

## **AVANT PROPOS.**

\*\*\*\*\*

Au début des années 60, la démocratisation du transistor va permettre aux équipements électroniques de procéder à une sérieuse cure de maigreur. Si les amplificateurs resteront fidèles encore un moment aux tubes électroniques, on verra apparaître des instruments nouveaux : des orgues électroniques au gabarit raisonnable. La production va être diversifiée, mais deux constructeurs vont créer des instruments qui sont maintenant devenus mythiques, VOX et ses Continental et FARFISA avec la série des Compact.

L'électronique qui fait fonctionner tous ces instruments est très simple. Ce sont des montages basiques qui sont à la portée de n'importe quel électronicien. Les schémas sont maintenant disponibles grâce à Internet. La lecture de ceux ci donne immédiatement une idée du fonctionnement de l'ensemble du montage et permet de déterminer les causes des pannes éventuelles, ou de procéder à la maintenance.

Sauf... pour les orgues de la série Compact de Farfisa...

En effet, les schémas de ces orgues comportent à la fois des schémas de principe et des schémas de câblage... ce qui rend impossible la compréhension du fonctionnement des instruments. Et ce d'autant plus que les documents disponibles sur internet sont souvent d'une qualité médiocre.

Etant intéressé par ce type d'orgues et souhaitant sans doute en fabriquer un dans l'avenir, j'ai dû transcrire tous ces plans de câblage en schémas théoriques. Tous ces documents, assortis de petits commentaires, ont été regroupés dans cette notice. Elle nécessite la connaissance des circuits de base de l'électronique à transistors ( pour combler les lacunes, ne pas hésiter à se plonger dans le livre "Emploi rationnel des Transistors" de J.P. OEHMICHEN), ainsi que des notions relatives à la musique électronique (consulter par exemple "Musique Electronique" de G. LETRAUBLON).

Bonne lecture.

## **SOMMAIRE**

\*\*\*\*\*

AVANT PROPOS.

### 1. LE GENERATEUR

1. L'oscillateur pilote.
2. L'étage tampon.
3. Le diviseur de fréquence

### 2. LES CIRCUITS DES CLAVIERS.

### 3. LES CIRCUITS DE TIMBRE.

1. Les sons de flûtes sont difficiles à fabriquer.
2. La solution Farfisa pour les jeux de flûtes.
3. Les sons de cuivres et de strings.
4. Le registre 2 2/3 du Compact Duo.
5. Les circuits de timbre du clavier inférieur du Compact Duo.
6. Le circuit de grenouillère du Multi Tone Booster.

### 4. L'AIGUILLAGE DES SIGNAUX DES CLAVIERS VERS LES CIRCUITS DE TIMBRES.

1. L'agencement normal.
2. L'agencement dans le Compact Duo.
3. Le schéma détaillé de l'aiguillage sur les Compact.
4. Le schéma détaillé de l'aiguillage sur le Compact Duo.

### 5. LA FORMATION DES TIMBRES PRINCIPAUX.

1. Mini Compact – Mini Delexe Compact (II).
2. Combo Compact – Combo Deluxe Compact (I).
3. Compact Duo – Combo Deluxe Compact (II).

### 6. LES CIRCUITS DE MODULATION DU COMPACT DUO.

1. Vibrato.
2. Trémolo.
3. Percussion – Répétitions.

### 7. LES CIRCUITS DE PREAMPLIFICATION DU COMPACT DUO.

### 8. LE CIRCUIT DES BASSES DU COMPACT DUO.

### 9. LE CIRCUIT DE PERCUSSION DU COMPACT DELUXE.

## 1. LE GENERATEUR

Comme dans tous les orgues de cette époque, le générateur est constitué de douze ensembles correspondant chacun à une note (Do, Do#, Ré...) et comportant un oscillateur et un certain nombre d'étages diviseurs de fréquence fournissant les diverses octaves de la note .

### 1. L'oscillateur pilote.

Pour des raisons de stabilité, notamment vis à vis des variations de température, la grande majorité des oscillateurs pilotes présents dans les orgues des années 60, comporte un élément inductif. Ces oscillateurs sont habituellement des montage Hartley qui ont la particularité d'utiliser une inductance avec prise intermédiaire. Un noyau magnétique réglable permet d'ajuster la fréquence. Ce type de montage ne permet malheureusement pas d'avoir un réglage général de l'accord de l'instrument.

On trouve rarement des oscillateurs à multivibrateur, sans doute à cause des dérives possibles ce genre de montage qui utilise alors des transistors au germanium, les seuls disponibles. Le Dr Bohm, dans ses orgues liturgiques qui avaient la particularité d'être vendus en kit, a utilisé cette technologie. Les orgues d'église fonctionnant habituellement en solo, une dérive éventuelle des oscillateurs était sans incidence notable. D'ailleurs il y avait un réglage général de l'accord et une correction pouvait être faite instantanément.

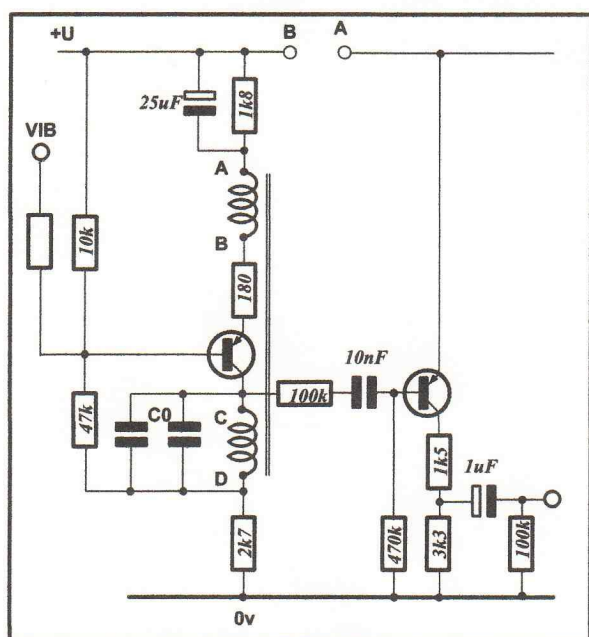


Fig. 1 : l'étage pilote.

Les orgues de la série Compact de Farfisa utilisent également un élément inductif, mais sous forme de transformateur. Le montage comporte un transistor monté en émetteur commun. La stabilité de l'étage est assurée par des résistances placées dans l'émetteur et par le fait que le pont diviseur de base est raccordé sur une résistance insérée dans le circuit collecteur (et non pas sur la ligne d'alimentation). Une résistance de 180 ohms non découplée dans le circuit émetteur limite de gain de l'étage. Une résistance reliée au circuit de vibrato assure la modulation en fréquence de l'oscillateur pilote.

Le transformateur a son enroulement primaire accordé par un ou deux condensateurs. L'enroulement secondaire inséré dans le circuit d'émetteur assure la réaction et l'entrée en oscillation.

Il existe deux modèles de transformateurs : l'un présent sur les cartes du **Do# au La** et ayant une inductance primaire de l'ordre de 300mH environ, l'autre monté sur les cartes **La#, Si et Do** et ayant une inductance de 200mH environ.

Le réglage de la fréquence s'effectue par un noyau en ferrite de diamètre 6,17 mm fileté au pas de 0,9mm et ayant une longueur de 24mm. Ce curieux type de filetage ne semble appartenir

ni au système métrique, ni au système S.I. (ancien système européen). Peut être s'agit il d'un filetage Impérial (anglo-saxon) de  $\frac{1}{4}$  à 28 filets au pouce...

*La ferrite est un produit fragile. Il arrive souvent que suite à un certain nombre de réglages, l'empreinte destinée à recevoir le tournevis de réglage (nécessairement en matériel non magnétique !), soit trouvée détériorée. Ce qui rend la manœuvre impossible. Il faut savoir que ce noyau possède une empreinte similaire à l'autre extrémité. Il est donc possible de retourner ce noyau et de pouvoir procéder à nouveau aux opérations de réglage.*

*On peut remplacer ce noyau par une vis en acier de 6mm. On arrive à régler la fréquence à sa valeur correcte. Malheureusement, le diamètre de ces vis est trop petit pour assurer une prise correcte dans le filetage du mandrin. Un morceau de téflon pour plomberie peut sans doute régler le problème.*

Sur une plaquette prévue pour la note Ré, nous avons trouvé les valeurs suivantes :

Transformateur :

- rapport de transformation primaire-secondaire de  $\frac{1}{4}$  environ;
- résistance primaire de 451 ohms ;
- résistance secondaire de 155 ohms ;
- inductance primaire de 302 mH ;
- inductance secondaire de 28mH ;
- diamètre du fil de bobinage : 0,1mm.

Etage oscillateur :

- réglage possible de la fréquence de 2219 Hz (Do#6) pour un noyau entièrement rentré, à 4028 Hz (Si6) pour un noyau enlevé. La fréquence du Ré6 est à 2349 Hz, qui implique que le noyau soit habituellement sorti de 2 à 3mm ;
- stabilité en température remarquable, de l'ordre de 0,014 %. L'oscillateur passe de 2364 Hz à -18°C, à 2344 Hz à +40°C.
- stabilité très grande vis à vis des fluctuations de la tension d'alimentation : 2346Hz pour une tension de 9,00V , 2351Hz pour une tension de 7,00V

### **1. L'étage tampon.**

L'étage tampon assure la séparation entre l'oscillateur et les étages diviseurs. Cet élément permet également une mise en forme du signal de manière à obtenir une forme d'onde se rapprochant du signal carré, comportant une plus grande quantité d'harmoniques que le signal pratiquement sinusoïdal de l'oscillateur. Il permet enfin d'obtenir une synchronisation correcte de l'étage diviseur qui le suit. Le transistor est monté émetteur commun et l'étage fonctionne en mode tout ou rien.

