

FORMANT

Le synthétiseur de musique d'Elektor

Chapitre 1

Le FORMANT est un instrument à vocation musicale authentique, qui, d'autre part, ne craint pas la comparaison avec de nombreux synthétiseurs de fabrication industrielle.

D'une manière générale, ce que l'on sait de la conception et des possibilités d'application de ces appareils reste si limité qu'il paraît opportun d'en faire une présentation approfondie. C'est pourquoi la première partie de cet ouvrage met en relief la nature instrumentale du FORMANT et précise la fonction particulière de chacun des modules qui le composent ainsi que leur action conjointe.

Figure 1. Le Sample System 4 est un 'grand' synthétiseur commercial. A première vue, il ressemble plutôt à un ordinateur qu'à un instrument de musique. Cette impression n'est pas totalement dépourvue de sens, car la technique des calculateurs analogiques a présidé à l'élaboration des premiers circuits de synthétiseurs.

Il n'est pas rare qu'un dispositif ou qu'un circuit électronique simple, générateurs de bruit pour la reproduction du déferlement des vagues par exemple, soient baptisés du nom de synthétiseurs. Mais au sens propre, ceux-ci sont des instruments de musique, qui permettent un contrôle précis de la production électronique de timbres musicaux.

Singularité du synthétiseur en tant qu'instrument de musique

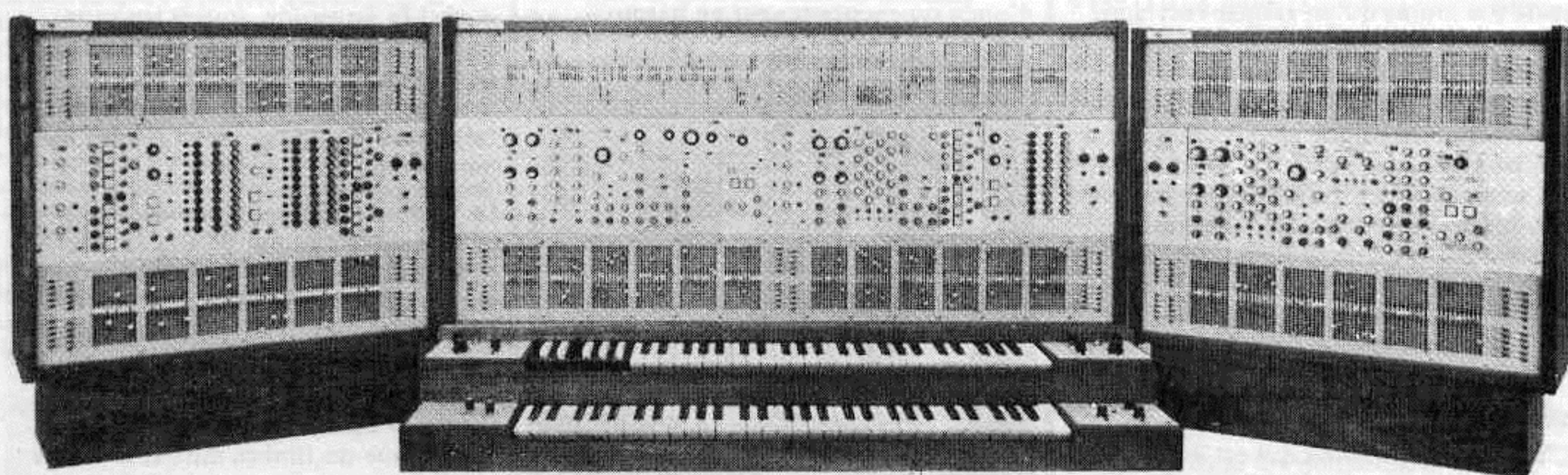
Un examen rapide de la figure 1 suffit à convaincre que le synthétiseur est un instrument de musique insolite, tant il est vrai qu'un 'grand' synthétiseur a souvent l'apparence d'un équipement ayant bien sa place dans le décor d'un film de science-fiction, ce qui ne comble pas d'aise bon nombre de musiciens; il est d'ailleurs mis fréquemment à contribution pour la production de l'accompagnement musical stéréotypé de ces réalisations cinématographiques, sous forme de 'sonorités électroniques'. Les spots publicitaires de la télé et les rengaines sont pour lui d'autres domaines d'application musicale plutôt médiocres.

Par contre, l'ampleur de ses possibilités d'expression et la 'puissance' de ses sonorités sont extrêmement appréciées de nombreux musiciens, et certains d'entre eux, tels *Walter Carlos*, *Keith Emerson*, *P. Moraz* et autres, les ont exploitées de manière impressionnante. Ce qui le distingue de la flûte, de la

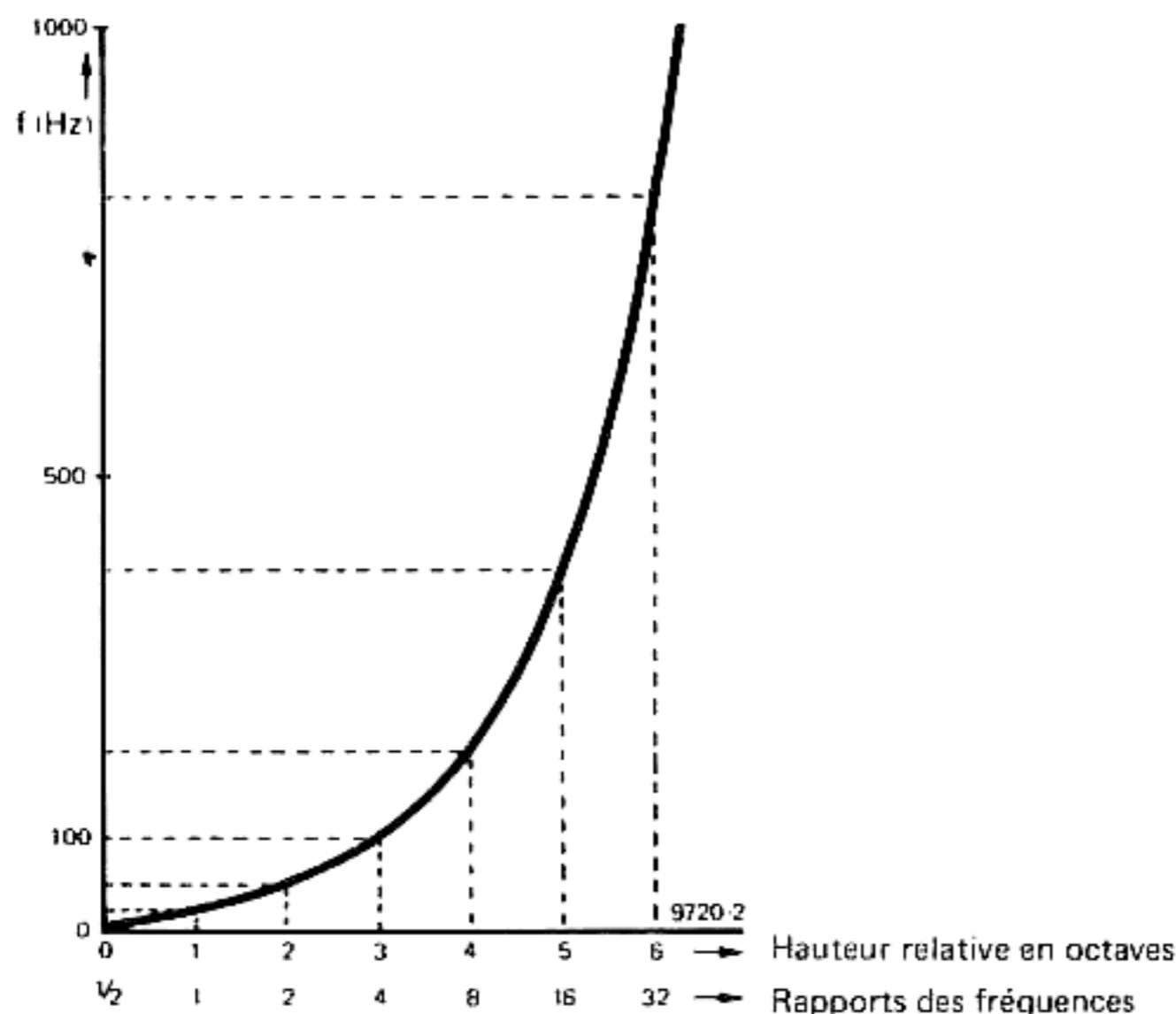
guitare ou de tout autre instrument traditionnel, c'est qu'il n'a pas de timbre caractéristique déterminé. Tout au plus se rapproche-t-il de l'orgue électronique équipé de certains registres comme ceux de la flûte, du hautbois ou de la trompette.

