorer l'isolation acoustique du bâtiment.

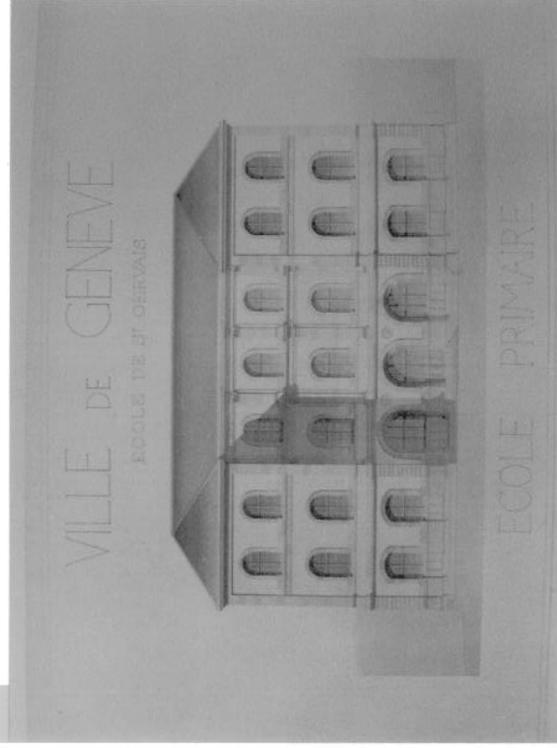


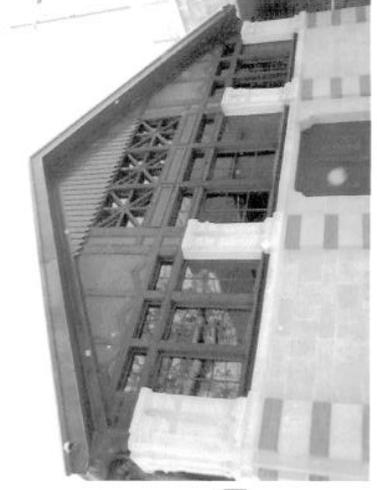
Photo d'époque



Temple de
St-Gervais



Ecole des
Arts
appliqués



Salle de gym
de l'EFP
St-Gervais

L'EFP St-Gervais aujourd'hui

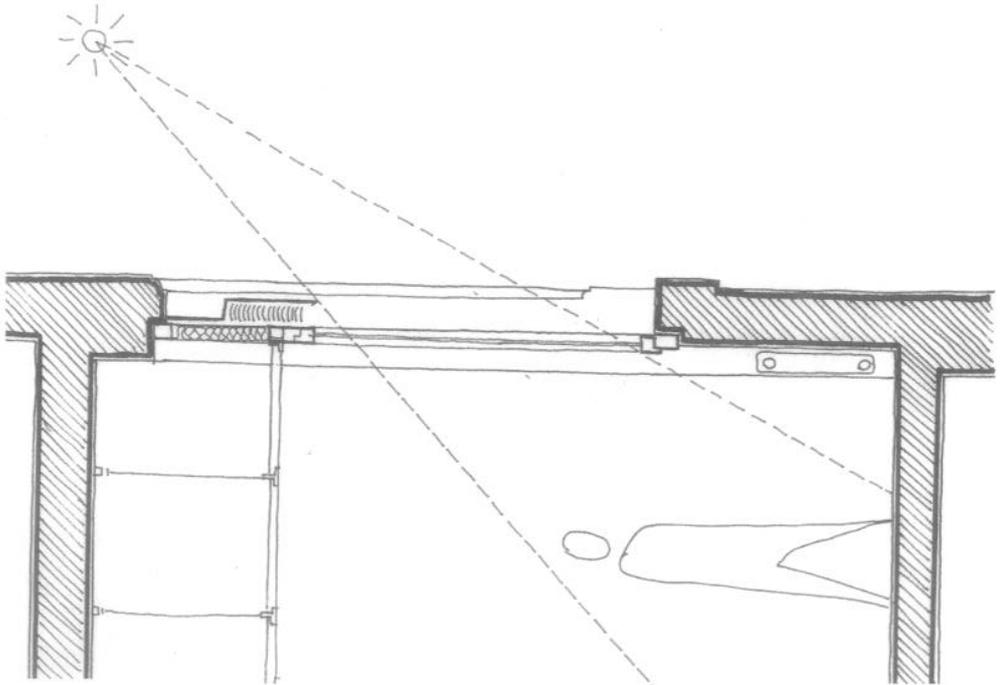


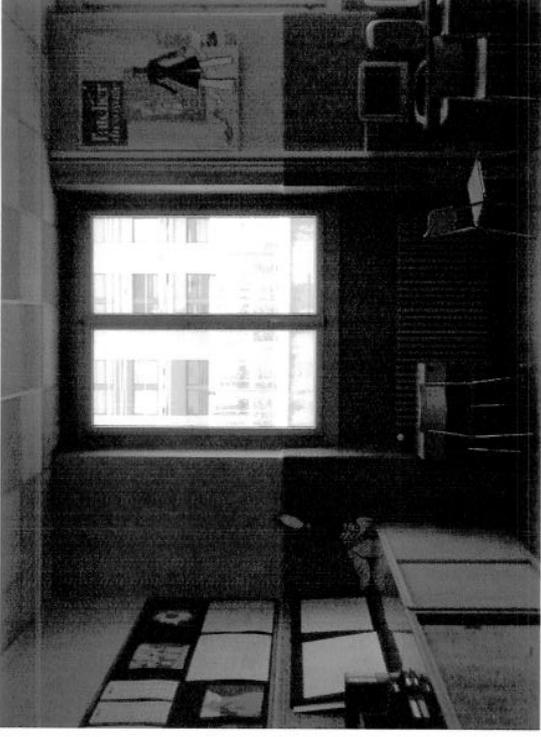
Fenêtres actuelles



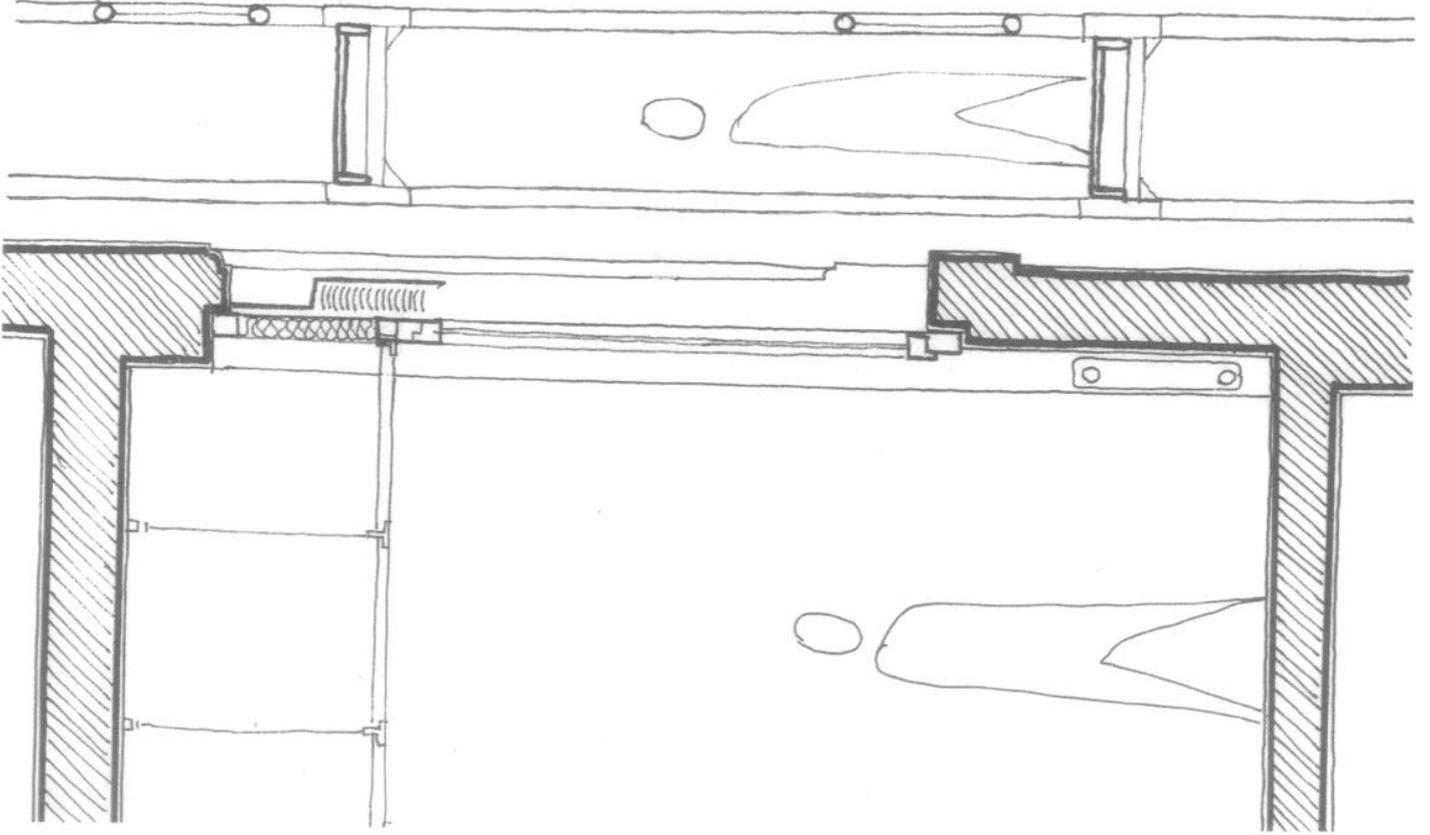


Coupe de la situation actuelle



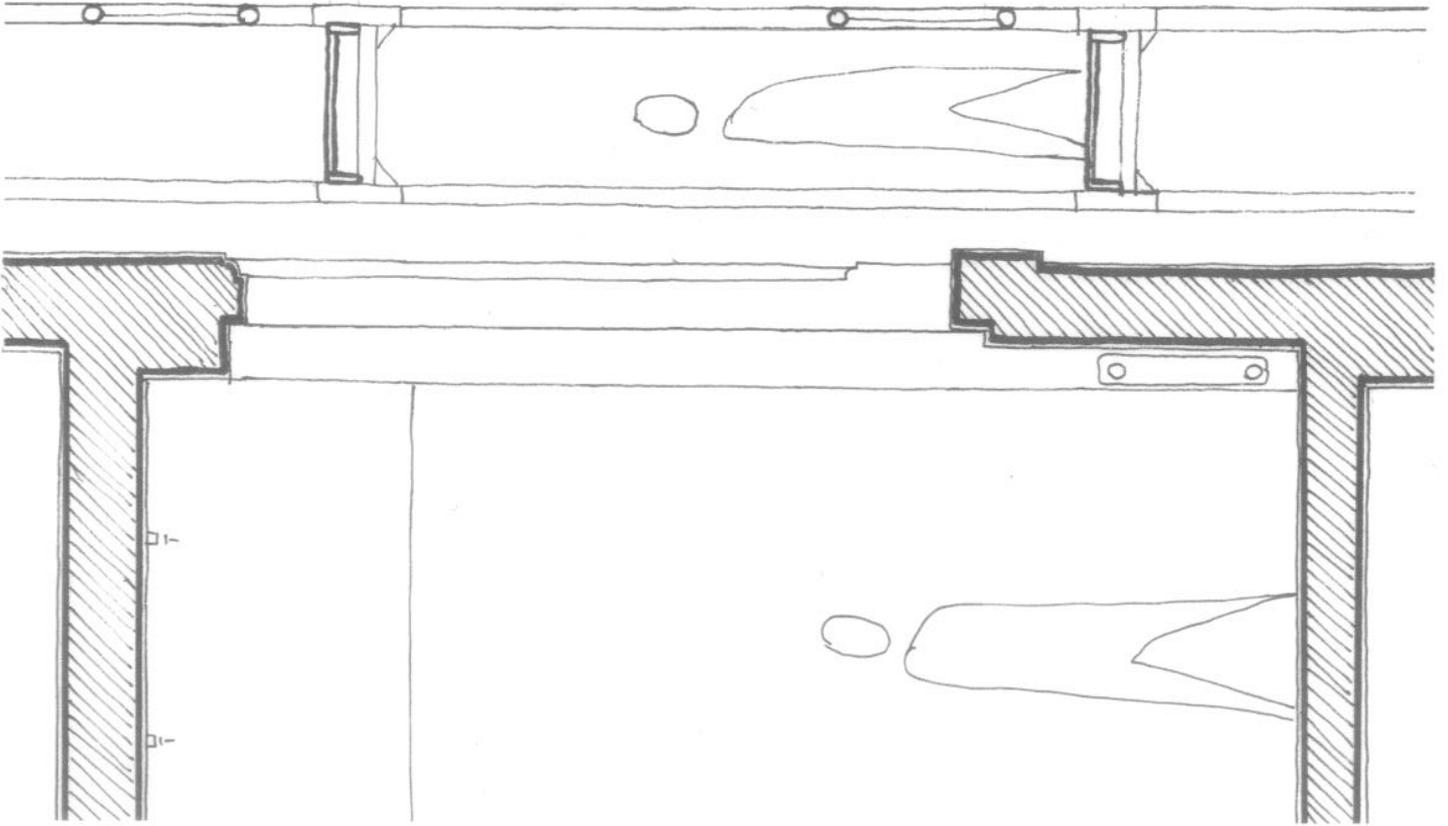


Situation actuelle
Vue de l'intérieur



Montage d'un
échafaudage

Dépose des vitrages et d'une partie
des faux plafonds

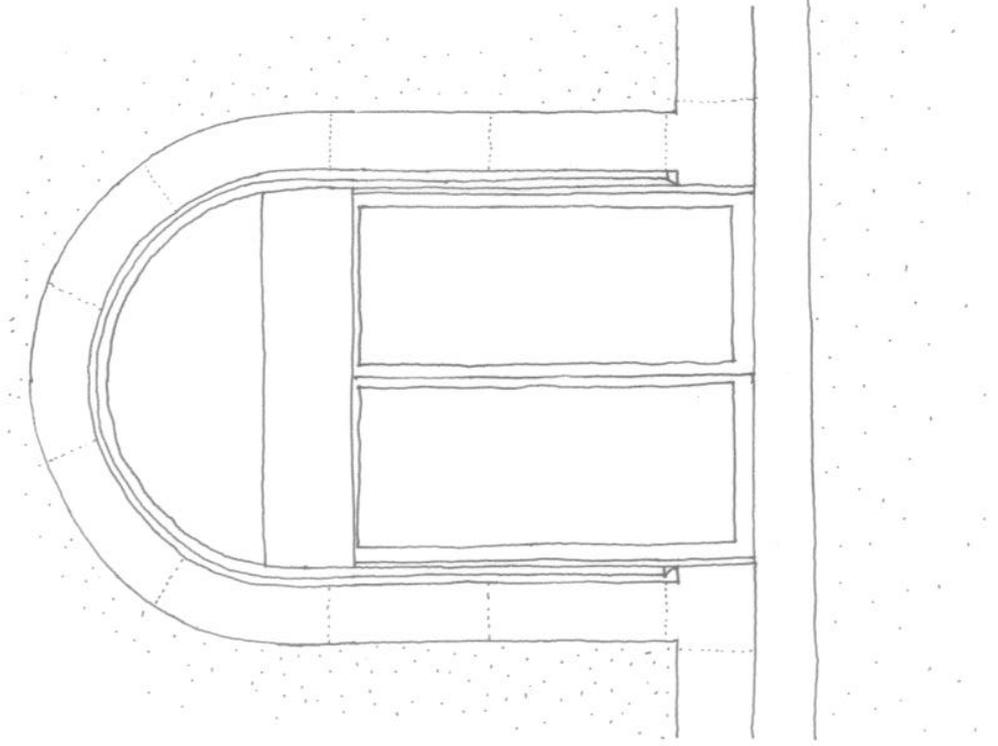




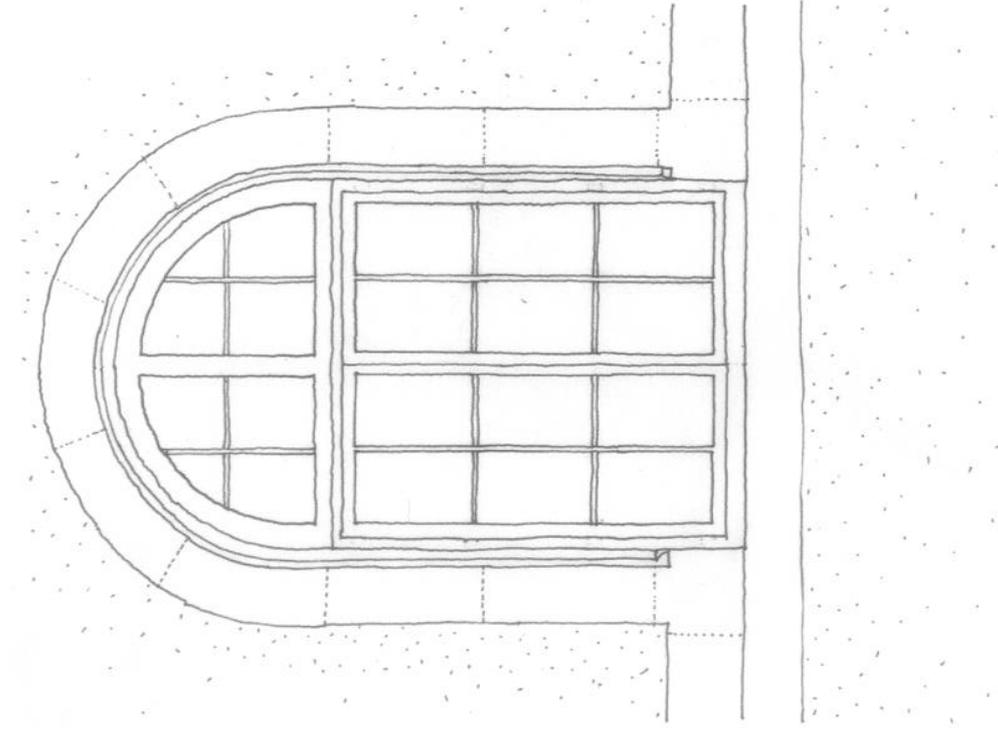
**Intervention de 1994
Fenêtres sur couloirs**



Porte d'entrée – construction d'origine

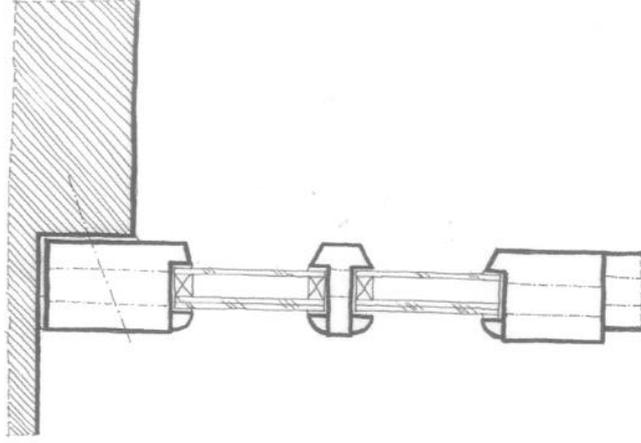
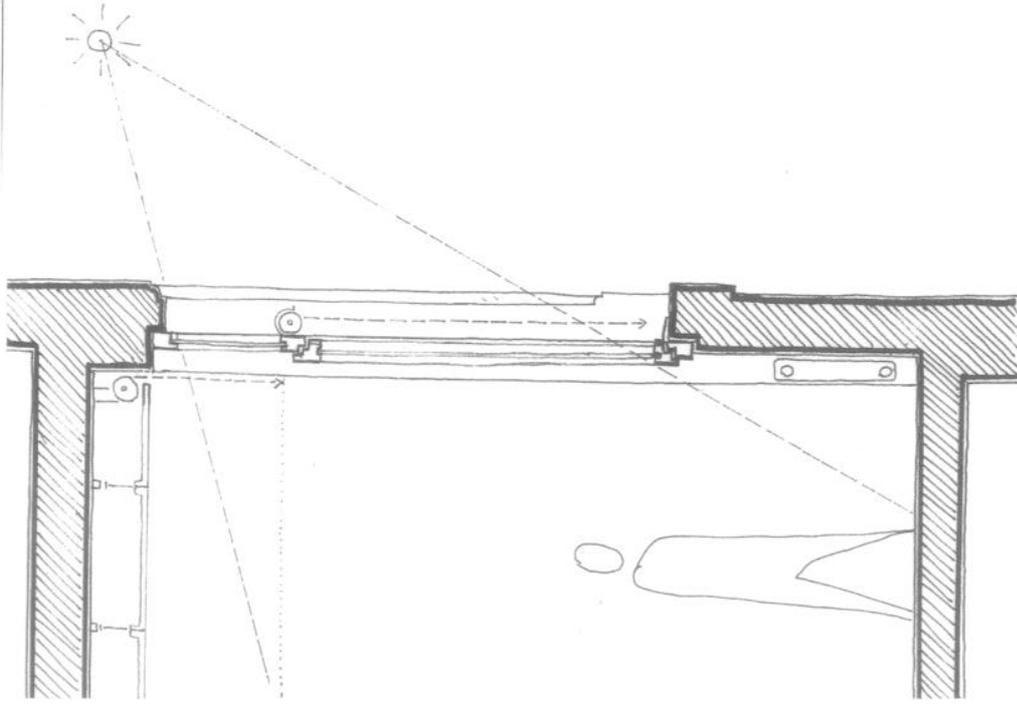


Élévation avant intervention

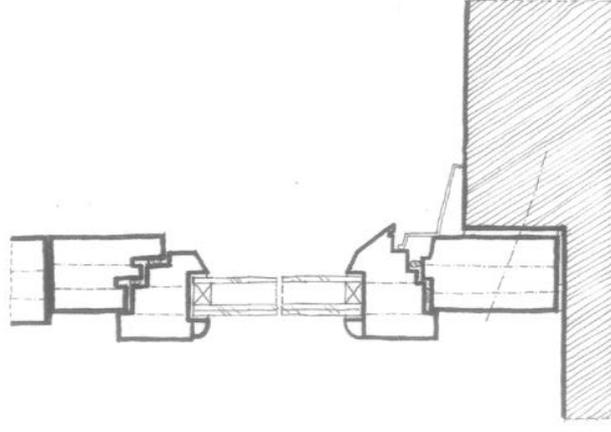


Élévation après intervention

Pose des nouvelles fenêtres



Imposte fixe
chêne et verre
isolant



Fenêtre chêne
2 vantaux et
verre isolant

Etude des effets du bruit chez les enfants en milieu scolaire, sur la communication orale en particulier

par J. Rabinowitz¹, R. Hausler², P. Moeschler¹, L. Grosjean³, M. Bakonyi¹, G. Bristow¹, J.J. Bocquet⁴, R. Olivetti⁵, Ph. Rey¹ et J. Roggo⁴ (Genève)

