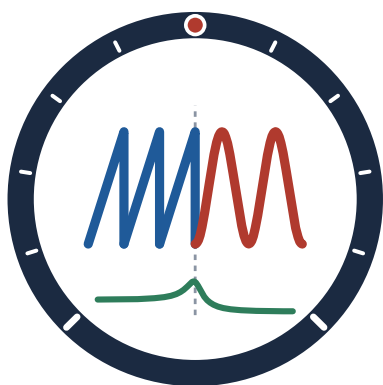




LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE

comprendre et programmer les synthétiseurs analogiques

Première partie – Les composantes de la synthèse analogique

Deuxième partie – Applications : programmer les sons

Exemples sur Roland Jupiter-8, Oberheim Matrix-12, Korg PS-3300 et autres classiques

Applications sur les VST gratuits Surge XT, TAL-NoiseMaker, VCV Rack et FB-3300

Avant-propos

Dans l'esprit du partage

Pour fêter les 20 ans de la première version de mon guide sur la synthèse analogique, publié en 2006 à l'attention des membres du forum français Audiokeys, créé par tri_tonton en 1998, voici la version complète. Elle reprend le contenu de la Partie I avec beaucoup plus de détails et ajoute la Partie II sur les applications pratiques, laquelle était restée à l'état embryonnaire. Ce document est le fruit de nombreuses années à prendre des notes, mettre de côté des idées et rédiger des paragraphes, le tout mené sur mon temps libre, au gré des hauts et des bas de la vie qui ont parfois relégué le projet au second plan.

Plutôt que de céder à une édition classique et fermée, j'ai fait le choix de conserver l'esprit pionnier et généreux des débuts d'Internet : celui d'un savoir libre, accessible et partagé sans barrières.

Si ce guide vous a été utile, qu'il ait éclairé votre pratique ou nourri votre curiosité musicale, et que vous souhaitiez soutenir le maintien et le développement de mes ressources en ligne (notamment à travers le site Kronoscopie), vous avez la possibilité de contribuer librement. Que ce soit pour m'aider à couvrir les frais de structure ou simplement pour m'offrir un café symbolique ☕, votre aide est toujours accueillie avec gratitude. Vous pouvez [cliquer ici pour participer via PayPal](#), ce qui vous permettra d'imprimer ce guide.

Un grand merci par avance pour votre lecture, votre fidélité à travers les années, et votre soutien !

© 2026 François Rossi, modérateur sur



Table des matières

Table des matières.....	2
Table des figures.....	8
PRÉSENTATION.....	12
PREMIÈRE PARTIE – LES COMPOSANTES DE LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE.....	14
INTRODUCTION.....	14
Quelques définitions.....	14
Petit historique de la synthèse analogique.....	16
Présentation de la synthèse analogique.....	17
La tension de commande, langage commun des modules.....	19
Les deux normes de commande de hauteur.....	19
Architecture d'une voix et polyphonie.....	20
COMPOSANTES DE LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE.....	22
Les oscillateurs.....	22
1 – Définitions.....	22
2 – Types d'ondes.....	26
3 – Remarques sur la plage et le réglage des oscillateurs.....	35
4 – Interactions entre oscillateurs.....	36
5 – VCO, DCO et stabilité.....	38
6 – Exemples : les oscillateurs de trois polyphoniques.....	38
Les filtres.....	39
1 – Définitions.....	39
2 – Applications.....	48
3 – Conclusion.....	50
Le générateur d'enveloppe et l'amplificateur.....	52
1 – Le générateur d'enveloppe.....	52
2 – L'amplificateur.....	59
Les modulateurs.....	60
1 – L'oscillateur à basse fréquence.....	60
2 – Autres éléments de modulation.....	64
Conclusion.....	72
DEUXIÈME PARTIE – APPLICATIONS DE LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE.....	74
Chapitre 1 – Méthode de programmation.....	75
1.1 Écouter avant de tourner les boutons.....	75
1.2 Le patch d'initialisation.....	75

1.3 L'ordre de travail.....	76
1.4 Conventions des fiches.....	77
1.5 Traduire une recette d'un instrument à l'autre.....	77
1.6 Les pièges les plus fréquents.....	78
1.7 Suivre les recettes avec les logiciels gratuits.....	78
Chapitre 2 – Les basses.....	82
2.1 La basse synthé classique.....	82
2.2 La sous-basse.....	84
2.3 La basse pincée et la basse funk.....	84
2.4 La basse « acide ».....	85
2.5 La basse synchronisée et les basses agressives.....	88
2.6 La basse « à la Reese » et la basse unisson.....	88
2.7 Les imitations de basses acoustiques et électriques.....	89
Contrebasse pizzicato.....	89
Basse électrique au doigt.....	89
Basse fretless.....	89
Slap.....	89
2.8 La basse de pédalier.....	89
Chapitre 3 – Les cordes.....	91
3.1 Ce qui fait un son de cordes.....	91
3.2 L'ensemble de cordes « string machine ».....	91
3.3 Les cordes polyphoniques « années 80 ».....	93
3.4 Les cordes lyriques à deux couches (à la manière du CS-80).....	95
3.5 Les cordes lentes et le « swell ».....	95
3.6 Les pizzicati.....	96
3.7 Le violon et le violoncelle solistes.....	96
3.8 Trémolos et effets de cordes.....	96
Chapitre 4 – Les cuivres.....	98
4.1 Ce qui fait un son de cuivre.....	98
4.2 La section de cuivres synthétique.....	98
4.3 Les « stabs » et le sforzando-crescendo.....	100
4.4 La trompette solo.....	101
4.5 Trombone, cor et tuba.....	101
4.6 Les saxophones.....	101
4.7 Les cuivres « de film ».....	102
Chapitre 5 – Les bois.....	103
5.1 La flûte traversière.....	103

5.2 La flûte de pan et la flûte « chiff ».....	104
5.3 La clarinette.....	104
5.4 Le hautbois, le cor anglais et le basson.....	105
5.5 Autres instruments à vent.....	105
Chapitre 6 – Les claviers.....	106
6.1 L'orgue à tirettes.....	106
6.2 L'orgue d'église et le positif.....	107
6.3 L'orgue « combo ».....	107
6.4 Le piano électrique.....	107
6.5 Le clavier.....	108
6.6 Le clavecin.....	108
6.7 Le piano acoustique.....	109
6.8 Célesta, boîte à musique et toy piano.....	109
Chapitre 7 – Les cordes pincées et frappées.....	110
7.1 Le « pluck » de base.....	110
7.2 La guitare acoustique.....	111
7.3 La guitare électrique.....	112
7.4 La harpe.....	112
7.5 Le koto, le shamisen et le banjo.....	112
7.6 Le sitar.....	112
7.7 Le cymbalum et le dulcimer.....	113
Chapitre 8 – Les percussions mélodiques.....	114
8.1 Marimba, xylophone et vibraphone.....	114
8.2 Glockenspiel et carillons.....	114
8.3 Les cloches.....	114
8.4 Le gong et le tam-tam.....	117
8.5 Les timbales (timpani).....	117
8.6 Le steel drum.....	118
Chapitre 9 – La batterie électronique.....	119
9.1 Principes.....	119
9.2 La grosse caisse.....	119
9.3 La caisse claire.....	121
9.4 Les toms et les toms électroniques.....	122
9.5 Le charleston.....	122
9.6 Les cymbales.....	122
9.7 Le clap.....	123
9.8 Les autres percussions.....	123

Chapitre 10 – Voix et chœurs.....	125
10.1 Les formants de la voix.....	125
10.2 Le chœur « aah » et « ooh ».....	126
10.3 La « vox humana ».....	127
10.4 Les voix de robot et le vocodeur.....	127
10.5 Le sifflement.....	127
Chapitre 11 – Les sons « de synthétiseur ».....	128
11.1 Les leads (solos).....	128
Le lead classique.....	128
Le lead carré « chiptune ».....	128
Le lead synchronisé.....	128
Le lead sinusoïdal à portamento.....	129
Le lead « Unison ».....	129
11.2 Les nappes (<i>pads</i>).....	129
La nappe chaude.....	130
La nappe PWM.....	130
La nappe à balayage (<i>sweep pad</i>).....	130
La nappe « de verre ».....	130
La nappe évolutive (Matrix-12).....	130
11.3 Les sons polyphoniques percussifs.....	132
11.4 Arpèges et séquences.....	132
11.5 Le « supersaw » analogique et le son « hoover ».....	133
11.6 La basse « wobble ».....	133
11.7 Cloches, verres et sons métalliques mélodiques.....	133
Chapitre 12 – Effets spéciaux et bruitages.....	135
12.1 Les éléments naturels.....	135
Le vent.....	135
Les vagues et le ressac.....	135
La pluie.....	135
Le tonnerre.....	136
Le feu.....	136
Les gouttes d'eau et les bulles.....	136
12.2 Les animaux.....	137
12.3 Les machines et les véhicules.....	138
L'hélicoptère.....	138
L'avion à réaction et le décollage.....	138
Le train à vapeur.....	138

Le moteur.....	138
L'horloge et le tic-tac.....	138
Les sonneries, les téléphones, les signaux.....	139
Les sirènes.....	139
12.4 L'effet Doppler : un véhicule qui passe.....	141
12.5 La science-fiction.....	141
12.6 Les effets de production musicale.....	142
Chapitre 13 – Les sons que seul un synthétiseur peut produire.....	143
13.1 Le filtre comme instrument.....	143
13.2 La synchronisation extrême.....	143
13.3 La modulation à fréquence audio.....	143
13.4 Les timbres inharmoniques jouables.....	144
13.5 L'aléatoire.....	144
13.6 Les drones et les textures évolutives.....	144
13.7 Les sons « impossibles ».....	145
Le son de Shepard.....	145
Le timbre qui se transforme (<i>morphing</i>).....	145
Le microtonal.....	145
La rétroaction.....	145
13.8 Les polyrythmes de modulation.....	146
Chapitre 14 – Trois instruments, trois méthodes.....	147
14.1 Le Roland Jupiter-8 : la puissance par la simplicité.....	147
14.2 L'Oberheim Matrix-12 : la profondeur par la matrice.....	147
14.3 Le Korg PS-3300 : la polyphonie intégrale et le patch.....	148
Chapitre 15 – Du son à la musique.....	149
15.1 L'expression.....	149
15.2 Superposer et partager.....	149
15.3 Les effets externes.....	149
15.4 Le synthétiseur dans le mixage.....	149
15.5 Garder la trace de ses sons.....	150
Chapitre 16 – Recueil de fiches complètes.....	151
16.1 Fiches pour le Roland Jupiter-8.....	151
J1 – Basse ronde « Moog » (voir 2.1).....	151
J2 – Basse synchronisée (voir 2.5).....	151
J3 – Cordes « Jupiter » (voir 3.3).....	152
J4 – Nappe PWM (voir 11.2).....	152
J5 – Cuivres de section (voir 4.2).....	152

J6 – Lead synchronisé « Unison » (voir 11.1).....	153
J7 – Piano électrique « cloche » (voir 6.4).....	153
J8 – Clavinet (voir 6.5).....	153
J9 – Flûte (voir 5.1).....	154
J10 – Hautbois (voir 5.4).....	154
J11 – Grosse caisse (voir 9.2).....	154
J12 – Cloche (voir 8.3).....	155
J13 – Bulles (voir 12.1).....	155
J14 – Sirène deux tons (voir 12.3).....	155
16.2 Fiches pour l'Oberheim Matrix-12.....	156
M1 – Cordes d'ensemble à LFO par voix (voir 3.3).....	156
M2 – Cuivres expressifs (voir 4.2).....	156
M3 – Piano électrique FM (voir 6.4).....	156
M4 – Nappe évolutive (voir 11.2).....	157
M5 – Basse acide (voir 2.4).....	157
M6 – Chœur passe-bande (voir 10.2).....	157
16.3 Fiches pour le Korg PS-3300.....	158
P1 – Ensemble de cordes (voir 3.2).....	158
P2 – Chœur « aah » – « ooh » (voir 10.2).....	158
P3 – Cuivres à formant (voir 4.2).....	158
P4 – Cloches à trois partiels (voir 8.3).....	158
P5 – Vent stéréo (voir 12.1).....	159
P6 – Drone évolutif (voir 13.6).....	159
Conclusion – Le mot de la fin (et de la note).....	160
ANNEXES.....	161
Annexe A – Glossaire bilingue.....	161
Annexe B – Notes, fréquences et conventions de nommage.....	163
Annexe C – Fiches résumées des instruments cités.....	164
Annexe D – Feuille de patch vierge.....	165
Annexe E – Tableau récapitulatif des familles de sons.....	166
Annexe F – Quelques écoutes de référence.....	166
Annexe G – Pour aller plus loin.....	167
Index.....	168

Table des figures

Figure 1 – Onde sinusoïdale (<i>sine</i>).....	14
Figure 2 – Onde carrée (<i>square</i>).....	14
Figure 3 – Onde en triangle (<i>triangle</i>).....	15
Figure 4 – Exemple de feuille de réglages (<i>patchsheet</i>) pour un polyphonique de type Korg Polysix.....	16
Figure 5 – La chaîne de synthèse soustractive. Le signal audio suit le trait plein ; les tensions de commande, en pointillés, viennent du clavier, du LFO et des enveloppes.....	18
Figure 6 – Norme 1 V/octave : la fréquence double à chaque volt ajouté. Les notes C2 à C7 sont repérées en notation scientifique.....	20
Figure 7 – Un cycle d'onde sinusoïdale.....	22
Figure 8 – La même onde, de plus en plus rapide.....	23
Figure 9 – Les six formes d'onde classiques et leur spectre calculé (harmoniques 1 à 20, amplitudes relatives).....	26
Figure 10 – Spectre d'une sine wave vu par un analyseur de spectre (une seule vraie fréquence, la fondamentale).....	27
Figure 11 – Spectre de l'onde en dent de scie.....	27
Figure 12 – Spectre de l'onde carrée.....	28
Figure 13 – Spectre d'une clarinette : les harmoniques 2 et 4 sont quasi absents.....	28
Figure 14 – Schéma des fréquences de l'onde triangle.....	29
Figure 15 – Deux ondes à impulsion et leurs spectres.....	29
Figure 16 – Schémas indiquant l'égalité des composantes mark et space (sur des ondes sinus, triangle, carrée et dent de scie, les aires positive et négative sont égales).....	30
Figure 17 – Schémas indiquant deux variations d'onde à impulsion : rapport mark/space de 0,5 (soit 1:2, rapport cyclique 33 %) à gauche et de 3,0 (soit 3:1, rapport cyclique 75 %) à droite.....	30
Figure 18 – Spectres calculés pour trois rapports cycliques. Les harmoniques marqués d'une croix sont absents.....	31
Figure 19 – Modulation de largeur d'impulsion : un LFO lent fait varier la largeur de l'impulsion au fil du temps.....	31
Figure 20 – Exemple de spectre non reproductible par un seul oscillateur : celui d'un vibraphone, dont les partiels ne sont pas en rapport harmonique et s'éteignent à des vitesses différentes.....	32
Figure 21 – Bruit blanc (<i>white noise</i>).....	33
Figure 22 – Bruit rose (<i>pink noise</i>).....	33
Figure 23 – Bruit brun (<i>brown noise</i>).....	33
Figure 24 – Les « couleurs » de bruit exprimées par leur pente spectrale.....	34
Figure 25 – Synchronisation : l'esclave (en rouge) est remis à zéro à chaque cycle du maître.....	36
Figure 26 – Représentation graphique des filtres.....	40

Figure 27 – Réponse calculée de filtres passe-bas à 1, 2 et 4 pôles, coupés à 1 kHz. Tous passent par -3 dB à la fréquence de coupure, puis s'écartent selon leur pente.....	41
Figure 28 – Comparaison de quatre familles de réponses (Bessel, Butterworth, Chebyshev, elliptique) à nombre de pôles égal.....	42
Figure 29 – Représentation graphique de la résonance d'un filtre passe-bas.....	43
Figure 30 – Représentation graphique de la résonance d'un filtre passe-haut.....	43
Figure 31 – Représentation graphique de la résonance d'un filtre passe-bande.....	43
Figure 32 – Filtre passe-bas passif.....	45
Figure 33 – Filtre passe-bas actif.....	45
Figure 34 – Structure d'un filtre en peigne : un retard D et une rétroaction g, positive pour le Comb+, négative pour le Comb-.....	47
Figure 35 – Réponses calculées d'un filtre en peigne (retard 1 ms, rétroaction $\pm 70\%$).....	47
Figure 36 – Principe du filtre en échelle à transistors du Minimoog (schéma simplifié).....	51
Figure 37 – Section de filtres d'un synthétiseur virtuel analogique de type Access Virus : même sur un instrument numérique, les filtres occupent une place centrale.....	51
Figure 38 – Schéma typique d'un générateur de type ADSR.....	52
Figure 39 – Enveloppe à huit segments du Casio CZ ; R = vitesse (<i>rate</i>), L = niveau (<i>level</i>).....	54
Figure 40 – Schéma d'une enveloppe ADSR d'un son de piano.....	54
Figure 41 – Schéma d'une enveloppe d'orgue.....	55
Figure 42 – Trois profils d'enveloppe typiques. La zone grise correspond à la durée pendant laquelle la touche est enfoncée.....	55
Figure 43 – Exemple d'une enveloppe avec boucle (loop).....	55
Figure 44 – Exemple d'une enveloppe à phase continue (one shot).....	56
Figure 45 – Enveloppe inversée : une très longue attaque, puis un arrêt net.....	56
Figure 46 – Enveloppe dessinée point par point, à la manière de Rhino : un motif rythmique.....	57
Figure 47 – Formes d'onde courantes du LFO.....	61
Figure 48 – Représentation graphique de l'effet du limiteur : la tension de sortie rejoint la tension d'entrée en un temps de montée (<i>rise</i>) et un temps de descente (<i>fall</i> , noté « Low » sur le schéma).....	64
Figure 49 – Sinusoïdes en octaves (orange) et série harmonique complète jusqu'au 8e harmonique (rouge) : seule la seconde tend vers la dent de scie.....	66
Figure 50 – Exemple de signal audio visualisé dans un éditeur.....	68
Figure 51 – Fonctionnement du suiveur d'enveloppe : redressement puis lissage.....	68
Figure 52 – Modulation en anneau de deux sinusoïdes : la sortie ne contient que la somme et la différence des fréquences d'entrée.....	69
Figure 53 – Surge XT : les zones du panneau (patch « Init Saw »).....	79
Figure 54 – TAL-NoiseMaker : les zones du panneau (programme par défaut).....	80
Figure 55 – VCV Rack : une voix soustractive complète (modules Core et Fundamental).....	81
Figure 56 – Surge XT : la basse synthé classique (2.1).....	83
Figure 57 – TAL-NoiseMaker : la basse synthé classique (2.1).....	84