Comparaison entre le synthétiseur et l'orgue électronique

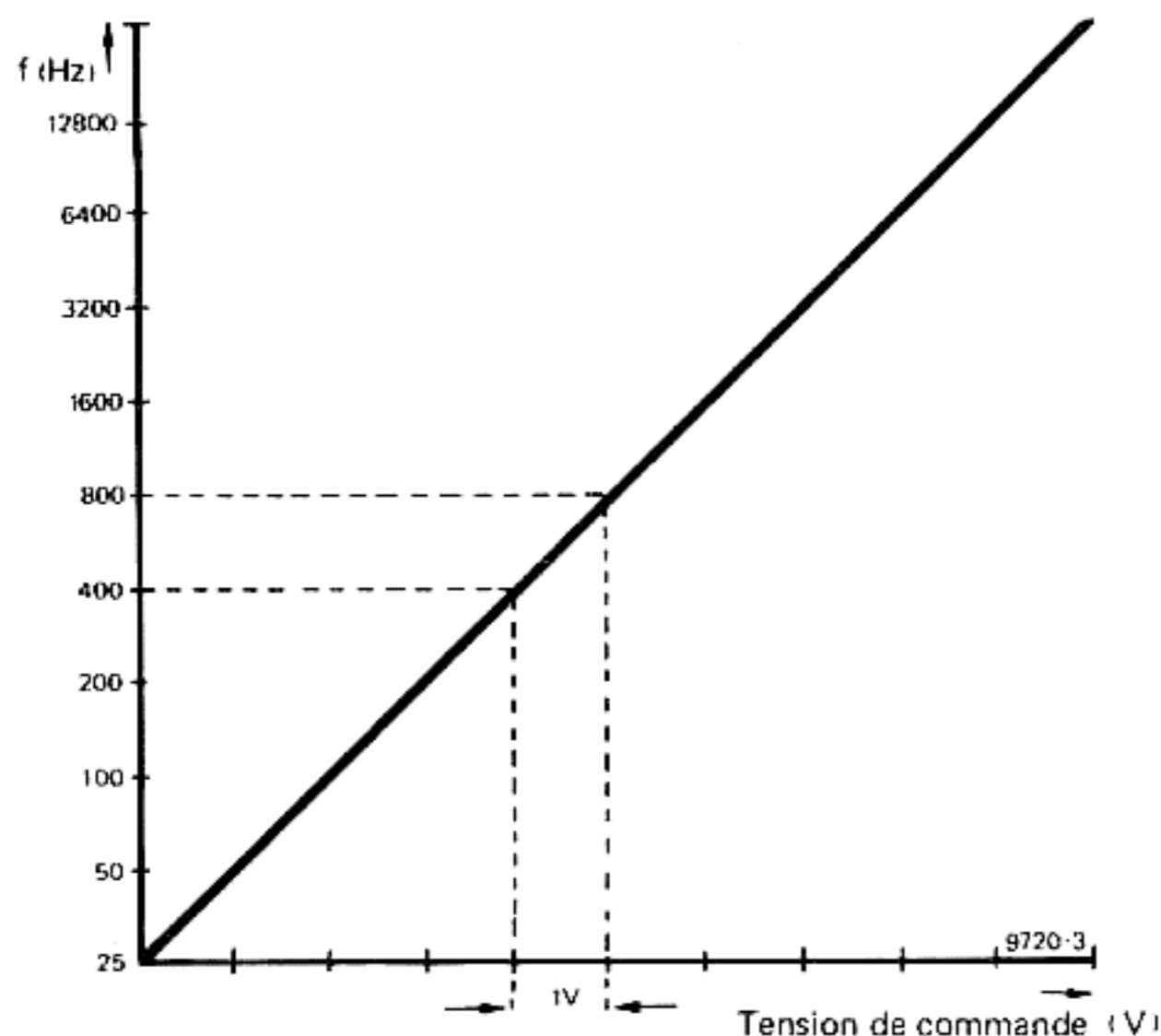
La première différence entre le synthétiseur et l'orgue électronique réside dans le fait que le premier est monodique, ce qui veut dire que l'on ne peut y jouer qu'une seule note à la fois. Cette particularité a son origine dans la structure électronique du synthétiseur, qui, contrairement à l'orgue électronique, n'a pas de registre déterminé. Il se compose plutôt d'un certain nombre de circuits relativement indépendants qui se présentent sous forme de modules pour la plupart. Ces derniers constituent une sorte de jeu de construction musical qui permet à l'utilisateur de former les timbres à son gré, dans une large mesure. Les processus de réalisation des sonorités seront examinés en détail ultérieurement. Il faut retenir que l'orgue électronique comme le synthétiseur ont la faculté d'imiter les timbres de certains instruments. La plupart des registres d'un orgue portent le nom d'instruments de musique 'traditionnels'. Quant au synthétiseur, s'il reproduit très bien les timbres des cuivres, par exemple, son imitation des instruments



