

Réalisation d'une platine de très haute qualité

1 - Les impératifs

Jean Constant Verdier

Voilà bientôt six mois, J.C. Verdier passait nous voir, avec un prototype qu'il venait tout juste d'achever. Le prototype en question était une platine. Nous l'avons écouté, mesuré et nous lui avons formulé certaines suggestions, qu'il s'attache à résoudre à l'heure actuelle. Nous lui avons aussi demandé, pour nos lecteurs, de relater son expérience.

Une expérience professionnelle déjà longue m'a confronté bien souvent aux différents problèmes soulevés par la conception et la mise en fabrication de tables de lecture haute fidélité destinées aux marchés grand public. Dans ce domaine le concepteur doit se plier aux exigences des services commerciaux et il est conduit, pour rester dans le cadre de son budget, à adopter les gadgets qui font vendre au détriment parfois de l'indispensable. Toutefois l'expérience est enrichissante car j'ai été conduit à examiner de très près tout ce que fait le concurrence, mesures systématiques, comparaisons de

toutes natures et pour terminer mise en pièces du matériel. A ce titre le métier est intéressant car il est possible d'imaginer ce que pourrait être une table de lecture conçues hors de tous impératifs commerciaux... et de la réaliser pour son usage personnel.

Le plateau

Chacun sait que le plateau doit avoir un moment d'inertie élevé pour régulariser la vitesse de rotation. Dès lors on est tenté de réaliser un plateau évidé afin que le maximum de matière se trouve à la périphérie pour bénéficier de l'inertie la plus grande

possible tout en économisant la matière première. Ce calcul pour judicieux qu'il soit conduit à l'adoption de profils creux (voir figure 1, 2 et 3) qui constituent tous des résonnateurs doués de coefficients de qualité élevées. Le cas représenté en figure 3 constitue un comble dans le genre. Ce plateau très profond, produit une note perceptible par l'oreille pendant plusieurs minutes lorsqu'on l'excite en le frappant sur le bord... évoquer le son des platines à son propos devient aussi évident que superflu. Pour imparfaits qu'ils soient dans leur immense majorité, ces plateaux appellent le respect, car ils sont