Figure 58 – Son pincé : le filtre se referme bien avant que le volume s'éteigne.....	85
Figure 59 – Surge XT : la basse acide (2.4).....	87
Figure 60 – TAL-NoiseMaker : la basse acide (2.4).....	88
Figure 61 – Répartition d'un ensemble de cordes sur les trois sections du PS-3300 (réglages indicatifs).	92
Figure 62 – FB-3300 : programme d'usine « STR: String Machine », ensemble de cordes réparti sur les trois blocs (3.2).....	93
Figure 63 – Surge XT : cordes polyphoniques « années 80 » (3.3), avec vibrato différé.....	94
Figure 64 – TAL-NoiseMaker : cordes « années 80 » (3.3), vibrato par LFO 1 et chorus.....	95
Figure 65 – Cuivre : la brillance (filtre) jaillit un peu après le volume, puis se calme vers un niveau moyen.....	98
Figure 66 – Surge XT : la section de cuivres synthétique (4.2).....	100
Figure 67 – TAL-NoiseMaker : la section de cuivres (4.2).....	100
Figure 68 – Surge XT : la flûte traversière (5.1), souffle et vibrato différé.....	104
Figure 69 – Surge XT : le pluck de base (7.1).....	111
Figure 70 – TAL-NoiseMaker : le pluck de base (7.1), avec écho synchronisé.....	111
Figure 71 – Surge XT : cloche par modulateur en anneau (8.3).....	116
Figure 72 – TAL-NoiseMaker : cloche par modulateur en anneau (8.3).....	116
Figure 73 – FB-3300 : cloche (8.3), un partiel par bloc (8', 4' transposé, 16'), décroissances de plus en plus courtes vers l'aigu.....	117
Figure 74 – Grosse caisse : une sinusoïde dont la hauteur et le volume décroissent.....	119
Figure 75 – Surge XT : grosse caisse « 808 » (9.2), l'enveloppe de filtre servant d'enveloppe de hauteur.	121
Figure 76 – Caisse claire : un corps accordé et un timbre de bruit, chacun avec son enveloppe.....	121
Figure 77 – Charleston « 808 » : six oscillateurs carrés désaccordés mélangés puis filtrés.....	122
Figure 78 – Clap : plusieurs bouffées de bruit très rapprochées, puis une queue.....	123
Figure 79 – Cloche à vache : deux carrés à 540 et 800 Hz filtrés en passe-bande, avec une enveloppe à deux pentes.....	123
Figure 80 – Formants approximatifs de cinq voyelles (voix d'homme adulte). Les harmoniques de la note chantée (bleu) sont renforcés là où ils croisent un formant.....	125
Figure 81 – FB-3300 : chœur « aah » (10.2), résonateurs réglés sur les formants de la voyelle dans les trois blocs.....	127
Figure 82 – Surge XT : lead synchronisé (11.1), la synchronisation balayée par l'enveloppe.....	129
Figure 83 – Surge XT : la nappe PWM (11.2), LFO 1 vers Width 1.....	131
Figure 84 – TAL-NoiseMaker : la nappe PWM (11.2), LFO 1 vers PW.....	131
Figure 85 – VCV Rack : notes aléatoires quantifiées (11.4 et 13.5).....	133
Figure 86 – Surge XT : le vent (12.1), bruit filtré et deux LFO.....	137
Figure 87 – TAL-NoiseMaker : le vent (12.1), bruit dans un passe-bande modulé par deux LFO.....	137
Figure 88 – Surge XT : la sirène deux tons (12.3).....	140

Figure 89 – TAL-NoiseMaker : la sirène deux tons (12.3).....	140
Figure 90 – Effet Doppler : en passant devant l'auditeur, la source baisse de hauteur, son volume culmine et elle traverse l'image stéréo.....	141
Figure 91 – Son de Shepard : des composantes espacées d'une octave montent ensemble sous une enveloppe spectrale fixe ; celles qui sortent par le haut s'éteignent pendant que d'autres apparaissent par le bas.....	145

PRÉSENTATION

Ce thème revient souvent dans les sujets abordés sur AudioKeys, et il m'a semblé qu'un didacticiel s'imposait pour que ceux qui n'ont qu'une vague idée de la synthèse analogique puissent mieux participer aux discussions.

Le présent document est donc un guide dont le but est de faire, autant que possible, le tour de la question, de la définition des éléments de base jusqu'à l'application qui en est faite, afin que les néophytes en la matière connaissent les bases et sachent s'en servir. En ce qui concerne les exemples, vous pourrez utiliser un instrument VST gratuit (voir plus bas) qui vous permettra de visualiser les exemples fournis et de vous entraîner à recréer d'autres sons. Ainsi, tout le monde pourra suivre.

La terminologie utilisée pour les différentes parties d'un synthétiseur sera en anglais (termes en italique) puisque ces derniers ont quasiment tous une graphie en anglais (OK, sauf les Polivoks et autres synthétiseurs russes) et que certains termes n'ont pas de traduction officielle (par exemple, le terme VCO est rencontré en tant qu'oscillateur commandé en tension ou Oscillateur à Fréquence Commandée ou encore Oscillateur à Fréquence Variable). Néanmoins, tous les termes seront définis et une traduction sera fournie à titre de référence. Un glossaire bilingue complet est fourni en annexe A.

L'intérêt d'un topo sur la synthèse analogique est que, bien souvent, les synthétiseurs numériques se contentent de transposer les techniques mises en place par les synthétiseurs analogiques. De plus, la mode est à la modélisation numérique des synthétiseurs analogiques. Enfin, on ne peut comprendre certaines synthèses compliquées comme la FM (modulation de fréquence) que si l'on connaît déjà les bases de la synthèse analogique. Ce constat est plus vrai que jamais : la quasi-totalité des grands classiques analogiques existe aujourd'hui en émulation logicielle (Arturia, Cherry Audio, Roland Cloud, U-he, Korg Collection...) et beaucoup ont été réédités en matériel (Korg PS-3300 FS, miniKORG 700FS, Sequential Prophet-5 rev. 4, Oberheim OB-X8, Moog Model D, sans parler des nombreux clones Behringer). Savoir lire un panneau de synthétiseur analogique reste donc une compétence de base.

Remarque : de temps à autre, il y aura un encart appelé « le coin du geek » dont le but est de fournir des informations qui ne sont pas essentielles à l'objet de ce didacticiel mais dont la lecture peut intéresser certains à titre anecdotique. Deux autres types d'encarts apparaissent au fil du texte : « Exemple concret », qui montre comment une notion se traduit sur le panneau d'un instrument réel, et « À retenir », qui résume l'essentiel d'une section.

L'ouvrage se lit dans l'ordre. La **première partie** décrit, module par module, le fonctionnement d'un synthétiseur analogique : oscillateurs, filtres, enveloppes, amplificateur et modulateurs. La **deuxième partie** met ces connaissances en pratique : une méthode de programmation, puis des recettes classées par familles de sons, des basses aux effets spéciaux, et enfin un recueil de fiches de réglages complètes pour le Roland Jupiter-8, l'Oberheim Matrix-12 et le Korg PS-3300. Les annexes rassemblent les outils de référence : glossaire bilingue, tableau des notes et des fréquences, fiches des instruments cités, feuille de patch vierge et bibliographie.

Le meilleur moyen de progresser est de reproduire chaque notion au fur et à mesure : l'encart qui suit explique comment installer gratuitement de quoi suivre tous les exemples.

Outils pour la partie pratique : bien démarrer avec les logiciels gratuits

Tous les exemples de ce document peuvent être réalisés avec des logiciels gratuits, disponibles pour Windows et macOS et, pour la plupart, pour Linux. Nul besoin d'acheter un synthétiseur pour commencer : un ordinateur récent, un casque et, idéalement, un petit clavier MIDI suffisent.

Quatre logiciels recommandés

- **Surge XT** (libre et gratuit, surge-synthesizer.github.io) : synthétiseur hybride très complet, avec oscillateurs « classiques », filtres analogiques modélisés, enveloppes ADSR, LFO et matrice de modulation. Il fonctionne aussi en application autonome : c'est le meilleur outil d'apprentissage polyvalent.
- **TAL-NoiseMaker** (gratuit, tal-software.com) : synthétiseur virtuel analogique simple, à l'architecture proche d'un Juno ou d'un Jupiter. Peu de boutons, tous visibles : parfait pour débiter.
- **VCV Rack** (version gratuite, vcvrack.com) : simulation de synthétiseur modulaire, en application autonome. Indispensable pour comprendre les tensions de commande et le patch par câbles.
- **FB-3300** (gratuit, full-bucket.com) : émulation du Korg PS-3300, qui permet de suivre les exemples consacrés à cet instrument.

Application autonome ou plug-in ?

Un synthétiseur logiciel se présente sous deux formes. L'**application autonome** (*standalone*) s'ouvre comme n'importe quel programme. Le **plug-in** ne fonctionne qu'à l'intérieur d'un logiciel hôte, en général une station audionumérique (DAW). Il existe en plusieurs formats : **VST3** (Windows et macOS), **AU** (macOS uniquement) et **CLAP** (format ouvert plus récent). Si vous n'avez pas encore d'hôte, plusieurs sont gratuits : Tracktion Waveform Free (Windows, macOS, Linux), GarageBand (macOS, plug-ins AU), LMMS (libre) ; Reaper peut être essayé gratuitement pendant 60 jours.

Installation en quatre étapes

1. Télécharger le logiciel uniquement depuis le site officiel de son éditeur (adresses ci-dessus), jamais depuis un site de téléchargement tiers.
2. Lancer l'installateur et choisir les formats utiles : VST3 sous Windows, VST3 et AU sous macOS. Les plug-ins sont placés dans les dossiers standard, que tous les hôtes connaissent : C:\Program Files\Common Files\VST3 sous Windows ; /Library/Audio/Plug-Ins/VST3 et .../Components (AU) sous macOS.
3. Dans le logiciel hôte, lancer une nouvelle analyse des plug-ins (« rescan »), créer une piste d'instrument et y charger le synthétiseur.
4. Régler l'audio : sous Windows, choisir le pilote ASIO de l'interface audio (ou ASIO4ALL, gratuit, avec la carte son intégrée) ; sous macOS, Core Audio suffit. Une taille de tampon de 128 ou 256 échantillons offre un bon compromis entre réactivité (latence) et stabilité.

Jouer et écouter

La plupart des claviers MIDI USB sont reconnus sans pilote. À défaut, presque tous les hôtes proposent un clavier virtuel piloté par le clavier de l'ordinateur. Pour juger un son, préférez un casque ou des enceintes de monitoring : les haut-parleurs d'un ordinateur portable ne reproduisent pas le grave et trompent l'oreille sur l'équilibre d'un son.

En cas de problème

Le plug-in n'apparaît pas : mauvais format ou mauvais dossier ; relancez l'analyse des plug-ins. **macOS bloque l'ouverture** : autorisez le logiciel dans Réglages Système, rubrique Confidentialité et sécurité. **Aucun son** : vérifiez que la piste est armée et reçoit bien le clavier MIDI, et que la bonne sortie audio est sélectionnée.

Les recettes de la deuxième partie sont décrites de manière générique (valeurs exprimées en temps, en pourcentage ou en position sur une échelle de 0 à 10), afin d'être transposables sur n'importe lequel de ces outils, comme sur un instrument matériel.

PREMIÈRE PARTIE – LES COMPOSANTES DE LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE

INTRODUCTION

Quelques définitions

Pour répondre à la question « qu'est-ce que la synthèse analogique ? » et « comment puis-je l'appliquer ? », il faut déjà définir le champ de ce que recouvre le terme synthèse analogique.

En fait, on peut dire que la synthèse analogique, c'est le processus de génération d'un son à l'aide de circuits électroniques analogiques. Cette expression recouvre aussi la partie de traitement du son de certaines synthèses numériques. La méthode analogique est éprouvée, relativement simple et elle suit un cheminement logique qui pourra s'appliquer à de nombreuses machines différentes.

Première explication, pourquoi parler de synthèse analogique ou numérique ?

Les synthétiseurs analogiques ont des circuits analogiques qui fonctionnent selon la tension électrique ou voltage en anglais. La tension est variable selon qu'elle passe de composant en composant et, dans le cas qui nous intéresse, elle produit une onde, waveform en anglais, dont la forme est particulière. Cette onde se répète, c'est-à-dire qu'elle revêt la forme d'une courbe qui part de la valeur 0, prend une série de valeurs positives, repasse par le zéro, prend une série de valeurs négatives, repasse par le zéro et recommence ainsi de suite. Voici quelques exemples d'ondes (waveforms) :

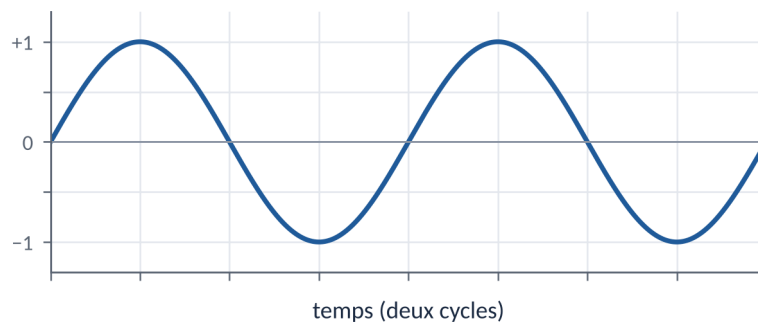


Figure 1 – Onde sinusoïdale (sine)

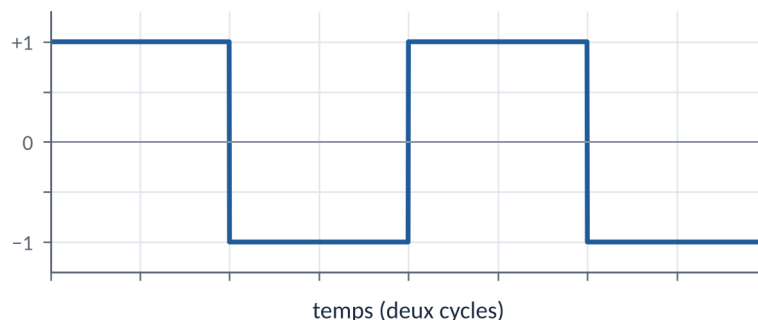


Figure 2 – Onde carrée (square)

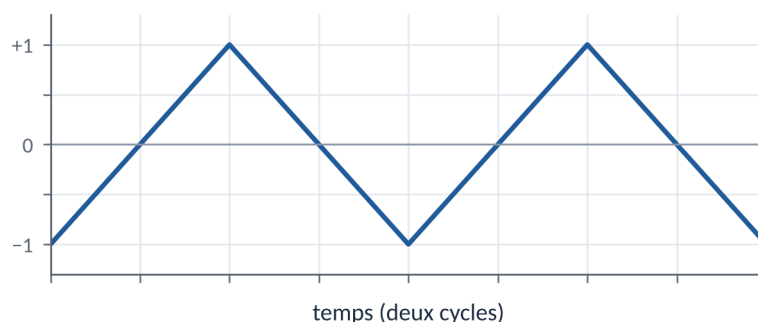


Figure 3 – Onde en triangle (triangle)

Le mot « analogique » vient précisément de là : la tension qui circule dans l'instrument est l'analogue (la copie conforme, à l'échelle électrique) de la variation de pression de l'air que l'on entendra dans le haut-parleur. Elle varie de façon continue, sans palier.

Les composants électroniques, et tout particulièrement les transistors, voient leurs caractéristiques changer avec la température. Or la hauteur produite par un oscillateur analogique dépend directement de ces caractéristiques : quelques degrés de plus à l'intérieur de l'appareil suffisent à faire dériver l'accord de plusieurs cents (centièmes de demi-ton). C'est la raison pour laquelle certains vieux synthétiseurs ont du mal à conserver la justesse de la hauteur tonale (*pitch*) et c'est également la raison pour laquelle il faut laisser chauffer un synthétiseur analogique (de 15 à 30 minutes en général) avant de procéder à son accordage. Le coin du geek « Pourquoi un VCO dérive-t-il ? », plus loin, donne l'explication détaillée.

