

LES PROGRÈS DE L'ENREGISTREMENT SONORE DES ORIGINES A NOS JOURS

par M. E. LEIPP et Melle CASTELLENGO

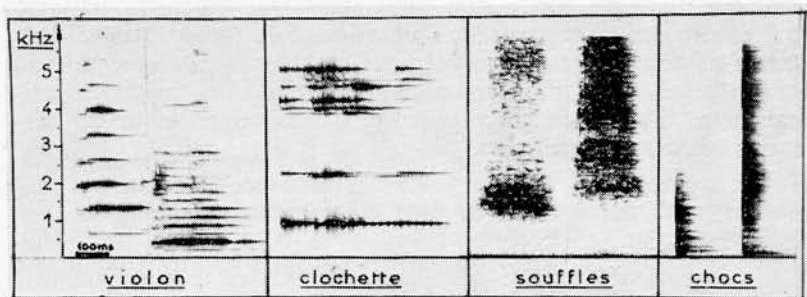
Laboratoire d'Acoustique de la Faculté des Sciences de Paris

I. INTRODUCTION

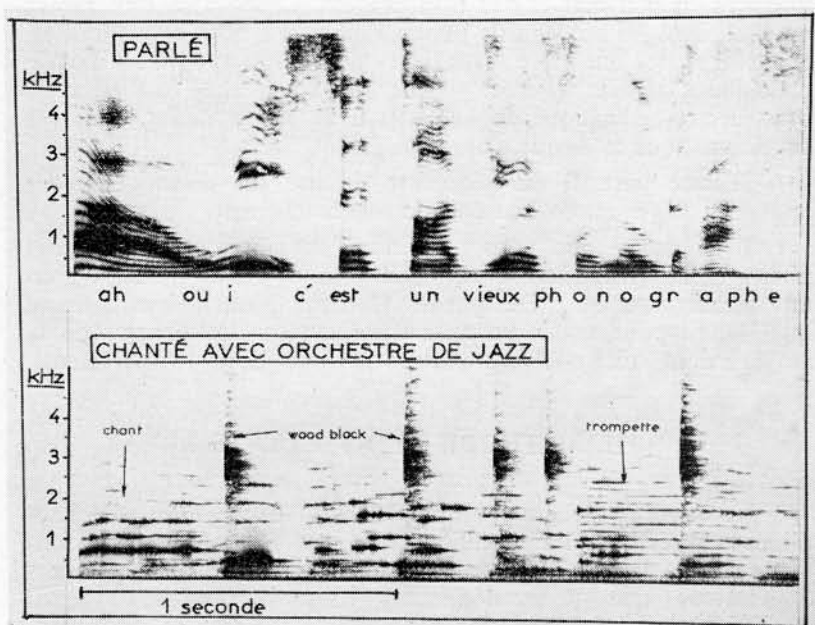
Qui d'entre nous n'a eu un petit sourire de commisération en écoutant un de ces vieux enregistrements qui faisaient pourtant les délices des amateurs d'alors ! Certes, nous pouvons à juste titre être fiers de nos microsillons et de nos chaînes haute-fidélité, puisque, dans les meilleures conditions, l'auditeur moyen a du mal à distinguer la reproduction de l'original. Mais qu'est-ce donc qui fait la différence de qualité entre anciens et nouveaux enregistrements ? Si nous pouvons facilement le percevoir, sinon l'exprimer par des mots, il est encore plus intéressant de pouvoir l'expliquer techniquement, c'est-à-dire de pouvoir le visualiser. Ceci paraît chose faite : il existe en effet des appareillages et des méthodes pour chiffrer et transcrire sous forme graphique certaines caractéristiques des enregistrements (oscillogrammes, enregistrements de niveau, etc.). Mais en réalité ces méthodes s'avèrent insuffisantes, car elles ne réussissent pas à cerner suffisamment la réalité auditive dans sa complexité. Cette constatation nous a conduit à en rechercher une autre, moins classique, moins précise, mais plus efficace, et nous en avons parlé déjà à plusieurs reprises [1, 2, 3, 4, 5]. C'est la méthode du sonographe qui permet précisément de visualiser les phénomènes acoustiques compliqués et évolutifs sous une forme traduisant bien les sensations auditives.

Le sonographe fournit des diagrammes fréquence/temps significatifs qu'on apprend assez facilement à interpréter. Le temps est en abscisse, la fréquence en ordonnée et l'intensité est représentée par la grosseur et la noirceur des traits ou points de l'image. Un signal acoustique complexe possède sur le document une forme originale, reconnaissable d'emblée, et dont une observation plus approfondie permet de décrire les composantes avec une précision suffisante.