### **2. Les diviseurs de fréquence.**

La très grande majorité des orgues construits de 1960 à 1975 a utilisé en diviseurs de fréquence des bistables symétriques du modèle Ecless-Jordan. C'est un montage à deux états stables (du type Set-Reset) auquel on a ajouté un circuit d'aiguillage qui permet la division par deux de la fréquence du signal appliqué en entrée. Ce n'est absolument pas un Trigger de Schmitt comme certains ont osé l'écrire dans des pages internet consacrées à l'orgue électronique...

L'avantage de ces circuits : ils sont apériodiques et fonctionnent quelle que soit la fréquence à diviser. Leur inconvénient : ils génèrent des signaux carrés, qui ne comportent que des harmoniques impaires. Le son de ces signaux est typé : il sonne "creux" comme la clarinette. Il est donc souvent nécessaire de faire suivre ces étages par des circuits de mélange afin d'obtenir des

signaux en marche d'escalier, qui comportent eux des harmoniques de tous les rangs (enfin presque ...).

Certains constructeurs d'orgues électroniques ont utilisé des relaxateurs qui sont capables de fournir une onde en dent de scie (en réalité, il s'agit plutôt d'une pseudo dent de scie, car elle présente une évolution de la tension en forme d'exponentielle et non pas en suivant une rampe linéaire). Citons les orgues du **Dr Bohm** où des dérivés du montage Blocking assuraient la division des fréquences ou bien les orgues **Philicorda** première génération de Philips qui avaient des relaxateurs à base de tubes au néon.

Ces montages assez inusités, fournissaient des signaux comportant tous les harmoniques. Rappelons que l'amplitude des harmoniques d'un signal en dent de scie se calcule à partir de la formule  $A_n = A_0 \cdot 1/n$  où  $n$  est le rang de l'harmonique.

Farfisa a utilisé une solution originale dans son accordéon électronique puis dans ses orgues de la série Compact en choisissant le multivibrateur astable. Ce multivibrateur génère des signaux rectangulaires de rapport cyclique pouvant aller de zéro à un (0% à 100%), en passant par  $\frac{1}{2}$  (ou 50%) où le signal devient un signal carré. Note : le rapport cyclique est défini par le quotient de la durée de l'un des états du signal, sur la période de celui-ci

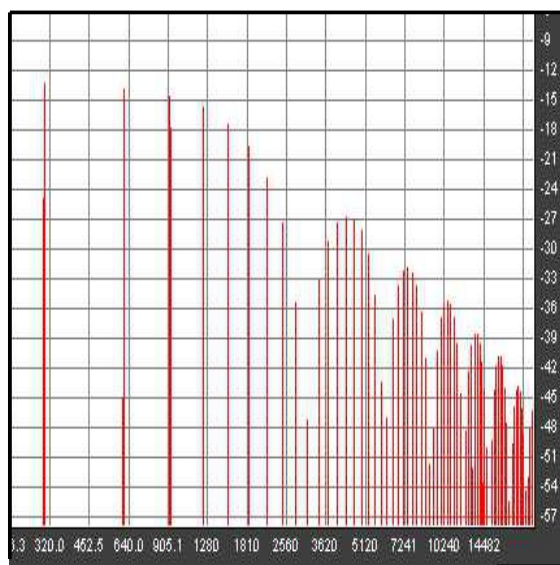
L'amplitude des harmoniques des signaux rectangulaires se calcule par la formule :

$$A_n = A_0 \cdot 1/n (\sin n a \pi)$$

où  $n$  est le rang de l'harmonique et  $a$  est le rapport cyclique (donc de 0 à 1 ou 0 à 100%). On remarque qu'il s'agit du produit d'une fonction inverse ( $1/n$ ) décroissante, et d'une fonction périodique sinusoïdale ( $\sin n a \pi$ ), donc présentant des maximums et des minimums. Il est donc possible que des harmoniques disparaissent pour certains rapports cycliques particuliers.. Ainsi, avec un rapport cyclique de 25%, les harmoniques 4, 8, 12, ... n'existent plus. Il serait en théorie intéressant d'utiliser des signaux de rapport cyclique  $1/7$  car dans ce cas, les harmoniques multiples de 7 seraient absents. L'harmonique 7 n'offre aucune utilité car il ne correspond pas à une note précise et est dissonant. Pour exemple, l'harmonique 7 de la note Do2 correspond à une note située entre le La4 et le Sib4. Dans la pratique, il est cependant difficile de trouver une différence auditive entre un signal avec ou sans harmonique 7 !...

La figure ci contre montre le spectre en fréquence d'un signal de rapport 10% (ou 90%). On remarque effectivement qu'il n'y a presque plus d'harmoniques multiples de 10 (ils n'ont pas disparu car le signal n'est pas calé exactement sur 10%), et que l'amplitude des harmoniques de premier rang (2,3,4,...) est très importante, beaucoup plus que dans un signal en dent de scie,

Fig 2. : spectre en fréquence d'un signal rectangulaire à 10%.



Intéressons nous maintenant au fonctionnement du multivibrateur. Considérons tout d'abord le montage suivant.

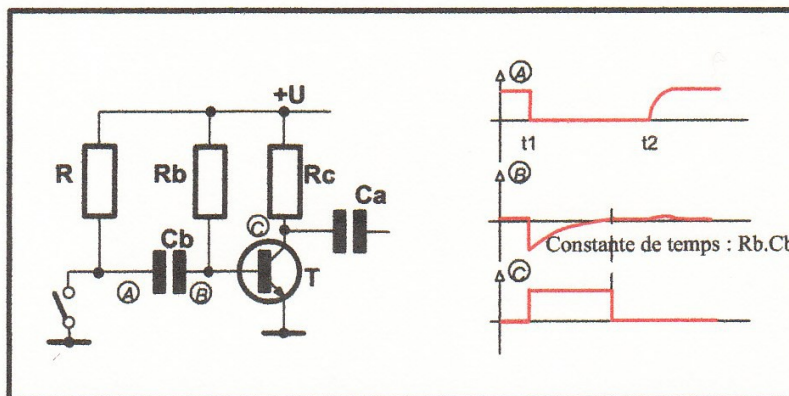


Fig 3 : un demi-multivibrateur.

Soit un transistor T monté en émetteur commun, polarisé par une résistance Rb amenant un courant de base suffisant pour assurer la saturation. Un condensateur Cb relie la base du transistor à une résistance R connectée à la tension d'alimentation. +U.

Un interrupteur peut mettre le point A au zéro volt.

Supposons d'abord que l'interrupteur est ouvert.

Le condensateur s'est chargé via la résistance R et la jonction base-émetteur du transistor à la tension d'alimentation (moins 0,1v pour un transistor germanium et 0,5v pour un transistor silicium). Le point A est la tension +U, le transistor est saturé et son collecteur est au potentiel 0v. Fermons l'interrupteur (temps t1). Le potentiel au point A tombe à 0v, ce qui entraîne instantanément la tension base (point B) à -U. Le transistor se bloque, le potentiel collecteur passe à +U.

Un courant va maintenant circuler par la résistance Rb dans le condensateur Cb et le potentiel en B va s'élever. Lorsque celui-ci va dépasser le seuil de conduction de la base, le transistor va se mettre à conduire et le potentiel collecteur va redescendre à 0v.

Ouvrons l'interrupteur (au temps t2). Le condensateur qui avait une tension presque nulle à ses bornes va se recharger via la résistance R et la jonction base collecteur du transistor. Compte tenu du courant de charge, la tension au point A va remonter progressivement suivant une loi exponentielle.

Si nous remplaçons l'interrupteur par un deuxième transistor équipé de sa résistance de base et si nous relient l'extrémité libre du condensateur Ca à la base de ce deuxième transistor, le montage devient un multivibrateur. Les mêmes évolutions vont se répéter alternativement et indéfiniment sur chaque transistor avec la particularité que les basculements se feront de façon très rapide à cause d'un effet cumulatif.

La durée de chaque état bloqué de chaque transistor va être déterminée par la constante de temps du circuit **Rb.Cb** relié à sa base.

Un multivibrateur a une période libre, mais celle ci peut être diminuée si l'on applique des impulsions de synchronisation de polarité convenable à l'endroit adéquat du montage.

Les multivibrateurs utilisés dans les modules générateurs des orgues de la série Compact de Farfisa, sont des modèles PNP au germanium (le modèle NPN au germanium n'était pas très courant au début des années 60). Selon les schémas disponibles, il peut s'agir d'OC71 ou de SFT352. Ce sont des transistors au gain en courant assez faible. Le SFT352 a un gain garanti de

50. Les mesures faites sur plusieurs de ces composants ont donné des valeurs comprises entre 80 et 100.

Habituellement, les montages réalisés avec ces transistors PNP étaient représentés avec les émetteurs raccordés du côté zéro volt, ce qui impliquait des tensions négatives pour les alimentations. La gymnastique mentale que cela induisait lorsqu'il s'agissait de comprendre le fonctionnement des montages était assez pénible, d'autant plus que les électroniciens étaient encore confrontés à cette époque aux montages à tubes, qui eux étaient alimentés de façon plus rationnelle.

Heureusement, les transistors au silicium NPN sont arrivés assez vite, et ce problème a disparu. Farfisa dans ses schémas électroniques a utilisé une disposition assez inhabituelle : ce sont les collecteurs qui sont du côté du zéro volt, et l'alimentation est de ce fait en polarité positive.