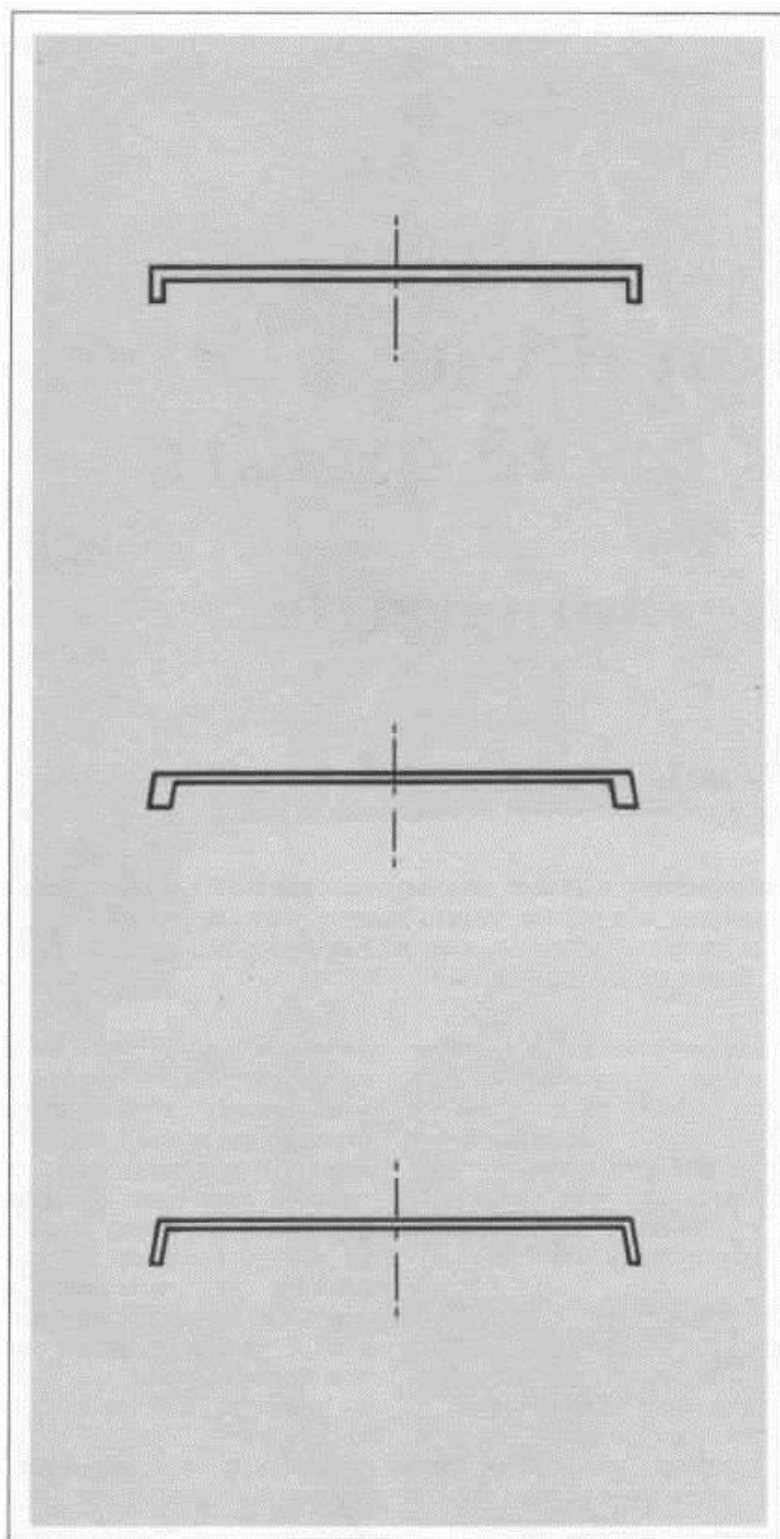


Fig. 1, 2, 3 : Profils de plateaux conventionnels

la preuve d'une très grande maîtrise de la matière.

Réalisés par moulage sous pression, puis usinés seulement aux endroits visibles, ils tournent avec un voilage apparent compris entre $\pm 0,1$ mm.

Cela constitue une authentique prouesse technologique qu'il faut renouveler avec la même précision pour chaque plateau produit. La maîtrise dans la fabrication du plateau distingue les véritables fabricants des quelques fantaisistes qui sous couvert de prétentions esthétiques ont présenté des plateaux constitués de trois branches terminées par des masselottes supportant le disque, afin de contourner les difficultés de fabrications d'un plateau classique. Il faut ajouter que ce genre de dispositif est incapable par sa nature même de provoquer le couplage mécanique étroit qui doit exister entre le plateau et le disque ; c'est un problème sur lequel je reviendrai plus tard.

Compte-tenu de tout ce que nous savons, le plateau le moins mauvais possible sera doué d'une grande inertie, exempt de résonance propre et parfaitement équilibré. Pratiquement, pour me mettre à l'abri des mauvaises surprises, j'ai choisi de copier les proportions des plateaux qui équipent les machines de gravure de disques soit une épaisseur de 60 mm pour un diamètre de 300 mm.

Reste le choix du matériau employé. On utilisera du bronze ou du laiton pour un plateau de masse importante, un alliage d'aluminium pour une masse moyenne et pourquoi pas du bois si l'on est téméraire et que l'on se contente d'un plateau relativement léger. Dans tous les cas l'usinage fera l'objet de soins tous particuliers.

L'axe du plateau

L'axe du plateau remplit plusieurs fonctions. La plus évidente est de permettre la rotation de ce dernier. La solution adoptée par la grande majorité des constructeurs (fig.4) pour suffisante qu'elle est, n'est pas la meilleure possible car elle cumule les erreurs angulaires (très faibles certes) de deux assemblages en rotation. La liaison entre le plateau et l'axe se fait par un emmanchement conique démontable ou un emmanchement cylindrique à force. La liberté de rotation est assurée par l'axe dans l'alésage, avec le jeu de fonctionnement indispensable (quelques 1/100 de mm). De surcroît, la bille qui termine l'axe est placée plus bas que la masse qu'il supporte.

La disposition inverse (fig. 5) élimine les deux inconvénients cités plus haut. Il n'y a plus qu'un seul assemblage tournant entre le plateau et l'axe. Le centre de gravité est situé très en-dessous du point d'appui constitué par la bille placée au sommet de l'axe, déterminant ainsi un équilibre indifférent du plateau.

L'axe doit par ailleurs assurer une liaison rigide entre le plateau et la platine qui supporte à son tour le bras de lecture. Cette rigidité ne peut s'obtenir que par un guidage de l'axe au travers du plateau suffisamment long et un diamètre d'axe suffisamment important. D'autre part il faut savoir qu'un excellent guidage ne peut être obtenu que lorsque la longueur de l'alésage vaut cinq fois le diamètre de l'axe. Pratiquement pour la maquette réalisée, l'alésage aura une longueur de 90 mm pour un diamètre d'axe de 20 mm, ce qui constitue un compromis satisfaisant aux trois conditions énoncées.