2



3

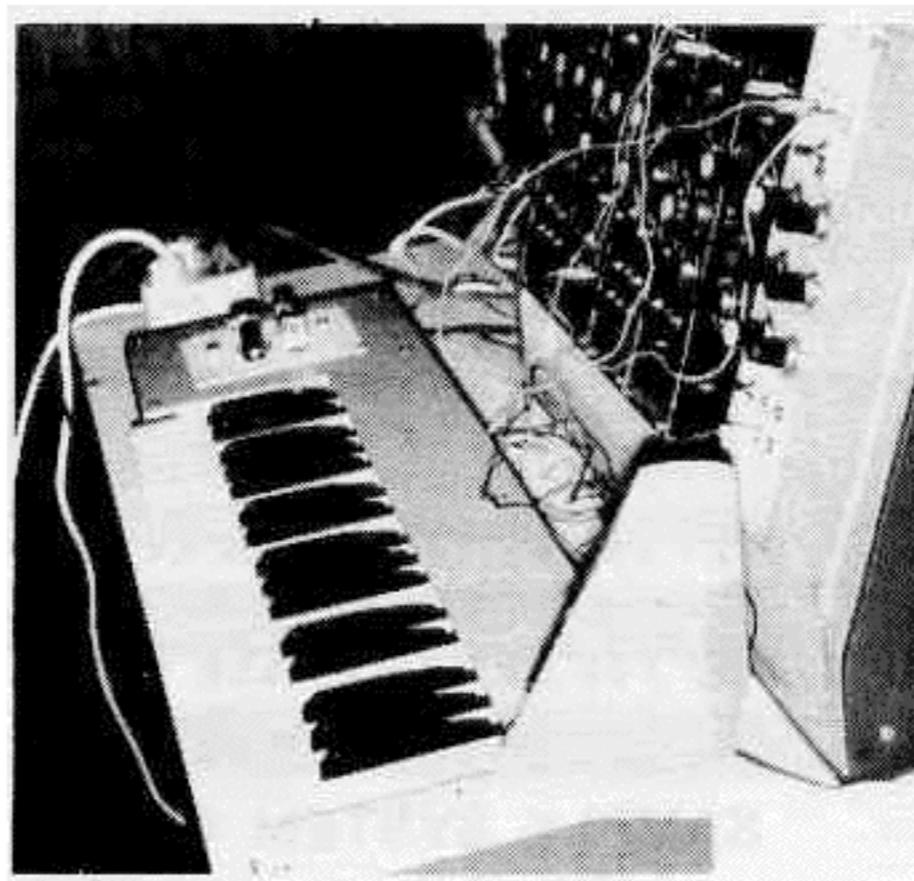


à cordes frottées est plutôt médiocre; pour ces derniers, le 'String Synthesizer' a été conçu spécialement. Même si, à l'origine, le synthétiseur s'est fait remarquer par son aptitude caractérisée à la reproduction, celle-ci n'en reste pas moins qu'un élément attractif qui ne doit pas faire oublier que, du point de vue musical, il est plus important que ses timbres soient plus nettement différenciés que ceux d'un orgue électronique, par exemple. A cet égard, ses sonorités sont souvent comparables aux timbres des instruments normaux. Reste à noter que se poursuit depuis un certain temps la mise au point de synthétiseurs polyphoniques.

'Principes de base' des synthétiseurs commandés en tension

C'est Robert A. Moog qui est à l'origine de la conception du synthétiseur commandé en tension et des nombreux

circuits qui s'y rattachent. En dernière analyse, tout son se caractérise par trois paramètres et leur évolution dans le temps; il s'agit de la hauteur, du timbre et de l'intensité qui se traduisent pour le technicien par fréquence, forme d'onde ou encore teneur en harmo-



niques, et évolution d'amplitude. La conception du synthétiseur est fondée sur la maîtrise de ces trois paramètres essentiels.

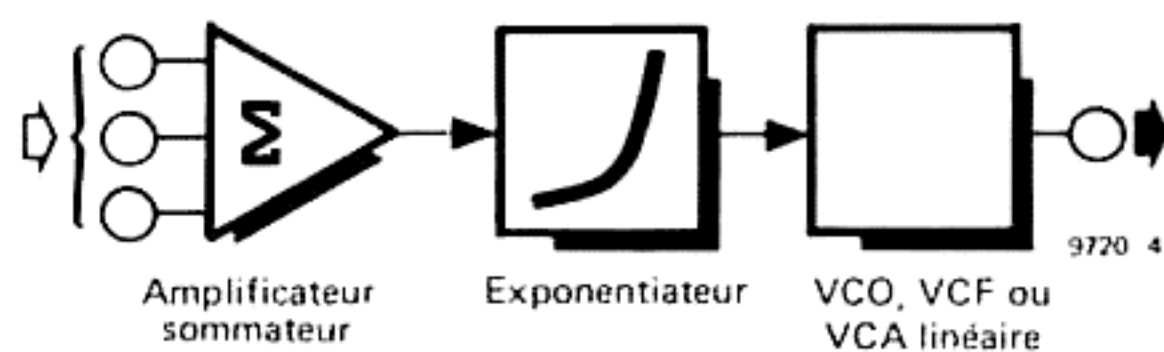
Moog fut donc le premier à les coordonner dans les modules électroniques d'un synthétiseur et il mit au point également les circuits nécessaires. Si les modules sont réalisés de manière telle que les trois paramètres puissent être contrôlés précisément pendant toute la durée d'émission d'un son, le synthétiseur a donc théoriquement la faculté de produire n'importe quelle sonorité.

C'est en raison de ce qui vient d'être exposé qu'un synthétiseur comporte des modules commandés en tension et qui sont précisément les VCOs (Voltage Controlled Oscillators = oscillateurs commandés en tension) pour les hauteurs de son, les VCFs (Voltage Controlled Filters = filtres commandés en tension) pour les timbres, et les VCAs (Voltage Controlled Amplifiers = amplificateurs commandés en tension) pour l'intensité. La commande en tension permet une détermination préalable facile de l'évolution dans le temps de chaque paramètre, le couplage des modules et la rapidité de la réponse à l'impulsion. D'autres avantages de la commande en tension apparaîtront ultérieurement. Mais, comme en d'autres domaines, il y a pour les synthétiseurs une marge entre la théorie et la pratique, car ce ne sont pas les instruments mirobolants dont, s'il fallait en croire la publicité de certains fabricants, les 'possibilités sonores' seraient 'illimitées'.