Après un contrôle de leur ouïe, 117 élèves (âge moyen 12 ans) de 7^e année (1^{re} année du cycle d'orientation) du Collège de Budé à Genève, ont subi en novembre 1979 des tests d'intelligibilité (dictées de mots poly- et monosyllabiques) et d'articulation (logatomes) en absence (référence) et en présence de 3 types de bruit (musique, avions, circulation routière) respectivement à divers niveaux sonores L_{eq} de 50 à 72 dB(A). En présence de bruit, l'intelligibilité des logatomes est encore plus fortement diminuée que celle des mots; l'effet perturbateur de la musique étant plus important que celui des 2 autres bruits. Si la performance de l'ensemble des élèves est diminuée en présence de bruit, les plus mauvais résultats sont fournis par ceux qui présentent déjà un certain handicap (mauvais résultats scolaires, mauvaise ouïe, catégorie socio-professionnelle modeste des parents, etc.).

Les auteurs recommandent une isolation phonique convenable des écoles ainsi qu'un traitement acoustique des salles de cours à temps de réverbération trop élevé.

1. Introduction

Le bruit peut perturber la communication orale par son effet de masque sur la parole et modifier les performances des sujets occupés à diverses tâches⁶ (1). L'étude de ces effets chez les adultes a donné lieu à une abondante littérature (2) qui montre la grande complexité de ces phénomènes mais qui permet quand même de faire certaines constatations que nous résumons ici.