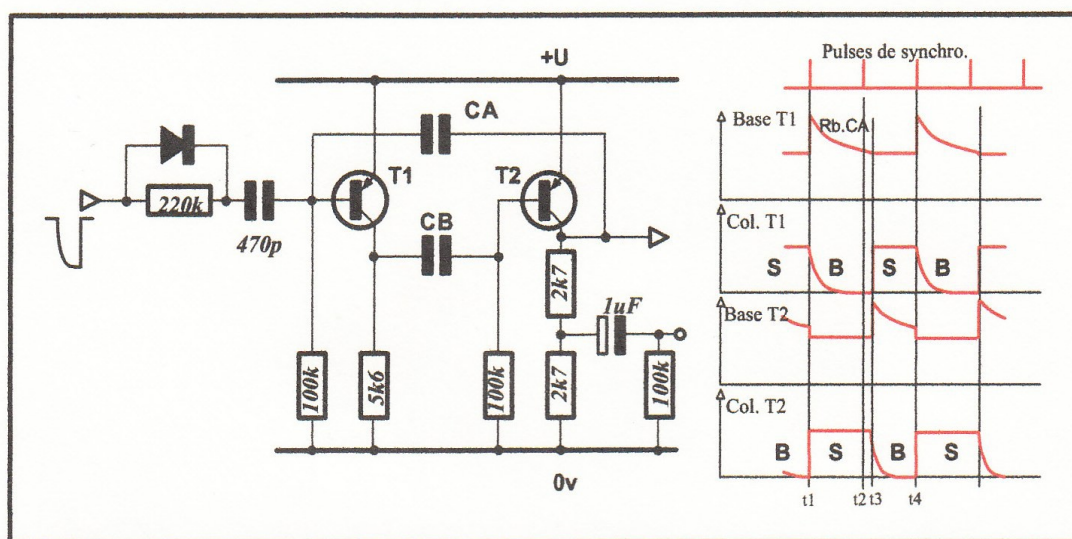


Fig. 4 : schéma d'un étage diviseur de fréquence.

La figure ci contre représente l'un des étages diviseurs avec son circuit de synchronisation. Celui ci comporte un condensateur et une résistance shuntée par une diode (au germanium). Sur certains schémas, la diode n'existe pas et la résistance a une valeur beaucoup plus faible.

On remarque également que la résistance de collecteur du deuxième transistor est dédoublée. Cette particularité limite les influences néfastes des circuits placés en aval des générateurs sur le fonctionnement des multivibrateurs et abaisse également l'impédance de sortie des diviseurs. Un condensateur de 1uF et une résistance de 100k permettent d'obtenir des signaux exempts de composante continue

Comment fonctionne la synchronisation de ces étages ?.

Les impulsions de synchronisation vont agir sur le blocage du premier transistor. Quand l'impulsion arrive (au temps t1), le deuxième transistor n'a pas encore basculé de l'état bloqué à l'état saturé, car la constante de temps du circuit résistance de base x condensateur CB associé a été calculée suffisamment grande. Cette impulsion de synchronisation entraîne le changement d'état de la bascule. Lorsque la seconde impulsion arrive (au temps t2), cette impulsion n'agit pas car T1 est toujours bloqué.

Au temps t3, le transistor T1 passe en saturation et la bascule change à nouveau d'état.

Au temps t4, le cycle se répète.

C'est donc la constante de temps : résistance de base x condensateur CA qui détermine le rapport cyclique du signal. Pour que ce rapport soit identique quelle soit la note produite, il est nécessaire que le condensateur CA soit adapté à chaque fréquence. Cette obligation se traduit sur certains schémas par l'utilisation de deux condensateurs en parallèle permettant d'obtenir la valeur



à peu près exacte.

Par contre sur d'autres schémas (sans doute ceux d'orgues plus récents), et probablement pour simplifier la construction, le condensateur devient unique, pris dans la série standard, et la valeur est commune pour plusieurs notes. Il s'ensuit une dispersion du rapport cyclique, mais cela n'a semble il pas eu beaucoup d'influence sur la sonorité des instruments. De toute façon pour obtenir un rapport cyclique unique pour toutes les fréquences, il aurait été nécessaire d'utiliser des condensateurs à la valeur parfaitement ajustée, et des résistances de précision et non pas pris dans une série à 10% de tolérance.

De ce fait, le rapport cyclique n'est pas de 67% comme indiqué sur un site internet, mais il oscille entre 60% et 80%.

La durée de l'état bloqué d'un transistor se calcule à partir de la formule approchée :

$$\tau = 0,69 R.C, \quad R \text{ et } C \text{ étant les valeurs des composants associés à la base.}$$

En réalité, si l'on tient compte du seuil de conduction de la jonction base-émetteur, cette formule devient (pour une alimentation de 8v) :

$$\tau = 0,705 R.C, \text{ pour les transistors au germanium,}$$

$$\tau = 0,757 R.C, \text{ pour les transistors au silicium.}$$

*Et nous abordons maintenant le problème du remplacement des transistors dans les circuits diviseurs de fréquence.*

*Il arrive que des transistors soit trouvés hors service, soit par défaut interne, soit par rupture des connexions. Alors la question se pose : faut-il remplacer ces transistors par des modèles modernes au silicium, ou faut il essayer de trouver l'oiseau rare au germanium ?*

*Dans une pédale de distorsion pour guitare équipée de transistors au germanium, l'opération aurait certainement une influence sur le son produit par la pédale. Parce que notamment, la mise en saturation d'un transistor au germanium se fait d'une manière plus progressive et moins brutale. Mais dans un étage diviseur d'orgue, dont les transistors travaillent en tout au rien, le "son" du germanium n'est pas très perceptible.*

*Remplacer un transistor d'origine par un transistor silicium a cependant une incidence, s'il s'agit du PREMIER transistor, celui qui reçoit l'impulsion de synchronisation : le rapport cyclique est modifié et l'impulsion est raccourcie. Effectivement le remplacement d'un SFT342 par un BC557 dans un des multivibrateurs à fait passer le rapport cyclique de 70% à 75%.*

*Alors si l'on est puriste et que l'on veut retrouver exactement la même forme de signal que celui existant avant la modification, il suffit de remplacer la résistance de base du premier transistor. On peut mettre une 91K au lieu de la 100k, ou plus simplement, de souder au dos de la plaquette une résistance de 1M en parallèle sur la 100k.*

*Quant au DEUXIEME transistor, son remplacement par un modèle au silicium n'a aucune incidence.*

*Il convient cependant d'utiliser des transistors ayant un gain en courant modéré.*

Voici à titre indicatif les valeurs de rapport cyclique qui ont été relevés sur une carte de Ré.

Ré1	Ré2	Ré3	Ré4	Ré5	Ré6
71%	69%	72%	74%	74%	46%



Cette carte ne comporte qu'un seul condensateur fixant la constante de temps du premier transistor de chaque étage diviseur, et malgré tout, les résultats sont assez similaires pour toutes les notes générées...

Quel est le spectre harmonique des signaux sortant des étages diviseurs ?

Nous avons vu plus qu'un signal rectangulaire se caractérisait par un spectre particulier comportant une décroissance non régulière des harmoniques, certains pouvant être très affaiblis ou même absents.

Le signal provenant des diviseurs à multivibrateur n'est pas un signal purement rectangulaire, car l'une des transitions n'est pas instantanée, mais suit une évolution de nature exponentielle. Ceci à cause de la recharge du condensateur connecté à la base d'un transistor à travers la résistance de collecteur du transistor qui le commande. Ce phénomène est d'autant plus prononcé que le rapport  $R_b/R_c$  (Résistance de Base/Résistance de Collecteur) est faible. Et parce que les transistors doivent pouvoir être mis de façon certaine à l'état de saturation, ce rapport est en définitive fonction du gain en courant des transistors.

Dans nos diviseurs, le gain minimum des transistors est de 50, le constructeur a donc choisi un rapport  $R_b/R_c$  de 100k/5k6 soit 20 environ. Ce qui donne une bonne marge de sécurité. Mais ce qui fait que cette évolution en forme d'exponentielle est parfaitement perceptible. Cependant, ces signaux qui s'éloignent de la pureté des signaux rectangulaires, ont une conséquence bénéfique : les creux constatés dans le spectre des harmoniques, sont fortement atténués, et le spectre se rapproche finalement d'un spectre de signal en dent de scie.

La figure 5 montre le spectre d'un signal à rapport cyclique de 67% provenant des cartes à multivibrateurs. Logiquement les harmoniques multiples de 3 devraient être absents. Or il ne sont que légèrement atténués.

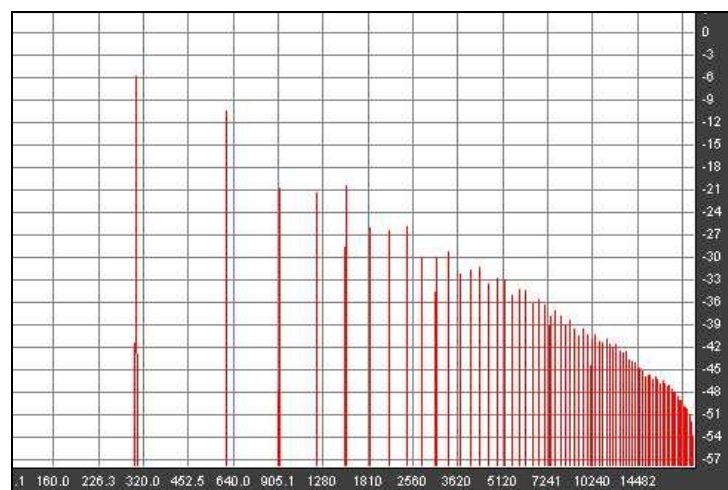


Fig. 5 : spectre d'un signal Farfisa à 67%

Il reste à expliquer une particularité qui a suscité un certain nombre d'interrogations, et particulièrement de *Technician Larry* : la présence de résistances entre les points A et B sur la ligne d'alimentation des étages tampon et des diviseurs. Notons que cette particularité n'existe pas sur les cartes de certains orgues, sans doute des orgues de la première génération. Il s'agit sans doute d'une amélioration destinée à gommer certaines imperfections.

Ces résistances ne sont présentes que sur certaines cartes (les cartes Sol#, La, La# et Si ont une connexion à résistance nulle à la place), et étant de plus décroissantes lorsque l'on monte la gamme. Elles vont de 330 ohms pour les cartes Do à 68 ohms pour les cartes Sol.

Il ne s'agit donc pas de filtrage de la ligne d'alimentation, car dans ce cas les résistances seraient présentes partout et auraient la même valeur. En fait, placées comme elles le sont, ces composants limitent l'amplitude des signaux émis par les étages tampon et diviseurs et ce d'autant plus que l'on descend dans la gamme. En clair, les Do ont une amplitude bien moindre que les Si. (de -3db précisément ). Nous ferons apparaître la raison de ce choix lorsque nous étudierons les filtres.