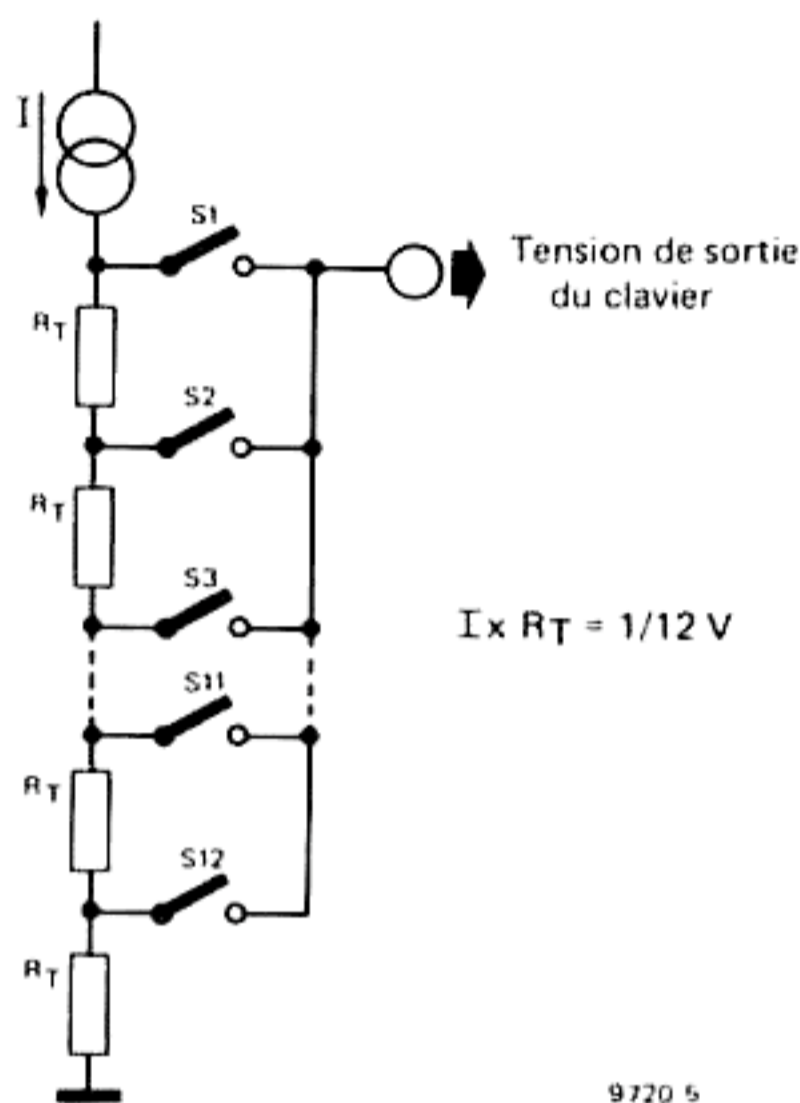
Dans la pratique, les possibilités sonores ne sont pas aussi infinies que la théorie pourrait le laisser croire. Les limitations d'ordre technique, les insuffisances des modules et des sources de tension de commande ont pour conséquence qu'un synthétiseur produit certains sons 'mieux' que d'autres. Il a déjà été fait mention des 'cuivres' et des 'cordes'. Les générateurs de sons essentiels sont donc les tensions de commande qui déterminent la fréquence d'oscillation et par voie de conséquence les hauteurs de sons. Et lorsqu'il est question de la fréquence d'un VCO (et donc de la hauteur de son), c'est de la caractéristique d'une fondamentale qu'il s'agit. A part la sinusoïde, toutes les autres formes d'onde comportent un mélange de fréquences composé de la fondamentale et des multiples entiers de la fréquence fondamentale que sont les harmoniques.

La fréquence de la fondamentale détermine la hauteur de son audible et la composition du spectre d'harmoniques conditionne le timbre perçu. Par conséquent, il est possible d'influencer le timbre à l'aide de filtres qui ne laissent passer qu'une fraction du spectre d'harmoniques. L'évolution dynamique du timbre durant le temps que sonne une note est une caractéristique de nombreux

4



5



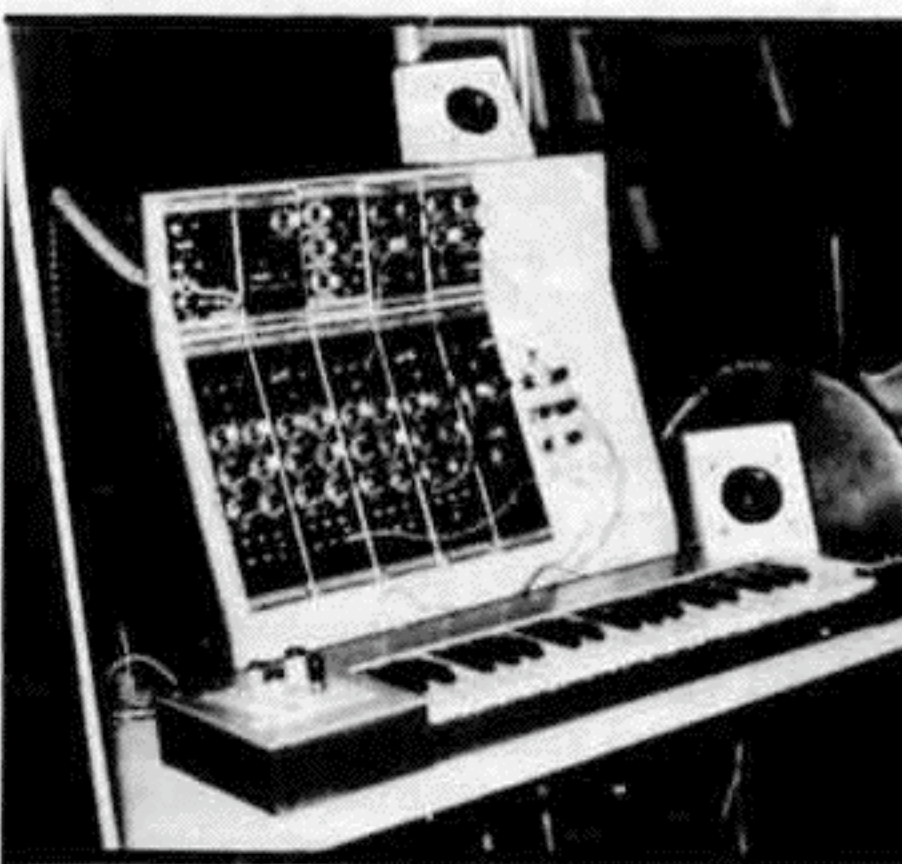
sons instrumentaux 'naturels' et elle est réalisée grâce aux VCFs dans un synthétiseur.

Quant à la modulation de l'intensité sonore, elle est assurée par les amplificateurs commandés en tension (VCAs).

Commande en tension exponentielle

La civilisation occidentale (mais aussi pratiquement toutes les autres cultures connues présentement à la surface de la planète) a adopté la répartition des hauteurs de son en octaves. Lorsque l'oscillation acoustique d'un générateur croît par exemple d'une fréquence de 50 à 100 Hz, l'oreille enregistre ce phénomène comme un évolution d'une octave dans la hauteur du son ainsi qu'elle le fait d'ailleurs lorsque la fréquence passe de 100 à 200 Hz, et ainsi de suite. Dans tous les cas, le rapport entre les fréquences reste constant (2 : 1), mais la différence entre ces fréquences, elle, ne l'est pas (100 - 50 = 50 ≠ 200 - 100 = 100). Plus l'octave est élevée et plus est importante l'augmentation de la fréquence exprimée en valeur absolue par un certain nombre de Hz, pour l'obtention de cette octave. C'est ce qu'illustre la figure 2 où l'on observe la relation exponentielle entre octaves et fréquences.

Il apparaît donc que, dans le cas du synthétiseur, la commande linéaire des VCOs (et VCFs), exprimée selon un rapport volt/hertz, n'est pas adéquate. D'un point de vue musical, il évident qu'à l'inverse, la commande exponentielle traduite par une relation volt/octave est celle qui s'impose. Ainsi, la tension de commande influence la hauteur de son selon le mode correspondant à notre éducation musicale. La figure 3 montre cette commande 'musicalement linéaire' selon la relation



caractéristique 1 V/octave qui se trouve réalisée dans le synthétiseur en faisant précéder un circuit linéaire, celui d'un oscillateur commandé en courant par exemple, par un générateur exponentiel dont le courant de sortie double chaque fois que la tension d'entrée croît de 1 V. A supposer, qu'en outre, en avant du générateur exponentiel, on dispose un sommateur commandé en tension qui totalise les tensions de commande appliquées à ses entrées, on obtient la structure classique d'un module commandé en tension conforme à celle imaginée par Moog pour le synthétiseur (voir figure 4).

Les lignes qui suivent vont exposer les avantages de cette technique et elles donneront un premier aperçu du fonctionnement d'un synthétiseur.

