

LA FABRICATION
DES DISQUES

par

P. GILOTAUX

- n° 28 - Avril 67 -



G A M

Bulletin du Groupe d'Acoustique Musicale
Faculté des Sciences, 8 rue Cuvier, PARIS V.

G. A. M.
Groupe d'Acoustique Musciale
Faculté des Sciences
8, Rue Cuvier Paris 5^e

PARIS, 15 Juin 1967

Adresse Postale
9, Quai Saint Bernard, 9
Paris 5^e

BULLETIN N° 28

REUNION DU 21 AVRIL 1967

Etaient présents

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président
M. LEIPP Secrétaire général; Melle CASTELLENGO, Secrétaire

Puis par ordre d'arrivée :

M. J.S. LIENARD (Ingénieur Arts et Métiers); M. AGOSTINI (Directeur Technique Opéra); M. Akira TAMBA (CNRS); Madame et M. DUPARCQ (Directeur REVUE MUSICALE); M. PARINEAU (Ecole d'Architecture); Mme CHARNASSE (CNRS); Melle C. LEIPP (Lycéenne); M. CARCHEREUX (Maître luthier); M. TOURTE (Professeur honoraire du Conservatoire de Paris); M. ABITEBOUL (Étudiant); M. le Dr POUBLAN (Médecin biologiste); M. ETTLINGER (Clarinette solo Tel Aviv) et Madame ETTLINGER; M. CLEAVER (Tambourinaire); Melle FILLION (Assistante Fac.Sc. GER); M. de Caen); Mme NYEKI (Phonothèque nationale); M. FAYEUILLE (Chef des Chœurs de l'Opéra de Paris); M. PERROT (Dr. ès lettres); M. Alain MEYER (Licencié ès Sciences); M. CHIARUCCI (Groupe de recherche ORTF); Mme FULLIN (Professeur de musique); Melle DINVILLE (orthophoniste); M. DUBUC (Ingénieur CNAM); Melle RENAUDIE (Conservatoire de Musique); M. BORIS (Architecte); Melle Sylvie HUE (Conservatoire de Musique); M. CONDAMINES (Labo Acoustique ORTF).

Excusés :

M. GAUTHIER, Vice Doyen de la Faculté des Sciences de Paris; Mme de CHAMEURE; Dr CLAVIE; Melle E. WEBER; M. J. CHAILLEY; M. GALLOIS MONTRUN; M. GRINDEL; M. CANAC; M. FORET; Melle N. CARON; M. MALERNE; M. Ch. MAILLOT; Mme STRAUS; M. FRENKIEL; Mme Yvette GRIMAUD; M. CHENAUD; M. FRANCOIS; M. G. FAVRE; M. BATISSIER; M. LEON.

EUROPIANO : Cet important groupement de facteurs, accordeurs et réparateurs de pianos européen se réunit tous les deux ans. M. LFL avait fait un exposé sur le thème "Qu'est-ce qu'un son de piano" à Berlin, en 1965. Cette année, la réunion eut lieu à Paris entre les 20 et 23 mai. Nous avons eu le plaisir de recevoir au laboratoire quelque 80 participants répartis, en deux groupes (langue française, langue allemande). Trois exposés acoustiques étaient prévus :

- 1°) M. FENNER, facteur de pianos et chercheur (Allemagne de l'ouest) nous a parlé des difficultés que l'on rencontre pour appliquer à la fabrication les résultats de la recherche en laboratoire.
- 2°) M. Edgar LIEBER, Dip. Phys., du Laboratoire d'Acoustique Instrumentale de ZWOTA (Markneukirchen) en DDR, devait nous faire un exposé sur une méthode originale permettant de mesurer la tension des cordes et les coefficients de frottement des chevilles en utilisant une clef spécialement construite à cet effet. Cette clef comporte deux jauge de contrainte raccordées à un pont de Wheatstone; grâce à cette disposition on peut faire les mesures aisément et avec une précision suffisante.

M. LIEBER n'ayant pu obtenir l'autorisation de séjour, c'est M. LEIPP qui a présenté son travail en Français et en Allemand.

- 3°) M. E. LEIPP a présenté quelques-uns de ses résultats obtenus en acoustique du piano. Il a montré que le laboratoire dispose maintenant d'appareillages nombreux, précis et fiables pour mesurer, décrire, photographier les sons musicaux, y compris ceux du piano. Mais la grande difficulté vient de ce que l'oreille humaine ne réagit pas comme les appareils de mesure; il faut donc interpréter les documents en fonction de ce que l'on sait des propriétés de l'oreille.

Le piano avait fait de notre part l'objet de longues années de recherche. Il n'était possible de donner ici qu'un aperçu des résultats obtenus. La prochaine réunion du GAM sera l'occasion d'un développement de ces questions.

THESE " Sur l'analyse, la synthèse et la perception des sons étudiés à l'aide de calculateurs électroniques ".

M. RISSET, qui nous a fait naguère un exposé au GAM (n°14) sur ce sujet vient de soutenir brillamment sa thèse de Docteur ès Sciences. Il envisage de poursuivre son travail aux U.S.A. au cours d'un nouveau séjour d'un an. Nous lui adressons nos plus vives félicitations.

LE 1er CONGRES MONDIAL DES PHONOTHEQUES vient de se tenir du 5 au 10 juin. En dehors d'exposés relatifs à des problèmes techniques et juridiques, ce Congrès fut l'occasion de divers exposés d'intérêt plus général. M. ANDRIEU, du laboratoire d'acoustique Animale de l'INRA (Jouy en Josas) a exposé son point de vue sur les " Techniques d'enregistrement et de rediffusion des signaux acoustiques animaux ". M. LEIPP a parlé des rapports entre " le disque et la recherche en acoustique musicale ". Il a montré en particulier comment on peut expliciter l'information esthétique contenue dans les anciens enregistrements phonographiques, même

.... /

très défectueux. Les exemples choisis se rapportaient à :

- un des premiers enregistrements sur disque (BERLINER 1892)
- un échantillon de la voix de Sarah Bernard (1903)
- un extrait de texte récité par APOLLINAIRE (1912)
- un passage du Concerto de Mendelsohn par YSAYE (1912)
- un échantillon de poésie récitée par Francis CARCO (1947)

Nous espérons sur ces bases poursuivre une étude systématique du style déclamatoire ou instrumental des grands interprètes du passé.