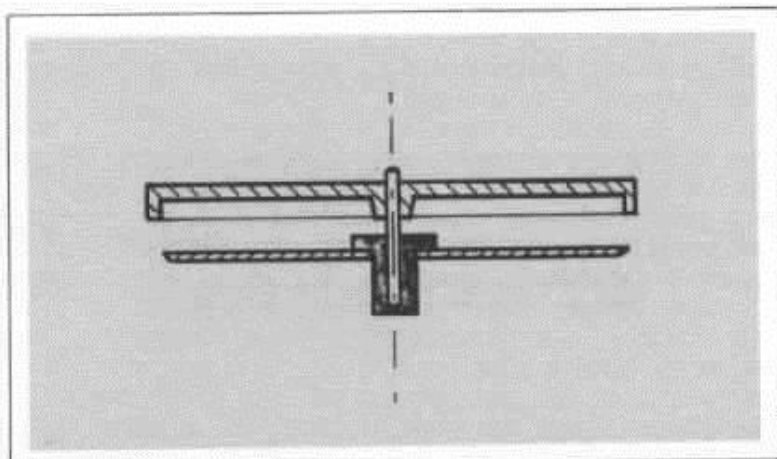


Fig. 4 : Disposition classique de l'axe de pivotement d'un plateau

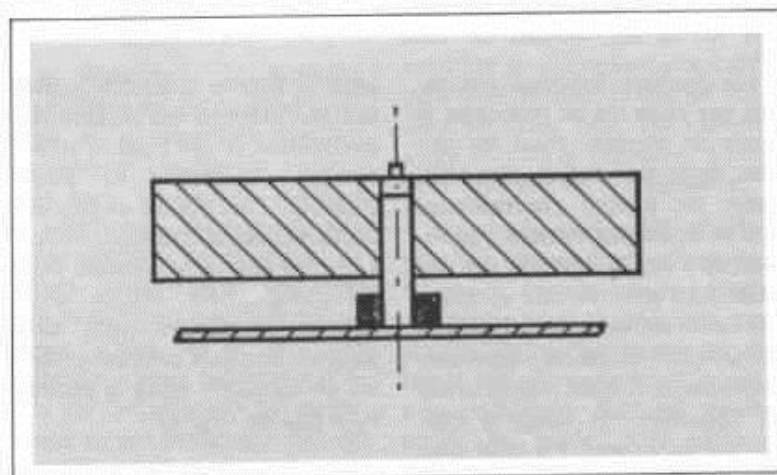


Fig. 5 : Disposition inversée de l'axe du plateau permettant un équilibre indifférent

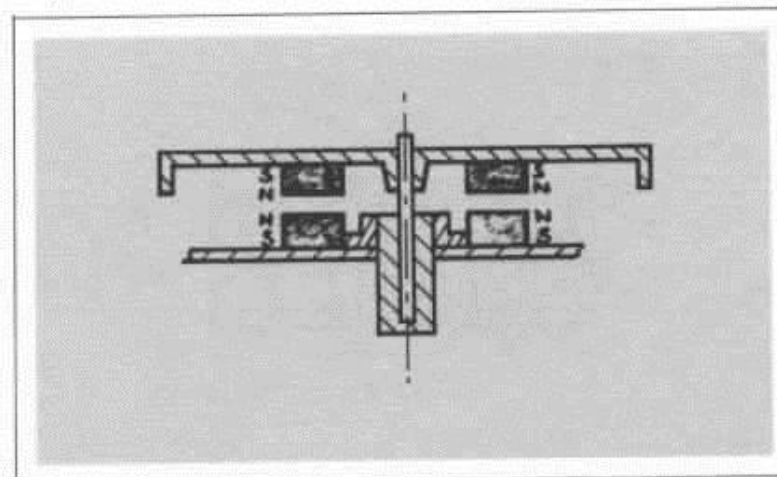


Fig. 6 : Disposition des aimants annulaires provoquant la sustentation

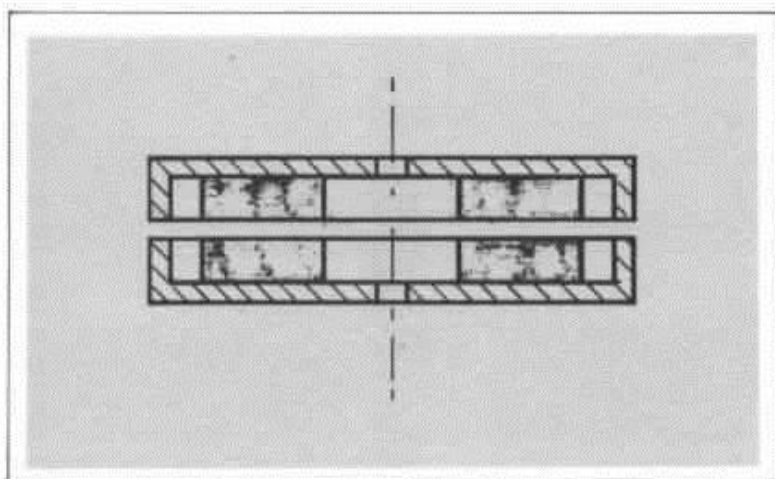


Fig. 7 : Bouclage du circuit magnétique par l'extérieur

La dernière fonction accomplie par l'axe est de supporter le poids du plateau. Pour un plateau léger, cela se fait sans difficulté, on adopte généralement une bille d'acier sertie à l'extrémité de l'axe et reposant sur une pastille en acier rectifié et traité. Malheureusement, mon projet comportant un plateau de masse importante, il n'est plus possible de considérer la butée à bille comme suffisante. En effet sous l'action de la pression, le contact presque parfaitement ponctuel