Voici quelques exemples typiques (fig. 1a). Ce sont d'abord des « notes » de violon en jeu normal, spectres de raies harmoniques (équidistantes). La hauteur des sons est fonction de l'écartement des raies ; le timbre dépend du nombre d'harmoniques, de leurs intensités relatives, des bruits de frottement éventuels de



a)



b)

Fig. 1. — Typologie élémentaire des signaux acoustique. La figure 1a montre deux spectres de raies harmoniques (violon), un spectre de partiels (clochette), deux souffles, et deux chocs successivement grave et aigu.

La réalité acoustique est une combinatoire entre ces divers éléments ; c'est le cas de la parole (fig. 1b). Il en est de même en musique, mais ici des signaux variés se combinent et s'interpénètrent de façon compliquée ; cependant chacun d'entre eux reste reconnaissable grâce à sa forme sonographique.

l'attaque ; chaque son a son originalité. Une clochette présente par contre des raies partielles s'amortissant de façon variable. Des bruits de souffle grave et aigu produisent des « bandes » plus ou moins larges. Un choc sur matériau amorti est une hachure verticale avec des « trainages » plus ou moins longs autour de certaines régions fréquentielles.

La parole (fig. 1b) comporte des séquences de tous ces éléments, et la musique en est une combinatoire compliquée avec interpénétrations réciproques.

L'expérience montre que cette méthode est particulièrement appropriée pour formuler un jugement de qualité sur tout phénomène auditif ; elle est donc bien adaptée pour comparer des gravures entre elles, ce qui est notre propos ici.

Les résultats que nous pouvons en escompter ne seront cependant intéressants que dans la mesure où nous disposons de gravures en bon état et pas trop usagées. Celles-ci se font rares ; en effet, dans les modèles de phonographes que nous avons utilisés, le saphir exerce une force verticale d'environ 300 g ; pour un modèle classique à aiguille, elle est voisine de 150 g, ainsi que pour un bras électro-magnétique de 1938. Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, que le disque s'use rapidement.

D'autre part, il est nécessaire de lire ces disques sur des appareils d'époque, en bon état de fonctionnement.

Il se trouve que nous possédions au laboratoire disques et phonographes répondant à ces conditions. D'autres modèles nous ont aimablement été prêtés par M. Gilotaux. Nous avons donc ce qu'il fallait pour tenter un tour d'horizon sur les progrès de la gravure dont voici quelques-uns des résultats les plus intéressants.

II. MÉTHODE ET RÉSULTATS

Nous avons enregistré au préalable sur bande tous les échantillons réalisés dans les conditions normales d'écoute, en associant appareils et disques de même époque. Seuls les deux premiers échantillons que nous donnons (Fifres et Tambours ; Sarah Bernhardt) ont été faits à partir de repiquages réalisés respectivement par Hermann Scherchen au Studio Expérimental de Gravesano [6] et par M. Decollogne à la Discothèque Nationale [7].

Dans chaque enregistrement nous avons sélectionné des passages significatifs dont nous avons tiré les sonagrammes, réalisés dans des conditions normalisées.

Nous avons délibérément écarté toutes les mesures techniques, intéressantes certes pour le spécialiste, mais qui n'apporteraient rien ici, car notre propos est la mise en parallèle de l'image sonore perçue et de l'image sonographique. Accessoirement nous tirerons des conclusions relativement à l'information que l'on peut extraire

des enregistrements anciens, point sur lequel nous avons déjà insisté ailleurs [8].

Voici maintenant quelques exemples précis pour illustrer les progrès continus de l'enregistrement sonore.

1. Fifres et tambours (fig. 2).

C'est, historiquement, un enregistrement important puisqu'il s'agit du premier disque gravé par Berliner en 1892, à une époque où le rouleau seul était dans le commerce.

On observe sur le sonagramme un bruit de fond très intense jusque vers 1 500 Hz, et qui décroît ensuite après 4 000 Hz, fréquence au-dessus de laquelle tout a été coupé lors du repiquage. De ce bruit de fond émergent assez nettement les fondamentaux des sons du fifre, accompagnés parfois de traces d'harmonique 2 ou 3. Les gros « paquets » noirs sont les roulements de tambour, dont les coups fusionnent à peu près complètement. A l'audition on retrouve mélodie et rythme, mais une simulation faite au laboratoire — que l'on voit en bas de la figure — montre à quel point les images sonores sont plus nettes ; les coups de baguette sont bien détachés et « montent » bien au-dessus de 6 000 Hz ; les