Dans le cas de la synthèse numérique, il n'y a plus ce problème puisqu'on a une série de 0 et de 1 (système binaire) qui représentent les valeurs prises par les ondes analogiques. A priori, c'est un avantage puisque le synthétiseur numérique pourra ainsi maintenir la justesse de ton quelle que soit la température de ses circuits. Ce n'est pas aussi simple que cela. L'intérêt des synthétiseurs analogiques, c'est qu'ils produisent de petites variations que la précision numérique occulte, or c'est cette précision numérique qui rend le son plus froid, et ces petites variations analogiques qui rendent le son plus chaud. Il faut toutefois nuancer : la « chaleur » analogique tient aussi à d'autres phénomènes que la dérive d'accord, notamment la légère saturation des filtres et des amplificateurs lorsqu'on les pousse, les petites différences de réglage d'une voix à l'autre sur un polyphonique, et le fait que les oscillateurs d'un instrument analogique ne redémarrent pas tous à la même phase à chaque note. D'ailleurs, la tendance actuelle des instruments logiciels qui émulent les synthétiseurs analogiques d'antan est de réintroduire ces variations dans leur émulation afin d'obtenir ce caractère « chaud ». C'est ce que font Arturia, G-Media et les autres. On trouve ainsi dans de nombreuses émulations un réglage explicite de ce « vieillissement » : *Condition* dans le Jupiter-8 de Roland Cloud, *Voice Variation* ou *Slop* chez d'autres éditeurs.

Deuxièmement, le terme synthèse analogique s'applique aussi bien à un système modulaire comme le Roland System-100M (ou son grand frère le System-700) qu'à un synthétiseur semi-modulaire comme le Korg PS-3100, qu'à un synthétiseur de type Roland Jupiter, Oberheim Matrix ou encore Korg Polysix. Quelle est la différence ?

Historiquement, les synthétiseurs sont modulaires. Ils se composent de blocs, tels qu'un bloc oscillateur ou un bloc filtre, que les utilisateurs doivent relier au moyen de câbles à prise jack afin de créer un son. Avec un synthétiseur modulaire, le fait de relier les différents blocs entre eux se dit patch en anglais, d'où le terme de patch pour décrire un son créé avec un synthétiseur. Cela prenait bien sûr du temps, et les musiciens ont pris l'habitude de noter les interconnexions dans un cahier, d'où le terme de *patchsheet* (feuille de connexions), afin de retrouver tout de suite les sons qu'ils avaient mis du temps à programmer. Les fabricants ont alors commencé à commercialiser des synthétiseurs beaucoup plus

portables dont les blocs de génération sonore ont un format fixe et sont entièrement composés de circuits internes câblés (*hardwired*).

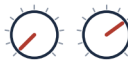
VCO  Octave Forme Larg. PW Vit. PW Sous-osc.					VCF  Coupure Réson. Int. EG Suivi				VCA  Mode Niveau		Programme Nom : cordes lentes Banque / n° : A-12 Clavier : poly Remarques : ouvrir le filtre à la molette
MG (LFO)  Fréquence Délai Niveau			EG  Attaque Décrois. Soutien Relâch.				EFFETS  Mode Vit./Int.				

Figure 4 – Exemple de feuille de réglages (*patchsheet*) pour un polyphonique de type Korg Polysix.

On distingue donc aujourd'hui trois familles :

- **Les modulaires** (Moog modular, Buchla, ARP 2500, Roland System-700 et System-100M, et aujourd'hui l'immense écosystème Eurorack) : aucun module n'est relié à un autre tant que l'on n'a pas posé de câble. La liberté est totale, mais rien ne sonne sans patch.
- **Les semi-modulaires** (ARP 2600, Korg MS-20, Korg PS-3100 et PS-3300, EMS VCS3 avec sa matrice à fiches) : les modules sont précâblés selon un chemin par défaut (on dit qu'ils sont *normalisés*), de sorte que l'instrument sonne sans aucun câble ; mais un panneau de connexions (*patch panel*) permet de casser ce chemin et d'en créer d'autres. Le PS-3300 compte ainsi plus de soixante points de connexion.
- **Les synthétiseurs à architecture fixe** (Minimoog, Prophet-5, Jupiter-8, Juno-106, Polysix...) : le chemin du signal est figé ; seules les quantités sont réglables, avec parfois quelques commutateurs qui offrent des routages alternatifs. Le Minimoog (1970) a été le premier grand succès de cette approche.

Le Matrix-12 occupe une place à part : son chemin audio est fixe, mais ses dizaines de sources de modulation peuvent être connectées à presque n'importe quelle destination par l'intermédiaire d'une matrice logicielle. C'est un « modulaire sans câbles » ; on y reviendra dans la partie consacrée au routage des modulations.

Enfin, notons que la synthèse analogique est soit additive, soit soustractive. La majorité des synthétiseurs analogiques implémentent une synthèse soustractive. On part dans ce cas d'un son riche en harmoniques et on lui retire des composants. Dans le cas de la synthèse additive, on part de composants sonores simples auxquels on rajoute d'autres composants pour obtenir un son composite. Il faut faire attention à ne pas confondre synthèse soustractive avec la méthode de création d'un son qui consiste à rajouter des éléments pour obtenir le patch souhaité. L'orgue Hammond, avec ses tirettes (*drawbars*) qui dosent des sinusoides accordées sur les harmoniques de la note, est l'exemple le plus connu de synthèse additive électromécanique ; les synthétiseurs analogiques purement additifs sont restés rares, car il faut un grand nombre d'oscillateurs parfaitement stables pour obtenir un timbre riche.

Petit historique de la synthèse analogique

Situer les machines dans le temps aide à comprendre pourquoi elles fonctionnent comme elles fonctionnent. Les grandes étapes sont les suivantes.

- **Les précurseurs (1920-1950).** Le thérémine (1920), les ondes Martenot (1928) — instrument français toujours enseigné au conservatoire — et le Trautonium allemand produisent déjà des sons par des circuits électroniques, mais ce ne sont pas encore des synthétiseurs au sens moderne : ils n'ont ni modules séparés, ni tensions de commande.
- **Le studio électronique (1950-1963).** Le RCA Mark II (1957) occupe une pièce entière et se programme par ruban perforé. Les studios de Cologne, Paris (GRM) ou Milan assemblent des générateurs de laboratoire. On compose, on ne joue pas.
- **La commande en tension (1964-1970).** Robert Moog (côte est des États-Unis) et Don Buchla (côte ouest) inventent, indépendamment, l'idée décisive : piloter la fréquence d'un oscillateur, la coupure d'un filtre ou le gain d'un amplificateur par une simple tension électrique. Dès lors, un module peut en commander un autre, et le clavier n'est plus qu'un générateur de tension parmi d'autres. *Switched-On Bach* de Wendy Carlos (1968) fait connaître le Moog modulaire au grand public.
- **La portabilité (1969-1977).** EMS VCS3 au Royaume-Uni (1969), Minimoog (1970), ARP 2600 (1971) et ARP Odyssey (1972), miniKORG 700 (1973), Roland SH-1000 (1973) : le synthétiseur devient un instrument de scène. Il est presque toujours monophonique.
- **La polyphonie (1975-1985).** Les premiers polyphoniques utilisent la technique de l'orgue (division de fréquence : Polymoog en 1975, Korg PS-3100 et PS-3300 en 1977) ou juxtaposent des modules complets (Oberheim Four-Voice et Eight-Voice à base de SEM). Le Yamaha CS-80 (1977) offre huit voix et un toucher expressif. Le Sequential Prophet-5 (1978) introduit la mémorisation complète des sons grâce à un microprocesseur, modèle suivi par l'Oberheim OB-X, le Roland Jupiter-8 (1981), le Juno-60 puis le Juno-106 (1984, oscillateurs à commande numérique), et enfin l'Oberheim Xpander (1984) et le Matrix-12 (1985), sommets de l'analogique programmable.
- **La parenthèse numérique (1983-1995).** Le Yamaha DX7 (1983) et la norme MIDI (1983) changent la donne. L'analogique passe de mode, et les instruments se revendent à bas prix.
- **Le retour (depuis 1995).** Le virtuel analogique (Clavia Nord Lead en 1995, Access Virus en 1997, Roland JP-8000 en 1996) puis les émulations logicielles et enfin les rééditions matérielles redonnent toute sa place à l'analogique, qui est aujourd'hui une technique parmi d'autres, choisie pour son caractère.

Présentation de la synthèse analogique

Pour comprendre comment la synthèse analogique fonctionne, il faut tout d'abord comprendre ce qu'est un son. La définition dont nous avons besoin est simple mais cruciale pour comprendre comment créer le son d'un instrument particulier.

Un son est en fait une série de vibrations (des variations de la pression de l'air qui se propagent jusqu'à notre oreille) et la synthèse consiste à recréer ce son en émulant ses composantes. Pour tout son, nous avons trois éléments constitutifs appelés hauteur tonale (*pitch*), timbre (*tone*) et sonie ou sonance, ou encore intensité (*loudness*). Attention à un faux ami : en français, le mot « tonalité » désigne la gamme dans laquelle un morceau est écrit (do majeur, la mineur...) ; on l'évitera donc pour traduire *tone*, auquel « timbre » correspond exactement. Pitch est le terme musical donné à ce qu'est la fréquence du son, laquelle est mesurée en hertz (Hz) ou cycles par seconde par l'électronique des synthétiseurs. Ainsi le do du milieu du clavier (do3 en notation française, C4 en notation scientifique anglo-saxonne, mais C3 dans certains manuels Yamaha ou Roland) équivaut à 261,63 Hz alors que le do deux octaves au-dessus (do5, ou C6 en notation scientifique) sera 1 046,50 Hz, soit quatre fois plus. L'annexe B détaille ces conventions de nommage, source fréquente de confusion. Le timbre, ou *tone* en anglais, que l'on peut aussi retrouver dans les manuels sous le nom de timbre (*timbre*) ou couleur (*color*), c'est la caractéristique d'un son qui nous permet de le distinguer d'un autre son qui aurait la même hauteur tonale et le même volume, ce qui explique pourquoi une trompette ne ressemble pas à une flûte lorsque

l'on joue la même note. Cette différence est due au contenu harmonique du son, mais aussi à la manière dont ce contenu évolue dans le temps : l'attaque d'un son (les quelques dizaines de millisecondes du début) joue un rôle déterminant dans la reconnaissance d'un instrument. Enfin, la sonie, ou *loudness* en anglais, est l'intensité ou le volume d'un son, ou encore, son amplitude. Cette caractéristique se retrouve en synthèse analogique par l'examen de la manière dont l'amplitude d'un son se développe dans le temps, dont le son démarre et dont il s'arrête. Lorsque l'on examine un son à l'aide d'un oscilloscope, on s'aperçoit que seules deux des trois caractéristiques du son sont directement lisibles, à savoir la fréquence et l'amplitude. Le contenu harmonique du son n'est pas quelque chose que l'on peut deviner facilement en examinant la forme de l'onde. En réalité, la forme d'onde dépend bien du contenu harmonique, mais pas de manière lisible à l'œil : deux ondes de formes très différentes peuvent sonner exactement pareil si seules les phases de leurs harmoniques diffèrent. Pour voir le contenu harmonique, on utilise un analyseur de spectre, qui affiche l'amplitude de chaque fréquence présente.

Une fois le son de base décrypté, et nous y reviendrons plus tard, il faut remarquer que la création d'un son en synthèse analogique passe toujours par les mêmes étapes, trois étapes obligatoires et une étape optionnelle. Avec tous les synthétiseurs analogiques, nous avons le schéma suivant :

Génération de son -> Modélisation de l'onde -> Modélisation de la sonie -> Modulation

En anglais :

Tone generation -> Wave shaping -> Volume shaping -> Modulation

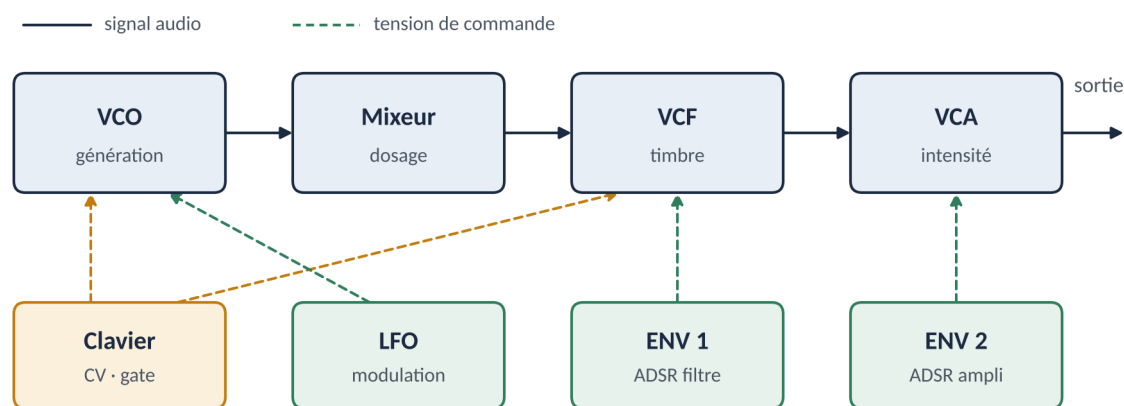


Figure 5 – La chaîne de synthèse soustractive. Le signal audio suit le trait plein ; les tensions de commande, en pointillés, viennent du clavier, du LFO et des enveloppes.

Ce dernier élément, en option, signifie que le son, une fois créé, peut être modifié par voie de filtre, de vibrato, etc. Pour les trois premières étapes, la synthèse analogique suit toujours le même modèle. La *tone generation* s'effectue grâce aux oscillateurs, le *wave shaping* grâce aux filtres, et le *volume shaping* à l'aide des générateurs d'enveloppe (*envelope generators*) qui pilotent l'amplificateur. Parlons rapidement de ces quatre étapes avant de passer à l'examen de l'oscillateur.

Nous savons que l'oscillateur est l'élément qui génère l'onde (le son de base). C'est donc cet élément qui fournit la matière brute à notre synthèse et que nous suivrons à travers son traitement par les circuits du synthétiseur. L'oscillateur détermine la fréquence qui est modifiée par les circuits mais également par notre jeu au clavier.

Le filtre est responsable du *wave shaping* et, comme son nom l'indique, effectue le filtrage de certaines parties de l'onde afin de changer le timbre. Il y a plusieurs types de filtres dont le rôle est de traiter différentes fréquences de l'onde. Il est donc possible grâce à un emploi judicieux des filtres de créer différents types de son à partir de la même onde de base. Les filtres sont également appliqués de façon

dynamique pour modifier le contenu harmonique du son en temps réel, ce que l'on appelle balayage (*sweep*).

Le modelage du volume s'effectue grâce à un générateur d'enveloppe associé à l'amplificateur. Ce dernier permet de définir la vitesse à laquelle le son atteint son volume maximum et la vitesse à laquelle il disparaît. L'enveloppe est un des aspects les plus importants du traitement du son pour obtenir son caractère authentique. C'est le système mis en œuvre par la partie ADSR du synthétiseur que nous aurons l'occasion d'examiner en détail.

Enfin, puisque les sons ne sont jamais statiques, la modulation permet de faire varier la hauteur, le timbre ou le volume d'un son durant sa production. Plusieurs types de modulation sont possibles. Cela peut passer par une lente variation de la fréquence pour produire un vibrato ou encore une variation de la coupure du filtre pour un effet de « wah-wah », une variation du volume pour un trémolo, ou encore l'ajout d'un *ring modulator*.

Voilà pour la théorie de base. Avant de passer à l'examen détaillé des différentes parties de la synthèse analogique, deux notions transversales méritent d'être posées : la tension de commande, et la façon dont un synthétiseur organise ses voix.

La tension de commande, langage commun des modules

Les lettres « VC » de VCO, VCF et VCA signifient *voltage controlled*, commandé en tension. C'est l'idée qui a rendu possible le synthétiseur moderne : chaque paramètre important (la fréquence d'un oscillateur, la coupure d'un filtre, le gain d'un amplificateur) peut être réglé non seulement par un bouton, mais aussi par une tension électrique venue d'ailleurs. Le bouton du panneau ne fait d'ailleurs rien d'autre que produire une tension fixe ; les tensions de commande (*control voltages*, CV) viennent s'y ajouter.

On distingue deux natures de signaux qui circulent dans un synthétiseur :

- **Les signaux audio**, qui oscillent assez vite pour être entendus (de 20 Hz à 20 kHz environ) et qui finiront dans le haut-parleur.
- **Les signaux de commande**, qui varient en général lentement et ne sont pas destinés à être entendus. Ils indiquent à un module ce qu'il doit faire. On en distingue trois sortes :
 - la **CV** proprement dite, tension continue variable qui porte une valeur (hauteur de la note jouée, position d'une molette, sortie d'une enveloppe ou d'un LFO) ;
 - le **gate** (porte), signal à deux états qui vaut « haut » tant que la touche est enfoncée et « bas » dès qu'elle est relâchée ; c'est lui qui dit à l'enveloppe quand démarrer et quand passer au relâchement ;
 - le **trigger** (déclencheur), impulsion très brève émise au moment où la note commence, utilisée pour redéclencher une enveloppe ou faire avancer un séquenceur.

Sur un modulaire, rien n'interdit d'envoyer un signal audio dans une entrée de commande, ou l'inverse : c'est même la source de nombreux sons spectaculaires (modulation à fréquence audio, voir les sections sur la modulation croisée et le modulateur en anneau). La frontière entre les deux est une affaire de vitesse, pas de nature.