En ce qui concerne l'effet de masque, rappelons qu'un son pur (ou même un phonème) sera perçu si l'énergie du son à l'oreille d'un auditeur possédant une ouïe normale est supérieure à -4 dB à celle du bruit masquant dans une bande de fréquences autour de la fréquence du son, appelée « bande critique »; en dehors de cette bande l'effet de masque diminue fortement. La bande critique a

une largeur variant avec la fréquence; en écoute monaurale on a la correspondance suivante:

Fréquence du son:	100	200	400	800	1000	2000	3000	4000	6000	8000	Hz
Largeur de la bande critique:	80	50	50	60	70	100	150	230	370	650	Hz

Dès qu'on passe à la parole, ce phénomène de masquage devient beaucoup plus complexe. En effet, la parole est composée de voyelles et de consonnes, c'est-à-dire d'une séquence compliquée de sons dont la distribution spectrale et l'intensité globale varient constamment. Il en est de même du bruit dont l'intensité dans les divers intervalles de fréquence fluctue d'un moment à l'autre; de plus, vu la redondance presque constante du langage, il n'est généralement pas nécessaire d'entendre tous les sons d'une phrase (ou d'un mot) pour qu'elle (ou il) soit parfaitement intelligible. L'intelligibilité d'une phrase (ou d'un mot) dépendra par conséquent des facteurs suivants: a) du spectre et de l'intensité de chaque phonème à l'oreille de l'auditeur, b) du spectre et de l'intensité du bruit masquant au moment où le phonème atteint l'oreille, c) de la redondance du message et d) du niveau d'information que possède le bruit même si cette information n'est pas désirée (3).

Les méthodes les plus importantes (développées surtout par les ingénieurs des télécommunications) pour évaluer l'effet de masque de bruits déterminés sur la parole sont l'« Articulation Index (AI) » (la plus compliquée mais la plus précise) (4), le « Speech Interference Level (SIL) » (5) et la mesure de l'intensité des bruits en dB(A) (la plus commode).

Il ressort en outre des études citées qu'en dehors de tout effet de masque dû au bruit l'intelligibilité de la parole augmente avec son niveau sonore jusqu'à un certain niveau puis diminue même en absence de distorsion (3). En présence d'un bruit ambiant d'intensité élevée, on a tendance à parler plus fort (ce qui entraîne une augmentation de la part des fréquences élevées qui

¹ Centre universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement, Université de Genève, Genève.

² Clinique d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale (directeur: Prof. P. Montandon), Hôpital cantonal universitaire, Genève.

³ Collège de Budé, Genève.

⁴ Direction de l'aéroport de Genève-Cointrin, services techniques, Genève.

⁵ Service des moyens audio-visuels du Département de l'instruction publique, Genève.

⁶ Pour les autres effets du bruit, voir (1).

interviennent dans l'intelligibilité de la parole) mais cet ajustement automatique de la sonorité vocale devient rapidement insuffisant (3, 6). Par ailleurs, dans les mêmes conditions du rapport «signal sonore utile»/«bruit», on constate une meilleure intelligibilité avec des phrases qu'avec des mots connus isolés, et avec des mots connus isolés qu'avec des logatomes (mots polysyllabiques dépourvus de sens). De plus, l'intelligibilité de la parole augmente graduellement avec l'âge pour atteindre un maximum vers 25 ans et diminue par la suite (2, 7); de même, la faculté de comprendre une parole partiellement masquée ou distordue se détériore progressivement à partir d'environ 30 ans (8). Notons également que pour un même bruit, la détérioration de l'intelligibilité de la parole sera plus marquée chez les personnes présentant des pertes auditives dues au bruit (surdité de perception) que chez les personnes jouissant d'une ouïe normale (3).

Il résulte de ce qui précède que le bruit, par son effet de masque, va altérer la performance de tâches impliquant la perception de signaux auditifs (parole ou autres signaux sonores) (2).

Quant aux effets du bruit sur la performance de tâches ne comportant pas de signaux auditifs les résultats obtenus à ce jour, bien que moins nets et souvent contradictoires, montrent tout de même que ces effets peuvent exister et qu'ils dépendent alors essentiellement de la nature et de l'intensité du bruit, de la nature de la tâche (industrielle, sportive, intellectuelle, etc.), des caractéristiques des sujets et même du moment de la journée ainsi que du sexe⁷ (2, 9, 10). Si la performance est modifiée, elle peut soit être améliorée pour des bruits de niveaux de crête inférieurs à 90 dB par octave (surtout pour des tâches simples et monotones), soit diminuée (tâches intellectuelles ou de précision). Lorsqu'il y a dégradation, celle-ci affecte davantage la précision que la rapidité ou la quantité totale du travail (9). Pour expliquer ces modifications de la performance, on invoque selon les cas: un «effet activateur» attribué au bruit qui déterminerait une sorte d'«éveil» de l'organisme, ce qui expliquerait les améliorations des performances de sujets soumis à des tâches particulièrement monotones (9, 11); un «effet de distraction» résultant du fait que le bruit (information non pertinente) entrerait en compétition avec les autres stimuli ce qui occasionnerait une dégradation des performances et des comportements (9, 12); un «effet de surcharge d'informations» entraînant une demande d'attention accrue de la part du sujet, car le stimulus auditif augmente le nombre d'informations (inputs) perçues provenant

de l'environnement ce qui, les capacités de l'homme étant limitées, pourrait produire un effet de «surcharge» obligeant le sujet à focaliser son attention sur un facteur de sa tâche au détriment d'autres facteurs qu'il jugerait moins pertinents (13) et se traduisant éventuellement par une fatigue physique et physiologique.

La communication orale et la concentration à diverses tâches sont d'une importance primordiale en milieu scolaire (14). Les rares études des effets du bruit dans ce milieu font ressortir une gêne dans l'accomplissement de leurs tâches chez les élèves et les maîtres dans des écoles de Vienne où le niveau du bruit de la circulation routière L_{eq}^8 est supérieur à 50 dB(A) fenêtres ouvertes et à 45 dB(A) fenêtres fermées (enquête menée dans ces écoles) (15). Dans les écoles au voisinage d'aéroports, le bruit provoquerait chez les élèves une distraction plus grande (Los Angeles) (16), chez les maîtres une perturbation de la communication orale car ils cessent de parler au moment du passage d'avions bruyants (Londres) (17); il provoquerait en outre une fatigue vocale chez les enseignants (14, 17) mais ne perturberait pas l'exécution des tâches non verbales (17, 18). D'autres auteurs notent certains troubles du comportement chez des élèves de 6 à 10 ans exposés dans leurs classes au bruit des avions ou de la circulation routière (19). Enfin, un bruit d'intensité trop élevée à la maison ou à l'école pourrait occasionner chez les enfants un retard de l'apprentissage de la lecture et une tendance notable à manquer d'initiative (20).

Etant donné que la population scolaire est très sensible au bruit, il nous a paru utile d'étudier l'influence de divers types de bruit (navigation aérienne, circulation routière et musique) à divers niveaux sur l'intelligibilité de la parole chez des élèves d'environ 12-13 ans de 7^e année (1^{re} année du cycle d'orientation) et d'examiner si ces mêmes bruits auraient ou non une influence sur la performance de tâches simples non verbales. En même temps, nous avons voulu vérifier si certaines caractéristiques des élèves (par exemple: âge, catégorie socio-professionnelle des parents, sexe, acuité auditive, langue maternelle, résultats scolaires⁹, etc.) conditionnaient les résultats de cette étude (voir sous 2.) réalisée à Genève au Collège de Budé en novembre 1979.

2. Description de l'étude

Nous commencerons par donner quelques indications sur l'école, les élèves choisis et les examens otologiques subis par ces derniers, ensuite nous décrirons brièvement les montages acousti-

⁷ Les femmes choisiraient en général un niveau de confort de 10 dB inférieur à celui qui serait adopté par leurs collègues masculins (9).

⁸ L_{eq} = Niveau du bruit continu et constant de même contenu énergétique que l'ensemble des bruits fluctuants réels pendant la période considérée.

⁹ Moyennes de français, de mathématiques, d'allemand et générale de l'année scolaire 1979-1980 de chaque élève.

ques et donnerons quelques indications sur les bruits émis, et enfin nous examinerons les tests respectivement de dictée (destinés à mesurer l'intelligibilité de la parole en présence de bruit) et non verbaux.

2.1. Ecole choisie et élèves.

Nous avons choisi le Collège de Budé (cycle d'orientation) sis au chemin Briquet et comportant une aula à l'abri des bruits extérieurs. Dans le même complexe, se trouve une salle insonorisée (au Centre des moyens audio-visuels) où nous avons pu examiner l'acuité auditive des élèves. Par ailleurs, nous avons déjà mené une pré-enquête sur un petit nombre d'élèves et d'enseignants dans ce collège (14). La direction dudit collège nous a autorisés à faire passer les tests aux élèves à l'aula, les jeudis 1^{er} et 8 novembre 1979, c'est-à-dire des journées sans activités scolaires où déroulement des tests n'allait pas être perturbé par des bruits intérieurs. En ce qui concerne les élèves, la direction de l'école a envoyé des lettres aux parents de la plupart des élèves de 7^e (1^{re} année du cycle d'orientation, âge moyen des élèves: 12 ans) leur demandant d'autoriser leurs enfants à passer les tests envisagés. Plus de 120 réponses positives nous sont parvenues et tous ces élèves ont subi un examen de contrôle de leur ouïe (voir 2.2).

2.2. Examens audiométriques.

Nous avons examiné l'acuité auditive de chaque élève en déterminant le seuil d'audibilité par «audiométrie tonale» aux sons purs de fréquence: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 et 12000 Hz respectivement à l'aide d'un audiomètre Amplaid 207. Nous avons également mesuré les seuils d'impédancemétrie du réflexe stapédien¹⁰ (aux sons purs de fréquence: 500, 1000, 2000 et 4000) à l'aide d'un tympanomètre Amplaid 702.

2.3. Montages acoustiques à l'aula du Collège de Budé et caractéristiques des bruits utilisés pour les tests.

La figure 1 donne le schéma des montages acoustiques destinés à l'émission des divers types de bruit (à divers niveaux sonores) ainsi qu'à celle de la voix du maître. Tous ces bruits ont été préalablement enregistrés: celui des avions à 200 m

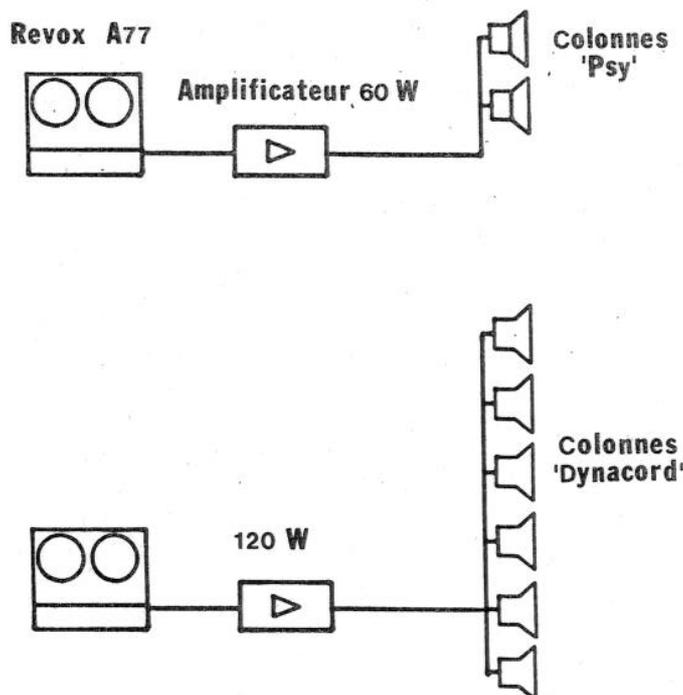


Figure 1. Schéma des montages acoustiques destinés à l'émission des divers types de bruit (montage du bas, 6 haut-parleurs de marque «Dynacord») ainsi qu'à celle de la voix du maître (montage du haut, 2 haut-parleurs «Psy»).

du milieu de la piste d'envol de l'aéroport de Genève-Cointrin, celui de la circulation routière à la rue de Lausanne et la musique à partir du disque «EPIC», titre de la chanson «Don't Look Back» par le groupe Boston. La voix du maître a été également enregistrée de manière à nous permettre de l'émettre d'une même façon pendant les tests dictés en présence de bruit à divers niveaux. Les bruits ont été émis par l'intermédiaire de six haut-parleurs répartis dans l'aula (voir figure 2) et la voix du maître a été émise par l'intermédiaire de deux haut-parleurs frontaux (voir figure 2), ceci afin d'assurer dans la salle une répartition sonore aussi uniforme que possible.