CONGRES INTERNATIONAL D'ACOUSTIQUE DE BUDAPEST (Octobre 1967)

Le laboratoire présentera trois communications :

- M. LEIPP : Le contenu informatif de la parole
- Melle CASTELLENGO : Le problème de la justesse des flûtes
- M. J.S. LIENARD : La machine à parler de KEMPELEN.

Nous donnerons de plus amples détails au moment voulu.

ICOPHONE II : Nous avons depuis peu au laboratoire, ce synthétiseur de parole construit par les Electroniciens du Laboratoire de Mécanique Physique. Nous avons entrepris toute une série de travaux avec cet appareil et nous en donnerons les résultats à une réunion ultérieure du GAM.

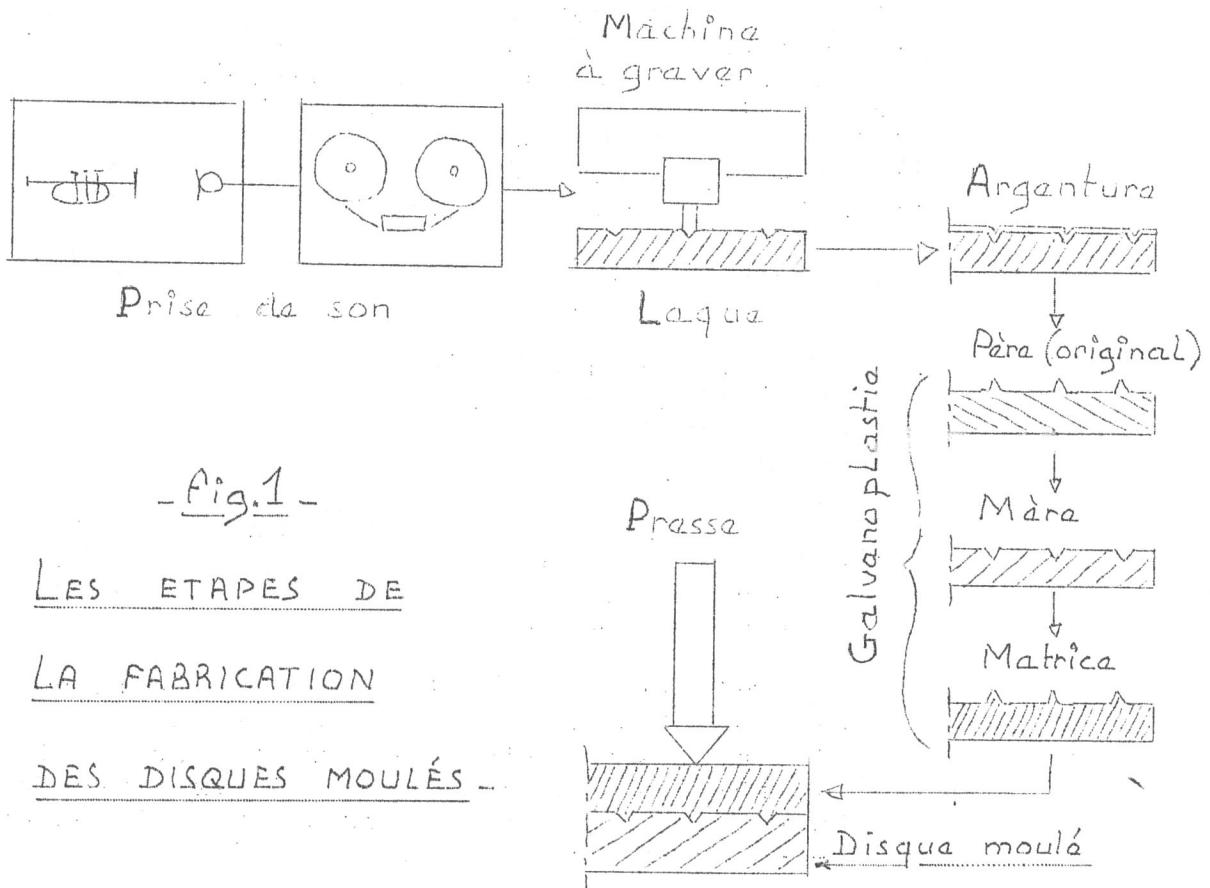
ORGUE EXPERIMENTAL : Nous avons en construction, au Laboratoire de Mécanique Physique de la Faculté des Sciences (Saint-Cyr-l'Ecole) un orgue électronique expérimental très élaboré avec lequel nous pourrons faire toute une série de recherches sur les gammes réellement utilisées par les musiciens et sur les problèmes de perception des sons musicaux complexes.

LA FABRICATION DES DISQUES

Résumé de l'exposé de M. GILOTAUX, par J.S. LIENARD

Le disque est devenu un objet de consommation courante : on trouve maintenant des microsillons dans les distributeurs automatiques ! La production annuelle atteint 25 millions de disques en France, et dix fois plus aux Etats-Unis ! La première firme américaine en fabrique à elle seule 90 millions ! Ceci implique des procédés de fabrication parfaitement au point, tenant compte de facteurs variables, mal définis, comme la mode, l'esthétique, les progrès électroacoustiques etc...

La fabrication des disques suit à peu près partout le même processus, dont les grandes lignes sont résumées dans le tableau suivant (fig.1)



Nous allons étudier successivement les divers maillons de cette "chaîne", à commencer par un des points les plus importants la prise de son.

I - LA PRISE DE SON

Dans l'industrie du disque, la technique de prise de son est très différente, suivant qu'il s'agit de musique dite " classique " ou de variétés.