Les deux normes de commande de hauteur

Pour qu'un clavier puisse piloter un oscillateur, il faut s'entendre sur la correspondance entre tension et hauteur. Deux normes ont coexisté :

- **1 volt par octave (1 V/oct)**, adoptée par Moog, ARP, Roland, Sequential, Oberheim et l'Eurorack actuel : chaque volt supplémentaire fait monter la note d'une octave, donc chaque demi-ton vaut

1/12 V, soit environ 83,3 mV. La relation entre tension et fréquence est donc exponentielle (voir figure).

- **Hertz par volt (Hz/V)**, utilisée par Korg (MS-10, MS-20) et Yamaha (CS-15, CS-30...) : la fréquence est proportionnelle à la tension ; doubler la tension fait monter d'une octave.

Ces deux normes sont incompatibles : un clavier 1 V/oct qui pilote un MS-20 joue faux. De même, les gates existent en deux variantes : la *V-trigger* (tension positive pendant que la note est tenue : Roland, Sequential, ARP...) et la *S-trigger* (court-circuit vers la masse : Moog, Korg MS). Les convertisseurs MIDI vers CV modernes savent produire toutes ces variantes.

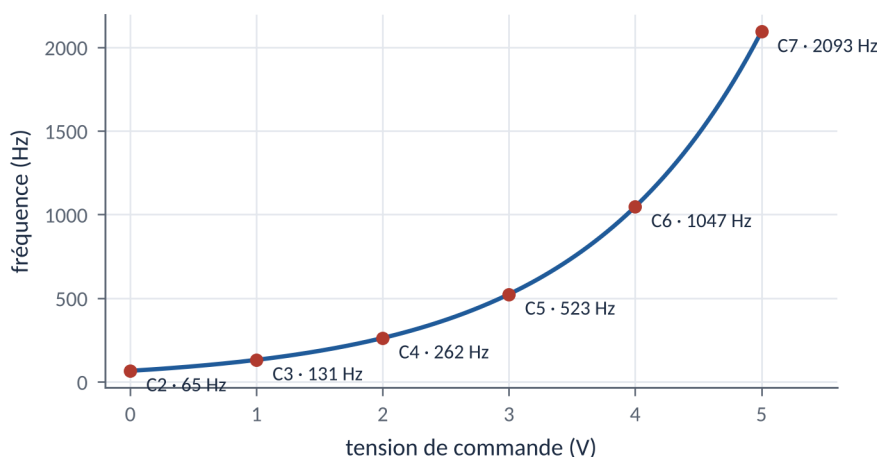


Figure 6 – Norme 1 V/octave : la fréquence double à chaque volt ajouté. Les notes C2 à C7 sont repérées en notation scientifique.

Le coin du geek – Pourquoi un VCO dérive-t-il ?

Pour obtenir la relation exponentielle de la norme 1 V/oct, tous les VCO analogiques utilisent un *convertisseur exponentiel* construit autour d'une paire de transistors. Il exploite une propriété physique du transistor : le courant qui le traverse est une fonction exponentielle de la tension à ses bornes. Malheureusement, cette fonction fait intervenir la température absolue : à 27 °C, il faut environ 18 mV de plus pour doubler le courant, mais cette valeur augmente d'environ 0,33 % par degré. Si le synthétiseur se réchauffe de 10 °C, l'échelle de tous les oscillateurs se contracte de plus de 3 %, et sur un circuit non compensé, une note jouée cinq octaves au-dessus de la note de référence peut se retrouver désaccordée de près de deux demi-tons.

Les concepteurs ont combattu ce problème de trois façons : des résistances spéciales dont la valeur varie avec la température en sens inverse (les *tempco*, utilisées par Moog et ARP), des circuits intégrés intégrant leur propre compensation thermique (le CEM3340 qui équipe le Prophet-5 rev. 3), voire des paires de transistors maintenues à température constante par un petit élément chauffant, et enfin l'accordage automatique par microprocesseur (le bouton *Tune* du Prophet-5 ou la fonction *Compu Tune* du Jupiter-8, qui mesure chaque oscillateur et corrige l'écart). Le Juno-106, lui, contourne le problème en faisant piloter ses oscillateurs par une horloge numérique : ce sont des DCO, dont on reparlera.

Architecture d'une voix et polyphonie

On appelle **voix** l'ensemble des circuits nécessaires pour produire une note : un ou plusieurs oscillateurs, un mixeur, un filtre, un amplificateur et leurs enveloppes. Un synthétiseur **monophonique** possède une seule voix (Minimoog, ARP Odyssey, Korg MS-20, Roland SH-101) : il ne

joue qu'une note à la fois, et une règle de priorité décide quelle note sonne quand plusieurs touches sont enfoncées (la plus basse chez Moog, la plus haute ou la dernière jouée chez d'autres).

Pour jouer plusieurs notes, les constructeurs ont suivi trois voies :

1. **La division de fréquence intégrale** (*divide-down*), héritée de l'orgue électronique. Douze oscillateurs maîtres produisent les douze notes de l'octave la plus aiguë, et des diviseurs de fréquence en tirent toutes les octaves inférieures. Toutes les notes sont donc disponibles en permanence. Les orgues et les string machines (ARP Solina, Elka Rhapsody) s'arrêtent là : un filtre et une enveloppe communs à toutes les notes, ce qui donne un instrument dit *paraphonique*. Le Korg PS-3100 et le PS-3300 vont beaucoup plus loin : chacune des 48 touches dispose de son propre filtre, de son propre amplificateur et de sa propre enveloppe. On parle de polyphonie intégrale : les 48 notes peuvent sonner ensemble et chacune a sa propre vie. Le PS-3300 réunit trois sections complètes de ce type, soit 144 filtres et 144 enveloppes.
2. **L'empilement de voix complètes**, avec un circuit qui assigne chaque nouvelle note à une voix libre (*voice assignment*). C'est la solution de l'Oberheim Four-Voice, du Yamaha CS-80 (8 voix), du Prophet-5 (5 voix), du Jupiter-8 (8 voix) et du Matrix-12 (12 voix). Chaque voix possède ses propres oscillateurs, ce qui autorise les glissandos, les désaccords et la synchronisation par voix, impossibles en division de fréquence.
3. **Les oscillateurs à commande numérique** (DCO, Juno-106, Korg Poly-61) : l'architecture est la même qu'en 2, mais les oscillateurs sont cadencés par une horloge numérique, ce qui les rend parfaitement stables.

Quand une voix est assignée, plusieurs stratégies sont possibles, et elles changent le jeu :

- **Poly avec rotation** : chaque nouvelle note va à la voix suivante, même si la même note vient d'être jouée. Les queues de relâchement se superposent naturellement. C'est le mode *Poly-2* du Jupiter-8 et le mode *Rotate* du Matrix-12.
- **Poly avec réassignation** : une note répétée reprend la même voix, ce qui évite d'empiler plusieurs fois la même note (mode *Poly-1* du Jupiter-8, *Reassign* du Matrix-12). Pour un son de piano électrique, c'est souvent préférable.
- **Unisson** : toutes les voix jouent la même note, légèrement désaccordées entre elles. Le Jupiter-8 en mode *Unison* empile ainsi seize VCO sur une seule note, ce qui donne des basses et des solos énormes.
- **Solo** : l'instrument devient monophonique, souvent avec portamento.

Enfin, beaucoup de polyphoniques permettent de partager le clavier en deux (***split***) ou de superposer deux sons (***dual*** ou ***layer***). Le Jupiter-8 propose les modes *Whole*, *Dual* et *Split*, avec une balance de volume entre les deux parties (*Upper* et *Lower*). Le Matrix-12 est même multitimbral : il peut jouer plusieurs programmes différents sur différentes zones ou canaux MIDI.

Exemple concret – Lire un panneau polyphonique

Sur le Jupiter-8, la partie gauche du panneau (arpégiateur, *Assigner Mode*, *Key Mode*) ne fabrique aucun son : elle organise la distribution des notes vers les huit voix. Tout ce qui se trouve à droite (VCO, mixeur, HPF, VCF, VCA, enveloppes, LFO) décrit une voix type, qui est recopiée à l'identique dans les huit cartes de voix. Sur le PS-3300 au contraire, le panneau montre trois synthétiseurs complets côte à côte (les trois modules PSU-3301), plus un module de mixage et d'utilitaires (PSU-3302) ; chaque réglage s'applique simultanément aux 48 notes de la section concernée.

COMPOSANTES DE LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE

Les oscillateurs

Pour ceux qui démarrent à zéro, prenez le temps de bien comprendre cette partie du didacticiel. C'est en effet l'oscillateur qui détermine le type de son que vous obtiendrez au final.

Le dictionnaire nous dit qu'un oscillateur, c'est un « appareil qui produit des oscillations mécaniques, optiques, acoustiques ou, le plus souvent, électriques, c'est-à-dire des courants alternatifs. » et qui « sert à produire l'oscillation nécessaire au changement de fréquence ».

Les oscillateurs peuvent varier d'un synthétiseur à l'autre. Néanmoins, on retrouve presque toujours trois formes d'onde de base, la dent de scie (*sawtooth*), le carré (*square*) et le triangle (*triangle*) ; la sinusoïde (*sine*), contrairement à ce que l'on pourrait croire, est moins fréquente sur les synthétiseurs analogiques, car les circuits la produisent en général en arrondissant un triangle (le Jupiter-8 la propose sur son VCO-2, le Minimoog ne la propose pas). En sus de ces trois formes, on rencontre souvent deux autres sources, l'onde à impulsion (*pulse*), dont la largeur est réglable, et le générateur de bruit (*noise generator*). Le générateur de bruit peut produire un bruit blanc (*white noise*) ou un bruit rose (*pink noise*) ; la différence entre les deux sera expliquée dans la partie consacrée aux bruits. Précisons qu'un oscillateur ne produit pas une seule onde : sur la plupart des instruments, un même oscillateur offre plusieurs formes d'onde, choisies par un sélecteur (Jupiter-8, Prophet-5) ou disponibles simultanément sur des sorties séparées, que l'on peut mélanger (ARP 2600, Korg PS-3300, Juno-106 avec sa dent de scie, son impulsion et son sous-oscillateur).

Nous allons, dans la partie qui suit, voir les types d'ondes créés par les oscillateurs ainsi que les sons qu'ils permettent de créer. Mais avant cela, il nous faut mentionner certains traits communs à toutes les ondes afin que vous puissiez comprendre les principales différences.

1 - Définitions

a) Cycle (*cycle*), crête (*peak*) et amplitude (*amplitude*)

On définit par cycle une seule instance d'une onde, soit la partie positive et la partie négative de l'onde. Voici un exemple de cycle d'une onde sine.

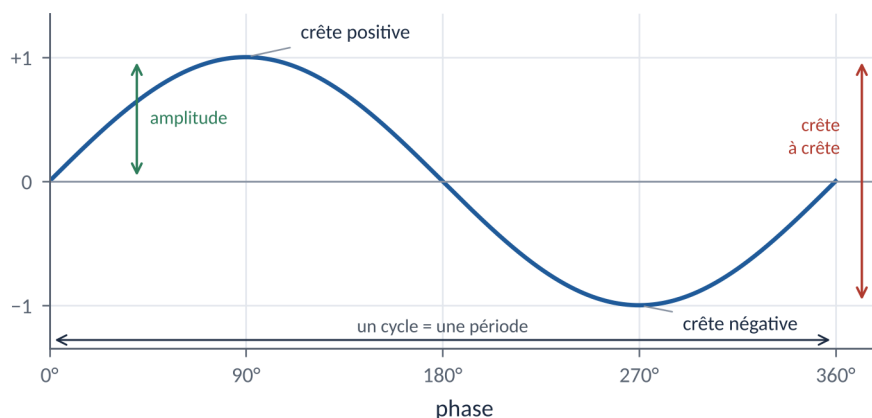


Figure 7 – Un cycle d'onde sinusoïdale

Ce schéma va nous permettre de définir deux autres termes. La partie la plus haute de l'onde et la partie la plus basse de l'onde sont appelées crêtes (*peaks*), tandis que la distance entre la crête positive et la

crête négative (de -1 à $+1$ dans le schéma) est appelée amplitude crête à crête (*peak-to-peak amplitude*). On appelle simplement amplitude la distance entre le zéro et une crête (ici 1). Le terme anglais *width* désigne autre chose : la largeur d'une impulsion (*pulse width*), que nous verrons plus loin ; il ne faut pas le confondre avec l'amplitude. Enfin, la durée d'un cycle s'appelle la période ; elle est l'inverse de la fréquence (une onde à 100 Hz a une période de 10 ms).

Plus l'amplitude de l'onde est importante et plus la sonie de l'onde est élevée ; en d'autres termes, plus son volume est fort. Deuxièmement, plus nous avons de cycles dans une durée de temps donnée, normalement exprimée en secondes (souvent, millisecondes), plus la hauteur (*pitch*) de l'onde est élevée.

Dans le schéma ci-dessous, nous sommes en présence de la même onde exprimée en cycles de plus en plus rapides. Le premier son sera donc beaucoup plus grave et le dernier beaucoup plus aigu, mais leur volume sera similaire.

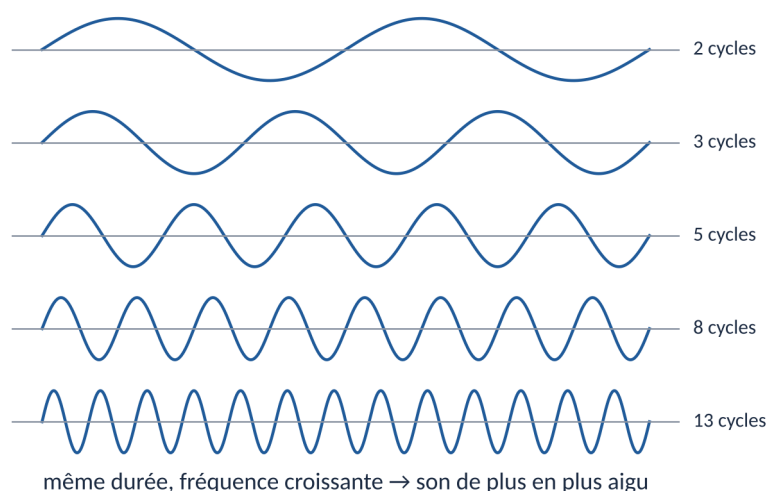


Figure 8 – La même onde, de plus en plus rapide

Notez que pour une amplitude donnée, le volume perçu dépend de la fréquence : notre oreille est la plus sensible entre 1 et 5 kHz environ, et beaucoup moins sensible dans l'extrême grave et l'extrême aigu (courbes d'égale sonie de Fletcher et Munson). Une sinusoïde à 50 Hz paraîtra donc beaucoup plus faible qu'une sinusoïde à 2 kHz de même amplitude. C'est l'une des raisons pour lesquelles les filtres et l'amplificateur de beaucoup de synthétiseurs disposent d'un suivi de clavier, qui corrige le niveau ou la brillance selon la note jouée.

b) Les harmoniques de l'onde

Nous avons vu en introduction que le son est une série de vibrations. La forme la plus simple d'un son est l'onde sine car elle ne vibre qu'à une seule fréquence ; elle produit un son pur et clair. Dans la réalité, les sons que nous entendons se composent de différentes fréquences mélangées.

Par exemple, soufflez dans un tuyau ou pincez une corde. L'air ou la corde vibrent et génèrent des partiels (*overtones*), que l'on appelle également des harmoniques, qui semblent sonner harmonieusement les uns par rapport aux autres. On appelle ces harmoniques des partiels car chacun d'entre eux forme une partie du son. Le vocabulaire mérite d'être précisé : on appelle *partiel* toute composante sinusoïdale d'un son ; on parle d'*harmonique* lorsque la fréquence de ce partiel est un multiple entier exact de la fondamentale. Tous les harmoniques sont des partiels, mais l'inverse n'est pas vrai : un tuyau métallique frappé, une cloche ou un gong produisent surtout des partiels *inharmoniques*, ce qui leur donne leur caractère métallique. Quant au mot anglais *overtone* (harmonique supérieur), il compte à partir du premier partiel au-dessus de la fondamentale : le

premier overtone est donc le deuxième harmonique. Le partiel le plus grave est généralement celui qui détermine notre perception de la hauteur du son. Cette fréquence la plus basse est appelée fondamentale (*fundamental*) ou première harmonique (*first harmonic*). Elle a souvent le volume le plus fort, mais pas toujours : dans un son de hautbois ou de basson, certains harmoniques supérieurs sont plus puissants que la fondamentale. Notre cerveau est d'ailleurs capable de reconstituer une fondamentale absente à partir de ses harmoniques (c'est ainsi qu'on entend la note d'une basse sur un petit haut-parleur de téléphone qui ne reproduit pas les fréquences graves).

En sus de la fondamentale, nous avons donc d'autres partiels, de fréquence plus élevée et le plus souvent d'amplitude moins élevée. Vous avez donc tout de suite réagi en pensant « hauteur plus aiguë et volume moins fort », et vous avez eu raison ! Ce sont ces autres partiels qui déterminent la couleur du son, son timbre. Lorsque l'on modifie ces partiels, on modifie le timbre du son, ce que nous verrons plus loin.

Pour terminer l'examen des harmoniques, il faut mentionner le fait qu'il y a une relation mathématique entre la fréquence de la fondamentale et celle des autres partiels. Cette relation mathématique est simple. Par exemple, la troisième harmonique est trois fois la fréquence de la fondamentale ; la sixième harmonique est six fois la fréquence de la fondamentale, etc. Donc si la fondamentale a une fréquence de 200 Hz, sa troisième harmonique sera 600 Hz et sa sixième harmonique sera 1 200 Hz ou 1,2 kHz.