Avantages de la commande en tension

a) des VCOs:

Comme le piano, l'épinette, l'orgue et d'autres instruments du même genre, le synthétiseur possède un clavier (en anglais, 'keyboard'), et, naturellement, à l'instar du piano, à chaque touche correspond une hauteur de son déterminée. Etant donné que les hauteurs de son des VCOs sont commandées en tension continue, il est nécessaire que le circuit du clavier délivre, lorsqu'une touche est pressée, une tension de commande correspondant à la hauteur de son associée à la touche. Grâce à la caractéristique 1 V/octave des VCOs, il est extrêmement simple de délivrer les tensions de commande de hauteur de son adéquates: à chaque progression d'un demi-ton (soit 1:12 d'octave) est associée une croissance de tension constante de 1/12 de volt.

La répartition graduelle des tensions de commande peut être réalisée, par exemple, par l'utilisation d'une chaîne de résistances d'égale valeur que traverse un courant constant dont la valeur d'intensité est déterminée de telle manière que la chute de potentiel soit exactement de 1/12 de volt aux bornes de chaque résistance. Les tensions sont prélevées aux contacts des touches du clavier (voir figure 5). La tension de commande de touche est appliquée à l'une des entrées de tension de commande du sommateur du module VCO réalisé selon le schéma synoptique de la figure 4. Grâce à cette combinaison, il est désormais possible d'interpréter une composition musicale en se servant du jeu de touches du clavier.

Les autres entrées du sommateur de tensions de commande peuvent être utilisées, par exemple, à la transposition. Comme un orgue électronique, le clavier d'un synthétiseur n'a qu'une étendue limitée (à trois octaves dans le cas du FORMANT). Pour l'orgue, cette étendue est augmentée en sélectionnant simplement les voix par un registre inférieur. Dans un synthétiseur cet objectif est atteint en appliquant une tension continue variable à la deuxième

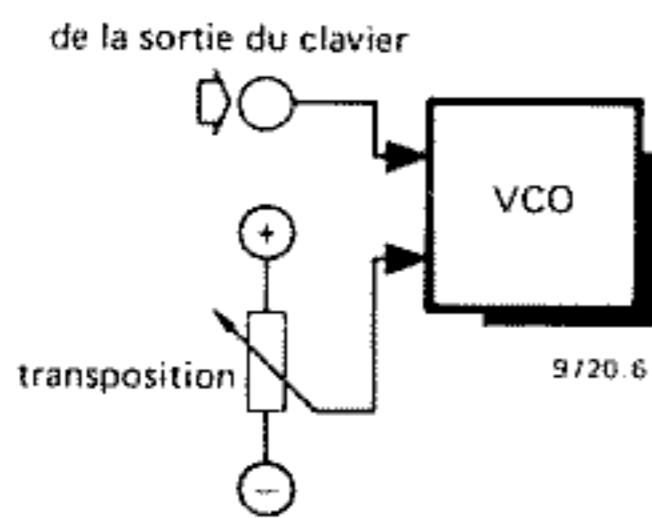
Figure 2. Illustration de la relation exponentielle entre la fréquence relative des sons perçus par l'oreille (exprimée en octaves) et la fréquence absolue (exprimée en Hz).

Figure 3. Représentation de la relation caractéristique 1 V/octave utilisée pour la commande des modules du FORMANT. Comme l'oreille humaine perçoit l'évolution d'intensité d'un son selon une fonction logarithme (traduite par l'échelle logarithmique du graphique), il en découle, d'un point de vue acoustique (ou musical), une relation linéaire entre les hauteurs de sons et les tensions de commande.

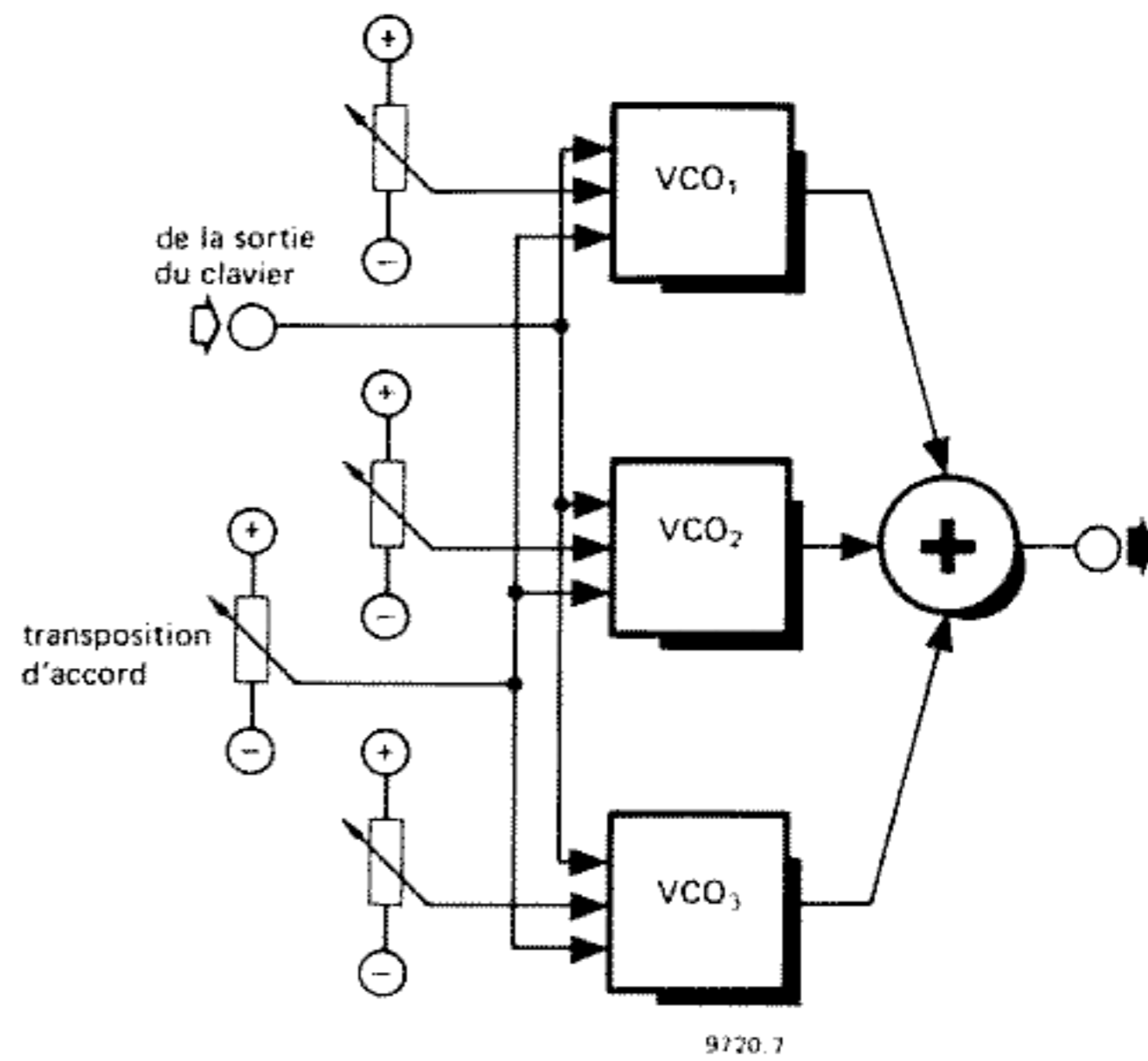
Figure 4. Schéma de principe, conçu par MOOG, d'un module de synthétiseur commandé en tension, et qui est appliqué également dans le FORMANT.