*Il y a un élément important en aval de ces résistances, c'est le condensateur de 50uF de découplage qui doit fonctionner parfaitement. S'il ne remplit plus sa fonction, il y a perturbation des signaux de chaque étage par les signaux des autres étages, ce qui s'entend parfaitement. Aussi est-il bon que les condensateurs d'origine soient remplacés systématiquement lors de la révision des orgues.*

*Enfin un dernier point à signaler. Dans un orgue équipé de diviseurs à bascules bistables, le défaillance de l'un diviseurs entraîne un arrêt de l'émission de la note provenant de ce diviseur, mais aussi des diviseurs qui le suivent.*

*Avec des étages utilisant des multivibrateurs, le résultat n'est pas le même. L'étage en panne cesse d'émettre, par contre les étages suivants fonctionnent toujours mais sur une fréquence plus basse, et même avec un résultat curieux si la synchronisation de l'étage s'est trouvée hors limites.*

\*\*\*\*\*

## 2. LES CIRCUITS DES CLAVIERS.

La figure 6 représente le schéma des contacts et des résistances de découplage du clavier supérieur de l'orgue Compact Duo en version II avec percussion et trémolo et qui est le plus complexe des claviers de la série des orgues Compact.

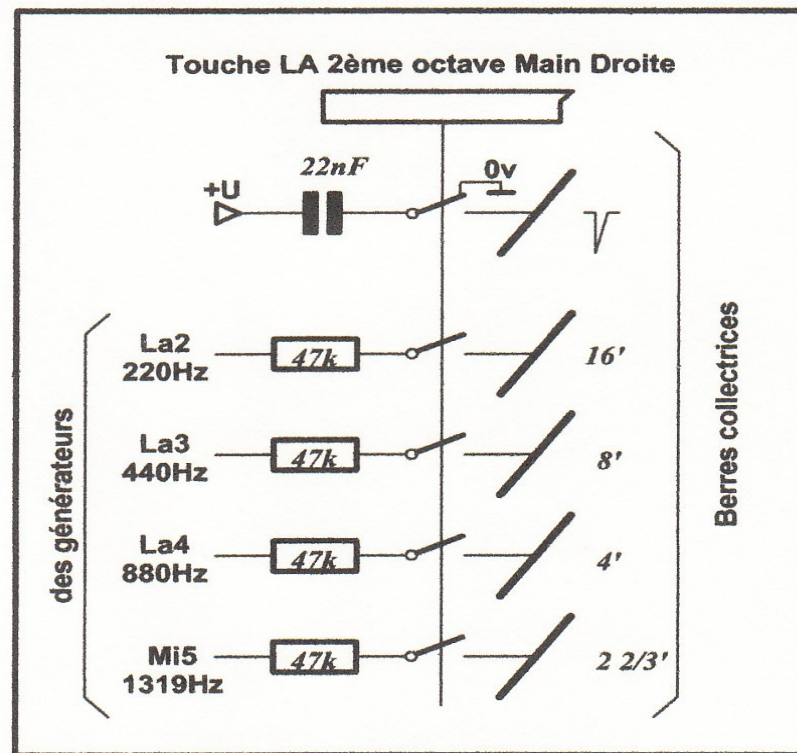


Fig. 6 : les circuits du clavier supérieur de l'orgue Compact Duo

Cet orgue comporte quatre rangs en clavier supérieur, il y a donc quatre contacts par touche qui amènent les signaux des générateurs vers les barres collectrices.

Un cinquième contact est utilisé en inverseur et permet de créer une impulsion négative sur la ligne collectrice des percussions à chaque enfoncement de l'une des touches.

On retrouve cette disposition sur tous les modèles de la série, avec plus ou moins de barres collectrices et de rangées de contacts et avec ou sans contact inverseur.

Les barres collectrices, mis à part la barre de 2 2/3 lorsque ce rang existe, et qui reçoivent les signaux en provenance des générateurs, sont constituées de tronçons couvrant une octave chacun.

La raison qui a conduit à adopter cette disposition sera exposée plus loin.

### 3. LES CIRCUITS DE TIMBRES.

Le son des signaux provenant des cartes générateurs est assez désagréable, et n'est pas exploitable tel quel.

Il convient tout d'abord de le transformer pour en faire ce qui est un son de base autant dans les orgues liturgiques que dans les orgues électroniques : un son de flûte. Ce son est très doux car il ne comporte que peu d'harmoniques, et en quantité limitée.

Il faudra également créer des sons comme les sons de cuivres ou de bois, dont l'instrument présente des résonances dans sa courbe de réponse (les fameux formants).

Dans une troisième gamme se retrouveront des sons de cordes qui nécessitent un filtrage atténuant les fréquences médium.

#### 1. Les sons de flûte sont difficiles à fabriquer...

Tout d'abord, il faut savoir qu'il y a son de flûte et son de flûte... Dans les orgues à tuyaux, ces sons qui constituent la base de l'instrument, et qui regroupés dans les jeux de fond, sont produits essentiellement par des tuyaux ouverts. Ils ne comportent que peu d'harmoniques, pairs et impairs.

On trouve aussi dans ces orgues liturgiques, des sons émis par des tuyaux bouchés qui ont la particularité de n'émettre qu'une fondamentale et un certain nombre d'harmoniques impairs. Ces tuyaux sont appelés des Bourdons.

Enfin, mais cela ne concerne que les orgues électromagnétiques ou électroniques modernes, certaines flûtes ne sont constituées que d'une fondamentale. Les formes d'onde sont sinusoïdales. L'orgue Hammond, ne produit que ce type de signaux.

Dans un orgue électronique, les signaux provenant des générateurs comportent une grande quantité d'harmoniques, il est donc nécessaire de les filtrer pour obtenir des sons de flûte. La première solution qui vient à l'esprit est d'utiliser de simples cellules passe-bas. Le montage représenté ci dessous, qui est typique de ce que l'on pouvait trouver dans les boîtes à timbre des orgues électroniques de diverses époques, peut réaliser cette fonction.

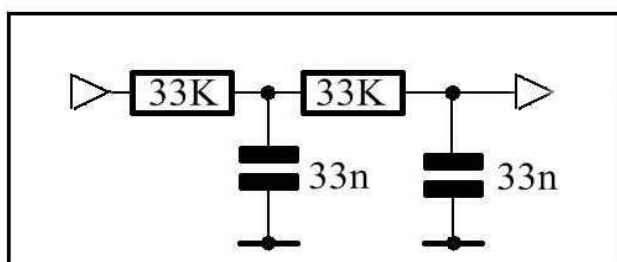


Fig. 7 : un filtre de flûte.

Il s'agit ici d'un filtre passe-bas à deux cellules, donc à pente de  $-12\text{dB}$  par octave. Les valeurs des composants sont identiques, ce qui amène une influence de la deuxième cellule sur la première, et cela nuit à l'efficacité du montage. Il s'ensuit qu'un filtre de ce type a une réponse qui est loin d'être celle d'un filtre actif moderne où la cassure est bien nette et où la pente prend vite sa valeur définitive. Dans le filtre ci-dessus on n'atteint les  $-12\text{dB}$  par octave que dans les fréquences très hautes.

Cette solution simplifiée amène les inconvénient suivants :

- le filtrage est plus énergique (pour les premiers harmoniques) pour les notes aiguës du clavier que pour les notes graves ;
- et surtout, il y a une différence énorme de niveau entre les notes, l'amplitude de la note filtrée baissant graduellement lorsque l'on passe des notes graves aux notes aiguës. Si l'on joue simultanément un Do de la première octave et un Do de l'octave la plus haute, cette note est couverte par le Do grave.

La figure 8 ci dessous montre la courbe de réponse en amplitude (trait plein) et en phase (trait pointillé) du filtre ci-dessus. Sur quatre octaves, soit du Do1 (65Hz) au Do5 (1046Hz), l'atténuation est de -31dB, ce qui est énorme.

Il est vrai qu'un filtre de ce genre n'était jamais utilisé seul, mais presque toujours en combinaison avec d'autres filtres ,ce qui limitait l'inconvénient.

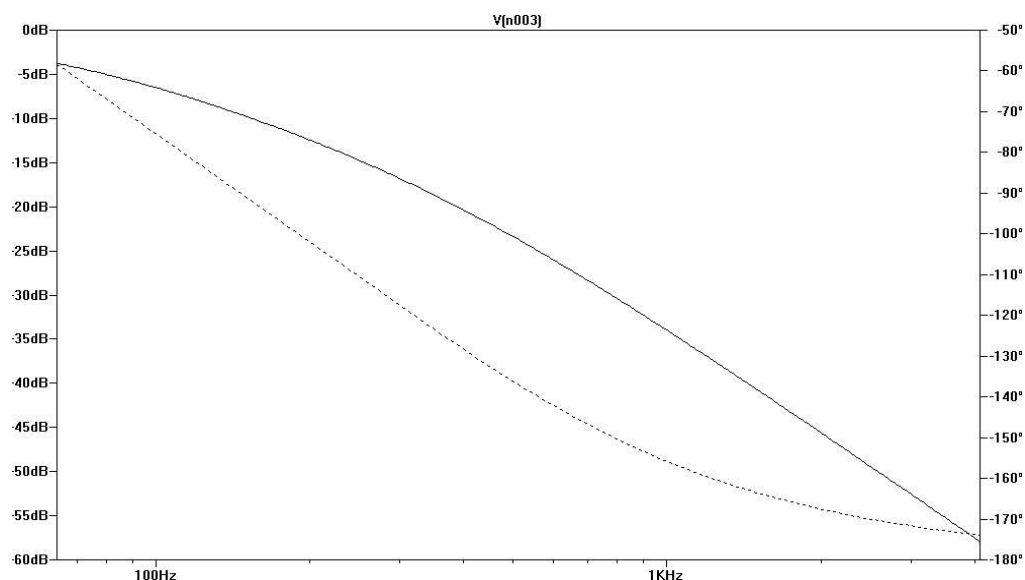


Fig. 8 : réponse du filtre à deux cellules. :

Cette solution n'est donc pas satisfaisante. Les constructeurs ont dû faire appel à d'autres techniques pour obtenir un résultat plus convenable.