Il est utile de connaître les intervalles musicaux que forment les premiers harmoniques avec la fondamentale, car ils expliquent pourquoi certains réglages d'oscillateurs « sonnent » et d'autres non :

Harmonique	Fréquence (fondamentale do à 100 Hz)	Intervalle par rapport à la fondamentale	Équivalent en jeu d'orgue
1	100 Hz	unisson	8'
2	200 Hz	octave	4'
3	300 Hz	octave + quinte	2 2/3'
4	400 Hz	deux octaves	2'
5	500 Hz	deux octaves + tierce majeure (un peu basse)	1 3/5'
6	600 Hz	deux octaves + quinte	1 1/3'
7	700 Hz	deux octaves + septième mineure (nettement basse)	1 1/7'
8	800 Hz	trois octaves	1'

Accorder un second oscillateur une quinte au-dessus du premier (7 demi-tons sur le Jupiter-8, avec le réglage *Sub Range* de VCO-2 dans les versions logicielles, ou à l'oreille avec le réglage d'accord) revient donc à renforcer artificiellement le troisième harmonique ; c'est un procédé classique pour les sons de cuivres et les leads « épais ».

Notons que chaque onde possède ses propres caractéristiques de hauteur tonale et de sonie, et qu'il y a une variété infinie d'ondes. Notons également que plus une onde possède de fréquences, plus son timbre sera riche et complexe.

Le coin du geek – Mathématiques et fréquences des sons

L'étude mathématique des sons est une affaire franco-suisse. En effet, ce sont le Suisse Daniel Bernoulli (1700 – 1782) et le Français Joseph Fourier (1768 – 1830) dont les travaux forment la base de l'analyse harmonique actuelle. Leur point commun est d'avoir travaillé sur des applications non musicales qui auront trouvé par la suite une application musicale grâce aux méthodes mathématiques qu'ils auront développées.

Bernoulli est connu pour ses travaux sur la mécanique des fluides et le phénomène physique de « corde vibrante ». Pour résoudre les problèmes de l'élasticité et des marées, il s'intéressa aux « séries » et développa des outils nouveaux, dont le plus important, pour le sujet qui nous préoccupe, est la décomposition en série trigonométrique.

Fourier utilisa cette décomposition avec l'idée d'en faire un outil systématique. Dans son ouvrage sur la théorie de la chaleur (*Théorie analytique de la chaleur*, 1822), il se servit de deux méthodes qui devinrent « série » de Fourier et « transformée » de Fourier, sur lesquelles repose la base de l'analyse harmonique, mais également de nombreuses autres applications en physique grâce aux techniques d'analyse spectrale.

Les séries de Fourier visent à décomposer une fonction périodique comme « somme infinie de fonctions trigonométriques » de fréquences multiples d'une fréquence fondamentale. Dans un premier temps, on procède à l'analyse du « contenu en fréquences », appelé spectre, de la fonction. Puis, suivant les hypothèses faites sur la fonction et le cadre d'analyse choisi, on peut disposer de théorèmes permettant de recomposer. Ici, qui dit recombinaison dit recréation de son par voie mathématique !

La transformation de Fourier généralise la théorie des séries de Fourier aux fonctions non périodiques, et permet de leur associer également un spectre en fréquences. On cherche alors à décomposer une fonction quelconque en « somme infinie de fonctions trigonométriques » de toutes fréquences. Une telle sommation se présentera donc sous forme d'intégrale.

Dans le domaine musical, on parle donc de synthèse de Fourier comme étant la synthèse sonore par reconstruction d'un signal à partir de son spectre fréquentiel, et cette méthode a longtemps été la base des analyses permettant de recréer des sons particuliers. Elle n'a jamais été abandonnée : sous la forme de la transformée de Fourier rapide (FFT, 1965) appliquée à de courtes fenêtres de temps successives, elle est au cœur de tous les analyseurs de spectre, des vocodeurs de phase, de la resynthèse et des techniques de modélisation spectrale. La transformée en ondelettes est un outil d'analyse distinct, utile pour les sons très transitoires. Quant à la synthèse granulaire (granular synthesis, imaginée par Dennis Gabor et Iannis Xenakis, puis développée par Curtis Roads), elle n'a rien à voir avec les ondelettes : elle consiste à assembler des milliers de très courts fragments sonores, les grains, pour former des textures.

2 - Types d'ondes

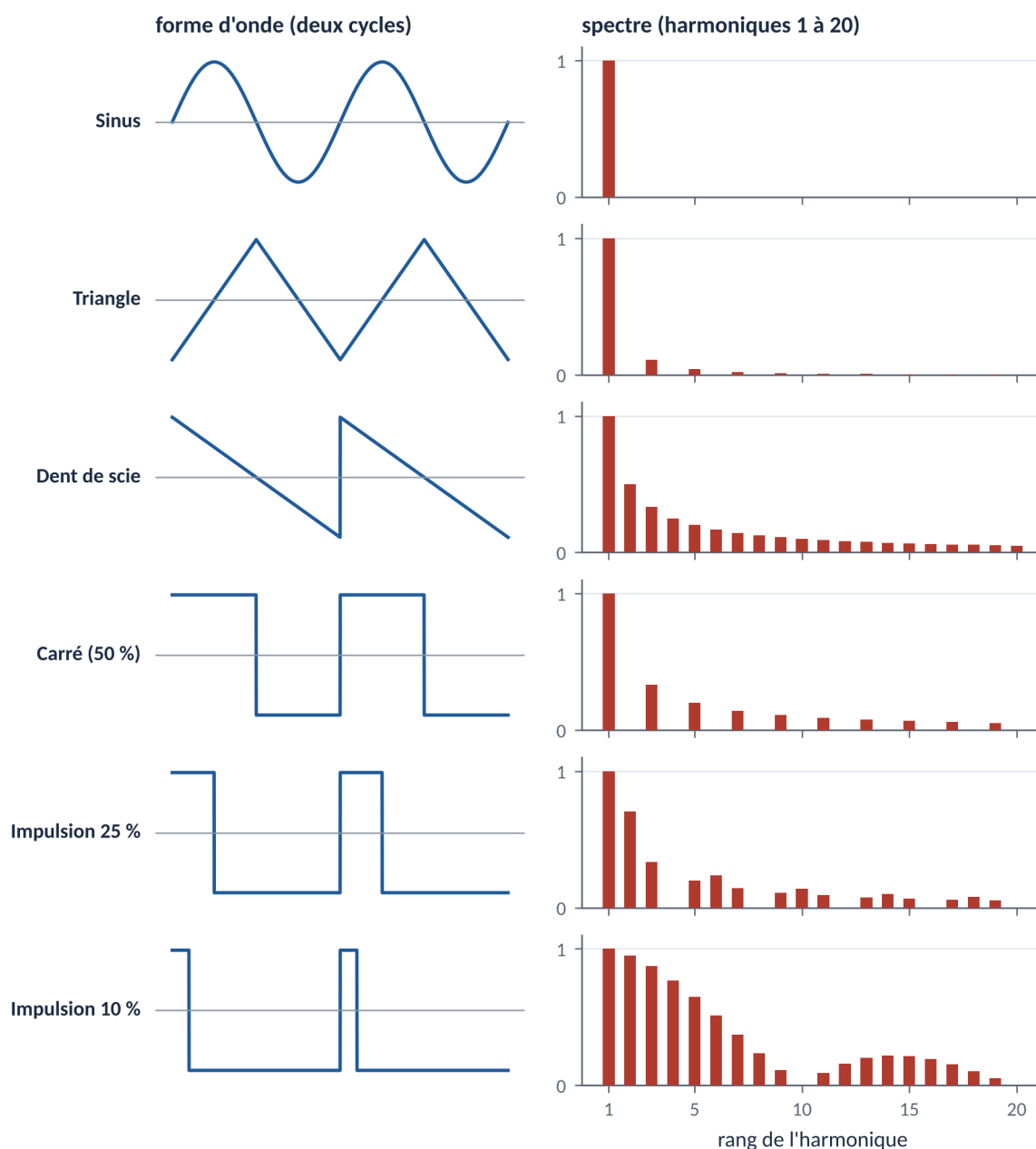


Figure 9 – Les six formes d'onde classiques et leur spectre calculé (harmoniques 1 à 20, amplitudes relatives).

a) Sine waves

Les ondes sine sont donc les ondes les plus simples puisqu'elles ne possèdent qu'une seule fréquence, leur fondamentale. Cette onde est souvent utilisée en tant que point de départ des sons d'orgue et de flûte. On l'utilise également pour générer un test de hauteur tonale pour régler tous les autres instruments ainsi qu'un test d'étalonnage du matériel audio (vous rappelez-vous des cartes de test à la télé à une époque où la télé s'arrêtait de transmettre dans la nuit ? Le son était bien une onde sine).

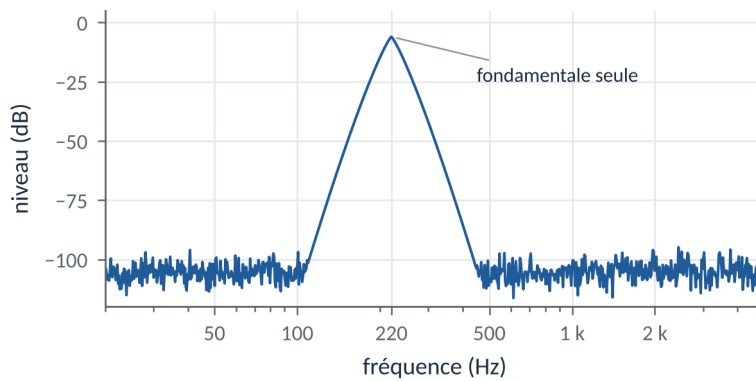


Figure 10 – Spectre d'une sine wave vu par un analyseur de spectre (une seule vraie fréquence, la fondamentale)

Lorsque l'on fait de la synthèse additive, on crée une onde en additionnant des ondes sine de différentes fréquences et amplitudes.

En synthèse soustractive, la sinusoïde sert surtout de renfort : un oscillateur sinus accordé une octave sous l'oscillateur principal donne du poids à une basse sans en changer le caractère ; seule, elle est la base des grosses caisses électroniques (la TR-808 de Roland produit sa grosse caisse avec un circuit résonant qui sonne comme une sinusoïde amortie). Lorsqu'un synthétiseur n'en propose pas, on l'obtient en filtrant fortement un triangle avec un passe-bas, ou en faisant auto-osciller le filtre (voir la partie sur la résonance).

b) Sawtooth waves

Les ondes en dent de scie (voir le schéma ci-après) sont les ondes les plus communément rencontrées sur les synthétiseurs analogiques. La caractéristique principale de l'onde sawtooth est qu'elle se définit comme contenant chaque harmonique avec une amplitude inversement proportionnelle à son rang. Cela veut dire quoi ? Tout simplement que la seconde harmonique possède une amplitude qui est la moitié de celle de la fondamentale, la troisième harmonique possède une amplitude qui est trois fois moindre que celle de la fondamentale, la cinquième harmonique possède une amplitude qui est cinq fois moindre que celle de la fondamentale, etc.

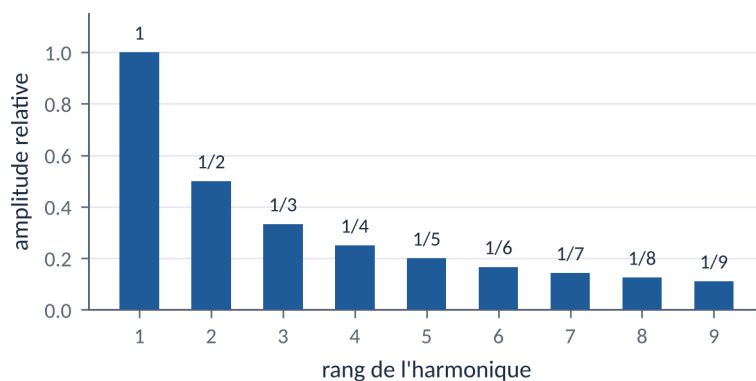


Figure 11 – Spectre de l'onde en dent de scie

Les ondes en dent de scie sont très riches en harmoniques. On les utilise comme onde de base pour créer des sons de cuivre, de corde, de guitare et quelques sons de bois.

On rencontre deux orientations de la dent de scie : la rampe montante (qui monte lentement puis chute brusquement) et la rampe descendante (l'inverse). À l'oreille, elles sont identiques, puisque leurs spectres ont les mêmes amplitudes ; la différence n'apparaît que lorsqu'on les utilise comme sources de modulation, ou quand on mélange deux oscillateurs. C'est la forme d'onde reine des synthétiseurs.

polyphoniques : les cordes du Jupiter-8, les cuivres de l'Oberheim OB-Xa (*Jump* de Van Halen) et la plupart des nappes du Matrix-12 partent d'elle.

Une variante proche est l'onde « sharktooth » (dent de requin) du Minimoog, mélange de triangle et de dent de scie, plus douce que cette dernière.

c) Square waves

Les ondes carrées ne contiennent que les harmoniques impairs de l'onde en dent de scie ; ceux-ci ont les mêmes amplitudes relatives que dans la dent de scie ($1/3$, $1/5$, $1/7$...), alors que tous les harmoniques pairs (2, 4, 6...) sont absents.

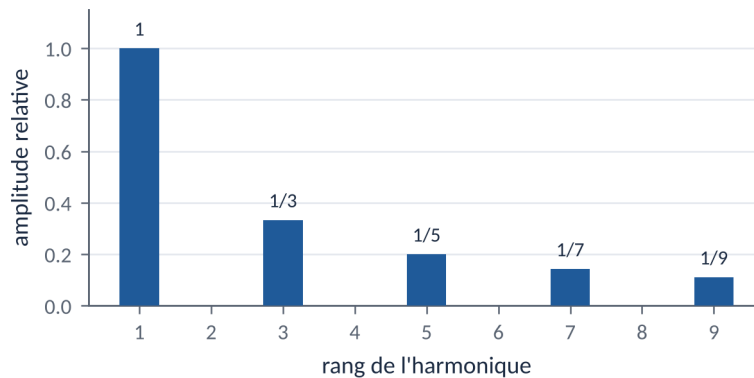


Figure 12 – Spectre de l'onde carrée

Ces ondes produisent un son plus « creux » qui sera parfait pour recréer certains sons, tels que celui de la clarinette. Regardez l'analyse des fréquences d'une clarinette à l'analyseur de spectre, on voit bien la corrélation avec les ondes carrées. Cette ressemblance vaut surtout pour le registre grave de la clarinette (le chalumeau) : dans le registre aigu, les harmoniques pairs réapparaissent. Notez au passage que le genre du mot « harmonique » est flottant en français : l'usage courant dit « une harmonique », les acousticiens disent plutôt « un harmonique » ; les deux formes se rencontrent dans ce texte.

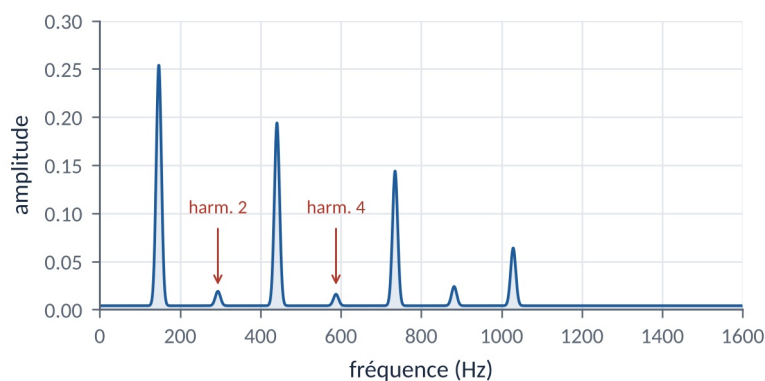


Figure 13 – Spectre d'une clarinette : les harmoniques 2 et 4 sont quasi absents

d) Triangle waves

Les ondes triangles sont également composées d'harmoniques impairs, mais d'amplitudes beaucoup plus basses. Le rapport mathématique ici est celui du carré du rang de l'harmonique. Cela veut dire que la troisième harmonique équivaut à $1/9$ de l'amplitude de la fondamentale (soit $3^2 = 9$), la cinquième harmonique sera $1/25$ de la fondamentale, la onzième harmonique sera $1/121$ de la fondamentale, etc.

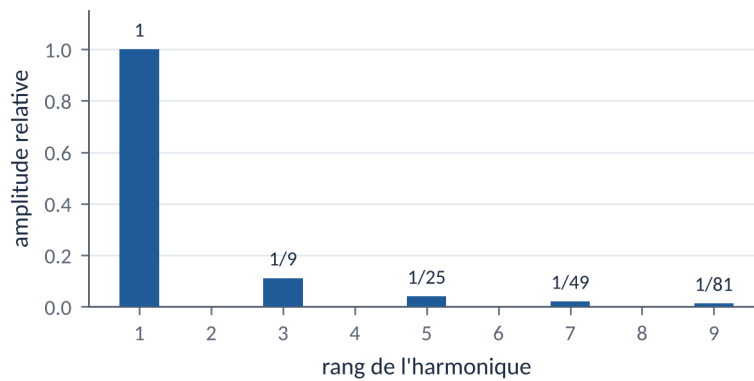


Figure 14 – Schéma des fréquences de l'onde triangle

Vous vous apercevez que l'onde triangle possède des harmoniques mais qu'elles sont de faible amplitude, peu dominantes dans le son. En partant d'une onde triangle, vous obtiendrez un son assez « moelleux », proche de celui de l'onde sine. C'est la forme idéale pour les flûtes, les ocarinas, les sifflements et les basses rondes ; c'est aussi la forme de LFO la plus utilisée, car elle varie de façon régulière et sans à-coups.

e) Pulse waves

L'onde à impulsion est également très courante sur les synthétiseurs analogiques. C'est une onde qui va beaucoup nous servir lorsque l'on passera à la partie pratique. L'onde carrée n'est en fait qu'un cas particulier de l'onde à impulsion : celui où la partie haute et la partie basse ont exactement la même durée. Dès que l'on rend l'impulsion plus étroite ou plus large, le spectre change : des harmoniques pairs apparaissent, et certains harmoniques disparaissent selon une règle simple que nous allons voir.