Figure 5. Principe du circuit de clavier.

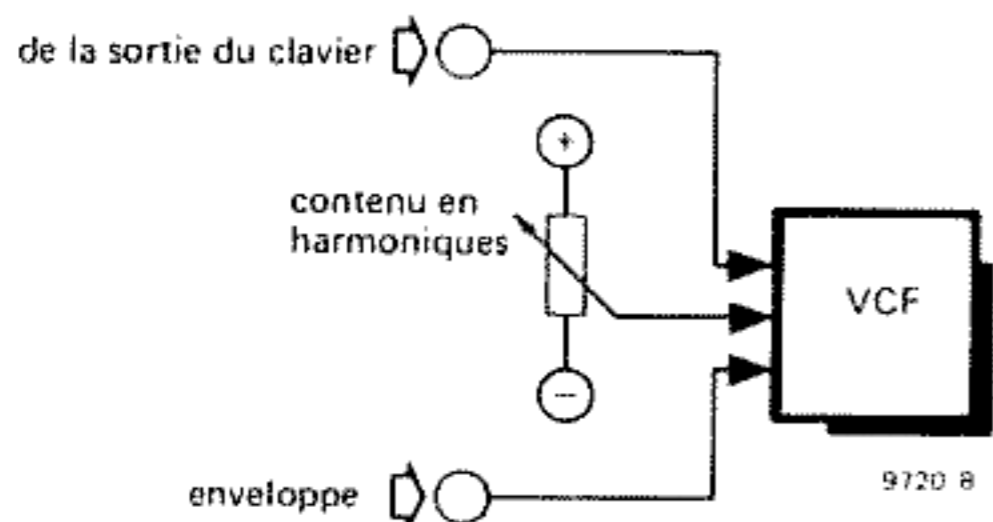
6



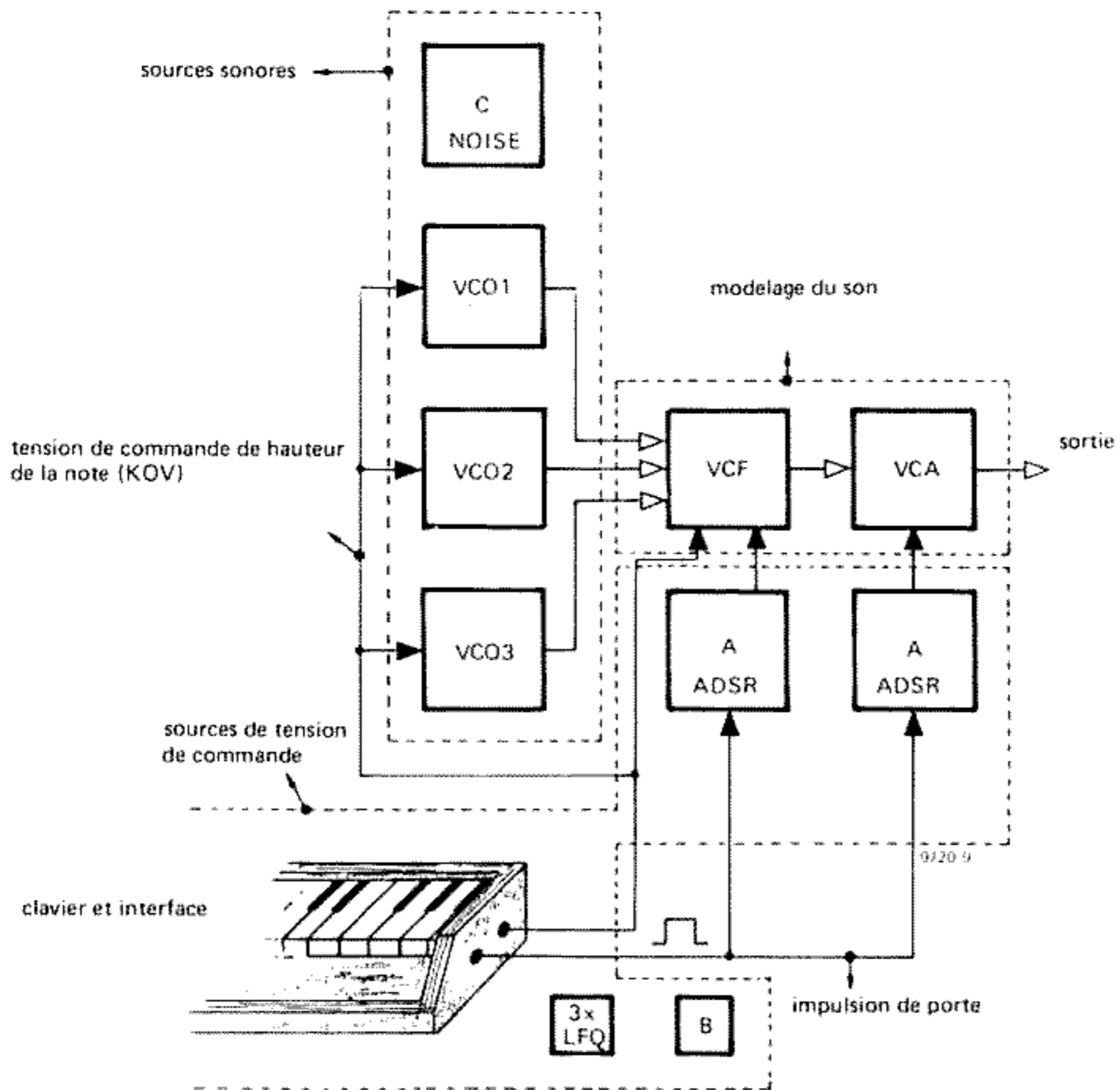
7



8



9



- A = générateur d'enveloppe
- B = générateur de tensions aléatoires
- C = générateur de bruit

entrée du sommateur pour décaler l'accord mélodique de la valeur de la caractéristique d'1 V/octave. Il est possible, par exemple, de transposer l'accord d'une composition musicale de deux octaves supérieures (ou inférieures) par l'application d'une tension continue d'exactly +2 V (ou -2 V) à la seconde entrée du sommateur. Grâce à l'utilisation d'un potentiomètre, la transposition est réalisable sur la totalité du spectre des fréquences audibles (voir figure 6). Il est fréquent qu'un synthétiseur soit équipé de plusieurs VCOs ce qui permet d'injecter différentes tensions continues aux secondes entrées des sommateurs et de mélanger les signaux des oscillateurs. Par le fait que les hauteurs de sons des VCOs sont sélectionnées à volonté et qu'elles ne sont pas identiques, toutes sortes d'accords sont produits. A partir de là, toute composition musicale est interprétable non seulement par note distincte mais aussi par groupes de notes accordées. Les troisièmes entrées des sommateurs offrent une autre possibilité de transposition qui résulte de l'application d'une tension de commande commune qui leur est injectée et a pour effet de transposer les accords déterminés par les secondes entrées. Ce processus est ce qu'on appelle la 'transposition d'accords' (voir figure 7). Si le VCA est commandé par un générateur d'enveloppe séparé, les sons déjà filtrés sont affectés d'une certaine modulation d'intensité complémentaire qui les caractérisent comme le fait l'évolution de timbre réalisée d'autre part grâce au VCF et à son 'propre' générateur d'enveloppe. La structure modulaire des VCOs commandés en tension exponentielle et illustrée en figure 4, est la condition préliminaire à l'obtention des possibilités exposées ci-dessus et qui sont: la commande des hauteurs de son par fractions de 1/12 de volt, le réglage des accords par l'intermédiaire de tensions continues différentes et la transposition globale des accords par l'application d'une tension continue commune séparée.