Nous avons réglé l'amplificateur à l'avance de façon à pouvoir émettre chaque type de bruit à 5 niveaux déterminés en L_{eq} de 50 à 70 dB(A) avec un intervalle d'environ 5 dB(A). Nous avons également réglé l'émission de la voix du maître (même réglage de l'amplificateur pour toutes les expériences) à une intensité moyenne de 65 dB(A) environ. Nous avons mesuré¹¹ dans l'aula en absence d'élèves non seulement les valeurs de L_{eq} pour chaque type de bruit à chaque niveau (pour une durée de 5 minutes) mais également six

¹⁰ Par «réflexe stapédien» on comprend la contraction réflexe d'un petit muscle de l'oreille moyenne (le muscle de l'étrier) sous l'effet de sons de fortes intensités; l'arc de ce réflexe est constitué d'une voie acoustique afférente (nerf auditif), de quelques relais au niveau du tronc cérébral et d'une voie motrice efférente bilatérale (nerf facial). La contraction du muscle de l'étrier augmente l'impédance du système tympano-ossiculaire, de sorte que les sons de fréquences inférieures à 2000 Hz sont amortis (de 5 à 25 dB) avant leur transmission à l'oreille interne. C'est la raison pour laquelle on a émis l'hypothèse que le réflexe stapédien pourrait constituer un mécanisme de protection de l'oreille contre les sons (ou bruits) de fortes intensités. Une autre hypothèse suggère que ce réflexe diminuerait les phénomènes de distorsion de l'oreille interne aux fortes intensités sonores, ce qui contribuerait à une meilleure intelligibilité de la parole en ambiance bruyante.

¹¹ Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un analyseur de niveaux de bruit Type 4426 et imprimante alphanumérique Type 2312 de la maison Brüel & Kjær (Naerum, Danemark).

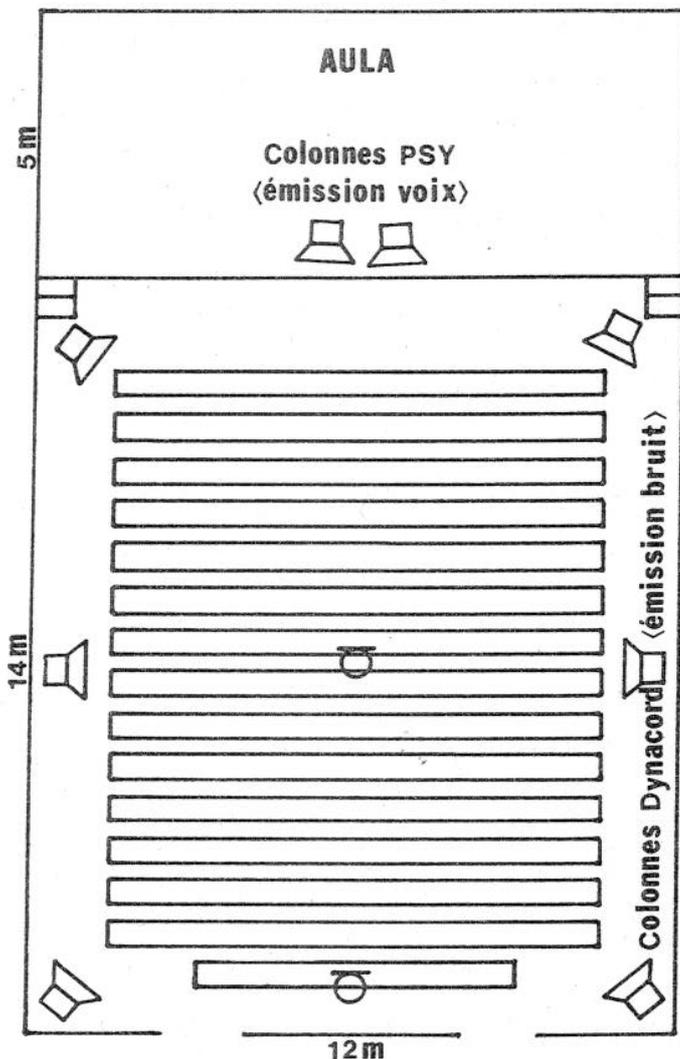


Figure 2. Schéma de l'aula du collège de Budé. Les deux haut-parleurs frontaux (sur le podium) sont destinés à l'émission de la voix du maître, les six haut-parleurs latéraux (3 de chaque côté de la salle) à celle des divers types de bruit et les 2 microphones (au centre et au fond de la salle) à l'enregistrement des niveaux sonores.

autres indices statistiques L_n (L_n = niveau du bruit atteint ou dépassé pendant n% du temps considéré); nous avons également établi ces valeurs pour la voix du maître (en absence d'émission de bruit) ainsi que pour l'aula (en absence d'élèves et d'émission de bruit). Toutes ces valeurs sont consignées dans le tableau 1. De plus, nous avons mesuré le temps de réverbération¹² de cette aula (en absence d'élèves), qui est convenable soit de 1,12 secondes, car un temps de réverbération trop élevé a pour effet de diminuer l'intelligibilité de la parole (voir figure 3).

2.4. Description des tests.

2.4.1. *Tests dictés.* Chaque test consistait en la dictée d'une série de 26 mots: 10 mots polysyllabiques (en moyenne trisyllabiques), 10 logato-

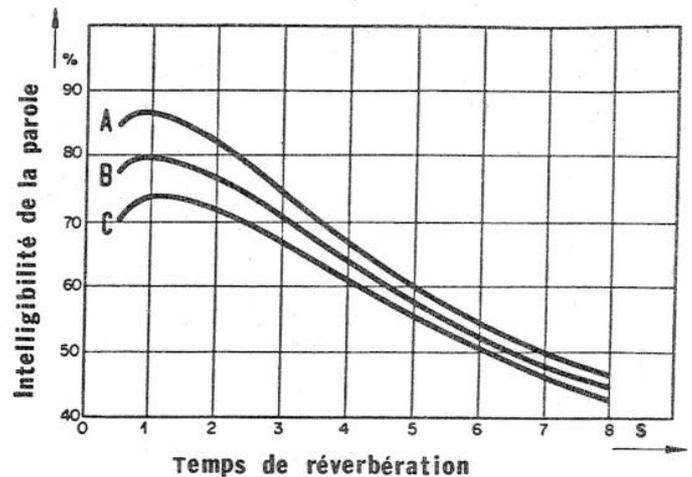


Figure 3. Intelligibilité de la parole (en %) en fonction du temps de réverbération (en secondes) pour des salles de volumes suivants: A = 700, B = 11000 et C = 45000 m³, selon (22).

mes (en moyenne trisyllabiques) et 6 mots monosyllabiques. Nous avons commencé avec les mots polysyllabiques en alternance avec les logatomes, chaque mot polysyllabique étant suivi d'un logatome, pour finir avec les 6 mots monosyllabiques. Les mots polysyllabiques, logatomes et monosyllabiques étaient différents pour chaque test mais d'égale difficulté. Avec les mots polysyllabiques ou monosyllabiques, on a les tests d'«intelligibilité» car comme nous l'avons mentionné, vu la redondance pratiquement générale du langage, l'intelligence peut pallier le manque d'information, tandis qu'avec les logatomes on a les tests d'«articulation» qui permettent de déterminer les sons et les phonèmes de la parole qui sont le plus facilement masqués par le bruit.

2.4.2. *Tests non verbaux.* Chaque test se composait de 3 parties: la première consistait en 10 carrés comportant chacun un certain nombre de points que l'élève devait compter pour inscrire le résultat de cette opération dans le carré même; la deuxième était composée de cinq séries de 7 chiffres (de 0 à 9) dans le désordre et que l'élève devait classer dans un ordre croissant; la dernière comportait un texte de 7 à 8 lignes (extraites d'un journal) et l'on demandait à l'élève d'y barrer une lettre déterminée (voyelle ou consonne), par exemple tous les p du texte. Il s'agit donc là de tests extrêmement simples.

3. Déroulement des tests, recueil et traitement des données

3.1. Déroulement des tests.

Le jeudi 1^{er} novembre 1979, les 112 élèves (64 filles et 48 garçons) qui se sont présentés ont été placés successivement du 2^e au dernier rang de l'aula. Nous leur avons expliqué la nature des tests et leur avons distribué avant chaque test les

¹² Le temps de réverbération est le temps au bout duquel l'énergie d'un son, dès la cessation de son émission, décroît à un millionième de sa valeur initiale, c'est-à-dire que son intensité acoustique décroît de 60 dB.

feuilles correspondantes portant en code le type et le niveau $L_{\text{éq}}$ du bruit émis. Chaque élève a noté son nom et la rangée où il était assis et nous leur avons demandé, en ce qui concerne les tests dictés, d'inscrire dans les cases numérotées de 1 à 26, les mots (polysyllabiques, logatomes et monosyllabiques) dans l'ordre dicté; la façon de procéder pour les tests non verbaux (voir 2.4.2.) figurait également sur les feuilles correspondantes. Après chaque test nous avons ramassé toutes les feuilles et distribué celles du test suivant. Chaque test dicté a duré 4 minutes environ et nous avons accordé 5 minutes pour chaque test non verbal. De plus, nous avons accordé aux élèves un intervalle de 15 minutes entre la 2^e et 3^e série de tests (chaque série comporte 6 tests d'un même type dont 5 à des niveaux $L_{\text{éq}}$ différents d'un même type de bruit et 1 en absence d'émission de ce bruit). Le tout a duré 2 heures environ, soit de 8 h 20 à 10 h 15. Pendant toute la durée des tests, nous avons enregistré le niveau sonore au milieu de la salle (microphone relié au car mobile de mesure de bruit de l'aéroport de Genève-Cointrin stationné dans la cour du collège, enregistré sur «REVOX») ainsi qu'au fond de la salle (enregistreur «NAGRA» portatif). Chaque bande magnétique utilisée a été calibrée préalablement à l'enregistrement du bruit à l'aide d'un pistonphone émettant un son pur de fréquence et d'intensité déterminées.

Le jeudi 8 novembre, 95 élèves (54 filles et 41 garçons), parmi lesquels 90 étaient déjà venus la première semaine, se sont présentés et nous leur avons demandé de reprendre les mêmes places que la semaine précédente. Nous avons procédé de la même façon que la première semaine sauf que le temps accordé pour chaque test non verbal a été réduit à 3 minutes. Le tout a duré 1 h 45 environ, soit de 8 h 15 à 10 h. L'ordre de déroulement des tests ainsi que les indications respectives concernant le niveau $L_{\text{éq}}$ et le type du bruit émis figurent dans le tableau 2.

3.2. Correction des tests.

3.2.1. Tests dictés. Nous avons corrigé chaque mot de chaque feuille de test et reporté le résultat (juste, faux ou blanc [c'est-à-dire pas de réponse]) dans la case correspondante (1 à 26) d'une feuille blanche analogue en indiquant le nom de l'élève, le type et le niveau $L_{\text{éq}}$ du bruit émis. Ne tenant pas compte des fautes d'orthographe nous avons compté comme juste tout mot à graphie phonétique correcte. Notons que le nombre de blancs a été extrêmement faible.

3.2.2. Tests non verbaux. Chaque feuille de test (voir 2.4.2.) a été corrigée et nous avons reporté pour le premier exercice le nombre total de réponses fausses et de blancs; pour le deuxième

exercice, nous avons inscrit le nombre total de réponses fausses (chiffres omis ou mal placés) et le nombre total de blancs (uniquement les séries de chiffres que l'élève n'avait pas pu traiter); pour le troisième exercice nous avons également indiqué le nombre total de fautes (lettres cibles non barrées) et de blancs (lettres cibles non barrées dans les lignes que l'élève n'avait éventuellement pas abordées).