Dans les orgues **Vox Continental**, les signaux étaient filtrés en sortie de chaque diviseur bistable par un simple filtre passe bas. La résistance faisait une dizaine de Kohms, et le condensateur était calculé en fonction de la note considérée.

Les diviseurs bistables fournissent un signal carré, le premier harmonique présent après la fondamentale étant l'harmonique 3 dont l'amplitude est au tiers de celle-ci, le filtrage rudimentaire qui avait été utilisé atténuait suffisamment cet harmonique et les suivants, et permettait d'obtenir un signal qui était exploitable directement.

Dans les orgues liturgiques du **Dr Bohm** de la génération des années 60, c'est un système de filtrage différent qui avait été adopté. Le filtre passe bas d'ordre un (-6dB par octave) à simple cellule RC était en fait scindé en deux parties. Le condensateur était connecté coté barre collectrice, par contre la résistance du filtre était constituée par les résistances de découplage du clavier dont la valeur variait avec la note, les notes graves ayant des résistances plus élevées que

les notes aiguës. La fréquence de coupure était de ce fait adaptée à chaque note, ce qui permettait d'avoir un filtrage et une amplitude identiques quelque soit cette note.

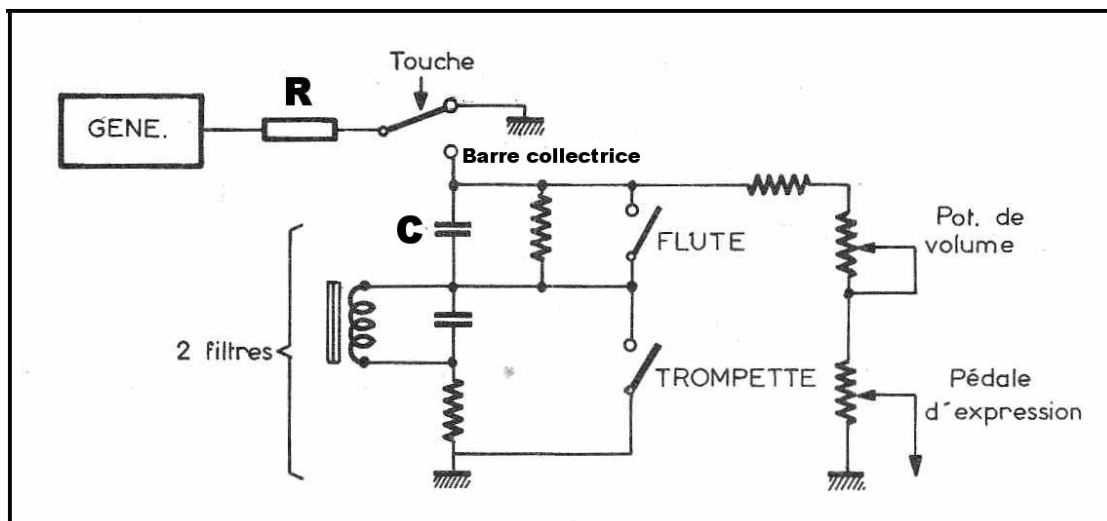


Fig. 9 : principe du filtrage Dr Bohm.

Ce schéma montre la génération des timbres qui existait dans ces orgues. Seul un filtre de type "flûte" et un filtre à formant ont été ici représentés. En réalité leur nombre pouvait varier. C'est le rang 8' qui en possédait le plus. Les sonorités du type "flûte" étaient obtenues par un circuit RC parallèle qui était mis en service en ouvrant l'interrupteur correspondant. Les résistances de "découplage" R, le condensateur et sa résistance associée formaient un circuit passe bas du 1<sup>er</sup> ordre.

Les sonorités classées dans les jeux d'anches des orgues liturgiques, étaient elles obtenues par un ou plusieurs circuits inductance-condensateur montés en parallèle. Cette disposition "colorait" le son en créant une pointe de résonance dans le spectre des signaux.

## 2. La solution Farfisa pour les jeux de flûtes (les "round tones").

Farfisa a divisé le clavier en zones couvrant chacune une octave et a utilisé un filtre spécifique à chaque zone. Cette méthode va être également utilisée mais avec une rigueur plus grande par **Gibson** dans ses G101 et G201 (mais en divisant les zones par demi-octaves), puis par divers constructeurs d'orgues qui voudront plus tard obtenir les sons de l'orgue Hammond.

Diviser le clavier implique de diviser les barres collectrices en segments qui sont associées chacune à une octave. Et il est nécessaire de prévoir un filtre par barre.

Les zones réservées au jeu de la main droite dans les orgues Compact couvrent quatre octaves (plus un Do supplémentaire) et ont trois rangs : 16', 8' et 4'. Nous ne tenons pas compte du rang en 2 2/3' du Compact Duo qui fonctionne suivant un principe différent.

Ce qui nécessite douze filtres. En réalité, seuls six filtres sont prévus, et l'aiguillage des signaux vers les filtres ad-oc est réalisé grâce à des circuits d'assignation insérés entre les barres collectrices et les filtres.

Le circuit suivant montre la platine PA29 générant des sons de flûtes du Compact Duo dernière version. Mis à part les condensateurs insérés dans les entrées 5,6,7 et 8, le schéma est identique pour les autres instruments de la série Compact.

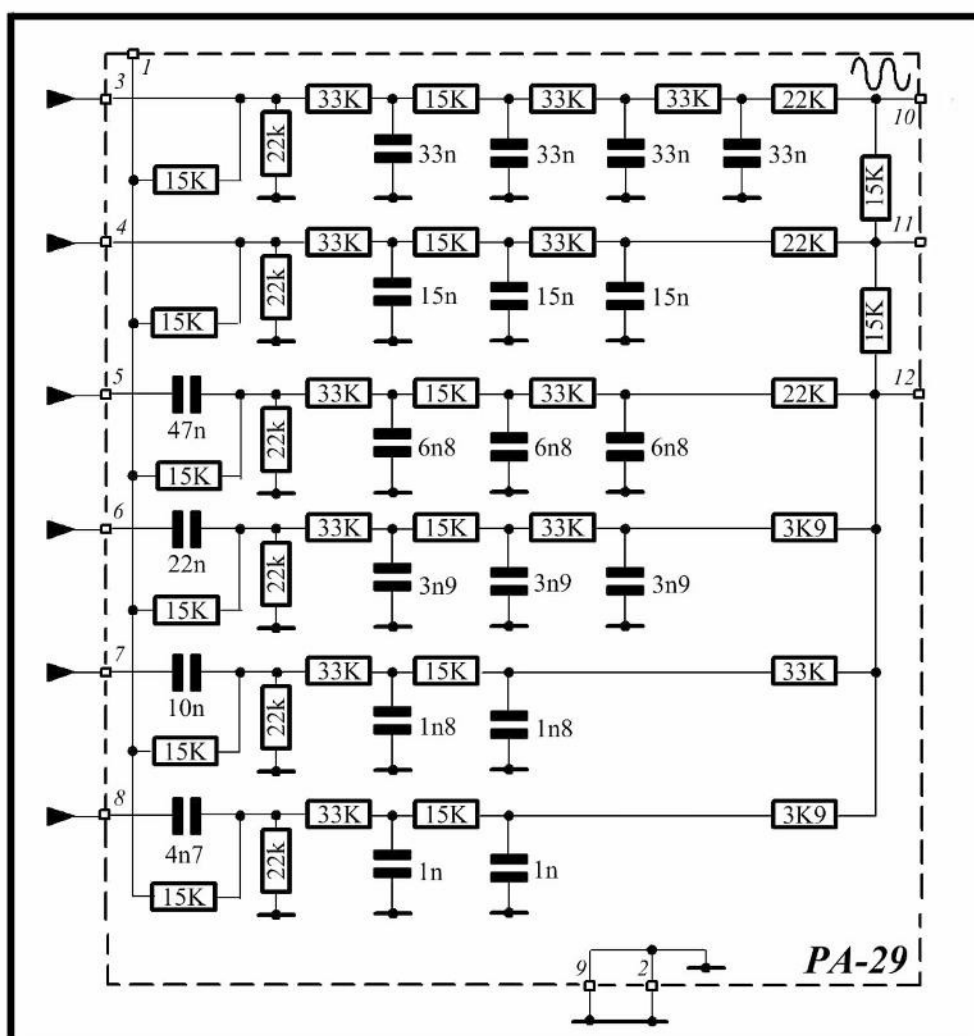


Fig. 10 : Les filtres pour les sons de flûte.

On peut émettre les remarques suivantes :

- les filtres sont des circuits passe-bas de 2, 3 ou 4 cellules, donc en principe à 12, 18 et 24 dB d'atténuation par octave.
- les sorties de ces cellules sont raccordées à la sortie principale qui est la borne 10. Les bornes 11 et 12 permettent de shunter les résistances de 15k et d'accroître le niveau des fréquences hautes.
- les signaux bruts provenant des barres collectrices et arrivant sur les bornes 3 à 8 sont renvoyés vers la borne 1 qui est reliée au circuit booster et aux filtres Cuivres et Strings.

En réalité les pentes d'atténuation sont bien plus faibles. Tout d'abord à cause de la conception des cellules qui sont composées d'éléments identiques (mis à part les résistances de 15 K). Et puis également parce que les résistances reliées à la sortie 1, introduisent un couplage d'une cellule par rapport aux autres au travers de l'impédance complexe du filtre Cuivres-Strings. Si l'on met à la masse la sortie 1, on peut constater que les pentes des filtres deviennent plus raides.