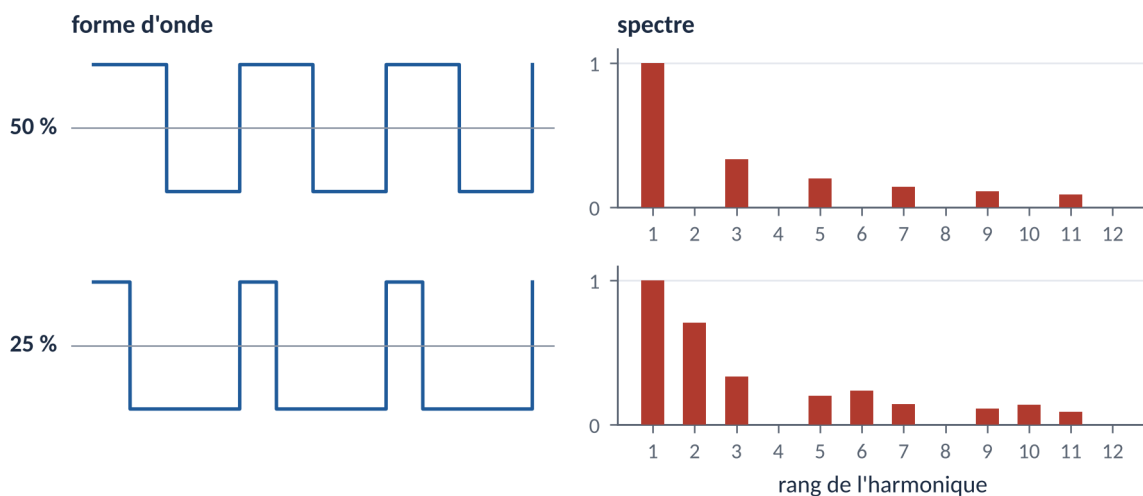


Figure 15 – Deux ondes à impulsion et leurs spectres

Néanmoins, la grande différence est que si l'onde carrée est fixe, la pulse wave est variable, d'où le schéma ci-dessus qui indique deux variations possibles.

Les synthétiseurs analogiques ont des commandes qui permettent de faire varier l'onde à impulsion. Soit on retrouve le terme de largeur (*width*, ou *pulse width*), soit on trouve sur les vieux synthétiseurs les termes de mark et de space, qui correspondent à la partie haute de l'onde (*mark*) et à sa partie basse (*space*). Les commandes du synthétiseur qui font varier la pulse wave sont donc appelées mark/space ratio ou pulse width. Ce contrôleur de variation permet en fait de modifier le contenu harmonique de l'onde à impulsion. En français, on parle de largeur d'impulsion ou de rapport cyclique (*duty cycle*) :

c'est la fraction du cycle pendant laquelle l'onde est en position haute, souvent exprimée en pourcentage.

Puisque l'onde à impulsion est variable, voyons comment elle peut varier.

Deux façons d'exprimer la même chose cohabitent dans les manuels, et il est facile de les confondre. Fixons-les une fois pour toutes :

- le **rapport mark/space** (*mark:space*) compare la durée haute à la durée basse. Pour l'onde carrée, les deux sont égales : le rapport est 1:1. Un rapport de 1:2 signifie que la partie haute dure deux fois moins longtemps que la partie basse ; un rapport de 3:1, qu'elle dure trois fois plus longtemps ;
- le **rapport cyclique** compare la durée haute à la durée totale du cycle. Pour l'onde carrée, il vaut 1/2, soit 50 %. Un rapport mark/space de 1:2 correspond à un rapport cyclique de 1/3 (33 %) ; un rapport mark/space de 3:1 correspond à un rapport cyclique de 3/4 (75 %).

La conversion est simple : $\text{rapport cyclique} = \text{mark} / (\text{mark} + \text{space})$. Sur les panneaux modernes, c'est presque toujours le rapport cyclique qui est indiqué, en pourcentage ou par une graduation allant de 50 % (carré) à une valeur proche de 0 % ou de 100 %.

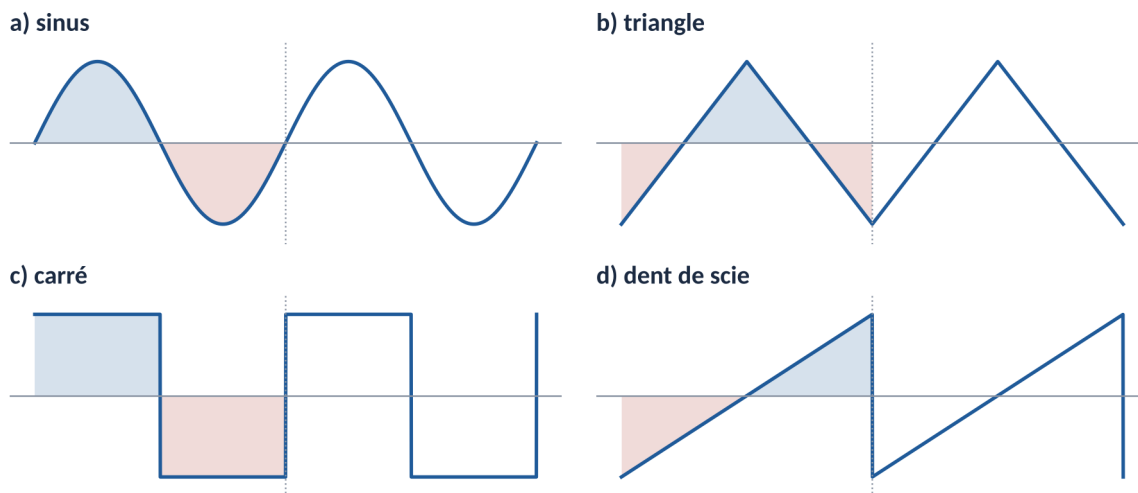


Figure 16 – Schémas indiquant l'égalité des composantes mark et space (sur des ondes sinus, triangle, carrée et dent de scie, les aires positive et négative sont égales)

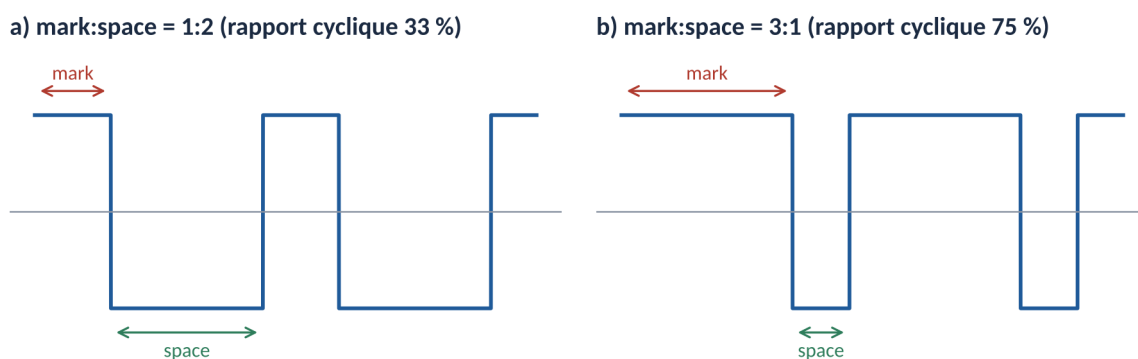


Figure 17 – Schémas indiquant deux variations d'onde à impulsion : rapport mark/space de 0,5 (soit 1:2, rapport cyclique 33 %) à gauche et de 3,0 (soit 3:1, rapport cyclique 75 %) à droite

En application des schémas ci-dessus, l'onde de gauche correspond à un rapport mark/space de 1:2 (valeur *mark* inférieure à *space*), et celle de droite comme un rapport de 3:1 (valeur *mark* supérieure à *space*).

Une autre caractéristique de l'onde à impulsion est que certains harmoniques disparaissent complètement. La règle est la suivante : si l'impulsion occupe $1/n$ du cycle, tous les harmoniques dont le rang est un multiple de n sont absents. Ainsi :

- rapport cyclique $1/2$ (carré, *mark:space* 1:1) : les harmoniques 2, 4, 6, 8... sont absents ;
- rapport cyclique $1/3$ (*mark:space* 1:2) : les harmoniques 3, 6, 9, 12... sont absents ;
- rapport cyclique $1/4$ (*mark:space* 1:3) : les harmoniques 4, 8, 12, 16... sont absents ;
- rapport cyclique $1/10$: seuls les harmoniques 10, 20, 30... sont absents, et le spectre ressemble à celui d'une dent de scie très brillante, mais avec une fondamentale affaiblie.

Autre propriété utile : une impulsion de 25 % et une impulsion de 75 % sonnent exactement pareil, puisque l'une est l'inverse de l'autre. C'est pourquoi la plupart des synthétiseurs ne proposent qu'une course de 50 % à environ 5 % ou 95 %. Sur le Jupiter-8, le réglage *PW* de VCO-1 et VCO-2 part du carré (réglage à zéro) et rétrécit progressivement l'impulsion.

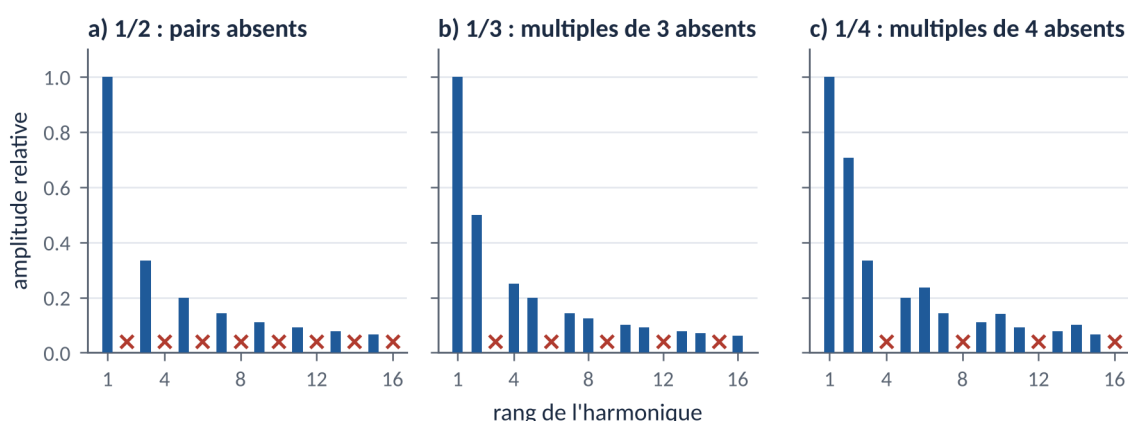


Figure 18 – Spectres calculés pour trois rapports cycliques. Les harmoniques marqués d'une croix sont absents.

Dans la pratique de notre synthèse analogique, on s'aperçoit que plus l'impulsion devient étroite, plus le son devient nasal et fin, donc parfait pour un hautbois, un clavecin, un clavier et certains autres instruments à cordes pincées ou certains cuivres joués avec sourdine.

Mais c'est surtout la modulation de la largeur d'impulsion (PWM, *pulse width modulation*) qui fait de cette onde un pilier de la synthèse analogique. Lorsqu'un LFO lent fait varier la largeur en permanence, le spectre se modifie sans cesse et l'oreille perçoit un mouvement très semblable à celui de deux oscillateurs légèrement désaccordés : un effet de chorus naturel, obtenu avec un seul oscillateur. C'est le son des nappes du Juno-106 et de nombreuses cordes analogiques. Nous y reviendrons dans la partie consacrée au LFO.

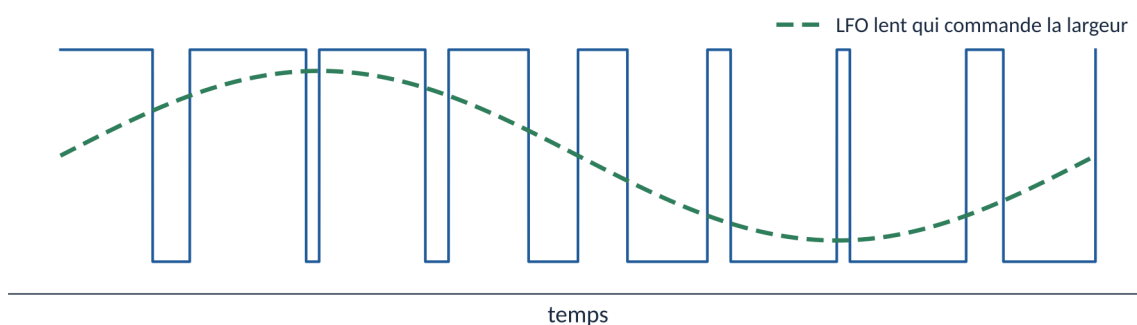


Figure 19 – Modulation de largeur d'impulsion : un LFO lent fait varier la largeur de l'impulsion au fil du temps.

Exemple concret – La PWM sur trois instruments

Sur le **Jupiter-8**, la section *VCO Modulator* comporte un réglage *PWM* et un sélecteur de source à trois positions : *LFO* (variation cyclique), *Manual* (la largeur reste fixe à la valeur du bouton) et *ENV-1* (la largeur suit la première enveloppe, ce qui fait évoluer le timbre au cours de chaque note). Sur le **PS-3300**, chaque section possède un réglage de largeur et de modulation de largeur alimenté par l'un de ses générateurs de modulation (MG) ; comme chaque section peut avoir son propre réglage, on obtient facilement trois couches d'impulsions modulées à des vitesses différentes, base des célèbres nappes de cet instrument. Sur le **Matrix-12**, la largeur d'impulsion de chaque VCO est une destination de la matrice de modulation : on peut la piloter par n'importe lequel des cinq LFO, des cinq enveloppes, par la vitesse ou même par un générateur de suivi (*tracking generator*), de sorte que la largeur change selon la note jouée.

f) Les partiels que l'oscillateur ne peut pas produire

Il existe d'autres partiels qui ne se rencontrent pas sur des synthétiseurs analogiques standard, et particulièrement ceux que l'on peut qualifier de métalliques. Pourquoi ? Tout simplement parce que ces partiels ne sont pas des multiples entiers de la fondamentale : ils tombent « entre » les harmoniques. Or un oscillateur produit une forme d'onde qui se répète identique à elle-même ; et, d'après Fourier, toute onde qui se répète ne contient que des harmoniques exacts. Un oscillateur seul, quelle que soit sa forme d'onde, est donc incapable de produire des partiels inharmoniques.

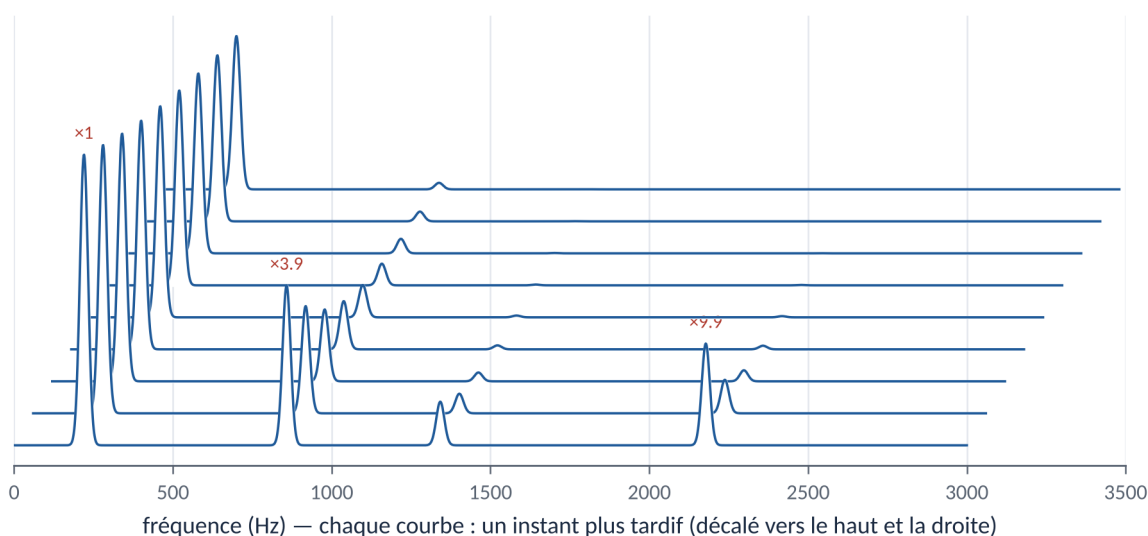


Figure 20 – Exemple de spectre non reproductible par un seul oscillateur : celui d'un vibrapone, dont les partiels ne sont pas en rapport harmonique et s'éteignent à des vitesses différentes.