(La musique " classique " est enregistrée dans de grands studios, quelquefois même dans les salles de concert. On cherche ici à restituer le son tel qu'il est produit par l'orchestre, en le déformant le moins possible; opération assez difficile, car la salle intervient considérablement dans la qualité du message, et la prise de son peut renforcer ou atténuer les qualités ou défauts de la salle. Ainsi par exemple le Royal Festival Hall de Londres, excellente salle pour l'audition directe, est trop " mat " pour la prise de son. Une compagnie des studios a donc résolu ce problème en équilibrant avec soin certains réverbères)

En fait, nous avons déjà vu (bulletin GAM n°7 : " La prise de son ", par M. PHILIPOT) que le problème n'est pas d'enregistrer la musique telle qu'elle est, mais de donner à l'auditeur l'impression de fidélité. Pour y parvenir et obtenir l'effet le plus " naturel " possible, on dispose généralement le microphone principal au dessus du chef d'orchestre, assez haut pour enregistrer de manière homogène l'ensemble de l'orchestre.

Comme actuellement toutes les prises de son sont stéréophoniques, on utilise deux microphones principaux diversement disposés :

- ou bien ils sont écartés d'environ 20 cm (tête artificielle) ou de plusieurs mètres (méthode Américaine) et les signaux droit et gauche sont différents en niveau et en phase,
- ou bien ils sont placés sensiblement au même point, mais ils sont directifs et leurs directions principales sont croisées à 90°, ce qui donne deux signaux de même phase, différant seulement par le niveau.

En fait l'auditeur d'un disque ne voit pas l'orchestre. On doit le lui suggérer auditivement. On place pour cela des microphones additionnels devant certains instruments dont le rôle est de détacher ces instruments de la masse orchestrale. Mais cette intervention doit rester discrète, c'est-à-dire pratiquement indécelable.

Un des problèmes les plus importants que doit trancher le preneur de son est la compression de dynamique : le niveau sonore dans une salle de concert peut varier de 30 dB (bruit de fond) jusqu'à 100 ou 110 dB dans les " fortissimo ". Autrement dit la dynamique orchestrale atteint 80 dB, alors que les canaux de transmission (disque, radio, etc..) n'en supportent qu'une quarantaine. De plus, l'audition en appartement se fait entre 45 dB de bruit de fond et 85 dB

de niveau maximum, à cause des voisins et de l'exigüité des locaux d'écoute. Ces chiffres sont tout à fait approximatifs, mais ils montrent que le preneur de son doit, tout en respectant les nuances de la musique, se livrer à un travail incessant d'atténuation et d'amplification sonore. Dès la cabine de prise de son, le message est donc considérablement déformé par rapport à l'audition directe. Il l'est encore bien plus lorsqu'il arrive aux oreilles de l'auditeur; malgré cela la reproduction peut sembler " fidèle "... En fait la technique est généralement satisfaisante : pour le montrer, on a souvent renouvelé l'expérience consistant à faire jouer un orchestre, puis à lui substituer progressivement le son enregistré au préalable, les musiciens continuant à simuler le jeu normal. Les spectateurs se laissent généralement tromper, surtout lorsqu'il s'agit de musique de chambre.

Si la prise de son en musique " classique " recherche la " fidélité ", pour artificielle que soit cette notion, la prise de son en " variétés " a des impératifs complètement différents :

- b) En variétés on cherche à plaire à l'auditeur par tous les moyens. La matière sonore est entièrement remodelée par le preneur de son. Pour éviter que le studio n'intervienne intempestivement par sa " couleur " ou par sa réverbération, on enregistre dans des studios très amortis acoustiquement (très " mats "), et l'on dispose presque autant de micros que d'instruments. On isole ces instruments les uns des autres, en les éloignant et en interposant des écrans, de façon qu'un même micro ne prenne qu'un instrument (ou qu'un groupe) à la fois. On obtient ainsi un ensemble de signaux que l'on traite séparément avant de les mélanger. Sur chaque voie on ajoute du grave ou de l'aigu, on pratique des " bosses " dans la courbe de réponse des amplificateurs etc.. Ainsi on augmente la " présence " en amplifiant de 6 à 7 dB les fréquences comprises entre 2000 et 3000 Herz. Certains disques destinés à être écoutés dans une ambiance bruyante requièrent un niveau soutenu, sans baisse sensible du niveau d'un bout à l'autre : il faut donc comprimer totalement la dynamique, ce que l'on réalise au moyen de limiteurs et de compresseurs électroniques.

On pratique aussi d'autres traitements, comme l'addition de réverbération ou d'écho, que l'on peut alors doser à volonté. Le but final de l'opération est d'obtenir un son jugé correct par les preneurs de son et les gens qui se trouvent dans la cabine. Ceci relève donc d'une esthétique particulière : la technique crée un son qui n'existe pas dans l'instrument. Les musiciens peuvent trouver cela scandaleux, mais il faut dire que l'art moderne a d'autres audaces, comme celle, par exemple, qui consiste à passer une cuisinière au marteau pilon et à présenter comme une œuvre révolutionnaire le tas de ferraille résultant!..

L'enregistrement se fait le plus souvent en " playback " : on enregistre d'abord l'orchestre, car le personnel est nombreux, et ensuite le soliste, l'accompagnement étant diffusé par des écouteurs. Avec de jeunes chanteurs peu expérimentés ont doit quelquefois recommencer 50 à 60 fois, et il serait impossible de mobiliser un orchestre pendant tout ce temps.

La prise de son est finalement un travail ingrat. Le technicien doit satisfaire tout le monde, et absorber les mauvaises humeurs de part et d'autre. Il est toujours responsable devant les artistes, et pourtant les disques ne se vendent pas pour la qualité de leur prise de son : on vend un titre ou le nom d'un artiste, mais pas celui d'un preneur de son !