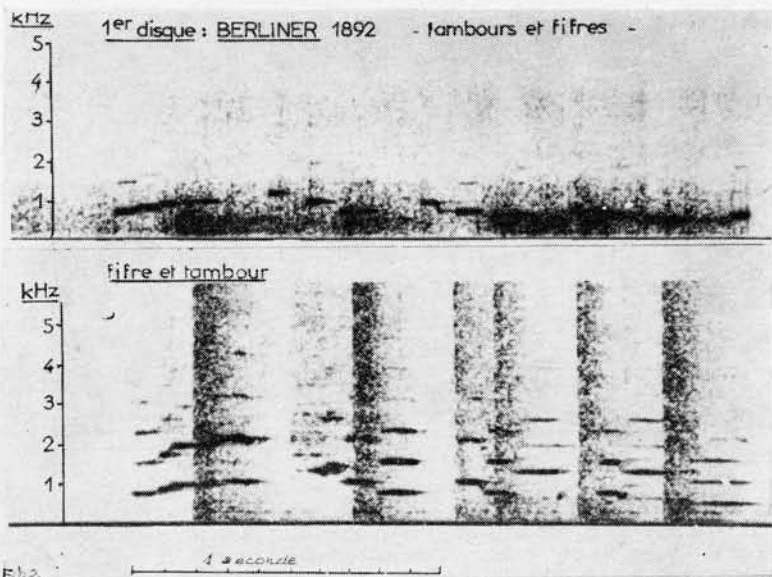


Fig. 2. — Fifres et tambours. C'est le premier disque gravé par Berliner en 1892. On voit à quel point l'image est imparfaite comparativement avec celle de la simulation au laboratoire ; le bruit de fond est intense et la bande passante très faible. Musicologiquement, cette gravure conserve cependant un intérêt considérable.

sons de fibre possèdent plusieurs harmoniques. Mais malgré toutes ses imperfections, l'enregistrement de Berliner reste d'un intérêt extraordinaire puisqu'on peut y retrouver la partition jouée par les musiciens, et ceci avec une grande précision temporelle. Si on perd le timbre et la netteté des images sonores, le document n'en reste pas moins irremplaçable musicologiquement, et nous donnerions cher pour avoir un enregistrement de ce genre réalisé par Monteverdi ou par Beethoven.

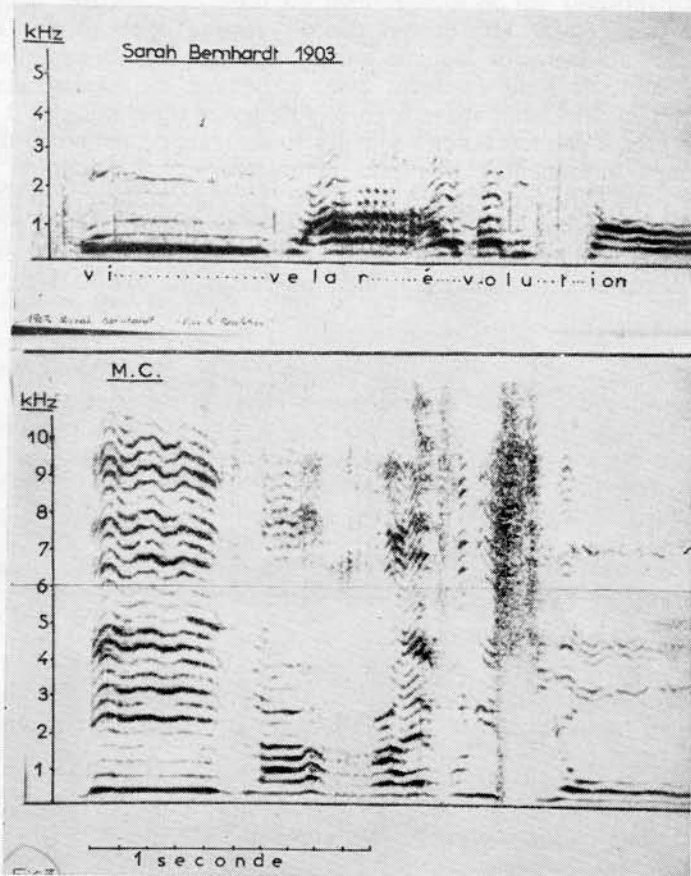


Fig. 3. — Sarah Bernhardt. Elle enregistra en 1903 une tirade célèbre à l'époque : le rêve, de Théroigne de Méricourt. Si l'enregistrement laisse bien à désirer du point de vue de la fidélité en fréquence, comme on peut le remarquer en le confrontant avec sa simulation (en bas), on peut cependant extraire du document l'essentiel du style déclamatoire de la grande artiste : intonation et découpage temporel en particulier. On peut même compter le nombre de roulements du « r » du mot « révolution »...