Quelle est l'évolution de l'amplitude des signaux traités par le filtre des "Flûtes" lorsque l'on parcourt le clavier du grave à l'aigu? Elle ne se traduit plus par une descente progressive mais par une suite de rampes descendantes et discontinues. Il y a en gros 6dB d'écart entre un Do et un Si de la même octave et quelques dB entre ce Si et le Do qui suit... L'homogénéité du volume sonore entre toutes les notes d'un jeu, tant recherchée dans les orgues liturgiques, n'a pas été obtenue dans les combos de la série Compact. Mais il semble que cette lacune n'ait pas gêné les instrumentistes qui utilisaient ces orgues.

Il est possible que Farfisa ait tenté de compenser l'affaiblissement régulier des sons de flûtes lorsque l'on parcourt les octaves du clavier du grave à l'aigu. Et ce, en augmentant progressivement l'amplitude des signaux des générateurs en allant du Do au Si. Grâce aux résistances insérées dans la ligne d'alimentation des diviseurs sur les plaquettes génératrices... une particularité évoquée à la fin du paragraphe 1-3 ( les diviseurs de fréquence).

### 3. Les sons de cuivres, oboe et strings (les "sharp tones").

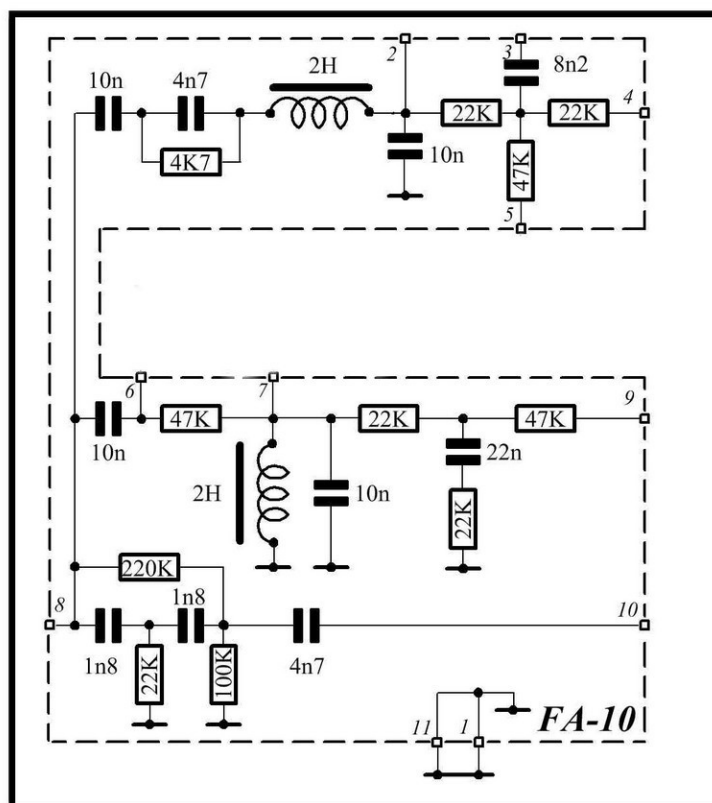


Fig. 11 : Les filtres pour les sons de cuivres et de strings..

Cette carte permet de créer trois types de sons : les sons de Trompet 8 (et de Piccolo 4 sur certains modèles), d'Oboe 8 et de Strings 8 et 4.

Les courbes qui sont représentées ci après sont des courbes théoriques. En réalité, elles présentent quelques perturbations (vers 2,5 kHz) dues au fait que l'impédance des circuits qui attaquent les filtres n'est pas nulle (résistances de 15k de la carte Flûtes).

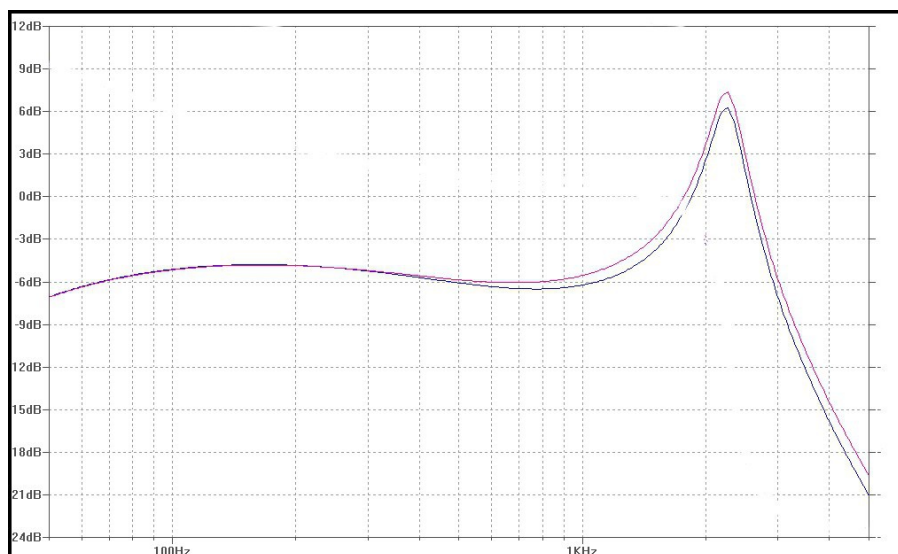
a) Premier circuit, sorties 4 et 5.

Fig. 12 : Réponse du filtre pour les sons de Trompet 8 et Piccolo 4.

L'élément central se compose de la self de 2H et du condensateur de 10n qui lui est associé. Il s'agit d'un circuit résonant série créant une bosse dans la courbe de réponse. Les deux condensateurs de 10n et 4n7 qui précèdent l'inductance, augmentent la fréquence de résonance et portent celle-ci à 2,5kHz. Un tel circuit a une réponse constante jusqu'au voisinage de la fréquence de résonance, et une chute de 12dB/octave après celle-ci comme le montrent les courbes ci-dessus.

Les bornes 2 et 3 permettent de shunter la résistance de 22k par le condensateur de 8n2 lorsque le commutateur Piccolo 4 est enclenché (courbe rouge). Ce commutateur n'existe que sur certains modèles de la série des Compact. On peut constater que la correction est insignifiante.

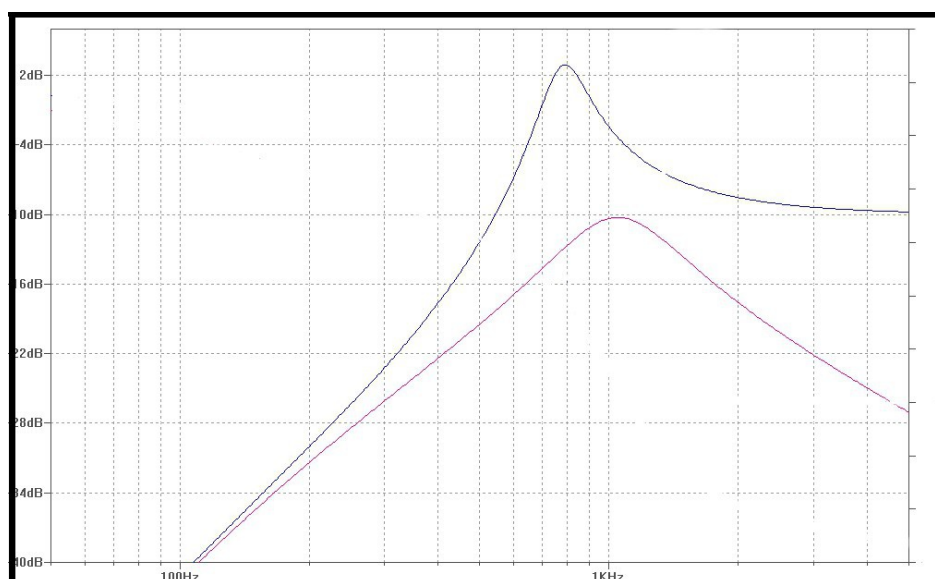
b) Deuxième circuit, sortie 9.

Fig. 13 : Réponse du filtre pour les sons de Oboe 8

Une inductance de 2H et un condensateur de 10n mais câblés cette fois ci en parallèle, constituent le cœur de circuit. et créent une bosse vers 800Hz dans la courbe de réponse.

Les bornes 6 et 7 sont shuntées sauf lorsque l'on actionne l'un des commutateurs Strings 8 ou Strings 4. Dans ce cas, ce n'est plus la courbe bleue qui traduit la réponse du filtre, mais la courbe rouge.

c) Troisième circuit, sortie 10.

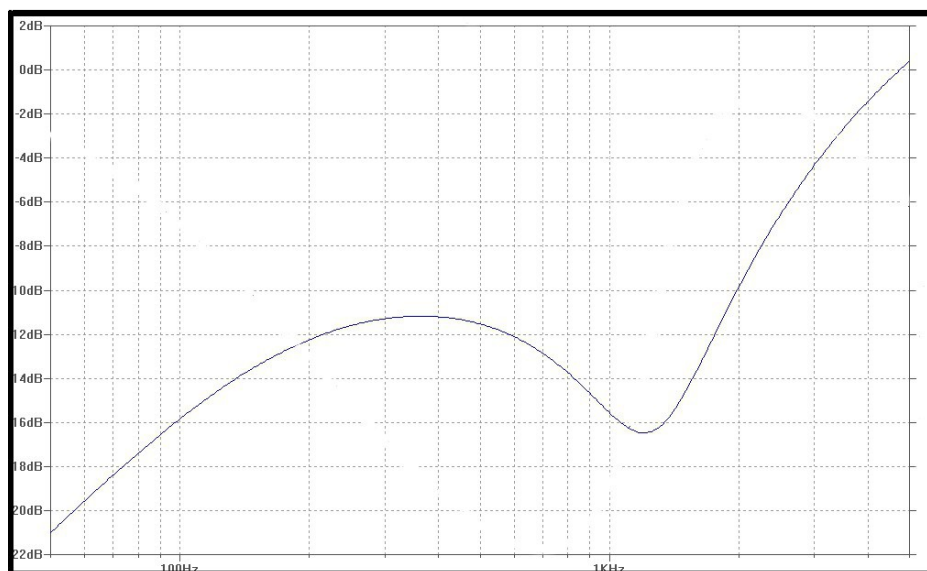


Fig. 14: Réponse du filtre pour les sons de Strings 8 et 4.