Avant de passer à la fabrication des disques proprement dite, il est nécessaire de préciser la manière dont le signal est transcrit dans les sillons du disque.

II - LES SYSTEMES DE GRAVURE

a) Gravure en profondeur ou verticale

Les premiers phonographes, les appareils à rouleaux de cire du type Edison ou Charles Cros, et les premiers grammophones à disques fonctionnaient suivant ce système. Les variations de la pression acoustique sont traduites par les variations de profondeur du sillon. Ce système fut pratiquement abandonné vers 1920, au profit de la gravure latérale, présentant de nombreux avantages.

b) Gravure latérale

Dans ce système le sillon a une profondeur constante et se déplace à la surface du disque, en oscillant autour de la spirale qui correspondrait à une modulation nulle. Le pas de la spirale est évidemment déterminé par la largeur du sillon d'une part, et par l'amplitude maximum du signal enregistré d'autre part. Ce système est encore utilisé actuellement en gravure monophonique, perfectionné avec le microsillon et le pas variable. Le microsillon, environ trois fois moins large que le sillon des anciens 78 tours, a permis (conjointement avec la réduction de vitesse à 33 ou 45 tours), de multiplier par 5 ou 6 la durée du disque. Le pas variable a également contribué à ce gain de place : la spirale est plus lâche lorsque le signal enregistré est de forte amplitude, et réciproquement ; ainsi on utilise au mieux la distance entre sillons.

c) Gravure stéréophonique

Il existe plusieurs systèmes de gravure stéréophonique, mais celui que nous allons décrire est pratique-

ment universel. Les deux flancs du sillon sont inclinés à 45° par rapport à la surface du disque, et forment entre eux un angle de 90°. Chaque flanc est modulé par l'un des deux signaux stéréophoniques. Lorsque le signal gauche fonctionne seul, un seul flanc est modulé (fig.2). Si l'on applique les deux signaux, le sillon est modulé à la fois verticalement et latéralement (fig.3)

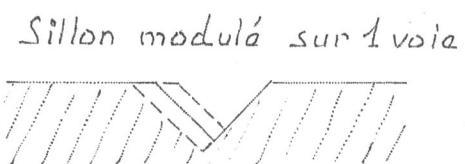


Fig. 2

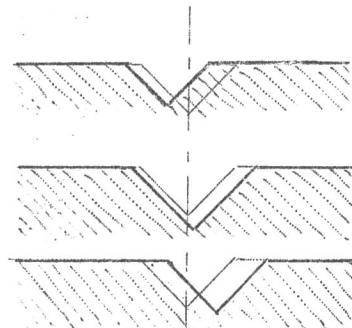


Fig. 3

Les signaux droite et gauche sont généralement composés des mêmes fréquences, n'ayant en général ni la même amplitude, ni la même phase. Si l'on grave deux signaux en phase, on s'arrange pour que les deux flancs évoluent en opposition, c'est-à-dire que l'un descend lorsque l'autre monte, et vice-versa. Dans ce cas la gravure se réduit à une gravure latérale (fig.4). Par contre deux signaux en opposition de phase donnent lieu à la même évolution de chaque flanc, et le sillon n'est modulé que dans le sens vertical (fig.5)

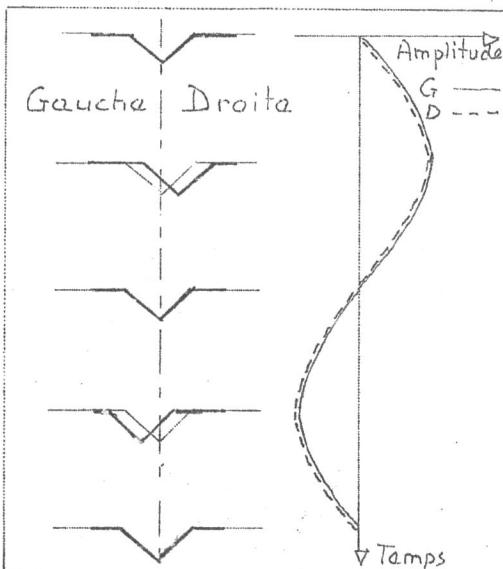


Fig. 4 Signaux en phase

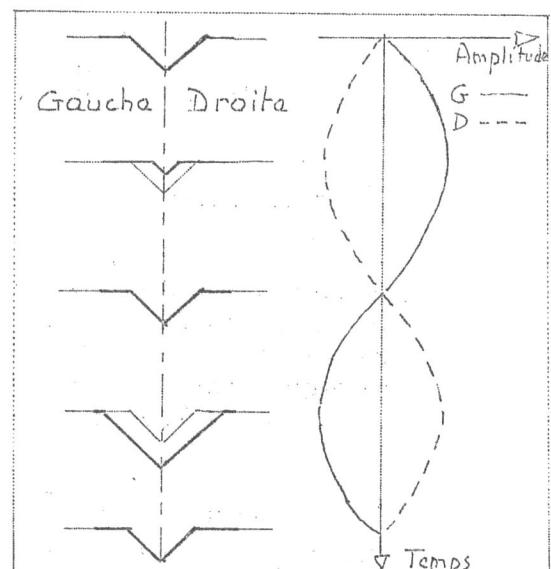


Fig. 5 Signaux en opposition

..... /

d) Gravure universelle ou " compatible "

D'une manière générale, si l'on désigne par A le signal " gauche " et par B le signal " droite ", on peut définir à chaque instant un signal-somme $S = A + B$, et un signal-différence $D = A - B$. Si $S = 0$, cela signifie que $A = -B$, c'est-à-dire que A et B sont en opposition de phase, et que la gravure se fait verticalement. Un tel signal envoyé dans une chaîne stéréophonique donne un son à droite et un son à gauche, mais rien au milieu. Si $D = 0$, les signaux sont égaux et en phase; la gravure est latérale, on n'entend rien à gauche, rien à droite, mais le son semble diffusé par un haut-parleur fictif situé au centre. Autrement dit la somme S contrôle la gravure latérale et l'audition en un point central, alors que la différence D correspond à la gravure verticale et à l'audition sur les côtés.