Ceci ne veut pas dire qu'il soit impossible de recréer un son de vibrapone avec un synthétiseur analogique, mais il faudra pour cela passer par des artifices, soit moduler un oscillateur avec un autre, soit combiner plusieurs ondes accordées selon des rapports non entiers. Cela dit, pour recréer des sons métalliques, l'idéal reste la FM, même si le ring modulator est utile. Nous reviendrons sur le modulateur en anneau, ainsi que sur la modulation croisée (*cross modulation*) du Jupiter-8 et la modulation FM du Matrix-12, qui sont justement les « artifices » en question.

g) Les bruits

Pour en terminer avec les ondes, parlons des générateurs de bruit. Nous avons déjà dit qu'en synthèse analogique, il existait deux types de bruit, le bruit blanc et le bruit rose. Pour être complet, il faut rajouter le bruit brun, brown noise, plus rarement proposé, car il est très sourd et manque de présence ;

l'ARP 2600 permet toutefois de passer continûment du bruit blanc au bruit rose puis à un bruit « basse fréquence » proche du bruit brun, très utile comme source de modulation aléatoire et lente. Regardez les illustrations suivantes :

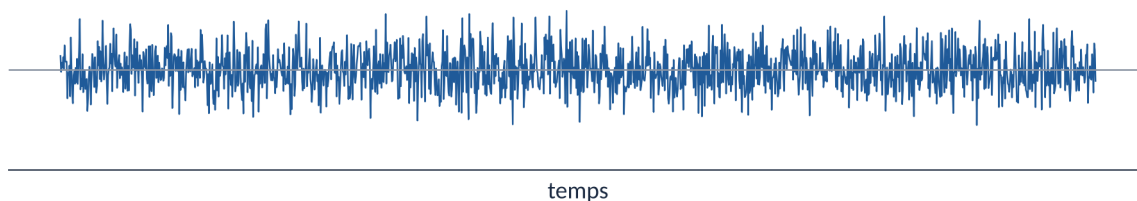


Figure 21 – Bruit blanc (white noise).

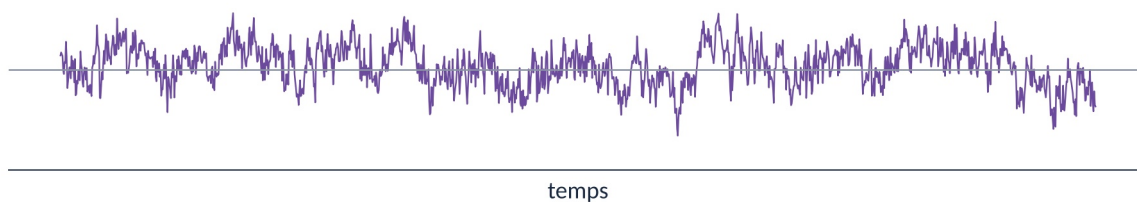


Figure 22 – Bruit rose (pink noise).

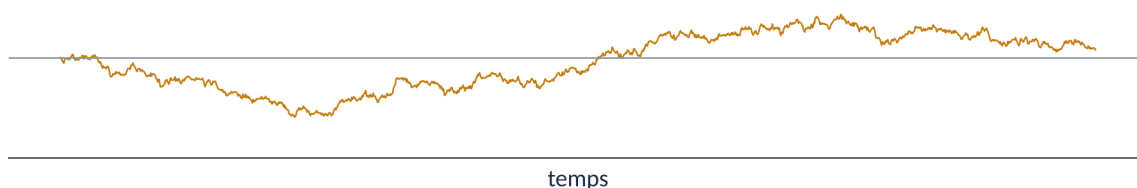


Figure 23 – Bruit brun (brown noise).

L'onde la plus courante est celle du bruit blanc car elle contient toutes les fréquences audio avec la même énergie par hertz : il y a autant d'énergie entre 100 et 200 Hz qu'entre 10 000 et 100 000 Hz. Comme une octave aiguë (de 10 à 20 kHz) contient beaucoup plus de hertz qu'une octave grave (de 100 à 200 Hz), le bruit blanc paraît à l'oreille très chargé en aigus, comme un souffle sifflant. Imaginez un vieux poste de radio : le bruit que vous entendez lorsque vous tournez la molette de réglage des stations et que vous êtes entre deux stations, c'est du bruit blanc.

Le bruit rose contient également une grande plage de fréquences, mais moins de hautes fréquences que le bruit blanc. Précisément, son énergie est la même dans chaque octave, ce qui correspond à une pente de -3 dB par octave. Le bruit brun descend deux fois plus vite, à -6 dB par octave. En conséquence, le bruit rose est nettement moins désagréable à l'oreille, et il est utilisé pour mesurer la réponse des salles et des enceintes. En synthèse analogique, il est assez facile de s'approcher du bruit rose car il suffit souvent d'utiliser le filtre passe-bas, low-pass filter, pour retirer les fréquences aiguës et obtenir une approximation du bruit rose recherché. L'approximation reste grossière : un filtre passe-bas à 1 pôle a une pente de -6 dB par octave, soit le double de la pente du bruit rose ; un vrai générateur de bruit rose utilise un réseau de filtres dédié. Le Minimoog dispose d'ailleurs d'un commutateur *White/Pink* dans son mixeur.

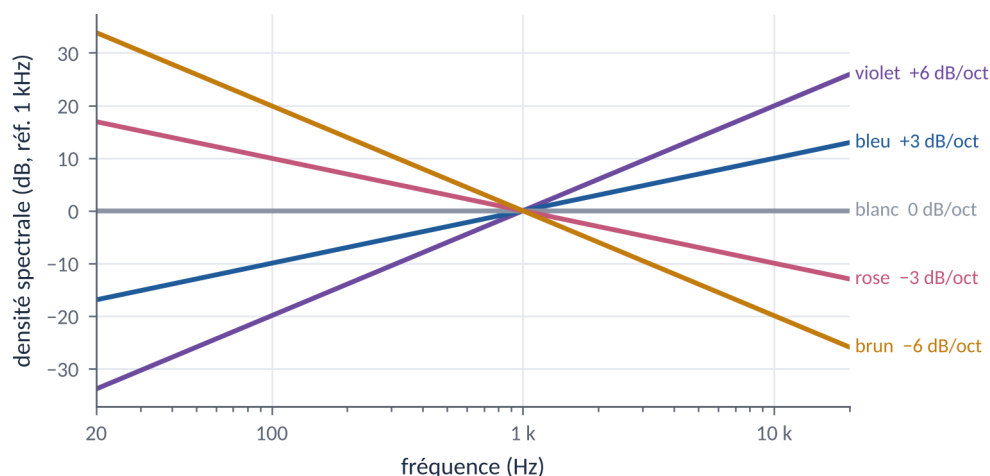


Figure 24 – Les « couleurs » de bruit exprimées par leur pente spectrale.

Bien entendu, le générateur de bruit sera utilisé pour recréer des effets sonores de type vent ou vagues, mais les bruits ont également d'autres fonctions de création de son, notamment dans la création de sons de percussion ainsi que pour ajouter du souffle. Ce sont les noise generators qui permettent de transformer un son de flûte en flûte de pan ou encore en chiffer (du verbe anglais *to chiff*, qui désigne le petit bruit d'attaque d'un tuyau d'orgue ou d'une flûte), comme le son numéro 84 de votre module General MIDI, *Lead 4 (chiff)*. Enfin, le bruit est une excellente source de modulation : échantillonné par un sample & hold, il produit les fameuses séquences de notes aléatoires des films de science-fiction ; filtré très bas, il donne des variations lentes et imprévisibles, idéales pour imiter l'instabilité d'un instrument acoustique.

Le coin du geek – La classification des bruits

Les bruits sont nommés par analogie avec la lumière et sa décomposition en couleurs lorsqu'elle passe par un prisme. Le bruit blanc est donc celui qui contient toutes les fréquences du spectre. L'analogie s'arrête là pour le bruit brun : son nom ne vient pas de la couleur, mais du botaniste écossais Robert Brown, qui observa en 1827 le mouvement désordonné des particules dans un liquide (le mouvement brownien), dont ce bruit est la traduction sonore. Le nom « bruit rouge », parfois employé, est une tentative de le faire rentrer dans le nuancier.

Pour ce qui nous concerne, seuls les bruits blanc et rose sont vraiment utilisés, et j'ai déjà mentionné le bruit brun, parfois qualifié de bruit rouge. Néanmoins, il existe d'autres couleurs de bruit qui sont bleu, violet, orange, vert, gris et noir, toutes définies par leur répartition spectrale, et dont les définitions, pour certaines, sont informelles. Les bruits bleu (+3 dB par octave) et violet (+6 dB par octave) sont les symétriques du rose et du brun ; on les utilise notamment dans le traitement de l'image et pour le dithering (adjonction d'un bruit très faible lors d'une réduction de résolution numérique). Le bruit gris est un bruit corrigé pour que toutes les fréquences paraissent également fortes à l'oreille, selon les courbes d'égale sonie.

Par exemple, le bruit orange, c'est celui qui reste lorsque l'on a supprimé tous les sons musicaux d'un bruit, alors que le bruit vert est celui de la terre, comme un bruit rose qui aurait un bruit de fond à 500 Hz ; et le bruit noir, c'est le quasi-silence. Pour obtenir un bruit orange, il suffit de donner une flûte à bec à toute une classe et de demander aux élèves d'en jouer. Après quelques instants, la combinaison des bruits fait que les harmonies s'estompent et le spectre sonore restant est déplaisant, d'où sa qualification de bruit acide et la couleur qui lui est attribuée. (Ces trois dernières couleurs relèvent davantage de l'usage folklorique que d'une norme : on trouvera des définitions différentes selon les sources.)

3 - Remarques sur la plage et le réglage des oscillateurs

La fonction première d'un oscillateur est de créer l'onde qui servira à produire un son. Néanmoins, il existe deux autres fonctions tout aussi importantes dans la création d'un son.

a) L'oscillateur détermine le pitch

L'une de ces fonctions est celle de la détermination de la hauteur tonale, le pitch. Cette dernière se retrouve sur les synthétiseurs analogiques sous la forme des symboles 2', 4', 8', 16' et 32'. Nous sommes ici en présence de longueurs car le symbole ' représente l'abréviation de la mesure anglaise de pied ou foot, soit environ 30 cm pour un pied (30,48 cm pour être exact).

Pourquoi cette mesure sur un synthétiseur analogique ?

Tout simplement parce que cette mesure correspond à une réalité musicale. Les facteurs d'orgues mesuraient les tuyaux en pieds et la longueur de ces tuyaux déterminait la hauteur tonale. Un tuyau ouvert de 8 pieds (environ 2,4 m) produit le do le plus grave du clavier d'orgue (do1, environ 65 Hz) ; un jeu de 8 pieds sonne donc exactement à la hauteur écrite : la touche do3 fait entendre do3. Chaque fois que l'on divise la longueur du tuyau par deux, la hauteur monte d'une octave. Ainsi un jeu de 4' sonne une octave au-dessus de la note jouée, un jeu de 2' deux octaves au-dessus, tandis qu'un 16' sonne une octave en dessous et un 32' deux octaves en dessous. Ceci veut dire que la valeur marquée 8' sur un synthétiseur représente l'accord « normal », celui où la touche jouée correspond à la note entendue. Lorsque vous programmerez un son, il faudra ajuster la hauteur tonale de l'oscillateur en utilisant 2' ou 4' pour une flûte ou un piccolo, 16' ou 32' pour une basse, etc.

Réglage	Effet par rapport à la note jouée	Usage typique
64'	trois octaves plus bas	effets, sous-basses extrêmes (versions logicielles du Jupiter-8)
32'	deux octaves plus bas	basses profondes (Minimoog), pédalier
16'	une octave plus bas	basses, cordes graves, cuivres graves
8'	hauteur normale	la plupart des sons
4'	une octave plus haut	flûtes, leads, renfort de brillance
2'	deux octaves plus haut	piccolo, effets, renfort aigu

Le Jupiter-8 offre les positions 16', 8', 4' et 2' sur ses deux VCO ; VCO-2 peut en outre être accordé par demi-tons (sur toute sa plage) et basculer en mode *Low Freq*, où il descend dans l'infra-grave pour servir de second modulateur. Le Minimoog va de LO (fréquences sub-audio) à 2' en passant par 32'. Sur le Matrix-12, l'accord de chaque VCO est un paramètre numérique exprimé en demi-tons, sur une plage de plusieurs octaves.

b) L'oscillateur détermine le tuning

Les synthétiseurs analogiques offrent souvent un réglage de la justesse du son, ce que l'on appelle l'accordage ou tuning. Ce dernier a deux fonctions principales :

- accorder la hauteur tonale d'un instrument pour correspondre à celle d'un autre ;
- désaccorder un oscillateur par rapport à un autre afin de donner du corps au son.

Sur les synthétiseurs analogiques, vous pourrez donc rencontrer deux types de réglage de la justesse. Soit un seul potentiomètre appelé tuning, soit deux potentiomètres appelés fine control (réglage fin) et coarse control (réglage grossier).

En ce qui concerne le tuning, les valeurs sont exprimées en octaves, semitones (demi-tons) ou cents (centièmes de demi-ton tempéré : une octave compte donc 1 200 cents).

Le désaccord (*detune*) est probablement le réglage le plus important pour donner de l'ampleur à un son. Lorsque deux oscillateurs jouent presque la même fréquence, leurs ondes se renforcent puis s'annulent alternativement : c'est le phénomène de battement, dont la vitesse est égale à la différence des deux fréquences. Deux oscillateurs à 440 et 441 Hz battent une fois par seconde ; à 440 et 443 Hz, trois fois par seconde. Quelques ordres de grandeur :

- 2 à 5 cents d'écart : léger mouvement, son « vivant » sans être désaccordé ; c'est le réglage de base pour les cuivres et les cordes ;
- 7 à 15 cents : effet de chorus marqué, son large ; typique des nappes et des leads ;
- au-delà de 20 cents : le son devient franchement faux, ce qui peut être recherché pour des effets ou des sons de piano bastringue.

Attention : comme le battement dépend de la différence en hertz, un même désaccord en cents bat deux fois plus vite à chaque octave. Un désaccord agréable au milieu du clavier peut devenir trop rapide dans l'aigu et imperceptible dans le grave. Sur le Jupiter-8, le *Fine Tune* de VCO-2 couvre ± 50 cents, ce qui suffit pour tous ces usages.

Voilà qui termine l'examen de l'oscillateur pris isolément. Nous aurons l'occasion d'y revenir dans la partie pratique en examinant le type d'oscillateur choisi pour créer un son particulier. Mais avant de passer aux filtres, voyons ce qui se passe lorsque deux oscillateurs interagissent.

4 - Interactions entre oscillateurs

Dès qu'un synthétiseur possède deux oscillateurs par voix, il peut les faire interagir au lieu de simplement les mélanger. Trois techniques sont classiques.

a) La synchronisation (*hard sync*)

On désigne un oscillateur comme maître et l'autre comme esclave. À chaque fois que le maître commence un nouveau cycle, il force l'esclave à recommencer le sien depuis le début, même si celui-ci n'était pas terminé. Le résultat a deux propriétés remarquables :

- la hauteur perçue est celle du maître, puisque l'ensemble se répète au rythme du maître ;
- le timbre dépend du rapport entre la fréquence de l'esclave et celle du maître : plus l'esclave est accordé haut, plus le cycle tronqué contient de « morceaux » d'onde, et plus le son se charge d'harmoniques, avec une résonance très marquée autour de la fréquence de l'esclave.

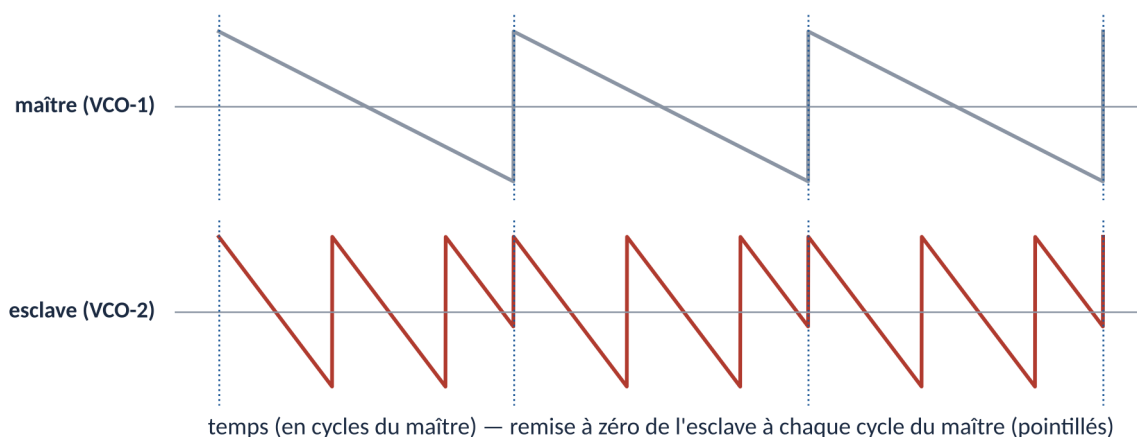


Figure 25 – Synchronisation : l'esclave (en rouge) est remis à zéro à chaque cycle du maître.

Si l'on fait varier l'accord de l'esclave pendant que la note est tenue (avec une enveloppe, un LFO ou la molette), le timbre balaye une série de résonances successives, avec un caractère agressif, « hurlant » et

vocal que rien d'autre ne produit. C'est le fameux son de « sync sweep », devenu l'une des signatures des solos de synthétiseur de la fin des années 1970 et des années 1980.