entre la bille et la pastille traitée se transforme en une surface non négligeable et qui l'usure aidant devient génératrice de bruits (rumble). Une platine de fabrication américaine nous montre fort à propos comment éliminer cette difficulté. Elle utilise deux aimants annulaires pour haut parleurs disposés avec des polarités antagonistes entre le plateau et la platine (fig. 6).

Par ce procédé, il est possible de régler la force d'appui sur la

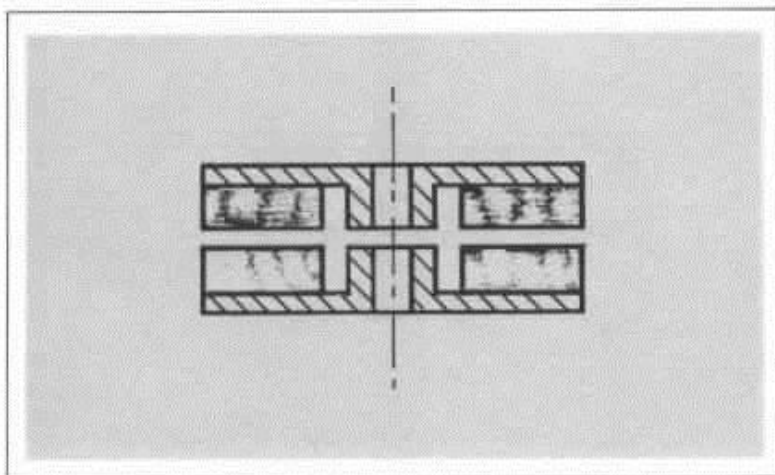


Fig. 8 : Bouclage du circuit magnétique par l'intérieur

bille et éventuellement de l'annuler complètement.

Sustentation du plateau

Il est possible d'utiliser les aimants tels quels en les disposant l'un sous le plateau, l'autre sur la platine, tous deux centrés par rapport à l'axe. C'est bien sur la disposition la plus simple mais elle n'est pas sans présenter quelques inconvénients. Les fuites magnétiques sont importantes et peuvent modifier le fonctionnement de la tête de lecture quand elle s'approche du centre du plateau. La force répulsive est loin d'égaliser ce que l'on peut obtenir avec un circuit magnétique en acier enfermant et canalisant le flux des deux aimants.

A titre expérimental, j'ai construit un circuit magnétique démontable permettant de réaliser les configurations des figures 7, 8 ou 9 avec des aimants de 120 mm de diamètre. En 7, le circuit magnétique est refermé seulement par l'extérieur, en 8 par l'intérieur, en 9 intégralement refermé. Les forces répulsives suivantes ont été obtenues.

Cas de la figure 7 : 4,5 kg
Cas de la figure 8 : 3 kg
Cas de la figure 9 : 6 kg

En dehors du gain important sur la force répulsive, obtenu par un circuit magnétique complet, il est notable que les fuites magnétiques sont extrêmement réduites : la lame d'un tourne-vis est à peine attirée par le circuit fermé alors qu'on la décollait avec peine des aimants nus.

Toutefois la force répulsive de 6 kg atteinte dans le meilleur des cas ne sera pas suffisante pour soutenir le plateau du tourne-disque décrit dans ce projet. La maquette réalisée utilisera donc

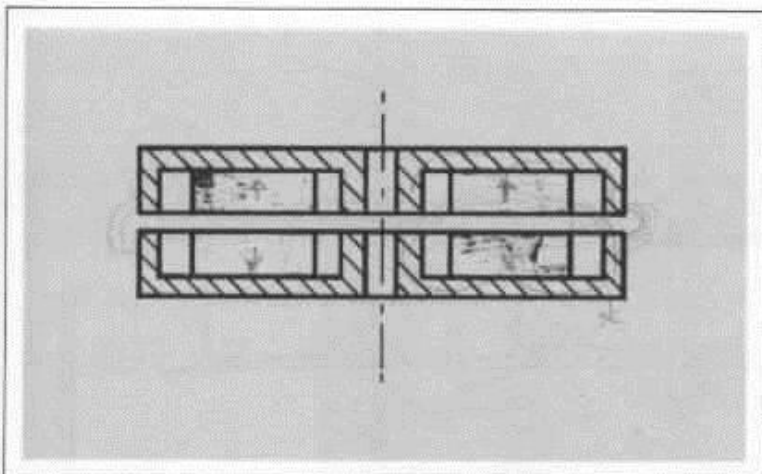


Fig. 9 : Circuit magnétique entièrement refermé. C'est le cas qui a été retenu pour notre réalisation

des aimants de 180 mm de diamètre capables de développer une force répulsive de 17 kg constituant ainsi une réserve de sécurité suffisante pour le plateau envisagé dont la masse évoluera de 12 à 14 kg suivant les accessoires dont il sera équipé.