Un disque " compatible " est un disque stéréophonique que l'on peut lire sur un pick-up monophonique, c'est-à-dire latéral, dont la pointe ne suit pas les mouvements verticaux. On agit donc sur les signaux S et D pour limiter les amplitudes verticales. En particulier, comme l'amplitude est inversement proportionnelle à la fréquence, les basses sont les plus gênantes; en interposant un limiteur sur la gravure verticale pour ces fréquences, ou plus simplement en plaçant dans le studio les instruments émettant des sons graves au centre de l'orchestre on satisfait tout le monde, y compris les musiciens. On introduit ainsi une interaction entre niveau et localisation : si un instrument joue fort il a tendance, théoriquement, à venir au milieu; mais ce phénomène joue sur de très petits angles et n'est pas sensible en pratique. On peut donc dire que la gravure universelle est une gravure dont on contrôle particulièrement l'excursion verticale, sans pour autant détruire la qualité auditive.

Passons maintenant au problème industriel, celui de la fabrication des disques en grande série.

III - LA FABRICATION DES DISQUES

A partir de la bande magnétique préparée par les ingénieurs du son on grave un premier disque au moyen d'une machine de haute précision. Ce disque est constitué par une laque de grain extrêmement fin déposée sur un flanc d'aluminium. Le sillon est découpé par un burin chauffé et le copeau est aspiré automatiquement, pour éviter au maximum les inégalités de coupe.

La laque est ensuite argentée. Une machine programmée effectue cette opération automatiquement ; elle définit la composition des bains et les durées d'immersion. La surface de la laque étant ainsi rendue conductrice on fabrique par galvanoplastie

une pièce en nickel, dont les sillons sont en relief (" père " ou " original "). La pellicule d'argent, qui reste fixée sur l'original, est enlevée avec de l'acide chromique.

On pourrait presser des disques à partir de l'original; mais lorsque celui-ci serait usé il faudrait recommencer la gravure. On tire donc une " mère " par galvanoplastie, et on lit celle-ci pour déceler les claquements et bruits de toutes sortes. Si tout est correct, on fait à partir de là des matrices de pressage, en relief, plus minces que les pièces précédentes (une heure et demie de galvanoplastie au lieu de trois); car pour le pressage ces matrices seront montées sur un moule répartissant l'effort de la presse.

La matière première des disques est sensiblement la même, quoi qu'en dise, pour tous les fabricants. En Europe elle sort des mêmes usines. Il s'agit d'un mélange de chloro-acétate de polyvinyle, de stabilisant et de noir de fumée finement broyé employé comme colorant, l'expérience ayant montré qu'un disque qui n'est pas noir ne se vend pas.

Sur le disque final on constate un certain nombre de défauts, dont les plus importants sont un bruit de souffle causé par la granulation de la matière utilisée, et des bruits aléatoires (claquements, grésillements ou " friture ") absolument imprévisibles. La musique masque une bonne partie de ces bruits, mais certains clics sont situés très haut en fréquence, jusqu'à vers 10 000 Hz, et émergent quel que soit le type de musique enregistrée. Ces défauts ont leur origine dans la préparation de la matière, le soin apporté au pressage et la technologie de l'ensemble de la fabrication; ils apparaissent au moment du pressage, et changent d'un disque à l'autre.

Un disque est fait pour être lu sur un pick-up, ce qui introduit des défauts que l'on connaît, mais que l'on ne sait pas toujours bien réduire. Nous allons examiner sommairement quelques uns de ces problèmes.

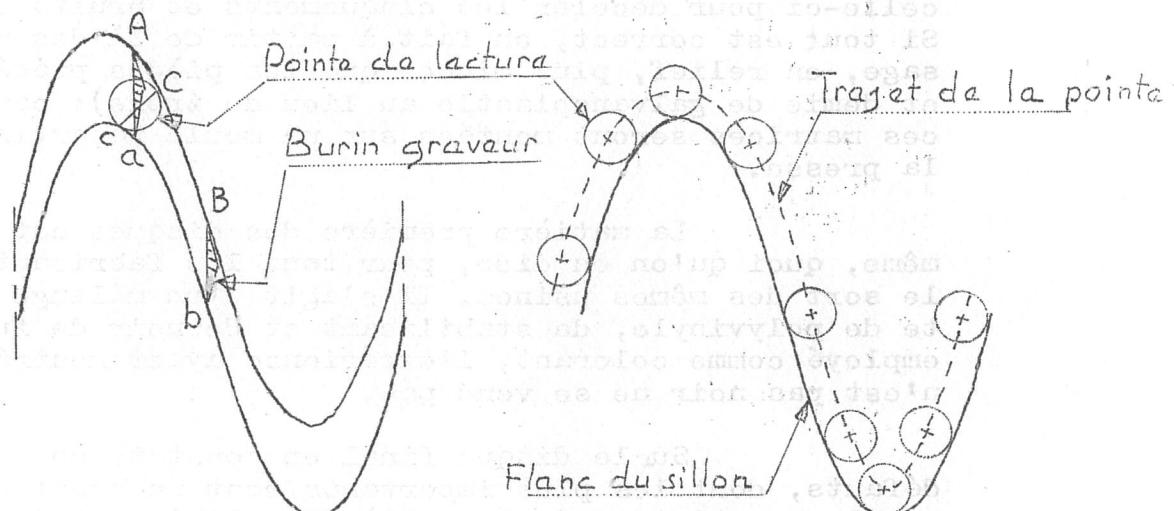
IV - LA LECTURE DES DISQUES

Limitons-nous au cas de la monophonie; en stéréo les problèmes de base sont les mêmes quoique qu'évidemment plus compliqués.

a) Distorsion de contact

La fig.6 représente un sillon vu de dessus en gravure latérale. Le signal gravé est une période de sinusoides de fréquence élevée et d'assez fort niveau. Le burin de gravure est représenté par sa section triangulaire, et sa surface de coupe est limitée horizontalement par Aa ou Bb, qui est une constante. Mais le disque ne peut malheureusement pas être lu au moyen d'un burin, qui détruirait les flancs du sillon. On utilise pour cette raison une

pointe (saphir ou diamant) sensiblement cônique, dont les points de contact avec le sillon sont Cc. La fig.7 montre que le mouvement de la pointe n'est pas exactement semblable à celui du burin.