3.3. Données acoustiques.

Tous les enregistrements sur bandes magnétiques obtenus précédemment (voir 3.1.) ont été analysés dans le camion-laboratoire de l'aéroport en vue d'obtenir l'enregistrement graphique du niveau sonore (fluctuant) pendant chaque test ainsi que la valeur de $L_{\text{éq}}$ en dB(A) pendant la durée de ce même test et de mesurer, à partir des enregistrements graphiques, le degré de masquage de chaque mot par le bruit dans le cas des tests dictés.

3.3.1. Enregistrement graphique des niveaux sonores et détermination de $L_{\text{éq}}$ pour la durée de chaque test. Chaque bande magnétique est passée sur le «REVOX» (du camion-laboratoire) qui est relié à un analyseur du niveau de bruit que l'on fixe, après étalonnage, sur le réseau de pondération (A); cet analyseur est accouplé à un enregistreur graphique lequel est rattaché à un analyseur de distribution statistique des niveaux de bruit¹³ comportant 12 compteurs qui classent les bruits par intervalle de 5 dB(A). A l'aide de l'enregistrement graphique réalisé pour chaque test nous avons déterminé $L_{\text{éq}}$ pour chacun d'eux en nous basant sur l'analyse de distribution statistique des niveaux de bruit pendant la période considérée. Quant aux tests non verbaux, les résultats montrent que pour chacun d'eux il y a très peu de différence (le plus souvent moins de 1 dB(A), rarement entre 1 et 1,5 dB(A)) entre $L_{\text{éq}}$ mesuré au milieu de la salle et $L_{\text{éq}}$ mesuré au fond de la salle. La différence entre le niveau de bruit $L_{\text{éq}}$ émis respectivement en absence d'élèves (voir tableau 1) et en leur présence est le plus souvent inférieur à 1 dB(A) et atteint rarement entre 1 et 2 dB(A); les différences les plus élevées se situant évidemment aux niveaux $L_{\text{éq}}$ les plus bas. Quant aux tests dictés, on fait des observations analogues si on tient compte du fait que $L_{\text{éq}}$ mesuré correspond à $L_{\text{éq}}$ de la voix du maître + $L_{\text{éq}}$ du bruit émis. La contribution de la voix du maître est prédominante pour les faibles niveaux de bruit, elle est négligeable lorsque le niveau $L_{\text{éq}}$ de ces bruits atteint 70 dB(A) environ. Etant donné que les erreurs dans la détermination de $L_{\text{éq}}$ sont de l'ordre de ± 1 à 2 dB(A), nous utiliserons comme $L_{\text{éq}}$ des bruits émis pendant les tests les valeurs indiquées dans les tableaux 1 et 2.

¹³ Tous les appareils utilisés sont de marque «Brüel & Kjær».

Tableau 1.— Valeurs de $L_{\text{éq}}$ et de L_n en dB(A) des divers types de bruit émis à divers niveaux sonores respectivement pendant les tests dictés et les tests non verbaux, ainsi que de la salle vide (en absence d'émission) et de la voix (enregistrée) du maître. Toutes ces mesures ont été effectuées au milieu de l'aula du Collège de Budé, en absence d'élèves, pendant 5 minutes pour chaque cas.

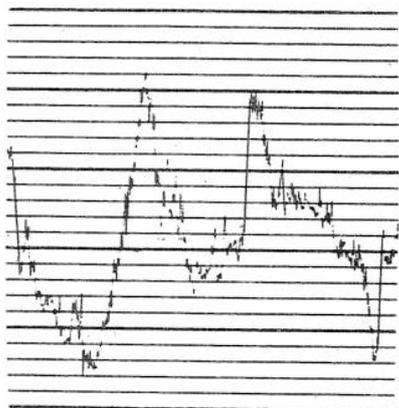
Type de bruit	Niveau d'émission $L_{\text{éq}}$	Autres caractéristiques statistiques L_n du bruit					
		L_1	L_{10}	L_{30}	L_{50}	L_{90}	L_{99}
Avions	50,5	60,5	55,5	47,8	43,5	36,5	36,3
	56,3	68,0	61,5	52,0	46,8	37,3	36,3
	60,6	71,3	66,3	57,0	50,8	36,3	36,3
	65,3	75,8	70,8	61,8	55,5	39,0	36,5
	69,9	80,5	75,3	66,5	66,0	43,5	40,5
Circulation routière	49,8	61,3	52,8	49,0	46,5	41,3	36,3
	55,2	66,3	58,0	54,5	51,8	45,8	39,8
	60,8	71,3	63,8	60,0	57,3	51,8	45,5
	65,5	76,3	68,5	64,8	62,0	56,0	50,3
	71,0	82,3	73,8	70,0	67,5	61,5	55,0
Musique	51,4	55,8	53,8	52,5	51,8	46,3	37,5
	56,1	60,5	58,5	57,3	56,3	50,8	41,8
	61,1	65,3	63,5	62,3	61,3	55,8	46,0
	65,8	69,8	68,0	67,0	66,0	60,5	50,8
	70,8	75,0	73,0	72,0	71,0	66,8	55,5
Salle vide sans émission	31,6	43,3	33,0	28,3	27,8	27,5	27,3
Voix du maître	58,2	70,8	61,3	40,8	35,0	30,5	29,8

Tableau 2.— Ordre de déroulement des 6 séries de tests, chaque série en comportant 6 (d'un même type) dont 5 à des niveaux sonores $L_{\text{éq}}$ différents d'un même type de bruit et 1 en absence d'émission de ce dernier.

Date	Type de test	Type de bruit	Ordre de passage des 6 tests de chaque série avec $L_{\text{éq}}$ en dB(A)					
			1	2	3	4	5	6
1 nov. 79	Dictée	Musique	61,1	56,1	65,8	40,0 ^a	51,4	70,8
	Non verbal	Avions	50,5	44,0 ^a	69,9	65,3	56,3	60,6
	Dictée	Avions	60,6	56,3	65,5	50,5	69,9	45,0 ^a
8 nov. 79	Non verbal	Circulation routière	49,8	71,0	55,2	65,5	60,8	45,0 ^a
	Dictée	Circulation routière	40,0 ^a	60,8	55,2	65,5	49,8	71,0
	Non verbal	Musique	65,8	51,4	49,6 ^a	61,1	56,1	70,8

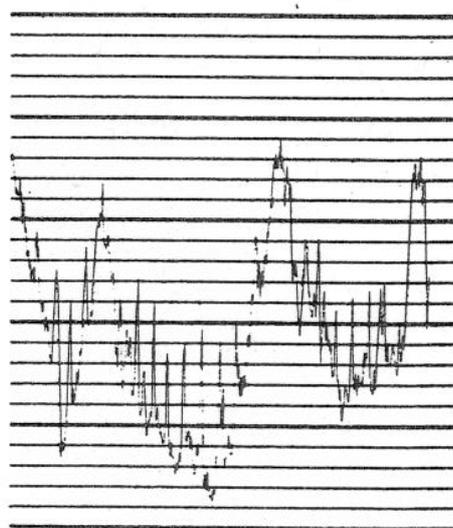
^a Niveau sonore ambiant dans l'aula ($L_{\text{éq}}$ en dB(A)) pendant les tests en absence d'émission de bruit.

AVIONS



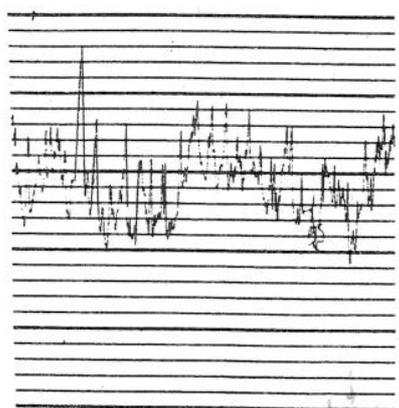
dB(A)
90
80
70
60
50
40

AVIONS



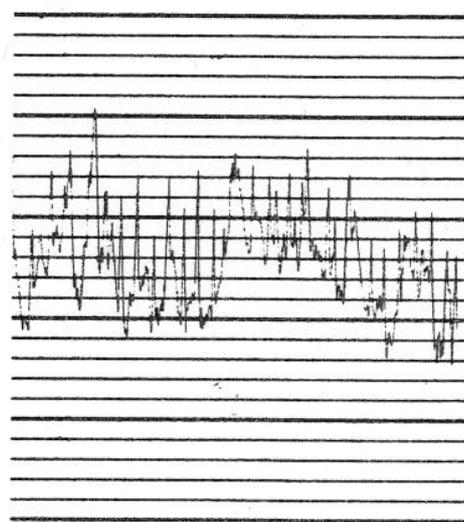
dB(A)
90
80
70
60
50
40

CIRCULATION ROUTIERE



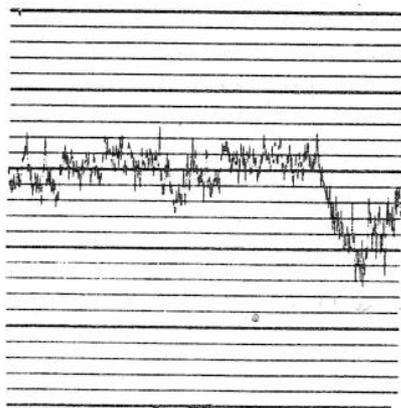
dB(A)
90
80
70
60
50
40

CIRCULATION ROUTIERE



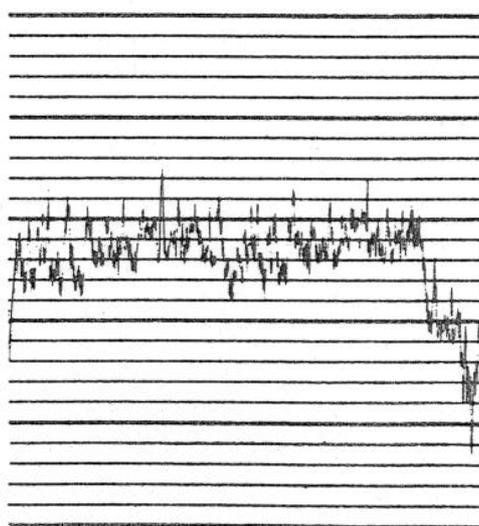
dB(A)
90
80
70
60
50
40

MUSIQUE



dB(A)
90
80
70
60
50
40

MUSIQUE



dB(A)
90
80
70
60
50
40

Figure 4. Enregistrements graphiques des niveaux sonores pendant les tests non verbaux en présence de chacun des 3 types de bruit respectivement, émis avec les intensités L_{eq} en dB(A) suivantes: 69,9 (avions), 71,0 (circulation routière) et 70,8 (musique). Vitesse de déroulement du papier: 1,8 cm/minute.

Figure 5. Enregistrements graphiques des niveaux sonores pendant les tests dictés en présence de chacun des 3 types de bruit respectivement, émis avec les intensités L_{eq} en dB(A) suivantes: 65,3 (avions), 65,5 (circulation routière) et 65,8 (musique). On remarque très nettement entre les pics de deux avions par exemple les petits pics dus aux mots. Vitesse de déroulement du papier: 1,8 cm/minute.

3.3.2. Degré de masquage des mots par le bruit lors des tests dictés. Les bruits étant fluctuants, nous avons utilisé les enregistrements graphiques (mais avec une vitesse de déroulement du papier 10 fois plus grande que dans le cas des figures 4 et 5) pour mesurer la différence entre le niveau acoustique de chaque mot et celui du bruit. Ceci a été facile pour les niveaux de bruit de faible intensité car pendant que l'on effectue l'enregistrement graphique, on entend la suite des mots que l'on coche à l'endroit approprié et qui ressortent d'ailleurs nettement sur le graphique. Lorsqu'on n'entend pas chaque mot, on fait en plus un enregistrement graphique (avec la même vitesse de déroulement du papier) à partir de la bande contenant la voix du maître et on superpose les deux enregistrements graphiques pour cocher la position de tous les mots. Dans les cas douteux, afin de déterminer si une pointe (sonore) provenait du mot ou du bruit, nous avons aussi effectué l'enregistrement graphique (à la même vitesse) du bruit (en absence de dictée) et comparé tous ces graphiques entre eux. Pour exprimer la grandeur du masquage, nous avons adopté une échelle à 4 degrés: le masquage I lorsque la différence entre le niveau acoustique du mot et celui du bruit est égale ou supérieure à 10 dB(A), le masquage II lorsque cette différence est comprise entre 4 et 9 dB(A), le masquage III lorsque cette différence est comprise entre 0 et 3 dB(A) et enfin le masquage IV lorsque cette différence est négative.