2. Sarah Bernhardt (fig. 3).

On sait quel enthousiasme cette artiste soulevait à l'époque. Le présent enregistrement date de 1903 ; il est manifestement supérieur à celui de Berliner, car on a certainement utilisé les meilleurs procédés de l'époque, étant donné la réputation de l'artiste. Les harmoniques de la parole s'étalent jusque vers 3 500 Hz et on peut lire sur le document les moindres inflexions de la voix, au point qu'on peut compter le nombre de roulements de chaque « r » prononcé ! La simulation du même passage au laboratoire, par une voix féminine, montre bien que l'enregistrement original est fortement filtré au-dessus de 4 000 Hz ; nous perdons donc une partie importante du timbre de la voix de Sarah Bernhardt et nous sommes obligés de reconstituer mentalement les sifflantes et les chuintantes. Cependant, le document reste d'un intérêt exceptionnel car nous y retrouvons l'intonation et le style de déclamation de l'artiste, renseignements que nous chercherions vainement dans un texte littéraire.

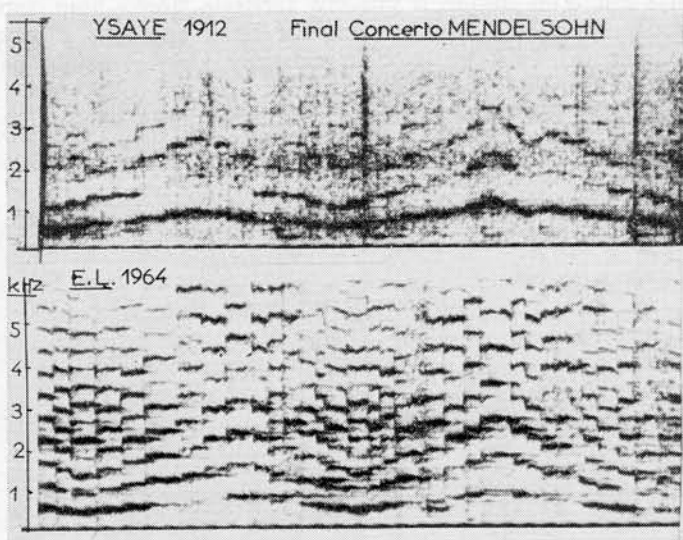


Fig. 4. — Ysaye, jouant le final du Concerto de Mendelsohn. On possède de cet illustre virtuose du violon plusieurs rouleaux. Celui-ci date de 1912. Le sonagramme montre qu'il est très usé, comme en témoigne le bruit de fond intense. La bande passante s'étend cependant jusque vers 4 000 Hz. De toute façon on possède ici un document objectif montrant l'extraordinaire maîtrise du musicien ; il n'est que de comparer le découpage temporel très régulier comparativement avec celui de la simulation ; en bref, on retrouve dans ce document un grand nombre de caractéristiques du style de jeu dont aucune description verbale ou écrite ne peut rendre compte. On note dans l'enregistrement la présence de clics intenses, représentés sous forme de hachures verticales très visibles.

3. Ysaye (fig. 4).

On possède plusieurs rouleaux de ce violoniste illustre. Celui que nous avons pu étudier fut enregistré en 1912 : c'est le final du Concerto de Mendelsohn.

L'enregistrement est manifestement très usé, ce qu'indique l'existence d'un bruit de fond énorme et la présence de nombreux clics qui apparaissent sous forme de hachures verticales. Mais la bande passante dépasse maintenant 4 000 Hz. C'est encore peu, si on compare avec la simulation du même passage en direct, où les harmoniques du violon dépassent largement 6 000 Hz. Mais comme dans l'enregistrement précédent, on peut retrouver dans cette gravure tous les éléments intéressants du style, et l'extraordinaire maîtrise du musicien. On notera tout particulièrement le découpage temporel très précis aux passages rapides, et que n'a pas réussi à imiter le violoniste qui a tenté de reproduire le même passage.

4. Trompe de chasse.

Il s'agit d'un disque à gravure verticale prévu pour saphir, que nous avons lu successivement sur deux appareils d'époque. Le premier (a) était un modèle classique avec membrane et « cornet » acoustique orientable ; l'autre (b) est d'un type très spécial où le saphir est directement fixé au sommet d'un cône évasé en carton qui fait office à la fois de membrane et de pavillon.

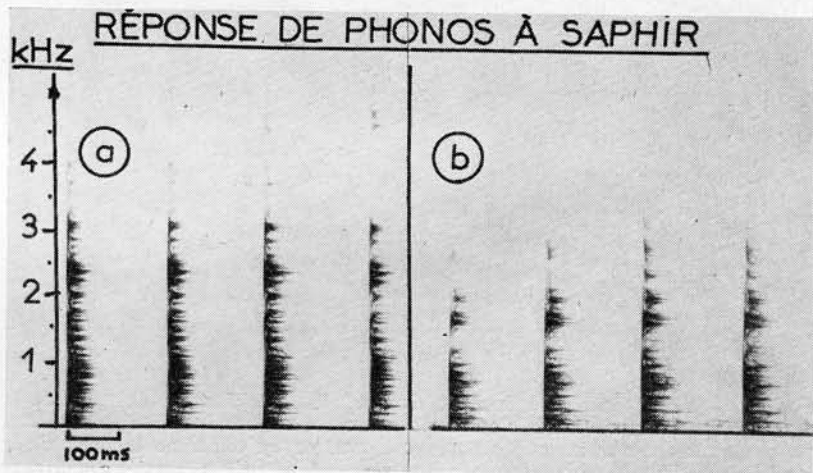


Fig. 5. — Réponse de deux phonographes à saphir. Le saphir est monté normalement et on donne quelques coups légers dans le sens de son axe. Le sonagramme fournit la réponse du système. On distingue très nettement les régions de résonance, différentes d'un modèle à l'autre et qui vont « colorer » la musique en renforçant les composantes du son qui se trouvent situées dans ces régions.