- Distorsion de contact et effet de pince -

Fig.6

Fig.7

On sait faire une bonne gravure, mais on ne sait pas la lire ! On a imaginé divers systèmes destinés à corriger ce défaut : ce sont le Dynagroove de R C A, le Tracing Simulator de Teidec, etc... Ils consistent à donner au signal une déformation telle que, à la lecture, la pointe suive le chemin désiré; autrement dit on donne au sillon la déformation inverse de celle que produit la distorsion de contact. En vérité les résultats sont assez décevants : les calculs sont extrêmement compliqués, le traitement du signal fait appel à un appareillage complexe, et finalement les calculs ne tiennent pas compte de tous les phénomènes en présence, comme par exemple la pénétration de l'aiguille dans la matière du disque. John WALTON a montré récemment (Festival du Son 1967) qu'un mauvais pick-up appuyant fortement sur le disque connaît quelques fois de bons résultats, en compensant justement certains défauts de ce type.

b) Effet de pince

Reportons-nous à la fig.6 : en Cc le sillon est plus étroit qu'en Aa, autrement dit la pointe de lecture monte lorsque le sillon se rétrécit. Mais cela a lieu deux fois par période. Ce défaut est donc générateur d'harmonique deux. Il prend une grande importance en stéréophonie, où

nous avons vu que les mouvements verticaux étaient détectés par le lecteur.



c) Influence du rayon de gravure

La vitesse de rotation du disque étant constante, il est évident que la vitesse linéaire du sillon devant la pointe de lecture change de la périphérie au centre du disque. La longueur de sillon correspondant à une période enregistrée varie suivant le rayon de gravure, et diminue vers le centre; donc pour la même amplitude le sillon est plus comprimé, ce qui aggrave les défauts précédents.

d) Masse dynamique de la pointe

La lecture se fait au moyen d'un appareillage mécanique, comportant une masse, une inertie, une elasticité, qui doivent être en rapport avec la nature et la fréquence des vibrations transmises à la cellule phonocaptrice. On définit la masse dynamique du lecteur, ou masse effective rapportée à la pointe, comme la masse ponctuelle placée au contact du sillon qui aurait les mêmes effets sur le mouvement du lecteur que les parties mobiles de celui-ci. Bien que cette masse soit de l'ordre du milligramme, il ne faut pas oublier que les accélérations de la pointe peuvent atteindre 1000 fois celle de la pesanteur, produisant ainsi une force qui peut équilibrer la force d'appui et faire décoller la pointe de la paroi du sillon. L'expérience, vérifiée par le calcul, montre que, pour la plupart des lecteurs, l'impédance mécanique maximale qu'ils présentent se situe vers 400 Hz. On a gravé des disques à 400 Hz, d'amplitude croissante : l'amplitude de gravure pour laquelle la pointe ne suit plus exactement le sillon permet de calculer cette impédance.

Malgré tous ces défauts - il en existe bien d'autres, moins importants - la qualité des disques est bien supérieure à celle des appareillages de lecture courants; tous les signaux enregistrés sur le disque ne sont pas fidèlement reproduits chez l'usager ! Le haut-parleur reste le point faible de la chaîne, et la qualité globale de celle-ci est une question de prix.

V - CONCLUSION

L'industrie du disque est d'une exploitation difficile; non seulement elle pose des problèmes industriels et commerciaux, mais elle implique des rapports parfois délicats avec des services artistiques peu soucieux des restrictions matérielles; elle reste surtout entièrement soumise au jugement auditif des artistes et des clients, et ce côté subjectif, éminemment variable, est peu conciliable avec les impératifs proprement techniques. Néanmoins l'écoute d'un bon disque sur un appareillage de qualité surprend par la qualité obtenue en dépit des difficultés diverses que nous avons évoquées, et ceci est passablement réconfortant.

DISCUSSION

M. Carchereux: Ne pourrait-on imaginer une aiguille en forme de burin, pour éviter la distorsion de contact?

M. Gilotaux: Non, car la matière serait vite déchiquetée. Mais il faut signaler que ce genre de distorsion n'existe pas dans les premiers phonographes où le message était enregistré par repoussage d'une feuille métallique enroulée autour du cylindre: l'outil utilisé pour ce travail était une pointe arrondie de forme semblable à la pointe de lecture.

M. Carchereux: Existe-t-il des systèmes de lecture dans lesquels l'aiguille tourne sur elle-même en arrivant au centre du disque?

M. Gilotaux: Vous faites allusion à un défaut que je n'ai pas mentionné; c'est "l'erreur de piste", due au fait que le graveur se déplace linéairement, suivant une direction radiale, alors que la pointe de lecture décrit un arc de cercle dont le rayon est la longueur du bras. Il s'ensuit une différence entre l'orientation du burin et celle de la pointe de lecture, à l'intérieur du sillon. Si le bras est bien calculé, les différences angulaires portent sur de très petits angles et ce défaut devient tout à fait secondaire.

M. Leipp: Il est tout de même extraordinaire d'obtenir un message d'aussi bonne qualité à l'extrémité de la chaîne compliquée que constitue la fabrication d'un disque! La comparaison avec les premiers appareils donne la mesure du chemin parcouru en trois quarts de siècle et nous avons au laboratoire une étude en cours sur d'anciens grammophones que nous a prêtés M. Gilotaux. Les analyses que nous avons effectuées montrent que, malgré des moyens matériels relativement réduits, les techniciens de l'époque arrivaient à retransmettre par le disque l'essentiel du message, c'est à dire la bande 500-5 000 Hz. Par ailleurs, M. Abiteboul étudie actuellement les dégradations du message au long de la fabrication du disque et M. Gilotaux a bien voulu presser un disque expérimental dans ce but.