Habituellement dans les orgues électroniques, les sons de Strings sont obtenus en creusant les médiums. On utilise souvent des circuits en T ponté qui possèdent cette courbe de réponse. C'est aussi le cas dans les orgues de la série Compact comme montré dans le schéma du filtre.

Une remarque concernant les sons de Strings 16 : ils sont créés en utilisant seulement les sorties 5 (Trompet) et 7 (Oboe) de la carte FA-10 mais aussi des signaux provenant de la carte des flûtes. Les schémas généraux que l'on trouvera plus loin dans cette étude, décriront parfaitement cette particularité.

#### **4. Le registre 2 2/3 du Compact Duo.**

Le circuit consacré aux sons du rang 2 2/3 est très simplifié : c'est un simple filtre passe bas du second ordre qui traite les signaux de ce rang. Il n'y a qu'une seule barre collectrice pour les quatre octaves. En sélection registres blancs, le commutateur "Brillant" court-circuite ou non la résistance de 150k qui permet d'affaiblir le signal de rang 2 2/3.

Le générateur ne délivrant pas de fréquences assez élevées pour alimenter les notes de Fa# à DO de la dernière octave, le constructeur a procédé à une reprise en utilisant les fréquences de la gamme inférieure pour ces sept dernières notes.

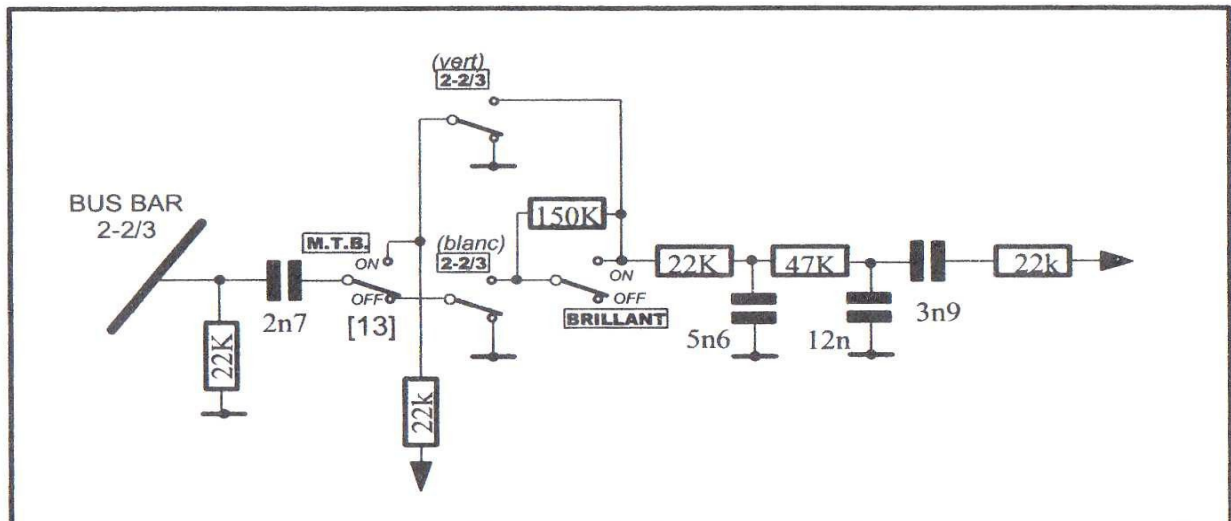


Fig. 15: Le circuit relatif au rang 2 2/3

## **5. Les circuits de timbre du clavier inférieur du Compact Duo.**

Le clavier inférieur du Compact Duo possède deux zones, l'une (de une ou deux octaves) utilisée pour émettre des sons de basse, l'autre (de trois ou deux octaves) consacrées à un jeu normal d'orgue..

Cette partie dispose de deux rangs 8' et 4' et de trois registres Dolce 8, Principale 8 et Octava 4. Il est assez étonnant que les trois commutateurs portent des noms en italien alors que le reste des commandes est repéré par des termes anglo-saxons !

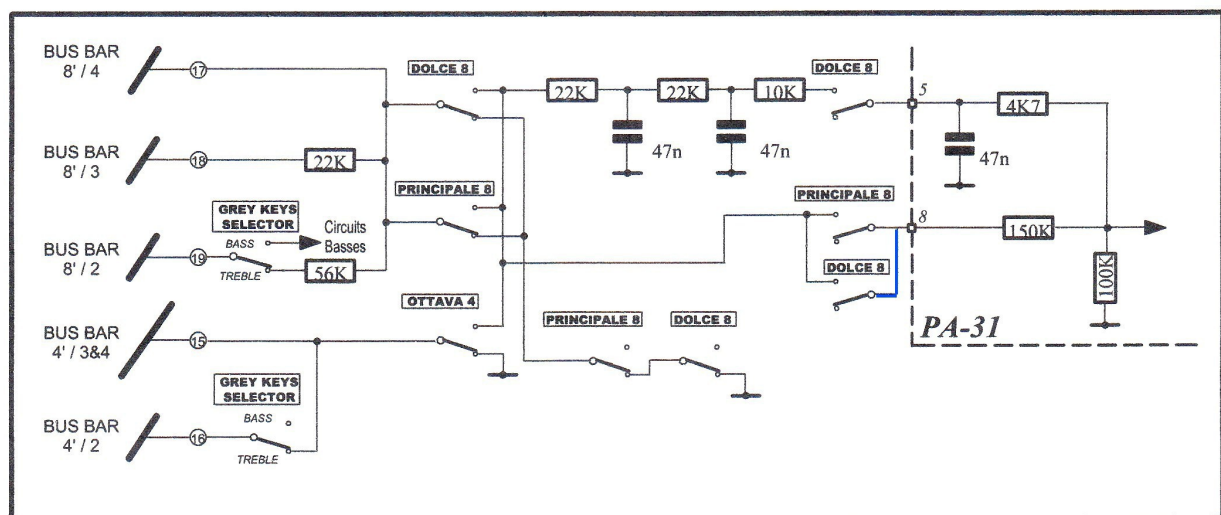


Fig. 16: Le circuit clavier inférieur du Compact Duo.

La liaison dessinée en bleu sur le schéma n'est pas présente sur les plans du Compact Duo qui sont disponibles sur internet. Il s'agit sans doute d'un oubli, car en son absence, le registre Ottawa utilisé seul ne donnerait aucun son.

## 6. Le circuit de la grenouillère du Multi Tone Booster.

Tous les orgues de la série des Compact disposent au minimum de trois commutateurs de couleur verte qui offrent des sons de flûte de 16', 8' et 4'. Afin d'offrir plus de brillance à ces jeux, Farfisa a installé sur la grande majorité de ses instruments, un système commandé par une grenouillère qui peut être actionnée par le genou droit de l'organiste, et qui permet d'envoyer plus ou moins de fréquences très élevées en supplément.

Il ne s'agit pas d'un effet Wha-wha, car le système ne crée pas de bosse de résonance dans la réponse fréquentielle. Un commutateur (All Booster) simule l'effet de la grenouillère enfoncée en permanence.

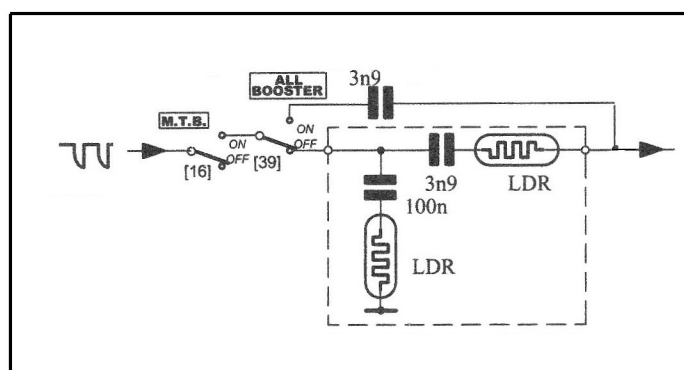


Fig 17 : le circuit de la grenouillère.

Ce circuit utilise deux ampoules et deux photorésistances. Un cache métallique, actionné par la grenouillère et percé de deux fenêtres triangulaires, permet le passage de la lumière vers l'une ou l'autre des photorésistances.

Lorsque la grenouillère est au repos, la photorésistance repérée A qui est en série avec le condensateur de 100n, limite le signal d'entrée. L'autre photorésistance empêche le signal affaibli de poursuivre son chemin.

Lorsque l'on pousse progressivement la grenouillère, la photorésistance A est de moins en moins éclairée ; quant à l'autre, elle reçoit de plus en plus de lumière. Le signal de sortie de montage, composé de fréquences élevées à cause de l'action du condensateur de 3nF, augmente de plus en plus.

Il semble que la photorésistance A et le condensateur de 100n n'existaient pas dans les premiers modèles d'orgues. L'adjonction de ces deux composants a sans doute permis d'obtenir plus de progressivité dans l'action de la grenouillère.

#### 4. L'AIGUILLAGE DES SIGNAUX DES CLAVIERS VERS LES CIRCUITS DE TIMBRES.

Si l'on met à part le circuit des basses et les circuits du clavier inférieur du Compact Duo, l'aiguillage des signaux est indispensable pour envoyer les signaux des barres collectrices aux bonnes entrées de la carte des filtres "Flûtes". Ces circuits doivent également permettre ou non la validation des signaux en fonction des registres actionnés.

On trouvera ci dessous un exposé sur les principes utilisés, puis les schémas complets des aiguillages.