3.4. Données caractéristiques des tests.

3.4.1. Tests non verbaux. Pour chaque test, nous avons noté le niveau $L_{\text{éq}}$ du bruit émis, la durée du test (secondes), le nombre total de points contenus dans les 10 carrés du 1^{er} exercice, le nombre total de lettres du 3^{me} exercice de même que le nombre de lettres cibles et la lettre cible.

3.4.2. Tests dictés. Pour chaque test, nous avons reporté le niveau $L_{\text{éq}}$ du bruit émis, la durée du test (secondes) et le degré de masquage respectif de chacun des mots dans l'ordre dicté.

3.5. Données caractéristiques des élèves.

Pour chaque élève, nous avons inscrit la rangée où il était assis la première semaine et celle de la deuxième semaine également, sa classe au Collège (7^e A ou B, etc), l'âge (1979 moins année de naissance), le sexe, la catégorie socio-profession-

nelle des parents (1 = manuels, 2 = employés, 3 = cadres et professions libérales), la langue maternelle (1 = française ou 2 = étrangère), les résultats de l'examen audiométrique (1 = pertes légères à moyennes, 2 = pertes légères, 3 = ouïe normale), les seuils du réflexe stapédien (1 = seuils bas = réflexe fort, 2 = seuils élevés = réflexe faible, 3 = seuils moyens = réflexe moyen), les troubles lexiques éventuels (1 = troubles moyens, 2 = troubles faibles, 3 = pas de troubles) et les résultats scolaires de l'année 1979-1980 (moyennes de français, de mathématiques, d'allemand et générale).

3.6. Traitement des données.

Toutes les données ont été traitées sur l'ordinateur (UNIVAC 1100-61) de l'Université de Genève. En ce qui concerne les tests dictés, nous avons traité séparément pour chacun d'entre eux les mots polysyllabiques, les mots monosyllabiques et les logatomes. Pour chaque type de bruit et chaque type de mots, nous avons reporté les résultats justes de chaque élève à chaque niveau $L_{\text{éq}}$ (du bruit) y compris le niveau de référence (pas d'émission de bruit); nous avons calculé les moyennes (de justes) pour chaque niveau, appliqué le test des signes¹⁴ «sign test» entre tous les niveaux, tracé les histogrammes pour chaque niveau de bruit (en abscisse le nombre de mots justes de 0 à 10 pour les polysyllabiques et les logatomes et de 0 à 6 pour les monosyllabiques, en ordonnée les élèves qui ont donné le nombre correspondant de réponses justes) et établi les corrélations de régression linéaire entre les niveaux de bruit et les résultats obtenus. Un traitement analogue a été appliqué aux tests non verbaux en analysant séparément chacun des 3 exercices (voir 2.4.2.) de ceux-ci. Enfin, pour les tests dictés, nous avons procédé pour chaque type de bruit et chaque type de mots, à une analyse des correspondances (21) entre les diverses caractéristiques des élèves (voir 3.5.) et les résultats obtenus en présence de bruit (les élèves sont divisés en 3 groupes: bons, moyens et mauvais, selon les résultats obtenus respectivement pour chaque niveau de chaque type de bruit y compris le niveau de référence, et chaque type de mots).

4. Résultats obtenus et interprétation

4.1. Examens audiométriques.

Parmi les 117 élèves qui se sont présentés aux tests, 111 jouissaient d'une ouïe normale (pas de

¹⁴ Il s'agit d'un test statistique qualitatif pour vérifier s'il y a ou non un changement de comportement (positif ou négatif) entre deux situations (ici, s'il y a ou non une variation «positive ou négative» du nombre de réponses justes entre 2 niveaux $L_{\text{éq}}$ de bruit).

perles auditives de plus de 5 dB aux fréquences testées); pour les 6 autres, les pertes auditives étaient légères pour 4 (2 d'entre eux avaient des pertes de 10 dB aux fréquences 125, 250 et 500 Hz, le troisième des pertes de 10 et 15 dB aux fréquences 4000 et 8000 et le dernier 10 à 15 dB de pertes à toutes les fréquences) et de légères à moyennes pour 2 (l'un de 15 à 45 dB à toutes les fréquences, l'autre de 35 à 55 dB aux fréquences de 125 à 2000 et de 10 à 30 dB aux fréquences 4000 à 12 000). Quant aux seuils du réflexe stapédien, nous avons noté parmi les 111 cas à ouïe normale: 17 élèves (12 filles et 5 garçons) avec un réflexe fort (seuils de chacune des oreilles inférieurs à 100 dB pour toutes les fréquences testées), 21 élèves (9 filles et 12 garçons) avec un réflexe faible (seuils de chacune des oreilles supérieurs à 100 dB) et enfin 73 élèves (40 filles et 33 garçons) avec un réflexe intermédiaire (moyen).

4.2. Tests non verbaux.

Si l'on observe une très légère tendance à l'abaissement de la performance des exercices 1 et surtout 3 de ces tests en présence du bruit d'avions ou de musique (surtout pour les intensités élevées) par rapport à la performance en

absence de bruit, cette tendance est trop irrégulière et n'est donc généralement pas significative aux tests statistiques déjà cités. Cela corrobore les données de la littérature, à savoir qu'à des niveaux inférieurs à 80-85 dB(A), le bruit exerce peu d'influence sur la performance de tâches simples.

4.3. Tests dictés.

Les pourcentages moyens des réponses justes pour l'ensemble des élèves pour chaque type de mots (poly-, monosyllabiques et logatomes) à chaque niveau de chaque type de bruit émis (musique, avions, circulation routière) et en absence de bruit émis (test de référence) sont consignés dans le tableau 3. Comme prévu, les résultats sont meilleurs avec les tests d'intelligibilité (mots mono- et polysyllabiques) qu'avec les tests d'articulation (logatomes). De même, le pourcentage d'intelligibilité (ou % de réponses justes) est notablement plus faible en présence de musique qu'en présence du bruit des avions ou de la circulation routière. Le test des signes « sign test » (on détermine entre 2 niveaux de bruit, le nombre de performances respectivement améliorées, diminuées et inchangées) appliqué à chaque test en présence de bruit par rapport au test de référence (en

Tableau 3. Pourcentages moyens des réponses justes de tous les élèves pour chaque niveau $L_{\text{éq}}$ de bruit, chaque type de bruit et chaque type de mots.

Type de bruit	$L_{\text{éq}}$ dB(A)	Réponses justes en fonction du type des mots		
		Polysyllabiques %	Monosyllabiques %	Logatomes %
Musique	40,0 ^a	92,9	94,7	84,9
	51,4	83,8	84,0	62,6
	56,1	87,3	86,8	52,1
	61,1	74,6	81,2	28,0
	65,8	67,3	71,5	35,4
	70,8	38,6	57,3	2,6
Avions	45,0 ^a	88,3	95,0	73,8
	50,5	89,7	86,2	62,4
	56,3	90,4	90,0	56,9
	60,6	71,1	93,5	53,8
	65,3	71,4	84,3	39,2
	69,9	68,1	69,0	31,3
Circulation routière	40,0 ^a	92,9	94,7	84,9
	49,8	92,3	93,0	70,1
	55,2	90,9	91,8	61,6
	60,8	92,0	91,3	53,2
	65,5	88,9	91,8	48,7
	71,0	68,4	91,5	40,8

^a Il s'agit du niveau de bruit ambiant (en présence d'élèves) pendant les tests de référence en absence d'émission de bruit.

Tableau 4. Pourcentage de réponses justes (*j*) obtenues dans les dictées pour chaque type de mots en fonction du degré de masquage (I, II, III ou IV, voir texte sous 3.3.2.) et de chaque type de bruit. La lettre *n* représente le nombre de mots d'un type déterminé ayant subi le même degré de masquage dans tous les tests dictés en présence d'un même type de bruit (6 tests: 5 avec le bruit à 5 niveaux $L_{\text{éq}}$ plus 1 de référence en absence de bruit).

Type de bruit	% de réponses justes en fonction du type des mots et du degré de masquage (I, II, III ou IV)																							
	Polysyllabiques								Monosyllabiques				Logatomes											
	I		II		III		IV		I		II		III		IV									
	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %	<i>n</i>	<i>j</i> %								
Musique	18	86,2	30	77,0	12	48,7	—	—	5	96,4	25	81,0	6	57,3	—	—	24	65,5	24	43,0	12	4,5	—	—
Avions	31	86,4	22	80,8	5	61,3	2	12,9	10	92,4	22	87,9	3	82,0	1	4,6	32	65,7	19	47,5	8	20,6	1	3,7
Circulation routière	35	92,0	19	88,1	6	61,2	—	—	15	92,2	21	92,6	—	—	—	—	37	67,4	23	49,4	—	—	—	—

absence d'émission de bruit) est significatif (à 95%) dans tous les cas. Ce test statistique n'est pas toujours significatif pour deux mêmes tests dictés avec un même type de bruit entre 2 niveaux consécutifs de bruit (différence de 4 à 5 dB(A)) lorsque (le bruit étant fluctuant) les degrés de masquage des mots ne sont pas sensiblement modifiés. Du tableau 4, dans lequel figure le pourcentage de réponses justes pour l'ensemble des mots d'un type déterminé aux 4 degrés de masquage (I à IV) et par bruit émis déterminé ainsi que pour le niveau de référence (absence de ce bruit), on peut tirer deux conclusions: primo, le passage d'un masquage de degré déterminé à celui immédiatement supérieur entraîne une diminution de l'intelligibilité plus importante pour les logatomes que pour les mots poly- ou monosyllabiques¹⁵; secundo, pour un même type de mots, cette diminution de l'intelligibilité, lorsqu'on passe d'un degré de masquage au suivant, est généralement plus importante pour le bruit de la musique que pour celui des avions ou de la circulation routière. Il n'en demeure pas moins que la tendance à la diminution de l'intelligibilité avec l'augmentation du niveau $L_{\text{éq}}$ du bruit est nettement établie pour tous les types de mots et de bruit (même si on a un palier intermédiaire entre 50-55 dB(A) et 60-65 dB(A) dans le cas des mots polysyllabiques ou monosyllabiques), comme le montrent les droites de régression des figures 6, 7 et 8. A titre de comparaison, nous avons reporté dans la figure 9 ces droites pour les logatomes et les 3 types de bruit; elles montrent que la diminution de l'intelli-

gibilité est presque linéaire par rapport au niveau de bruit $L_{\text{éq}}$ exprimé en dB(A) et que les tests d'articulation utilisant des logatomes paraissent être les meilleurs indicateurs pour déterminer les sons de la parole qui sont le plus facilement masqués et, indirectement, le degré de perturbation de la communication orale par le bruit selon son niveau sonore. Il ne faut pas oublier que pour les enfants moins âgés, de 6 à 9 ans par exemple (premières années de l'école primaire), l'intelligibilité de la parole est moindre que pour ceux du cycle d'orientation de sorte que dans les mêmes conditions du rapport «parole»/«bruit», la dégradation de la performance des sujets plus jeunes sera encore plus accentuée. De plus, l'étude d'une langue non maternelle nécessite une discrimination auditive parfaite de tous les sons d'un mot (comme pour un logatome) et l'on se rend parfaitement compte de l'action néfaste qu'exercerait dans ce domaine le bruit, même à de faibles intensités. L'effet perturbateur du bruit dans la communication orale en milieu scolaire est donc grave de conséquences pour les élèves et même pour les enseignants (14).

Pour chaque série de tests (musique, avions et circulation routière) et chaque type de mots (poly-, monosyllabiques et logatomes), nous avons analysé les correspondances entre les diverses variables caractéristiques des élèves (voir 3.5.) et les résultats des tests (répartis en 3 catégories: bons, moyens et mauvais). A titre d'exemple, nous donnons dans la figure 10, le graphique obtenu dans le cas des logatomes respectivement en absence

¹⁵ Le pourcentage élevé de réponses justes dans le cas des mots monosyllabiques en présence du bruit de la circulation routière avec $L_{\text{éq}} = 71,0$ dB(A) (voir tableau 3) s'explique par le fait que ces 6 mots ont subi un masquage avec un degré II seulement et qu'il n'y a pratiquement pas de perte d'intelligibilité dans le cas des mots monosyllabiques lorsqu'on passe du degré de masquage I au degré de masquage II (voir tableau 4).