Mais je voudrais poser à M. Gilotaux une question dont nous commençons à connaître l'importance: Un musicien ne joue bien que lorsqu'il se sent à l'aise. Est-ce que la méthode de prise de son utilisée en variété ne le gêne pas considérablement?

M. Gilotaux: En effet, les écrans sont très gênants pour les musiciens, non seulement parce qu'ils les isolent les uns des autres, mais aussi parce qu'ils amortissent les sons émis par les instruments. Mais on ne peut vraiment pas faire autrement.

M. Leipp:

John Walton, que nous avons rencontré récemment, pensait que le disque pouvait fournir une qualité musicale bien supérieure à celle du magnétophone.

M. Gilotaux:

C'est vrai, mais seulement à certains points de vue. De toute façon, le message est toujours enregistré sur bande magnétique avant la gravure: on entend souvent sur le disque le moment où commence la bande. La laque en tout cas est aussi bonne que la bande; il faut prendre mille précautions, en particulier dans le réglage du burin, mais on arrive couramment à une dynamique de 70 décibels, ce qui est comparable aux résultats obtenus avec les meilleurs magnétophones. Il faut pourtant reconnaître que la qualité de l'enregistrement diminue de l'extérieur vers l'intérieur du disque, alors que la lecture magnétique est plus homogène.

M. Leipp:

Un problème délicat est celui des "clics" du disque qui couvrent toutes les fréquences et en particulier celles de la zone sensible de l'oreille. Vers 3000 Hz l'oreille détecte des ondes dont l'amplitude n'excède pas le diamètre d'une molécule d'hydrogène! Le moindre grain de poussière se plaçant à la surface du disque, à une étape quelconque de la fabrication ou de la lecture, détermine un "clic".

M. Gilotaux:

Il existe certains défauts que l'on ne voit même pas au microscope. Peut-être apparaîtront-ils avec le microscope électronique.

M. Leipp:

Walton nous avait signalé un défaut sur certains disques pour lequel il était impossible de déceler une quelconque trace matérielle dans le sillon, même au microscope électronique. Nous lui avons suggéré l'hypothèse d'oscillations de relaxation provenant du frottement de la pointe dans le sillon et cette possibilité l'a beaucoup intéressé.

Mme Nieky:

Je ne comprend pas très bien comment se fait la répartition des signaux en gravure stéréophonique.

M. Gilotaux:

Chaque voie est captée par un microphone directif. Ensuite le son subit une série de traitements; en particulier on fabrique leur somme et leur différence pour contrôler les proportions de gravure latérale et verticale.

M. Siestrunk:

Il est d'ailleurs curieux de constater que l'on ne remarque rien auditivement; ce qui tendrait à montrer que la stéréophonie comporte une partie de suggestion...

M. Duparcq:

Pourquoi dans les juke-boxes entend-on des basses aussi violentes? n'est-ce pas pour masquer l'usure des disques?

M. Gilotaux:

Je ne pense pas, c'est une question de mode; d'ailleurs c'est très facile à réaliser, il suffit de disposer des amplificateurs adéquats.

.../.

M. Dubuc:

Les basses du juke-box sont de "fausses basses": leur hauteur est pratiquement invariable car elle provient de la résonance mécanique de l'enceinte.

D'une manière générale comment fait-on pour éviter la saturation du disque dans les basses, puisque l'amplitude du sillon augmente lorsque la fréquence baisse?

M. Gilotaux:

Le technicien doit surveiller à chaque instant la modulation qui entre dans la machine à graver. Au microscope on voit très bien le chevauchement éventuel de deux sillons, mais cela ne se produit pas sur les machines actuelles à pas variable, car le circuit de réglage du pas reçoit l'information deux secondes avant la gravure et règle en conséquence l'écartement du sillon. C'est plutôt dans les aigus que l'on risque d'avoir des ennuis car l'outil peut talonner: la partie arrière du burin peut frotter contre le flanc du sillon, lorsque l'amplitude devient trop forte, et la gravure est alors inexploitables.

M. Chiarucci:

Utilisez-vous des vumètres (V.U. signifie Volume unit; c'est un appareil qui mesure sur un petit intervalle de temps le niveau moyen de la modulation) ou des "crêtemètres" indiquant plutôt les valeurs maxima instantanées?

M. Gilotaux:

Cette question a fait l'objet de nombreuses discussions sur le plan international, car on a cherché à uniformiser les moyens de contrôle de la prise de son, de façon à permettre l'échange des bandes magnétiques enregistrées. Le problème n'est pas encore parfaitement tranché mais il semble que le vumètre soit finalement plus proche des propriétés de l'oreille, en ce qui concerne les délais de perception, et c'est pourquoi nous l'utilisons.

M. Abiteboul:

On entend quelque fois le signal un sillon à l'avance; d'où provient ce phénomène d'écho?

M. Gilotaux:

Ce n'est ni la bande, ni la gravure qui en sont responsables, mais la galvanoplastie: il se produit des tensions internes lors de l'immersion dans les différents bains qui déforment les sillons très faiblement, mais cela suffit pour que l'oreille le décèle.

M. Leipp:

Un phénomène du même genre se produit lorsque la pointe de lecture encrassée lit deux sillons voisins.

M. Dubuc:

Pourquoi le sillon séparant deux plages est-il gravé à une profondeur moins grande?

M. Gilotaux:

Parce que, en l'absence de signal, la pointe ne risque pas de sortir du sillon; on augmente la profondeur de coupe lorsqu'il y a un signal fort, pour mieux guider la pointe qui risque de décoller. La largeur standard du sillon est actuellement comprise entre 50 et 70 microns.

.../.