##### 1. Agencement normal.

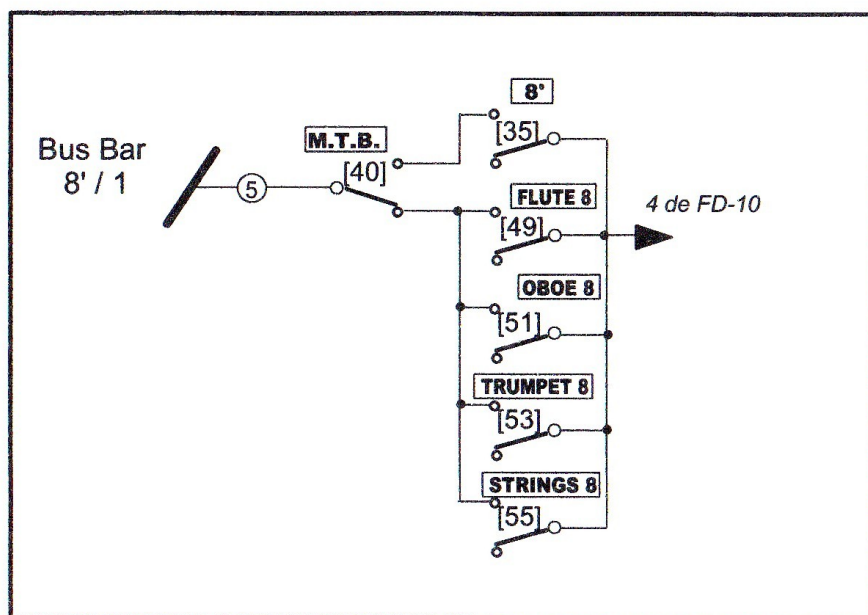


Fig. 17: Le principe de l'aiguillage des signaux .

Ce schéma qui est utilisé dans la majorité des orgues de la série Compact, et qui traite ici des signaux venant de la barre de la première octave du jeu en 8', montre le fonctionnement du circuit qui permet d'acheminer les signaux des barres collectrices vers les entrées de la carte qui génère les sons des flûtes ( et revoie aussi les signaux vers la carte des cuivres et des strings et le MTB à commande par le genou).

Le dispositif est simple. Le commutateur MTB sélectionne soit l'un des commutateurs verts, 16', 8' et 4', soit un ou plusieurs des commutateurs blancs non MTB. Il y a douze circuits de ce type qui nécessitent 12 inverseurs pour le commutateur MBT et 4 interrupteurs pour chaque registre.

##### 2. L'agencement du Compact Duo.

Dans le Compact Duo Mk II (le doute subsiste pour le modèle Mk I ), les circuits sont différents, tels que l'on peut le voir sur le schéma suivant qui traite du rang 8'.

On constate tout d'abord; qu'il y a mise à la masse systématique des signaux venant du clavier dans le cas où ils ne sont pas utilisés, sans doute pour réduire le bruit de fond.

On peut remarquer aussi, qu'en utilisation des registres blancs (MBT non enclenché), tous les

signaux venant des quatre barres collectrices sont envoyés sur UNE seule entrée de filtrage. Il est clair de ce fait que les registres blancs de flûtes 16', 8' et 4' du Compact Duo ne doivent pas sonner comme ceux des autres instruments de la gamme des Compact.

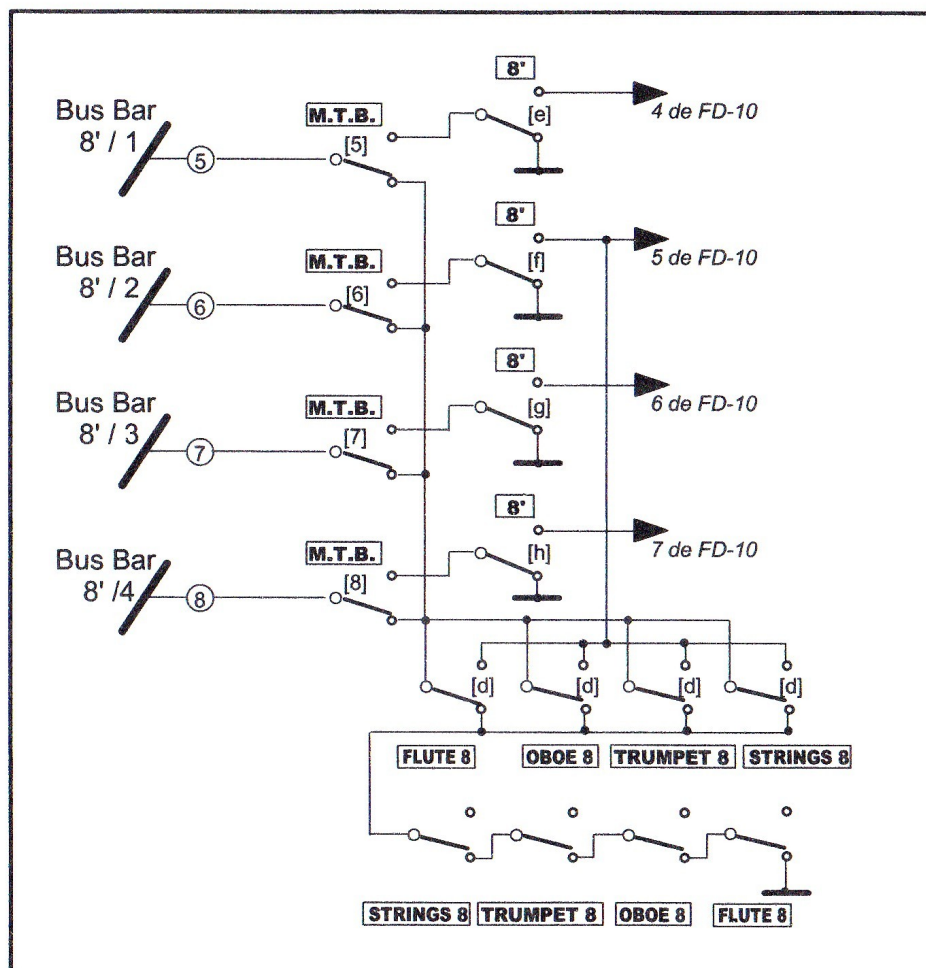
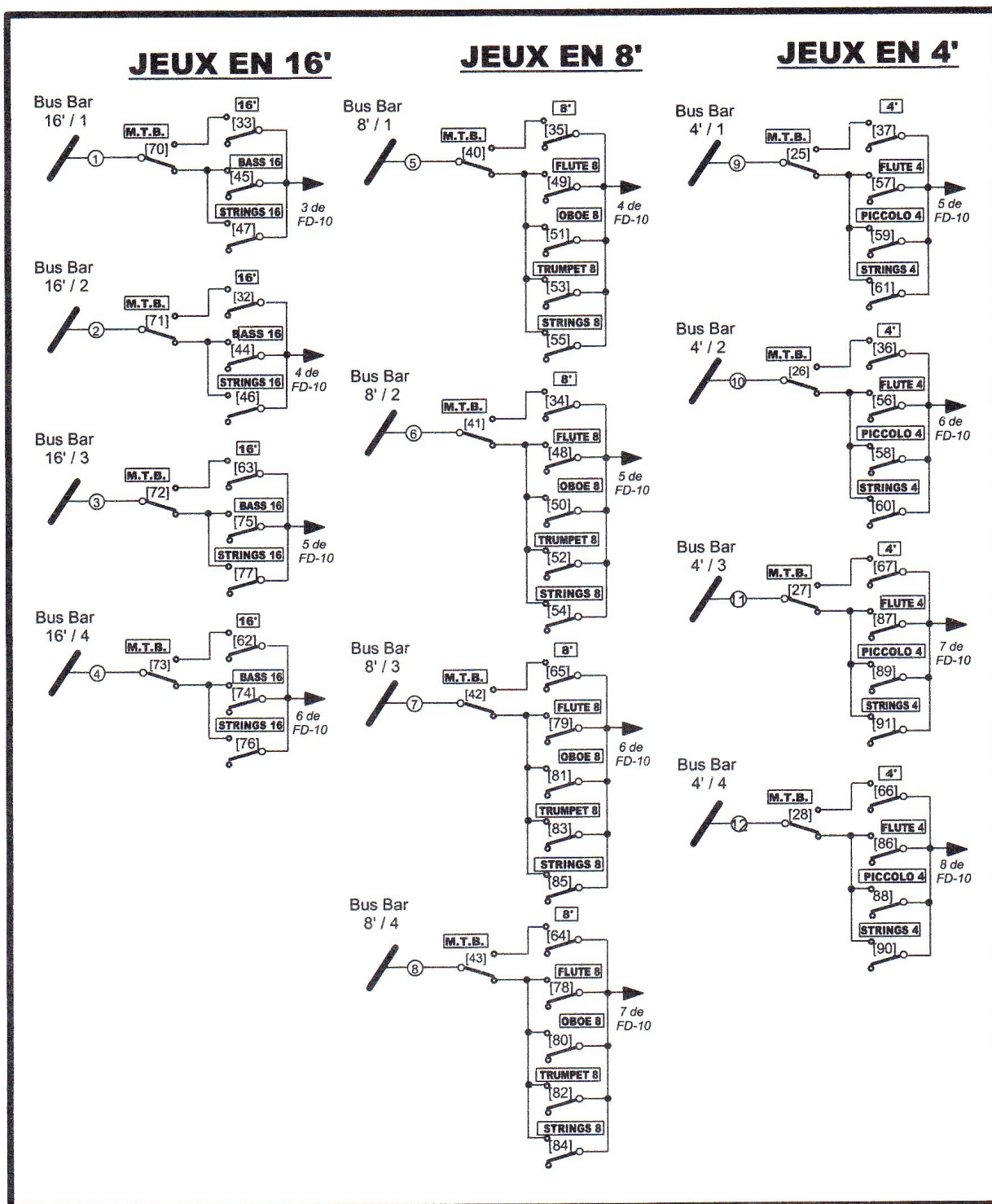


Fig. 18: Le principe de l'aiguillage sur le Compact Duo.



3. Schéma détaillé de l'aiguillage sur les Compacts.



4. Schéma détaillé de l'aiguillage sur le Compact Duo.