L'entraînement le moteur et la suspension

Il n'est pas possible d'aborder séparément chacun de ces points. C'est la judicieuse disposition de ces composants l'un par rapport à l'autre qui détermine la philosophie d'un tourne disque. La conception décrite ici est celle adoptée par Edgar Vilchur pour son tourne disque Acoustic Research à la fin des années 50.

Il s'agit bien entendu de la contre platine suspendue, cette conception a largement fait école depuis : Thorens, Braun et ERA dans les années 60 et tout dernièrement Linn et Ariston. Le peu de succès de ce système pour les tourne disques haute fidélité bon marché d'aujourd'hui s'explique facilement. Le plateau suspendu exige impérativement un équil-

brage rigoureux, le moindre déséquilibre est perçu par l'utilisateur et se manifeste par un balancement régulier du plateau et du bras. De plus au moment du démarrage certains de ces tourne disques étaient animés de curieux soubressauts extrêmement inquiétants pour l'acheteur moyen (dans 99 % des cas l'acheteur n'était même pas prévenu du principe de la contre platine et des avantages qui, en découlaient). C'est ainsi que peu à peu les matériels ont évolué

vers une qualité bien inférieure. Je citerai seulement le cas de la firme française ERA qui a connu le succès et la consécration à l'échelle européenne, le jour où parallèlement au modèle de base est apparu un modèle d'apparence absolument identique mais dont les ressorts étaient remplacés par de gros blocs de caoutchouc mousse pratiquement sans efficacité mais possédant le gigantesque avantage de ne pas effrayer la clientèle. Il convient donc de féliciter les firmes anglaises qui ont su avec courage remettre à la mode un procédé fabuleusement efficace et surtout lui donner ses lettres de noblesse en proposant des matériels d'une haute qualité de finition et d'un prix suffisamment élevé afin de se consacrer à une belle clientèle de connaisseurs.

Je rappelle rapidement le principe du tourne-disque Acoustic Research. Le plateau et le bras de lecture sont montés sur une contre platine, suspendue par de longs ressorts coniques à la platine principale formant également le socle. Le moteur d'entraînement, synchrone à vitesse lente est monté à sec sur