A titre de curiosité, nous avons relevé la « réponse » de chaque système, en frappant de petits coups sur le saphir (fig. 5). Le modèle spécial, moins amorti, montre des fronts d'attaque moins nets ; mais sa bande passante est un peu plus faible.

La confrontation des deux sonagrammes réalisés avec les deux modèles est intéressante (fig. 6) ; les résultats sont assez similaires et on voit bien à quel point ces gravures étaient peu fidèles si on les compare avec un enregistrement direct de trompe.

La gravure verticale ne permet pas, de toutes façons, de grandes amplitudes dans le grave, d'où l'absence pratique de composantes inférieures à 1 000 Hz. D'autre part, il n'existe plus rien à partir de 4 000 Hz, alors que le signal original est très riche et possède de nombreux harmoniques bien au-dessus de 6 000 Hz, fréquence à laquelle nous avons limité l'analyse sur la figure. En fait, toute l'énergie est concentrée dans la zone sensible de l'oreille, 1 000-3 000 Hz, avec des variantes selon les modèles ; mais tous déforment considérablement le timbre de l'instrument que l'on reconnaît cependant grâce à la forme globale du signal dépendant du mode d'excitation. De toutes façons la trompe est un instrument très intense, et la dynamique de ces appareils est très insuffisante. L'oreille est saturée, mais on n'a pas l'impression de richesse et de puissance que donnent les enregistrements et les chaînes actuels.

Sur ces sonagrammes nous avons volontairement éliminé le « brouillard » du bruit de fond pour mieux mettre en évidence toutes ces particularités.

Nous avons passé d'autres disques sur ces deux phonographes, en particulier des disques de jazz. On reconnaît très bien sur les sonagrammes les coups de cymbale et de wood-block, les notes de clarinette, etc., en d'autres termes, la mauvaise qualité de la gravure n'empêche nullement de faire une étude précise du style des musiciens de l'époque, et si nous perdons de l'information esthétique relativement au timbre, l'essentiel est tout de même conservé.

5. Cithare viennoise.

Un concours de circonstances nous a mis en rapport avec un joueur de cithare possédant de nombreux enregistrements de l'instrument, qui est acoustiquement très intéressant en raison des transitoires très nets et brefs qu'il fournit en jeu normal.

Nous avons pu réaliser une étude très significative de ce point de vue. Tout le monde se rappelle le thème de Harry Lime, du film « Le troisième homme », qui a popularisé la cithare en France et valu au musicien, Anton Karas, une enviable réputation.

Nous possédions le disque 78 tours gravé latéralement en 1949, un 45 tours, puis un 33 tours récent portant le même morceau joué par le même artiste.