M. Leipp: En gravure stéréophonique est-ce qu'on ne perd pas en qualité de gravure ce que l'on gagne en effet stéréophonique? De plus l'écoute dans une salle compromet certainement la sensation stéréophonique et dans ce cas ne vaut-il pas mieux utiliser des écouteurs?

M. Gilotaux: Je ne pense pas que la qualité en stéréophonie soit inférieure à ce qu'elle est en monophonie. A propos des écouteurs, il faut remarquer que le signal global est modifié s'il est perçu séparément par les deux oreilles: en envoyant dans les écouteurs deux signaux différents, de fréquences très voisines, on n'entend pas de battements. Autrement dit une partie de la musique prend naissance dans le brassage de signaux réalisé par la salle. En tout cas l'écoute au moyen d'écouteurs diffère beaucoup de l'écoute au moyen de haut-parleurs.

M. Leipp: Il faudrait aussi parler de l'usure des disques. Celle-ci revêt deux formes : l'une, purement physique, se traduit par des pertes dans l'aigu, une diminution de la "finesse" du message enregistré, et par l'apparition de bruit, commençant par l'aigu; l'autre est plusôt psychologique - c'est le désintérêt de l'auditeur pour un message dont il a épousé pratiquement toute l'information.

M. Gilotaux: L'usure provient en grande partie des poussières collées sur le disque par l'électricité statique, car la matière du disque est isolante. Il suffit de sortir un disque de son enveloppe pour voir l'effet des charges statiques, qui produisent des étincelles et des craquements caractéristiques. En particulier, quand on pose le disque sur le plateau de lecture, des bruit de décharge se produisent avant même qu'il l'ait touché; dans ce cas il ne faut pas accuser la gravure du disque. On pourrait rendre la matière conductrice en lui incorporant certains produits; mais ceux-ci laissent des traces qui sont interprétées par le public comme des défauts d'aspect, et les disques ainsi traités sont invendables.

M. Siestrunk: Pourtant, pour certains produits pharmaceutiques, on nous avertit que telles traces ou dépôts ne compromettent pas la qualité du produit. Ne pourriez-vous pas vendre des disques antistatiques en expliquant que les défauts d'aspect correspondent à une meilleure qualité du signal enregistré?

M. Gilotaux: Des expériences de vente ont été tentées, et ont montré que le public boudait ces disques.

M. Carchereux: Ne pourrait-on atténuer le frottement de l'aiguille dans le sillon?

M. Gilotaux: J'ai essayé de nombreux lubrifiants, comme le sulfure de molybdène, mais les résultats électroacoustiques étaient peu probants et la manipulation du disque produisait des taches très désagréables.

- M. Boris: Est-ce que l'on pratique toujours la prise de son au moyen de deux microphones disposés sur la tête d'un mannequin?
- M. Gilotaux: C'est une question d'école: chaque preneur de son a ses préférences.
- M. Leipp: Avez-vous une idée sur l'avenir du disque?
- M. Gilotaux: Notre industrie est tellement soumise à la mode qu'il est bien difficile de répondre à cette question. On pourrait réduire le volume du disque ou augmenter sa capacité; cela a déjà été fait, mais ces améliorations présentent finalement assez peu d'intérêt.
- J.S.Liénard: D'ailleurs, ce qui intéresse l'auditeur d'un disque, c'est de pouvoir choisir la plage qu'il veut écouter. L'évolution du disque doit lui conserver cette caractéristique. C'est une des raisons pour lesquelles le magnétophone ne concurrence pas sérieusement le disque.
- M. Boris : A Bruxelles Mr Korn fait des recherches sur la stéréophonie à deux canaux: avant et arrière au lieu de droite et gauche.
- M. Gilotaux: Nous avons fait certains essais avec lui. On restitue bien l'ambiance d'une salle de concert, mais les réglages sont très délicats, et l'auditeur remarque immédiatement la moindre addition de réverbération artificielle. Il semble qu'il ne soit pas possible d'utiliser un signal réverbéré autre que celui de la salle elle-même. Un écho artificiel ne donne pas un effet très satisfaisant.
- J.S.Liénard: Actuellement la mode est à la stéréophonie. Il devient difficile de trouver un électrophone monophonique; lorsqu'on le trouve, le vendeur fait tout pour vous convaincre de l'intérêt que l'on aurait à acheter un appareil stéréophonique! Pensez-vous que l'on reviendra un jour à la monophonie ?
- M. Gilotaux: La tendance actuelle est de généraliser la stéréophonie la monophonie n'en étant qu'un cas particulier. D'où le développement de la gravure "universelle" ou "compatible". En Allemagne 50% des appareils sont stéréophoniques, contre 12% seulement en France.
- J.S.Liénard: Existe-t-il des systèmes de lecture des disques basés sur une lecture photoélectrique?
- M. Gilotaux: Il existe une grande quantité de brevets sur ces questions, mais très peu sont réalisistes. Cela pose de nombreux problèmes, n'esserieit-ce que celui de la largeur de la fente de lecture, qui limite la bande passante des systèmes de lecture optique des pistes sonores en cinéma. On a essayé aussi dans ce but des disques transparents. Mais nous avons vu plusieurs fois que, dans ce domaine, la mode est déterminante, et il semble difficile de changer un principe de lecture quand celui qui existe donne malgré tout satisfaction.

..... /

M. Siestrunk: En résumé on peut dire que le disque monophonique est bien au point; moyennant l'utilisation d'une bonne chaîne de lecture, il satisfait les plus difficiles; En stéréophonie les réglages nécessaires pour assurer une audition correcte sont délicats et fastidieux. En tout état de cause, la technique actuelle permet à chacun^{de choisir} ce qui lui convient, et ce choix dépend finalement de ce que l'on recherche dans la musique. L'exposé de Mr. Gilotaux nous a permis de nous informer à bonne source de tous les problèmes difficiles que pose la fabrication des disques, et nous l'en remercions bien vivement.