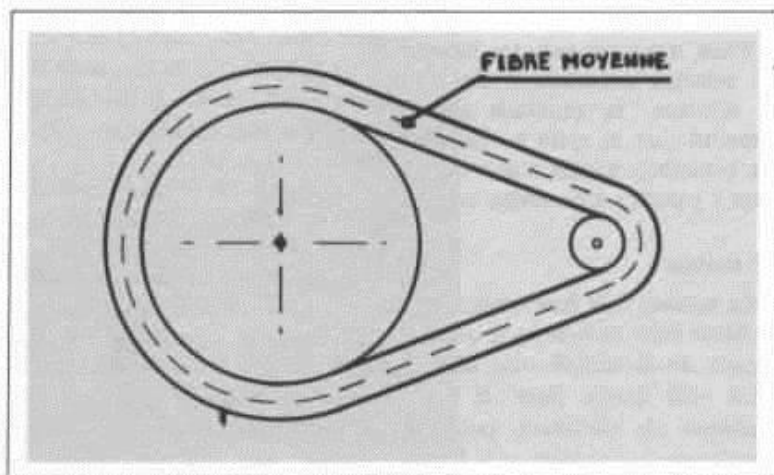


Fig. 10 : Représentation, très exagérée, de la notion de fibre moyenne

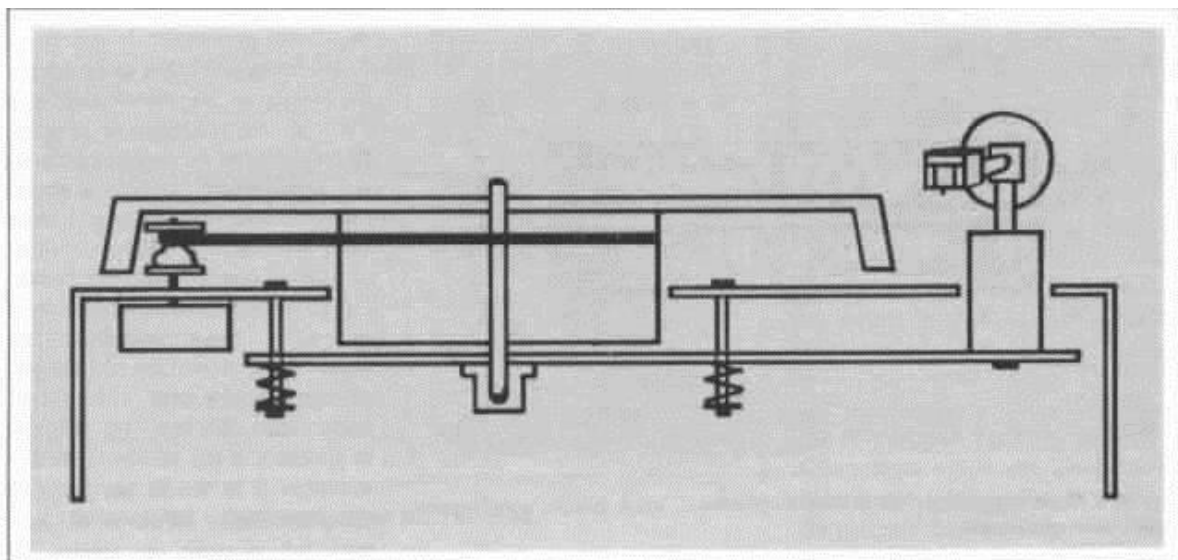


Fig. 11 : Dispositif à contre-platine suspendue

cette même platine principale. L'entraînement se fait par l'intermédiaire d'une courroie plate en caoutchouc joignant la poulie moteur à une couronne intérieure du plateau (fig. 11). L'avantage est évident, les vibrations ramenées par le support de la platine et le moteur sont filtrées en même temps par la suspension. La protection contre la réaction acoustique (effet Larsen) et les bruits de moteur est presque parfaite.

Voilà dans ses grandes lignes un principe étonnamment simple et efficace, la pratique nous apprend que sa mise en œuvre est beaucoup moins naïve qu'il peut y paraître à première vue.

Le moteur

Le moteur doit être synchrone à vitesse lente de telle sorte que le rapport de démultiplication nécessaire soit faible dans le but d'obtenir de meilleures performances sur la précision et la fluctuation de vitesse.

Prenons un exemple chiffré

pour démontrer la nécessité de ce choix :

1- Le moteur tourne à 250 tours/minute, la poulie du plateau fait 200 mm de diamètre, la courroie à une épaisseur de 1 mm. Sachant que c'est la « fibre moyenne » de la courroie qui détermine le rapport de démultiplication (fig. 10), on peut calculer le rayon convenable pour la poulie du moteur. Pour 33 tours 1/3 la démultiplication doit être : $250/33,33 = 7,5$.

Le rayon utile de la poulie du plateau sera en tenant compte de la fibre moyenne de la courroie : $100 + 0,5 = 100,5$.

D'où découle le rayon utile de la poulie $100,5/7,5 = 13,4$ et son rayon réel $13,4 - 0,5 = 12,9$ mm.

Supposons maintenant que par suite d'une fabrication défectueuse, l'épaisseur de la courroie varie de $\pm 1/100$ de mm entre son point le plus épais et son point le plus mince et d'une manière régulière sur toute sa périphérie. Ce défaut va provoquer une variation du rapport de

démultiplication croissant et décroissant une fois par tour de courroie. Le rapport maximum sera :

$$\frac{100,5 + 0,01}{13,4 - 0,01} = \frac{100,51}{13,39} = 7,506$$

Le rapport minimum sera :

$$\frac{100,5 - 0,01}{13,4 + 0,01} = \frac{100,49}{13,41} = 7,493$$

Soit une fluctuation de vitesse de :

$$\frac{7,506 - 7,493}{7,5} = 0,0017 = 0,17 \%$$

2- Reprenons le calcul avec un moteur tournant à 1500 tours par minute sans faire varier les autres paramètres.