Nous avons successivement lu le 78 tours sur un phonographe

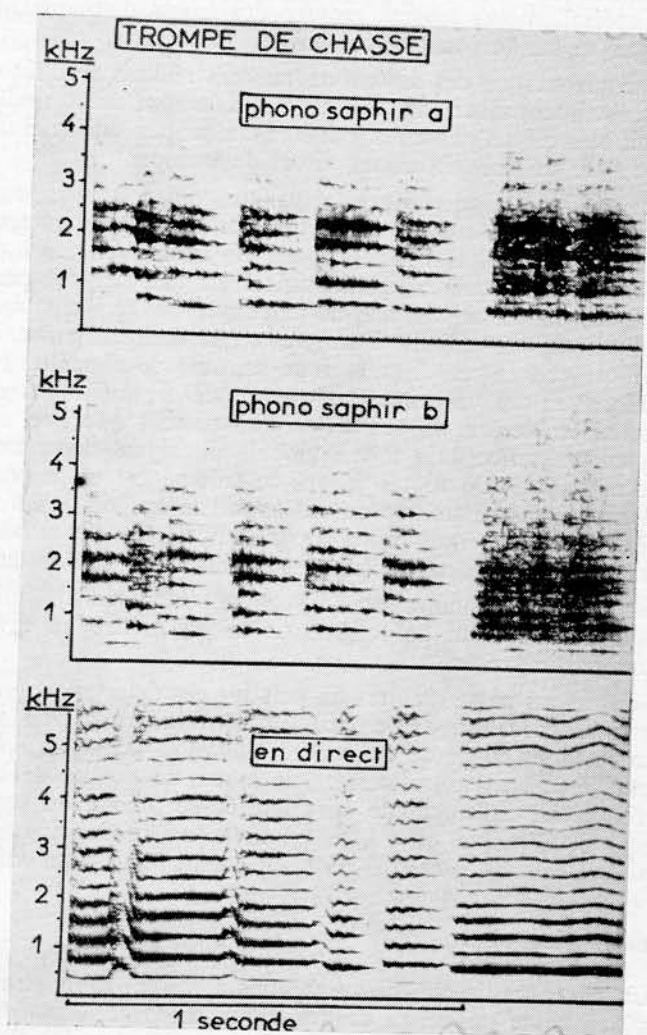


Fig. 6. — Trompe de chasse. Cet instrument fournit des sons d'une extraordinaire richesse en harmoniques, montant bien plus haut encore que ne le montre l'enregistrement en direct réalisé au laboratoire (bas de la figure). Un disque de trompe de chasse datant de 1920 environ est lu successivement sur deux phonographes à saphir de type différent. On voit à quel point la bande est rétrécie, et combien l'image est floue; mais l'intérêt du disque est évident: on peut y apprécier comment on jouait de la trompe il y a un demi-siècle!

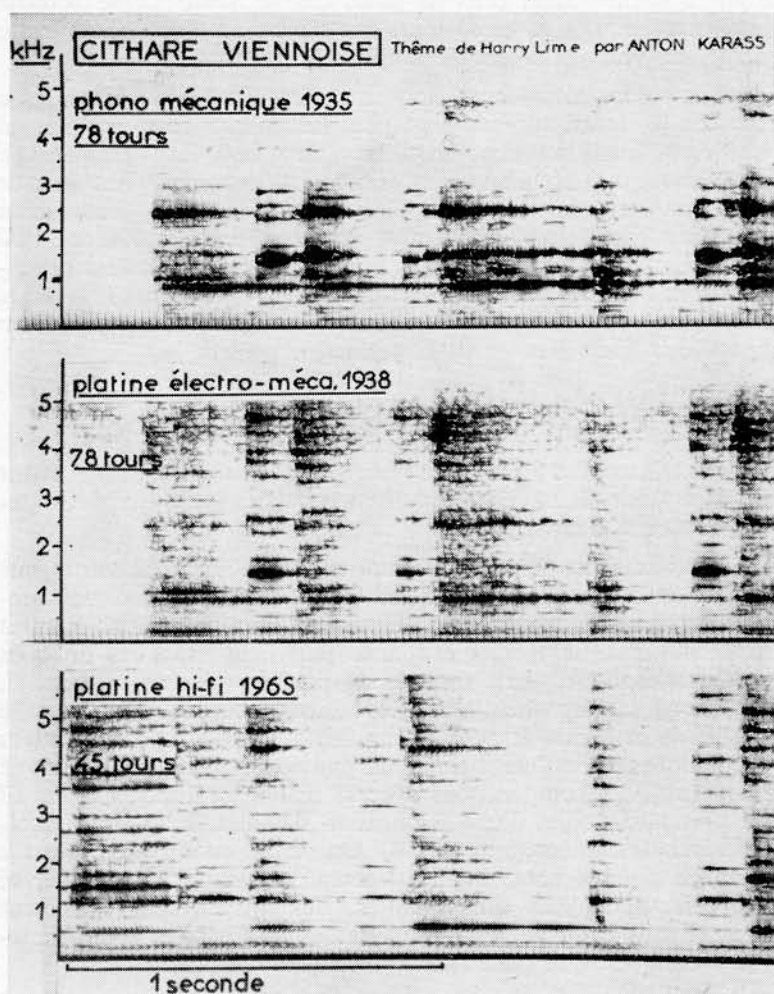


Fig. 7 — Cithare viennoise. — L'instrument est intéressant, car il donne des transitoires d'attaque très brefs et possède un riche spectre de raies fines. Voici les sonagrammes d'un fragment du Thème de Hary Lime, enregistré par Anton Karas, successivement sur 78 tours et 45 tours. Le premier disque a été lu sur un phonographe mécanique puis sur une platine électro-magnétique ; on note combien la bande passante s'est élargie dans le deuxième cas. Le même passage (plus lent) enregistré plus tard par le même musicien en 45 tours, indique une réduction énorme du bruit de fond (brouillard) et une amélioration de la netteté de l'image sonore (attaques).

mécanique à aiguille, classique en 1935, puis sur une platine électro-dynamique fabriquée en 1938 et restée à l'état neuf. Pré-ampli et ampli étaient ceux de notre chaîne haute-fidélité actuelle au laboratoire. Les 45 et 33 tours ont été lus avec platine de haute qualité, en utilisant la chaîne ampli-haut-parleurs précédente.