Figure 6. Transposition de la position de fréquence d'un VCO.

Figure 7. Schéma de principe de la 'transposition d'accord' de plusieurs VCOs exponentiels indépendants.

Figure 8. Commande d'un VCF exponentiel.

Figure 9. Schéma synoptique du FORMANT. Les traits pleins s'achevant par une flèche noire représentent les trajets des tensions de commande. Les traits pleins terminés par une flèche blanche montrent le trajet des signaux résultants.

b) des VCFs (figure 8)

Les filtres commandés en tension ou VCFs sont en général du type passe-bas et leur fréquence est déterminée par la tension de commande. Le VCF est alimenté par les mêmes tensions de commande de hauteur de son que les VCOs qui sont en fait les tensions de sortie du jeu de touches. Par conséquent, la fréquence de filtre 'suit' les variations de fréquence des VCOs et extrait donc un 'timbre' constant de l'ensemble du spectre des harmoniques. Il s'ensuit qu'une note grave a la même tonalité qu'une note aiguë; en d'autres termes, à la sortie du VCF, la forme d'onde est identique quelle que soit la fréquence. Ceci est en opposition avec le filtrage réalisé dans un orgue électronique et grâce auquel les sons initiaux ayant des hauteurs de son différentes (sur l'étendue d'une octave, par exemple) sont mis en forme de manière relativement 'grossière' par un filtre à réglage fixe. Le filtrage, dans un synthétiseur, est donc nettement plus 'raffiné'.

La fréquence de filtre suit donc une évolution liée à celle de la fréquence de la note; mais ceci suppose que la tension de commande de hauteur de son délivrée par le circuit de clavier soit préalablement appliquée à un convertisseur exponentiel précédant le VCF, comme c'est le cas pour le VCO. Le schéma de la figure 4 est donc valable également pour le VCF. L'application d'une tension continue à la seconde entrée du sommateur précédant le convertisseur exponentiel du VCF décale la fréquence de filtre en fonction de la caractéristique 1 V/octave. En l'occurrence, le passe-bas étant plus ou moins 'ouvert', il laisse passer plus ou moins d'harmoniques. Mais, comme la tension de commande de hauteur de son est appliquée simultanément à la première entrée du sommateur, le filtre laisse toujours passer la même proportion relative d'harmoniques que la note soit grave ou aiguë (d'où le 'timbre constant'). Cette tension continue appliquée à la seconde entrée du sommateur du VCF modifie ainsi la forme d'onde délivrée à la sortie du filtre. Dès lors qu'elle est déterminée par un certain réglage, elle reste constante pour toutes les hauteurs de son.

Les sons des instruments de musique 'traditionnels' se singularisent fréquemment par une évolution 'dynamique' du timbre au cours de la durée de perception acoustique de la note. C'est ainsi, par exemple, qu'une corde frappée violemment émet un son métallique clair qui s'éteint lentement en s'assourdisant. Pour reproduire cette évolution de timbre dynamique couvrant la durée de perception de la note, il est nécessaire d'appliquer à la troisième entrée du sommateur du VCF une tension affectée d'une évolution dans le temps adéquate. C'est le générateur d'enveloppe ADSR qui

réalise cette modulation de tension, dont la forme et la temporisation sont réglables dans de larges limites, et qui décale la fréquence de filtre au cours de la durée de perception de la note. De cette manière, le VCF réalise une dynamique de timbre réaliste que ne permet pas le circuit de filtrage des orgues électroniques courants. On constate donc que, comme pour les VCOs, la structure modulaire de Moog représentée schématiquement par la figure 4, offre toutes les possibilités de commande désirée du VCF d'un synthétiseur.

c) des VCAs

Comme les hauteurs de son, l'oreille humaine perçoit les évolutions d'intensité d'un son selon une fonction logarithme. Pour que l'ouïe enregistre une élévation du niveau sonore d'une note de façon sensible, il est nécessaire d'accroître comparativement d'avantage son intensité pour un niveau sonore déjà élevé au départ que pour un niveau sonore initial faible. C'est un fait que traduisent les échelles logarithmiques exprimées en décibels. C'est pourquoi le module VCA se compose d'un amplificateur commandé en tension (VCA) linéaire précédé d'un convertisseur exponentiel qui lui confère une caractéristique de commande de 12 dB par volt, par exemple. C'est ainsi qu'est obtenue une variation 'uniforme' des intensités, subordonnée à la tension de commande.

Fonctionnement d'ensemble des modules du synthétiseur

Tout ce qui vient d'être exposé va être repris sous l'angle de l'action conjointe des modules dans le synthétiseur. Les VCOs sont les sources acoustiques essentielles du synthétiseur. Le rôle du VCF et des VCAs est de transformer les 'sons bruts' produits par les VCOs pour en former les structures sonores désirées, intéressantes sur le plan musical. Le VCF, utilisé le plus souvent en mode passe-bas, extrait de ces 'sons fondamentaux' un spectre limité tandis qu'un générateur d'enveloppe qui lui est associé assure une évolution de timbre 'dynamique', réglable et spécifique. Cette fonction modulatrice du VCF contribue de manière décisive à la capacité de reproduction des sons d'instruments 'traditionnels', souvent impressionnante, du synthétiseur. Indépendamment de cette dynamique de timbre, il est possible, grâce au VCA, d'imprimer au son musical une dynamique d'intensité comparable que commande un générateur d'enveloppe qui lui est associé.

La source de tensions de commande la plus importante est le circuit de clavier. Il délivre essentiellement les tensions de commande des hauteurs de son. La figure 9 présente le schéma synoptique des modules déjà décrits ainsi que divers autres groupes ou

unités dont les fonctions vont être évoquées succinctement.

Circuits complémentaires

Dans la figure 9, le groupe 'Sources acoustiques' comprend, outre les trois oscillateurs VCO1, VCO2 et VCO3, un générateur de bruit (NOISE) qui constitue une source de bruit complémentaire à partir de laquelle, grâce aux VCF et VCA, seront dérivés de nombreux bruits dépourvus de hauteur de son déterminée et qui pourront être par exemple ceux du vent, de l'eau, de la pluie, du tonnerre, d'un train à vapeur, d'applaudissements, etc. . . .

La tension de sortie du clavier n'est pas appliquée directement aux VCOs et au VCF en tant que source de tension de commande; elle est préalablement traitée dans le circuit 'd'interface'. Celui-ci permet que l'accord général du synthétiseur soit décalable en permanence sur la totalité du spectre des fréquences audibles. Ceci autorise l'utilisation d'un clavier, analogue à celui d'un orgue électronique, dont l'étendue est relativement limitée (3 octaves) mais qui s'adapte très simplement à toute fraction des fréquences acoustiques.