Rapport de démultiplication $1500/33,33 = 45$

Rayon de la poulie moteur $100,5/45 = 2,2333$

Soit un rayon réel de

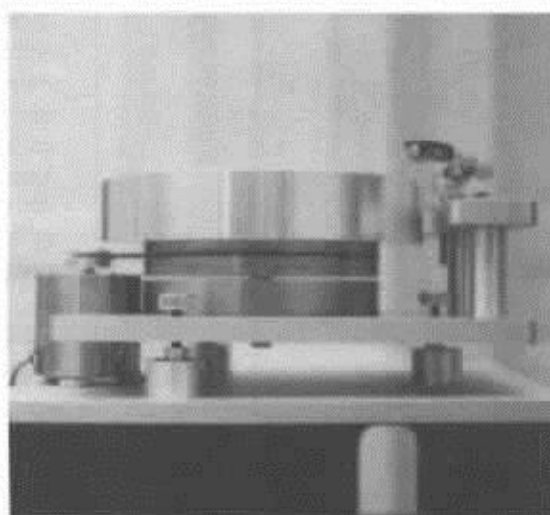
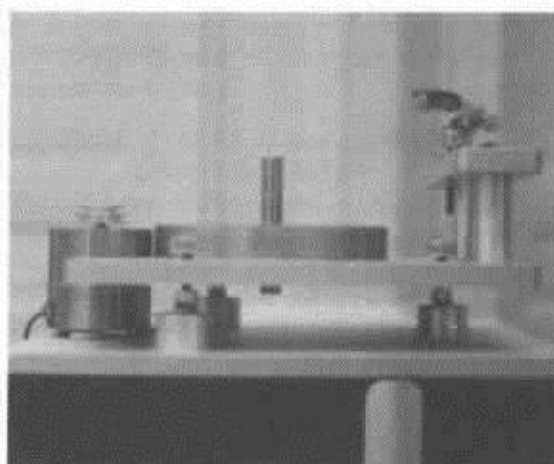
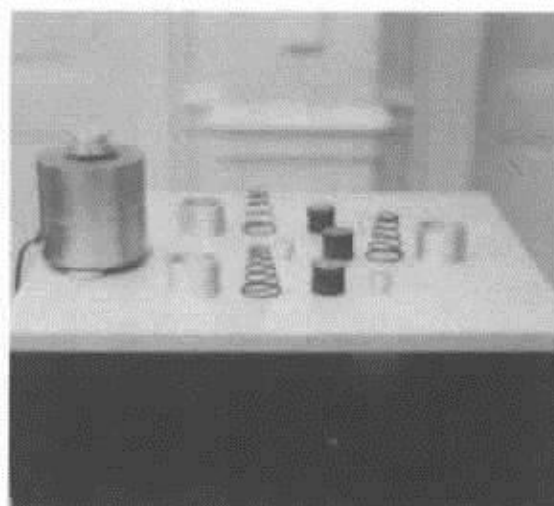
$$2,2333 - 0,5 = 1,733$$

Rapport minimum :

$$\frac{100,5 + 0,01}{2,23 - 0,01} = \frac{100,51}{2,24} = 45,274$$

Rapport maximum

$$\frac{100,5 - 0,01}{2,23 + 0,01} = \frac{100,49}{2,24} = 44,861$$



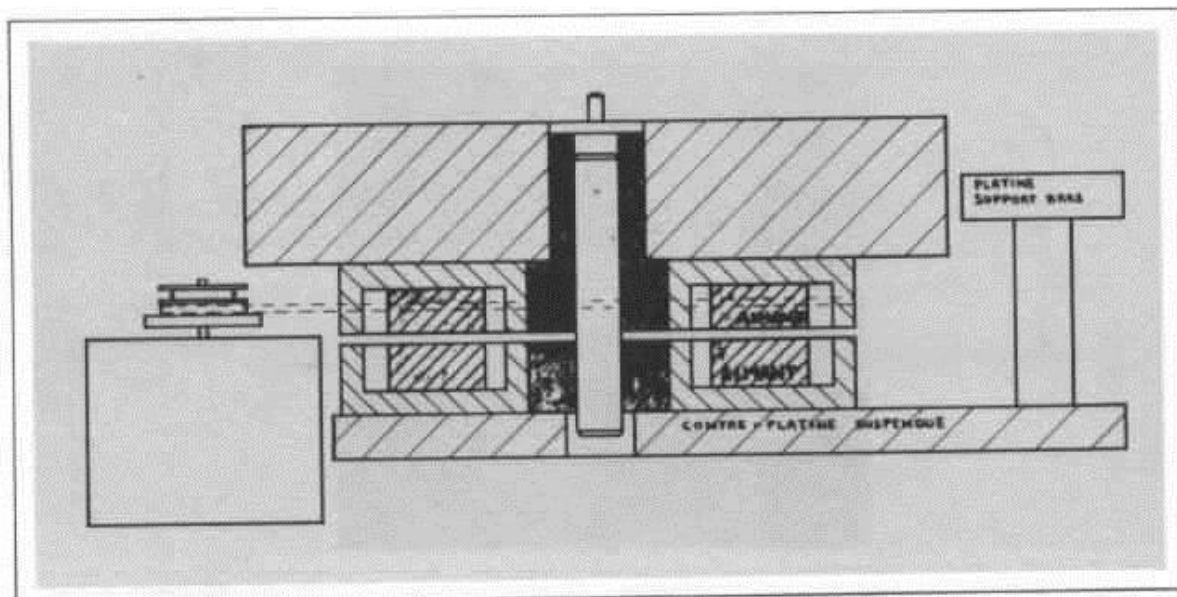


Fig. 12 : Vue en coupe de notre premier prototype. La suspension de la contre-platine n'est pas représentée

Soit une fluctuation de vitesse de :

$$\frac{45,274 - 44,861}{45} = 0,0091 = 0,91 \%$$

Ainsi, le taux de pleurage déterminé par les seuls défauts de la courroie est inversement proportionnel à la vitesse de rotation du moteur d'entraîne-

ment, il faudra la choisir la plus basse possible.