Les comparaisons sont éloquentes (fig. 7). La bande passante avec le 78 tours sur phonographe mécanique reste étroite, et l'image est bien incertaine au-dessus de 4 000 Hz ; le grave en dessous de 1 000 Hz ne passe guère, bien mieux cependant qu'avec la gravure verticale. La platine électro-magnétique est encore bien meilleure : les spectres ne sont plus « colorés » entre 1 000 et 3 000 Hz ; la reproduction est donc plus fidèle. Les attaques restent cependant assez floues et il subsiste beaucoup de bruit de fond. Avec le microsillon, on mesure tout l'énorme progrès accompli ; nous approchons graduellement de la perfection actuelle !

6. Etat actuel de la qualité des gravures

Pour nous faire une idée précise du problème, nous avons fait, avec l'aide de M. Gilotax et en collaboration avec M. Abiteboul, une série d'expériences très significatives.

Nous disposons au laboratoire d'une série d'instruments typiques et de musiciens pour les jouer. Nous avons donc enregistré sur magnétophone de haute qualité, des échantillons sonores représentatifs de la typologie donnée plus haut : spectres de raies (violon, saxophone, etc.), spectres de partiels (cloches, cymbales), percussions (castagnettes, wood-block, etc.). Un disque fut gravé à partir de la bande et nous avons fait des analyses comparatives systématiques avec l'original. Nous pouvions également à chaque instant faire des comparaisons avec la réalité en direct. Ce travail fera plus tard l'objet d'une publication détaillée, mais voici quelques résultats démonstratifs (fig. 8). On vérifie qu'il n'existe aucune différence notable entre l'enregistrement original et le disque, ni à l'oreille, ni sur les sonagrammes. Les images sont également nettes et sans bruit de fond ; spectres et transistories sont strictement identiques. Une seule ombre au tableau : les clics !

Comme on a vu plus haut, le clic se traduit sur le sonagramme par une hachure verticale ; mais si fine soit-elle, elle apparaît toujours nettement, quelle que soit la forme des signaux auxquelles elle se superpose. Il en est de même perceptivement. L'expérience montre qu'on réussit facilement à « oublier » un bruit de bande, un souffle, lors de l'audition d'un disque. Pourquoi donc le clic est-il si gênant alors qu'il ne contient proportionnellement qu'une énergie infime ? La réponse nous est apparue au cours de travaux sur les bruits faibles dans la vie de tous les jours. Nous avons observé que, dans ce cas, la gêne est liée à peu près exclusivement à la prévisibilité des signaux. Lorsqu'un bruit est prévisible, il devient banal et nous réussissons à l'inhiber, à l'effacer proprement

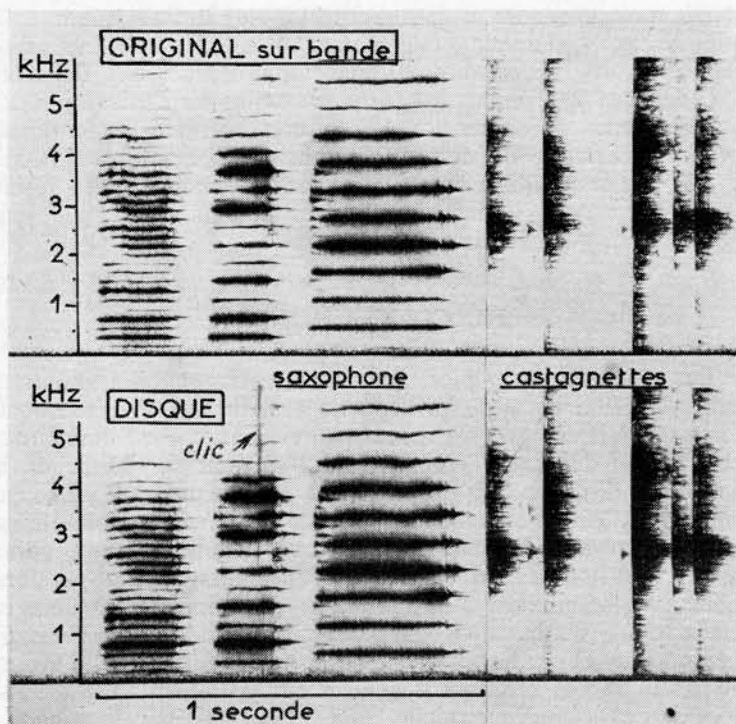


Fig. 8. — Gravure moderne. Entre la bande originale et le disque il n'existe pratiquement plus aucune différence ; seul un clic trahit le disque. Mais il va sans dire que les amplis et surtout les haut-parleurs, même en stéréophonie, introduisent des distorsions qui feront toujours reconnaître un enregistrement comparativement à la réalité en direct, surtout si l'audition se fait dans une pièce quelconque, avec du bruit de fond important. Malgré cela on ne peut qu'être en admiration devant les résultats atteints actuellement par la technique de gravure.