Le circuit d'interface sert aussi au réglage de la vitesse de passage d'une note à l'autre pour la réalisation du portamento, et il délivre en outre une impulsion de porte qui informe du moment et de la durée de la pression exercée sur une touche. Cette information est transmise au générateur d'enveloppe et elle détermine le point de départ ainsi que la durée de l'enveloppe.

La tension de clavier 'traitée' en vue de la modulation de la hauteur de son par les VCOs et le VCF, et qui est disponible à la sortie du circuit d'interface, est donc bien la tension de commande de hauteur de son et elle sera désignée désormais par les initiales KOV (Keyboard Output Voltage = tension de sortie du clavier).

Les LFOs (Low Frequency Oscillators = oscillateurs basse fréquence) constituent une autre source de tensions de commande et ils permettent la modulation périodique des hauteurs de son, de la teneur en harmoniques et des intensités. Les modulations non périodiques que comportent souvent les sons naturels sont produites par une source de tension aléatoire qui délivre une tension de commande dérivée d'un spectre de bruit.

Le schéma synoptique de la figure 9 présente également les connexions fixes acheminant les signaux et tensions de commande. Toutes les autres combinaisons de raccordement se feront grâce à l'enfichage de cordons de liaison dans les douilles prévues à cet effet sur les panneaux de face avant des modules du synthétiseur.

10

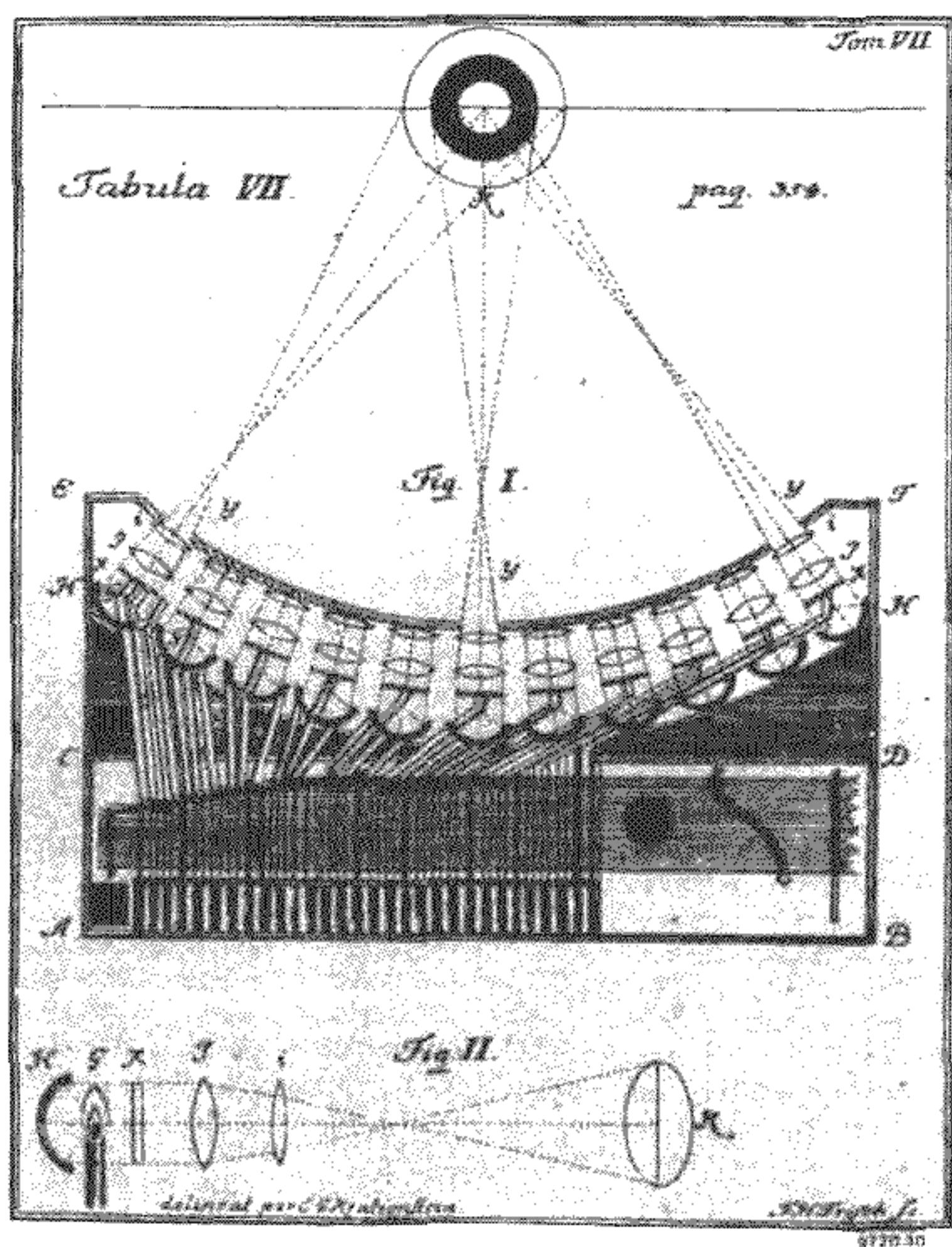


Figure 10. Le précurseur des éclairages 'disco' actuels? Une gravure du 18ème siècle représentant un orgue lumineux.

Phasing

Le description technique de l'action conjointe des modules du synthétiseur ne donne qu'une faible idée de la qualité et de la diversité des sons produits. Ceux-ci ont par essence 'quelque chose' qu'il est très difficile de définir mais que de nombreux musiciens et auditeurs trouvent plein d'attrait. De nombreuses sonorités rappellent celles des instruments de musique traditionnels et il est intéressant d'en examiner la raison. Entre autres causes, il faut mentionner en première place le phasing. A la différence d'un orgue électronique courant, mais de manière analogue à bon nombre d'instruments de musique traditionnels, le synthétiseur se distingue par la production d'effets de phasing puissants, grâce à l'action d'un certain nombre d'oscillateurs. Une note grave d'un piano, par exemple,

n'a pas la sonorité figée et statique de l'orgue électronique, mais elle continue à sonner en évoluant de manière subtile et l'on parle parfois des basses 'roulantes' du piano. Chaque fois qu'une mélodie musicale résulte de l'association de plusieurs sources acoustiques accordées les unes par rapport aux autres dans les limites de perception de l'oreille humaine, apparaissent des battements qui sont la conséquence de désaccords physiques minimes existant entre les sources sonores. C'est ce qu'on appelle l'effet de 'phasing' qui donne de la 'vie' aux sons originaux.

L'importance du phasing est soulignée par un autre exemple qui explique simultanément les difficultés auxquelles est liée la reproduction des sons des instruments à cordes frottées d'un orchestre, par le synthétiseur: la synthèse de ces timbres n'était guère réalisable de façon satisfaisante avec les circuits électroniques disponibles jusqu'à une époque récente.

Le timbre particulier d'un orchestre d'instruments à cordes, le 'chant' des violons, semblait défier toute reproduction par l'électronique; car cette sonorité caractéristique vient en réalité du fait qu'un orchestre à cordes se compose en général d'un bon nombre de violons 'désaccordés' très légèrement