Pratiquement, ce choix s'établira entre les modèles à 18 pôles donnant une vitesse de 375 tours par minute et les modèles 24 pôles pour 250 tours. Pour mon projet, j'ai choisi le plus puissant modèle de la gamme RTC, il

s'agit du SR 27111 dont le couple important (30 milli Newton par mètre) entraîne sans effort le plateau au démarrage, malgré sa grande inertie.

Ce moteur, ainsi que tous les moteurs du même genre vibre d'une manière importante au rythme du courant à 50 Hz qui l'alimente. On constate qu'il suffit de le relier mécaniquement à une masse présentant une certaine inertie pour supprimer ces vibrations. Il s'agit d'une masse critique. Le choix du montage du moteur ne peut être déterminé qu'à la suite d'essais et de tâtonnements. Dans l'état actuel de ma maquette la masse rapportée au moteur atteint 3 kg et s'avère encore insuffisante.

La courroie

A propos du choix du moteur, les problèmes relatifs à la courroie n'ont été que partiellement évoqués. Toutes les caractéristiques dimensionnelles de la courroie ont une grande importance

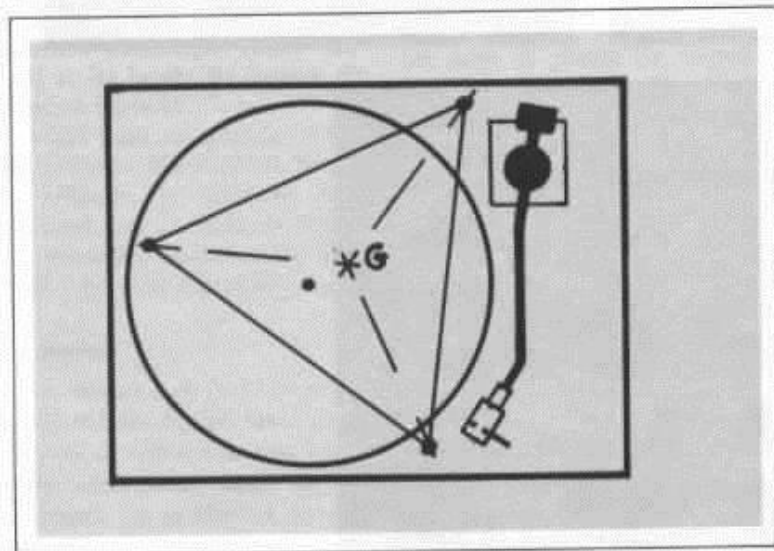


Fig. 13 : Disposition des points de suspension de la contre-platine autour du centre de gravité G

et le choix du matériau utilisé pour la fabriquer découle avant tout de cette considération. Avant d'obtenir des tolérances de largeur et d'épaisseur convenables (de l'ordre de 5 micromètres) les fabricants avec qui j'ai eu l'occasion de travailler ont essayé bien des mélanges de caoutchoucs naturels et d'élastomères de synthèse pour parvenir au compromis le plus satisfaisant. Compromis sans cesse remis en question d'ailleurs par les contrôles qualité mettant en lumière les nombreux aléas de la fabrication des courroies. Je suis donc incapable de livrer ici la recette infallible ; seuls des tests sévères au fluctuomètre permettent de trier les courroies présentant le moins de défauts.

La suspension

L'ensemble du bras et du plateau doit être mis à l'abri des

vibrations provenant du retour acoustique par le sol ainsi que des bruits résiduels du moteur.

L'interposition des ressorts convenablement amortis est la meilleure solution. La disposition de ces ressorts ne peut être laissée au hasard car il faut conserver la maîtrise de leur comportement vibratoire. En particulier les ressorts devront être identiques et supporter la même charge chacun. Cela conduit à disposer les ressorts à chaque sommet d'un triangle équilatéral dont le centre se confond avec le centre de gravité de l'ensemble suspendu (fig. 13). Plus les dimensions du triangle équilatéral seront grandes, meilleure sera la stabilité.

L'emploi de quatre ressorts ne se justifie pas, bien au contraire, il rend pratiquement impossible l'équilibrage du poids sur chaque

ressort par des moyens simples. Les caractéristiques des ressorts seront déterminées expérimentalement afin d'obtenir une fréquence de résonance basse et très différente de celle du bras de lecture. Une fréquence de 1 ou 2 Hz semble à priori un bon compromis pour le prototype en construction. La fabrication des ressorts est rendue facile par ce choix et leur amortissement par de petits cylindres de caoutchouc mousse donne satisfaction.

Pourtant, je ne considère pas ce montage comme définitif et je procède actuellement à des essais sur une suspension plus performante, composée de ressorts plus souples couplés à des amortisseurs à air. La figure 12 donne une idée des proportions et de la disposition du prototype actuel dont la description fera l'objet d'un prochain article.