de notre environnement sonore grâce à des dispositions particulières de notre système perceptif. Mais un clic est imprévisible par définition et, dans ces conditions, il attire l'attention et nous gêne comme le fait une fine rayure sur une photographie ou un trait de crayon sur un tableau. Chose curieuse : dans un vieux disque les clics sont si nombreux qu'ils deviennent prévisibles et sont de ce fait beaucoup moins gênants que ceux, rarissimes, d'un microsillon bien dépoussiéré. On en conclut paradoxalement que les clics sont d'autant plus gênants qu'ils sont rares... Réussira-t-on à les éliminer complètement ? On ne peut guère être optimiste si on veut bien se rappeler que l'oreille est sensible à des amplitudes de l'ordre de 10^{-8} mm autour de 2 000 Hz ! Les clics sont donc à

l'échelle moléculaire et il faut perdre toute illusion quant à la possibilité de les éliminer totalement, d'autant plus que leur cause échappe à l'observation directe, même microscopique... De toute façon, dès que le disque sera entre les mains de l'utilisateur, les poussières rendront vaines tous les efforts faits par le fabricant. Le clic est l'écharde du disque, d'autant plus gênante que l'auditeur finit par se polariser sur lui ! Le magnétophone a bien résolu ce problème ; mais il présente d'autres défauts et ne peut pas remplacer le disque dans de nombreux cas.

III. CONCLUSIONS

Les quelques exemples que nous avons choisis montrent qu'entre le début du siècle et l'époque actuelle les enregistrements sonores ont fait des progrès spectaculaires puisqu'il est maintenant impossible de discerner l'enregistrement original sur bande de la gravure sur disques, clics à part. Les chercheurs et techniciens ont élargi à l'extrême la bande passante, atténué les colorations, augmenté considérablement la dynamique, amélioré la reproduction des transitoires, perfectionné amplificateurs et haut-parleurs, imaginé la stéréophonie. Nous écoutons couramment des enregistrements d'une qualité que nos pères n'auraient osé espérer... Et pourtant, que de critiques n'entendons-nous formuler. N'avons-nous pas lu encore récemment que les enregistrements étaient aux antipodes de la musique réelle, que le disque était le *diabolus in musica* ! Bien sûr, rien ne peut remplacer une audition directe ! Nous savons bien que les clics, le bruit de fond ambiant, les caractéristiques acoustiques du local troublent et distordent les images sonores. Il ne faut se faire aucune illusion : un film ne peut être qu'une simulation de la vie, une reproduction sonore ne sera jamais un original, quoi qu'on fasse. Mais devons-nous pour autant adopter une attitude négative envers la musique enregistrée ? C'est poser toute la question du message artistique ! Une œuvre d'art n'a de valeur que par rapport avec ce que le récepteur humain y projette. Point n'est besoin qu'elle soit parfaite pour nous suggérer ce que l'artiste veut nous communiquer. On pourrait même montrer qu'un certain degré de flou est désirable ; chaque auditeur peut alors projeter plus facilement sa propre personne sur le phénomène sonore. C'est là une opération qui nous apparaît de plus en plus comme fondamentale dans les problèmes d'intégration des messages sonores. Ce qui est important de ce point de vue n'est pas tellement ce qui est gravé sur le disque, mais ce qui est gravé dans la mémoire auditive de l'auditeur. En d'autres termes, dans une écoute d'enregistrements, comme dans les auberges espagnoles, chacun ne trouve que ce qu'il y apporte...

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LEIPP E. — Nouvelle méthode d'appréciation de la qualité d'une chaîne haute fidélité. Conférences des Journées d'Etude (Festival International du son). Chiron, Paris (1964).
- [2] LEIPP E. — Le problème des percussions. Conférences des Journées d'Etude. Chiron, Paris (1965).
- [3] Les variables de l'audition musicale. Conférences des journées d'Etudes. Chiron, Paris (1966).
- [4] LEIPP E. — La transparence musicale des appartements. Conférences des Journées d'Etudes. Chiron, Paris (1967).
- [5] CASTELLENGO M. — Instruments de musique traditionnels, instruments de musique électroniques. Conférences des journées d'Etude. Chiron, Paris (1967).
- [6] SCHERCHEN H. — Disque (Gravesaner Blätter). Akustische Kuriosa Experimentalstudio Gravesano.
- [7] DÉCOLLOGNE R. — Disque de la Phonothèque Nationale. Pathé Marconi. BIEM. PN/PRI-A.
- [8] LEIPP E. — Etude objective des documents conservés dans les phonothèques. Exposé fait au Congrès international des phonothèques. Juin 1967. En cours de publication.