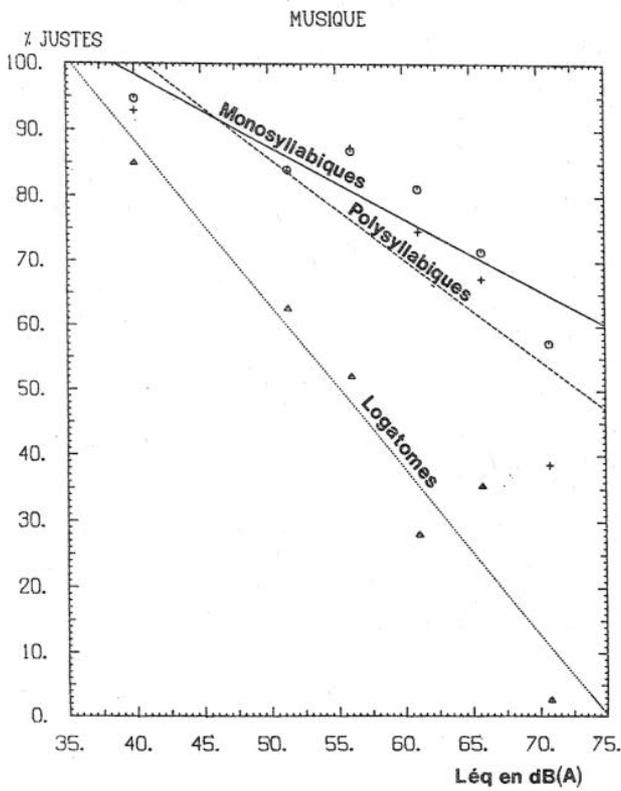


Figure 6. Pourcentages de réponses justes respectivement pour mots polysyllabiques, mots monosyllabiques et logatomes en fonction du niveau $L_{éq}$ de la musique ($L_{éq} = 40$ dB(A) représente le niveau de référence en absence d'émission de musique). Droite de régression linéaire pour chaque type de mots.

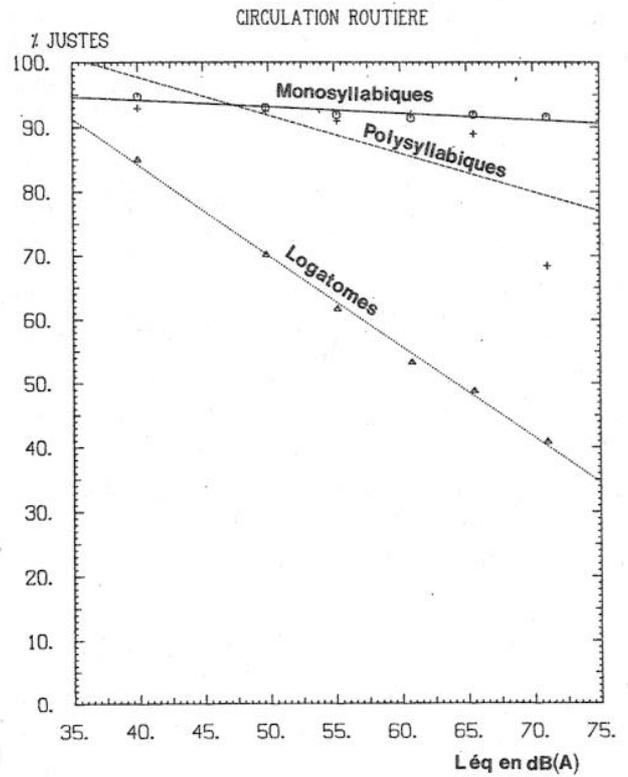


Figure 7. Pourcentages de réponses justes respectivement pour mots polysyllabiques, mots monosyllabiques et logatomes en fonction du niveau $L_{éq}$ du bruit de la circulation routière émis ($L_{éq} = 40$ dB(A) représente le niveau de référence en absence d'émission de bruit). Droite de régression pour chaque type de mots.

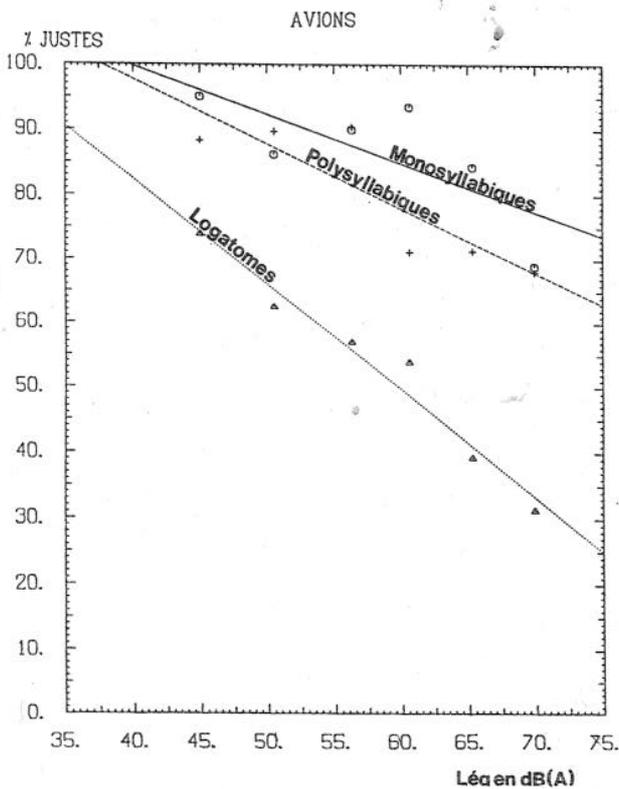


Figure 8. Pourcentages de réponses justes respectivement pour mots polysyllabiques, mots monosyllabiques et logatomes en fonction du niveau $L_{éq}$ du bruit des avions émis ($L_{éq} = 45$ dB(A) représente le niveau de référence en absence d'émission de bruit). Droite de régression pour chaque type de mots.

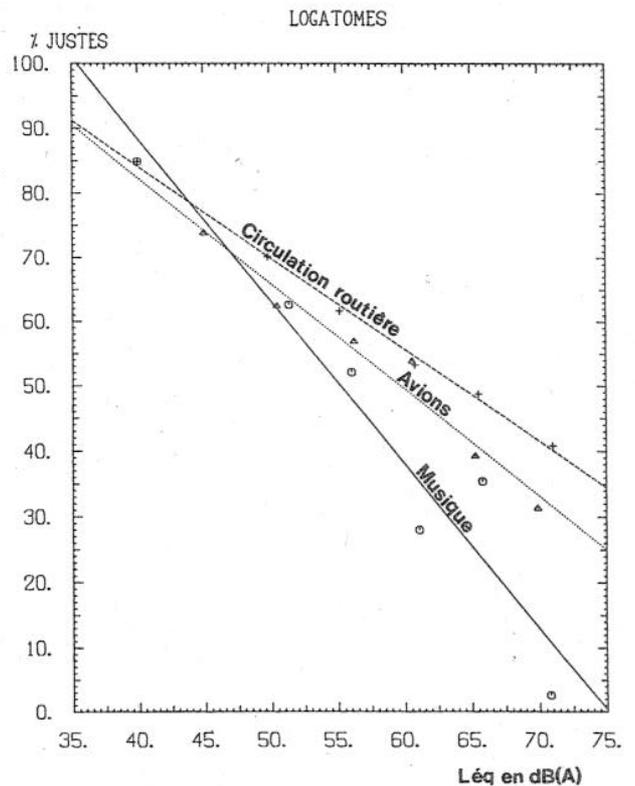


Figure 9. Pourcentages de réponses justes pour les logatomes aux divers niveaux $L_{éq}$ du bruit respectivement de la circulation routière, des avions et de la musique. Droite de régression linéaire pour chaque type de bruit.

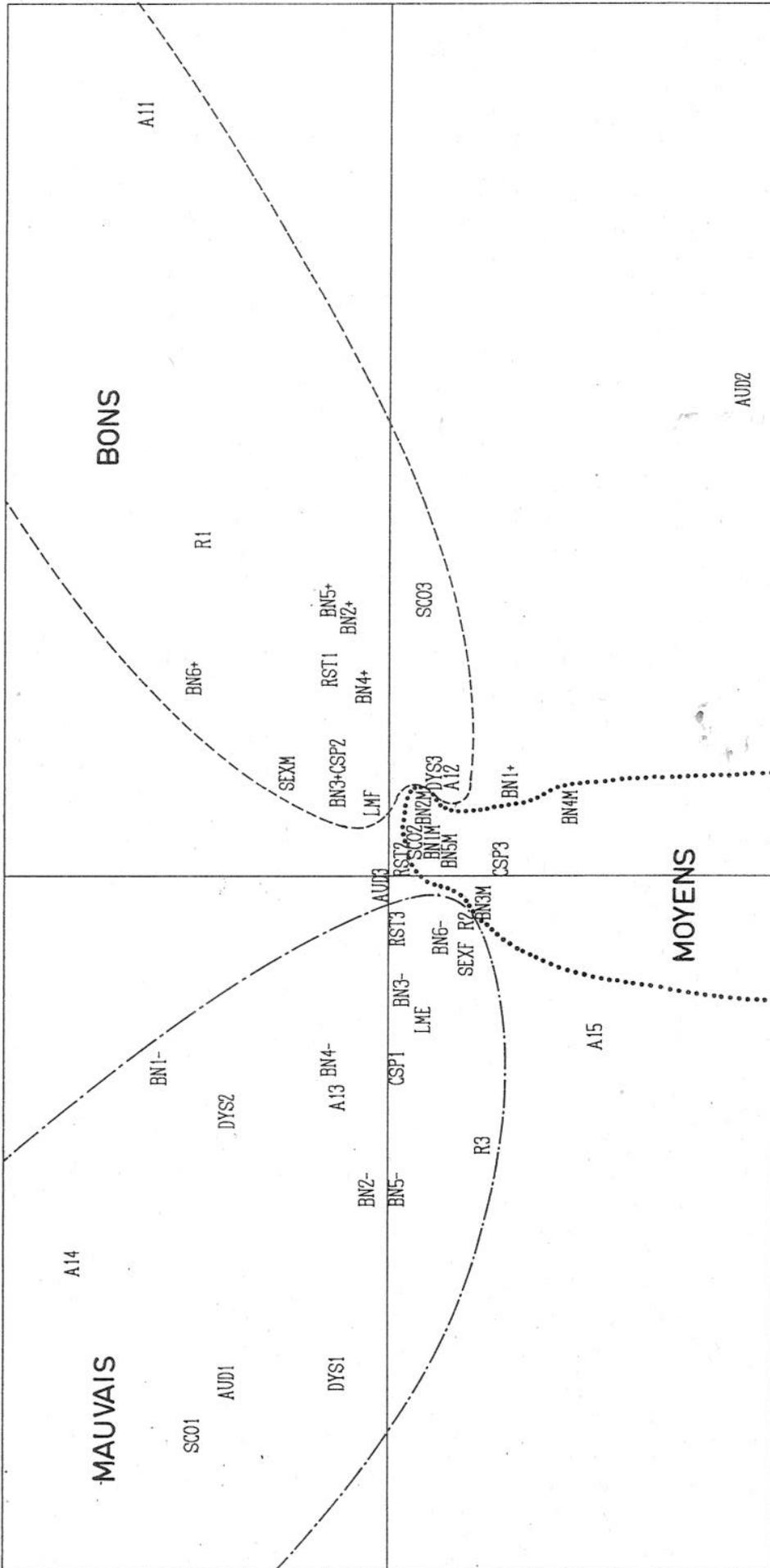


Figure 10. Analyse des correspondances entre les diverses variables caractéristiques des élèves et leurs performances dans les tests d'articulation (logatomes), en absence et en présence de musique aux niveaux sonores suivants: BN1 = 40 (bruit de fond dans la salle, pas d'émission de musique); BN2 = 51,4; BN3 = 56,1; BN4 = 61,1; BN5 = 65,8; BN6 = 70,8 dB(A); ces niveaux suivis du signe + = bons résultats, de - = mauvais résultats et de M = résultats moyens. AUD1 = pertes auditives légères à moyennes, AUD2 = pertes légères, AUD3 = ouïe normale; SC01 = mauvais résultats scolaires, SC02 = moyens à bons, SC03 = très bons; RST1 = réflexe stapédien fort, RST2 = faible, RST3 = moyen; CSP1 = catégorie socio-professionnelle composée d'ouvriers et de manuels, CSP2 = d'employés et de cadres moyens, CSP3 = de cadres supérieurs et des professions libérales; DYS1 = troubles lexiques moyens, DYS2 = faibles, DYS3 = pas de troubles; R1 = les 5 premiers rangs de l'aula, R2 = les 5 derniers, R3 = les 5 derniers; A11 = 11 ans, A12 = 12 ans, etc. SEXM = filles, SEXM = garçons; LME = langue maternelle étrangère, LMF = langue maternelle française.

et en présence de musique, mais on a une répartition à peu près pareille des diverses variables caractéristiques des élèves et des résultats obtenus en présence de bruit dans les 8 autres cas.

L'analyse des résultats numériques et du graphique (figure 10) permet l'interprétation suivante en ce qui concerne les axes de cette figure: l'axe horizontal oppose aux bons résultats (à droite) les mauvais (à gauche), l'axe vertical oppose aux résultats moyens, principalement en bas, les extrêmes (bons ou mauvais) principalement en haut. Cela permet de distinguer trois zones: la zone associée aux mauvais résultats située en majeure partie dans le quadrant supérieur gauche, celle associée aux bons résultats située en majeure partie dans le quadrant supérieur droit et enfin celle associée aux résultats moyens, située en-dessous de l'origine (intersection des 2 axes). Dans la zone des mauvais résultats, on trouve les variables caractéristiques suivantes: SCO1 (moyenne annuelle de français + mathématiques inférieure à 3,5, c'est-à-dire les mauvais résultats scolaires), AUD1 (pertes auditives légères à moyennes), DYS1 et DYS2 (troubles lexiques moyens et faibles); R3 (rangées du fond, 11 à 15); A13 - A14 (13 - 14 ans; l'effectif de A14 est faible) et CSP1 (parents ouvriers et manuels, c'est-à-dire la catégorie socio-professionnelle la moins favorisée); les variables caractéristiques des élèves LME (langue maternelle étrangère), SEXF (sexe féminin), R2 (rangées du milieu, 6 à 10) et RST3 (réflexe stapédien moyen) semblent jouer un rôle moins important. Les filles ont des résultats moins bons que les garçons uniquement aux niveaux de bruit supérieurs ($L_{\text{éq}}$ autour de 70 dB(A)), ce qui est conforme à l'observation déjà faite que les femmes choisissent généralement un niveau sonore de confort de 10 dB inférieur à celui recherché par leurs collègues masculins (9). La zone des bons résultats comprend les variables caractéristiques suivantes: A11 - A12 (11 - 12 ans; l'effectif de A11 est très faible); R1 (les 5 premières rangées); SEXM (sexe masculin); CSP2 (catégorie socio-professionnelle moyenne, employés et cadres moyens). Les variables caractéristiques: DYS3 (absence de troubles lexiques), SCO3 (très bons résultats scolaires: moyenne français + mathématiques supérieure à 5,3), LMF (langue maternelle française) et RST1 (réflexe stapédien fort¹⁶) sont également bien corrélées aux bons résultats obtenus en présence de bruit. Dans la zone des résultats moyens, on trouve les variables caractéristiques suivantes: CSP3 (parents cadres supérieurs ou exerçant une profession libérale); SCO2 (résultats scolaires moyens à bons: moyenne français + mathématiques de 3,5 à 5,3; performances se situant plutôt à la frontière des zones à résultats respectivement moyens et bons); quant aux variables caractéristiques des élèves AUD3 (ouïe nor-

male), RST2 (réflexe stapédien faible), A15 (15 ans, effectif faible), nos résultats ne permettent guère d'établir une corrélation significative avec les performances.

Cette analyse montre donc que ce sont les élèves les plus âgés, ceux présentant des troubles lexiques, les malentendants, ceux qui sont placés dans les derniers rangs (de l'aula), ceux provenant des catégories socio-professionnelles les moins favorisées et ceux qui obtiennent les plus mauvais résultats scolaires, qui fournissent les plus mauvaises performances dans les tests d'intelligibilité (mots poly- et monosyllabiques) et d'articulation (logatomes) en présence de bruit.

5. Conclusion

Il ressort très nettement de cette étude que le bruit introduit un effet perturbateur très marqué dans la communication orale pour l'ensemble de la population scolaire déjà aux intensités étudiées, c'est-à-dire avec $L_{\text{éq}} = 50$ à 72 dB(A). En effet, les logatomes dictés en présence de musique avec $L_{\text{éq}} = 70,8$ dB(A) sont presque totalement intelligibles pour tous les élèves. Par ailleurs, comme c'était à prévoir, cet effet du bruit semble être fortement ressenti par les élèves présentant déjà un certain handicap (troubles lexiques, mauvaise ouïe, âge au-dessus de la moyenne, mauvais résultats scolaires, catégorie socio-professionnelle modeste des parents) que pour les autres. Ceci est d'ailleurs vrai pour d'autres types de pollution également, par exemple dans le cas d'épisodes aigus de la pollution atmosphérique, l'augmentation de la mortalité et de la morbidité s'observe d'abord chez les personnes déjà atteintes de troubles respiratoires ou circulatoires.

Pour éviter les effets nocifs du bruit, il ne suffit pas de protéger les écoles contre le bruit de l'environnement par isolation phonique ou en les construisant dans des quartiers tranquilles, mais il faut encore veiller à l'acoustique à l'intérieur des salles de cours qui doivent présenter un temps de réverbération adéquat car l'intelligibilité de la parole diminue lorsque ce temps est trop élevé (22, 23).

Bien que les recommandations de divers organismes concernant le niveau $L_{\text{éq}}$ de bruit environnant à ne pas dépasser à l'école et les temps de réverbération appropriés à chaque type de salles semblent raisonnables (23), de très nombreuses écoles demeurent encore exposées à cette nuisance.

Enfin, l'intelligibilité de la parole chez les jeunes augmentant avec l'âge, les effets que nous avons constaté chez les élèves examinés, âgés en moyenne de 12 ans, seront encore plus marqués chez les sujets plus jeunes, donc notamment à l'école primaire.

¹⁶ Ce qui soutiendrait l'hypothèse de l'effet anti-distorsion du réflexe stapédien¹⁰.

Bibliographie

1. Kryter K.D. : The Effects of Noise on Man, Academic Press, New York, 1970.

2. Miller J.D. : Effects of noise on people. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 729, 1974.

3. Voir par exemple Ward W.D. : Effects of noise on oral communication, dans l'Homme et le Bruit, Congrès International de Turin du 7-10 juin 1975, p. 173, éd. Minerva Medica, Torino, 1976; Lamoral R. : Le bruit et l'intelligibilité de la parole, 8^e Congrès intern. de la lutte contre le bruit (Bâle), p. 53, éd. BAG Brunner Verlag, Zurich, 1974; etc.

4. French N.R. and Steinberg J.C. : Factors governing the intelligibility of speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 19, 90, 1947; Kryter K.D. : *ibid* 34, 1689, 1962; etc.

5. Beranek L.L. : The design of speech communication systems. *Proc. Inst. Radio Engrs.* 35, 880, 1947.

6. Voir par exemple Webster J.C. and Klumpp R.G. : Effects of ambient noise and nearby talkers on a face-to-face communication task. *J. Acoust. Soc. Am.* 34, 936, 1962; etc.

7. Goldman R., Fristoe M. and Woodcock R. W. : Test of auditory discrimination, Am. Guidance Service, Circle Pines, MN, 1970; Mills J. H. : Noise and children : A review of literature. *J. Acoust. Soc. Am.* 58, 767, 1975; etc.

8. Palva A. and Jodinen K. : Presbycusis: V. filtered speech test. *Acta Oto-Laryngol.* 70, 232, 1970.

9. Broadbent D. E. : Perception and Communication, Pergamon Press, London, 1958; Wittersheim G. : Effets des bruits intermittents sur les activités de décision et de mémorisation. *Le Travail Humain* 36, 297, 1973; etc.

10. Hockey G. R. : Effects of loud noise on attentional selectivity. *Quart J. Exp. Psychol.* 22, 28, 1970.

11. Mac-Bain W. N. : Noise, the arousal hypothesis and monotonous work. *J. Appl. Psychol.* 45, 309, 1961.

12. Broadbent D. E. : Effects of noise on behavior, in *Handbook of Noise Control* (ed. Harris C. M.), MacGraw-Hill, New York, 1957.

13. Cohen S. : Environment load and the allocation of attention, in *Advances in Environmental Research* (editors Baum A., Singer J. E. and Valins S.), Asso L. E., Norwood, 1978.

14. Voir par exemple Grosjean L., Lodi R. et Rabinowitz J. : Bruit et activité scolaire. *Revue d'Acoustique* 41, 176, 1977; Rabinowitz J. : Le bruit et les enfants. *Médecine et Hygiène* 35, 3921, 1977; Rabinowitz J., Bakonyi M. et Grosjean L. : L'enfant et la ville. *Médecine et Hygiène* 37, 3757, 1979; etc.

15. Bruckmayer F. und Lang J. : Störung durch Verkehrslärm in Unterrichtsräumen. *Österr. Ing. Z.* 11, 73, 1968.

16. Cohen S. and Evans G. W. : Community noise and children: cognitive motivational and physiological effects, in *Proceedings of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem*, Fribourg 1977; Lane R. S. and Meecham W. C. : *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 127, 1974; etc.

17. Crook M. A. and Langdon F. J. : The effects of aircraft noise in schools around London airport. *J. Sound and Vibration* 34, 221, 1974; Pearsons K. S., Bennett R. L. and Fidell S. : Speech Levels in Various Noise Environments, Technical Report, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., 1977;

Ko N.W.M. : Responses of teachers to aircraft noise. *J. Sound and Vibration* 62, 277, 1979; etc.

18. Slater B. R. : Effects of noise on pupil performance. *J. Ed. Psych.* 59, 239, 1968.

19. Moch-Sibony A. : Etude des effets du bruit, à la suite d'une exposition prolongée, sur certains aspects psychomoteurs, intellectuels et de personnalité des enfants. Comparaison entre école insonorisée et non insonorisée, Université de Paris VIII, (rapport de 1979); Lehmann A. G. : Les effets du bruit sur les enfants à l'école, Rapport du 15.1.1980 du Laboratoire d'acoustique animale, Ecole Pratique des Hautes Etudes (Ministère de l'Education Nationale), Jouy-en-Josas, France.

20. Cohen S., Glass D. C. and Singer J. E. : Apartment noise, auditory discrimination and reading ability in children. *J. Exp. Soc. Psychol.* 9, 407, 1973; Bronzaft L. C. and MacCarthy D. : The effect of elevated train noise on reading ability. *Environment and Behavior* 7, 517, 1975; etc.

21. Benzécri J. P. et al. : L'analyse des données, volume II «L'analyse des correspondances», Dunod, Paris, 1973.

22. Furrer W. und Lauber A. : Raum- und Bauakustik — Lärmabwehr, Birkhäuserverlag, Basel, 1972.

23. Voir par exemple : Richtlinien über Schallschutz in Schulen, Kanton Zürich, 13. Oktober 1976; La lutte contre le bruit dans les bâtiments, Organisation Mondiale de la Santé ICP/CEP 702, Copenhague, 1978; etc.

Remerciements

Les auteurs remercient sincèrement Monsieur R. Meyer, directeur du Collège de Budé à Genève, de son appui et de son intérêt pour cette étude. Ils expriment leur gratitude à Mesdemoiselles R.T. Engel et S. Dubois-Ferrière de la Clinique universitaire d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale de Genève qui ont effectué les mesures audiométriques, à la maison Brüel & Kjaer (Suisse) S.A. pour le prêt d'un analyseur des niveaux de bruit Type 4426 ainsi qu'à Monsieur Ch. Gozelle de cette société, et à Messieurs J.C. Merk et Y. Maurin du Service des moyens audiovisuels (Département de l'instruction publique, Genève) de leur aide technique. Ils sont également redevables à Madame S. Novelli du Centre universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement (Genève) d'avoir assumé tous les travaux de secrétariat relatifs à cette étude.

Adresse des auteurs : Centre universitaire d'écologie humaine et des sciences de l'environnement, Université de Genève, 1211 Genève 4.