Exemple concret – La synchronisation sur le Jupiter-8

Sur le Jupiter-8, il suffit d'enfoncer le commutateur *Sync* de VCO-2 : VCO-2 devient l'esclave de VCO-1. On règle VCO-1 et VCO-2 en 8', on coupe VCO-1 dans le mixeur (*Source Mix* tourné vers VCO-2) car on n'entend généralement que l'esclave, puis on règle le *VCO Modulator* sur VCO-2, avec un *ENV Mod* assez fort : la première enveloppe fait alors monter l'accord de VCO-2 à chaque note, ce qui produit le balayage. Un *Attack* nul, un *Decay* de l'ordre d'une demi-seconde et un *Sustain* moyen sur ENV-1 donnent le classique « miaulement » de lead. Sur le Prophet-5, la même chose s'obtient avec la *Poly-Mod* (enveloppe du filtre vers la fréquence de l'oscillateur A, synchronisé sur B).

b) La modulation croisée et la FM analogique

La modulation croisée (*cross modulation*, ou *X-Mod*) consiste à utiliser un oscillateur à fréquence audio pour moduler la fréquence d'un autre. Tant que le modulateur est lent, on obtient un vibrato ; mais lorsqu'il oscille à plusieurs centaines de hertz, l'oreille ne perçoit plus la variation de hauteur : elle perçoit de nouveaux partiels, appelés bandes latérales (*sidebands*), situés à des distances égales à la fréquence du modulateur de part et d'autre de la fréquence modulée. C'est le principe de la synthèse FM, en version analogique.

- Si les deux oscillateurs sont dans un rapport simple (1:1, 1:2, 2:3...), les bandes latérales tombent sur des harmoniques et le son reste harmonique, simplement plus riche.
- Si le rapport est quelconque, les bandes latérales sont inharmoniques : on obtient des cloches, des sons métalliques, des bruits de gong ou de moteur.
- Plus la modulation est profonde, plus les bandes latérales sont nombreuses, donc plus le son est brillant et complexe.

Sur un analogique, la FM est moins stable et moins précise que sur un DX7, car la moindre dérive d'un oscillateur change le rapport de fréquences et donc tout le timbre. C'est à la fois une limite et un charme.

Exemple concret – Modulation croisée sur le Jupiter-8 et FM sur le Matrix-12

Sur le **Jupiter-8**, le bouton *Cross Mod* de VCO-1 fait moduler la fréquence de VCO-1 par VCO-2. En réglant VCO-2 sur un intervalle dissonant (une seconde mineure, ou un accord fin quelconque) et en montant progressivement *Cross Mod*, on passe d'un léger grain à une cloche puis à un son de métal frappé. Le *Cross Mod* et le *Sync* peuvent être utilisés ensemble, ce qui donne des timbres extrêmement agressifs. On peut aussi passer VCO-2 en mode *Low Freq* : il devient alors un second LFO dédié, utile pour des vibratos indépendants ou des effets de sirène.

Sur le Matrix-12, chaque voix dispose d'une section *FM* dont le niveau est commandé par un VCA spécifique : VCO-2 peut moduler la fréquence de VCO-1 ou la fréquence de coupure du filtre. Comme ce niveau est lui-même une destination de la matrice, on peut le faire évoluer avec une enveloppe, ce qui imite la décroissance naturelle de la brillance d'une cloche ou d'un piano électrique : riche à l'attaque, pur dans la tenue.

c) Le sous-oscillateur et les oscillateurs supplémentaires

Le sous-oscillateur (*sub-oscillator*) est un oscillateur simplifié, généralement une onde carrée, dérivé de l'oscillateur principal par division de fréquence et calé une (parfois deux) octave en dessous. Il ne coûte

presque rien à fabriquer et donne du poids aux basses : c'est la recette des basses du Roland SH-101 et du Juno-106. Sur un instrument sans sous-oscillateur, on obtient le même effet en accordant le second VCO en 16' quand le premier est en 8' (Jupiter-8, Matrix-12).

Le Minimoog possède trois oscillateurs, dont le troisième peut être débranché du clavier et utilisé comme LFO : cette double fonction a inspiré la plupart des synthétiseurs monophoniques ultérieurs. Le PS-3300, lui, dispose dans chacune de ses trois sections d'un oscillateur par note, que l'on peut accorder indépendamment des deux autres sections : on peut ainsi obtenir, par note, trois oscillateurs accordés en octave, en quinte ou légèrement désaccordés.

5 - VCO, DCO et stabilité

Toutes les machines citées jusqu'ici utilisent des VCO, dont la fréquence est directement fonction d'une tension. Au début des années 1980, Roland (Juno-6, Juno-60, Juno-106) et Korg (Poly-61) ont adopté des DCO (*digitally controlled oscillators*) : la forme d'onde est toujours produite par un circuit analogique (on charge un condensateur pour former une rampe), mais l'instant où chaque cycle redémarre est dicté par un compteur numérique piloté par une horloge à quartz. L'accord est donc parfaitement stable, sans réglage de préchauffage. En contrepartie, le son est jugé un peu plus « sage », et les DCO ne permettent pas de vraie modulation à fréquence audio ni de synchronisation au sens analogique. Il ne faut pas confondre les DCO avec les oscillateurs entièrement numériques des synthétiseurs virtuels analogiques.

Le PS-3300 constitue un troisième cas : ses oscillateurs « maîtres » sont des VCO, mais toutes les notes en sont tirées par division ; la justesse relative entre les octaves est donc parfaite, et un réglage de tempérament (douze boutons, un par note de la gamme) permet même d'accorder chaque degré indépendamment pour jouer dans des tempéraments anciens ou non occidentaux.

6 - Exemples : les oscillateurs de trois polyphoniques

	Roland Jupiter-8 (1981)	Oberheim Matrix-12 (1985)	Korg PS-3300 (1977)
Oscillateurs par voix	2 VCO	2 VCO	3 (un par section, tirés par division)
Nombre de voix	8	12	48 notes × 3 sections
Formes d'onde	VCO-1 : triangle, dent de scie, impulsion, carré ; VCO-2 : sinus, dent de scie, impulsion, bruit	dent de scie, triangle, impulsion à largeur variable	triangle, dent de scie, carré, impulsion à largeur variable
Plages	16' à 2' ; VCO-2 réglable par demi-tons et mode <i>Low Freq</i>	accord numérique par demi-tons	régages d'octave et d'accord par section, tempérament réglable
Interactions	<i>Sync</i> (VCO-2 esclave de VCO-1), <i>Cross Mod</i> (VCO-2 → VCO-1)	synchronisation, FM vers VCO-1 ou vers le filtre	aucune entre sections (division de fréquence), mais modulation de hauteur par patch
PWM	par LFO, manuelle ou par ENV-1	par n'importe quelle source de la matrice	par les générateurs de modulation (MG)

À retenir

- La dent de scie contient tous les harmoniques ($1/n$) ; le carré seulement les impairs ($1/n$) ; le triangle seulement les impairs, très faibles ($1/n^2$).
- L'impulsion qui occupe $1/n$ du cycle supprime les harmoniques multiples de n ; sa modulation (PWM) crée un effet de chorus.
- $8'$ = hauteur normale ; chaque division par deux de la longueur monte d'une octave.
- Un cent est un centième de demi-ton ; quelques cents de désaccord suffisent à donner de l'ampleur.
- Synchronisation et modulation croisée permettent d'obtenir des timbres qu'aucune forme d'onde de base ne contient.

Les filtres

Avant de nous occuper des enveloppes, nous passons en revue les filtres, suivant ainsi l'enchaînement logique du traitement du son, tel que défini dans l'introduction de ce didacticiel. Ceux qui ont suivi auront compris que cette partie du didacticiel a pour but d'expliquer la phase de modélisation de l'onde, le wave shaping.

Pourquoi les filtres jouent-ils un rôle important dans la synthèse analogique ?

Tout simplement de par la nature même du mode de programmation de la synthèse soustractive. Étant donné que le son final est créé en partant d'un son riche en harmoniques, il faut alors filtrer les parties qui ne nous intéressent pas, d'où l'intervention de filtres qui laisseront passer certaines fréquences et/ou en supprimeront d'autres.

Nous venons de voir que les oscillateurs fournissent l'onde de base, laquelle définit la couleur du son final, mais ces derniers sont assez limités par rapport à la gamme très étendue de sons que nous pouvons entendre dans la réalité. Les filtres vont donc nous permettre de modifier l'onde en changeant sa couleur, son timbre. En d'autres termes, les filtres présents sur un synthétiseur analogique sont en fait des commandes sophistiquées de contrôle de la couleur du son. Et pour terminer l'analogie, les filtres d'un synthétiseur sont équivalents au réglage des graves et des aigus d'une chaîne hi-fi, mais en beaucoup plus compliqué, voire beaucoup plus complet, selon les modèles de synthétiseurs. La différence essentielle avec une chaîne hi-fi est que la fréquence d'action du filtre d'un synthétiseur est commandée en tension : elle peut bouger pendant la note, sous l'effet d'une enveloppe, d'un LFO ou du clavier. Le nombre de types de filtres disponibles varie beaucoup : un seul passe-bas sur le Minimoog, un passe-haut fixe suivi d'un passe-bas sur le Jupiter-8, un passe-haut et un passe-bas en série sur le Korg MS-20, un filtre continûment variable du passe-bas au passe-haut sur l'Oberheim SEM, et jusqu'à quinze modes sur le Matrix-12. Les pentes sont indiquées tantôt en décibels par octave, tantôt en nombre de pôles, comme on va le voir.

1 - Définitions

a) Les quatre types de filtres importants

Nous avons vu que le filtrage consiste à laisser passer ou à supprimer des fréquences. Les filtres sont donc nommés en référence à leur fonction. Même si tous ne sont pas toujours présents sur un synthétiseur donné, les quatre filtres fondamentaux de la synthèse analogique sont :

- Filtre passe-bas – en anglais, low pass filter ou LPF
- Filtre passe-haut – en anglais, high pass filter ou HPF

- Filtre passe-bande – en anglais, band pass filter ou BPF
- Filtre coupe-bande – en anglais, band reject filter ou BRF (ou *notch filter*)

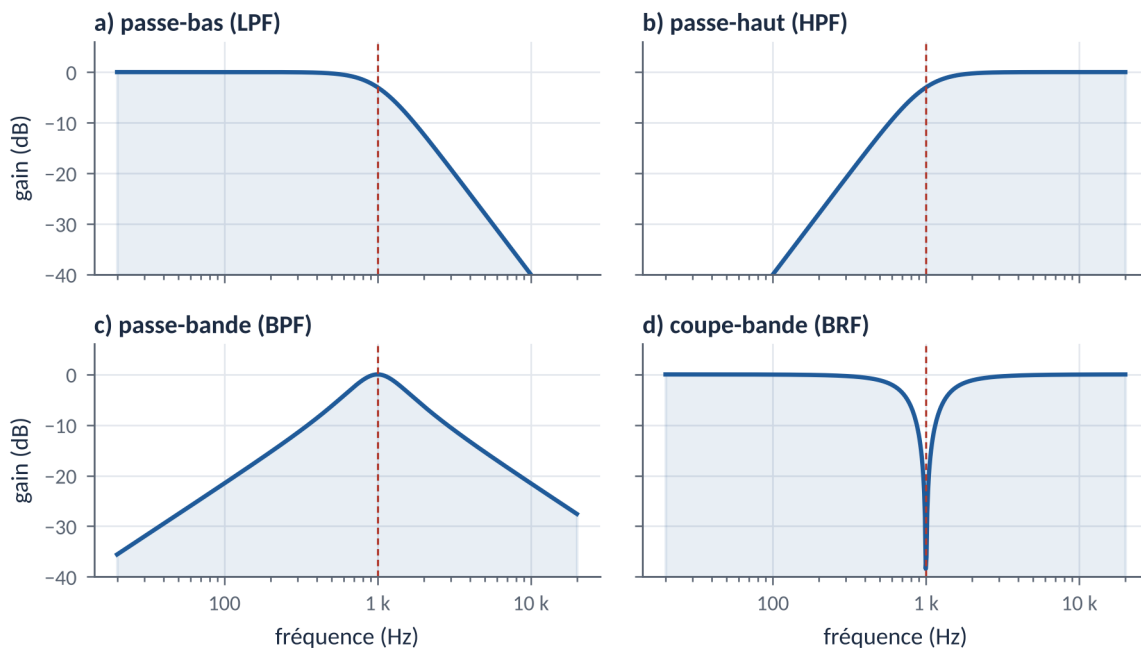


Figure 26 – Représentation graphique des filtres

Le filtre passe-bas, LPF, laisse passer les basses fréquences et filtre les hautes fréquences.

Le filtre passe-haut, HPF, laisse passer les hautes fréquences et filtre les basses fréquences.

Le filtre passe-bande, BPF, laisse passer une bande centrale de fréquences et filtre les fréquences qui sont plus basses ou plus hautes que celles de la bande centrale.

Le filtre coupe-bande, BRF, filtre une bande centrale de fréquences et laisse passer celles qui sont plus basses ou plus hautes que celles de la bande centrale.

On peut ajouter à cette liste un cinquième type, le filtre passe-tout (*all-pass*) ou déphaseur, qui laisse passer toutes les fréquences avec le même volume mais en décale la phase de façon différente selon la fréquence. Seul, il est inaudible ; mélangé au signal d'origine, il creuse des trous dans le spectre et produit l'effet de phasing. Le Matrix-12 le propose parmi ses quinze modes.

b) Termes employés et explication

- Point de coupure (*cutoff point*), pente d'atténuation (*roll-off curve*) et pôle (*pole*)

Lorsque vous regardez les schémas ci-dessus, vous pouvez voir que la courbe possède un point qui s'infléchit à un certain endroit de la courbe. Ce point est appelé point de coupure (*cutoff point*) ou fréquence de coupure (*cutoff frequency*). Par convention, c'est la fréquence à laquelle le signal est atténué de 3 dB, c'est-à-dire où sa puissance est divisée par deux. Dans la réalité, la coupure se fait de façon progressive à l'approche de la fréquence de coupure. On parle alors d'atténuation (*attenuation*) de la fréquence.

La pente d'atténuation d'un filtre est exprimée en décibels par octave (dB/oct). Plus le nombre de décibels est élevé, plus on approche l'idéal théorique (un « mur » qui laisserait tout passer d'un côté et rien de l'autre). Dans la pratique, le domaine de l'audio se satisfait souvent d'une pente de 12 dB par octave, ce qui est la raison pour laquelle certains synthétiseurs analogiques ne sont équipés que d'un filtre de 12 dB. Le choix n'est d'ailleurs pas qu'une question de « qualité » : un filtre à 12 dB laisse passer davantage d'harmoniques au-dessus de la coupure et sonne plus ouvert, plus « cuivré » (Oberheim

SEM, Yamaha CS-80, Korg MS-20) ; un filtre à 24 dB est plus sombre et plus rond, idéal pour les basses (Moog, Prophet-5, Jupiter-8 en position -24 dB).

Sans rentrer dans les détails de ce qu'est le décibel, notons que pour les applications audio, une valeur de +6 dB double l'amplitude du signal (la tension) et une valeur de -6 dB la divise par deux. Attention, cela ne correspond pas au volume perçu : il faut environ +10 dB pour que l'oreille ait l'impression d'un son deux fois plus fort, et +3 dB suffisent à doubler la puissance électrique.

Bien entendu, les courbes données en exemple ci-dessus ne sont qu'une représentation type de la fonction du filtre parmi d'autres possibles. En effet, si l'on compare différents filtres de même nature, on s'aperçoit que certains filtres sont beaucoup plus radicaux que d'autres dans leur intervention, ce qui signifie que la pente d'atténuation a une chute plus ou moins rapide dans le cas du filtre passe-bas. Ce taux de chute est le facteur de réduction progressive, traduit en anglais par les termes de roll-off curve ou slope.

La roll-off curve se mesure en décibels par octave (dB/oct). Pour un filtre passe-bas de 6 dB/oct, cela veut dire que chaque fois que l'on s'éloigne d'une octave au-dessus de la fréquence de coupure (chaque fois que la fréquence double), le signal est atténué de 6 dB supplémentaires, c'est-à-dire que son amplitude est divisée par deux. Prenons un filtre coupé à 440 Hz : à 880 Hz, l'amplitude est divisée par 2 environ ; à 1 760 Hz, par 4 ; à 3 520 Hz, par 8. Avec un filtre de 12 dB/oct, l'amplitude est divisée par 4 à chaque octave (par 4, 16, 64...), et avec un filtre de 24 dB/oct, par 16 à chaque octave (par 16, 256, 4 096...). Un filtre de 24 dB est donc beaucoup plus énergique : une octave au-dessus de la coupure, les harmoniques ne conservent plus qu'environ 6 % de leur amplitude, et ils sont pratiquement inaudibles deux octaves au-dessus. Ce n'est toutefois pas la pente maximale possible : certains filtres numériques ou modulaires atteignent 36 ou 48 dB/oct.

Les filtres des synthétiseurs analogiques comportent des étages successifs ; chacun ajoute à la réponse du filtre ce que les mathématiciens appellent un pôle (*pole*), et le nombre de pôles détermine la pente d'atténuation. Dans un filtre analogique simple, chaque pôle correspond grosso modo à une cellule résistance-condensateur : le filtre « en échelle » de Moog en compte quatre, empilés comme les barreaux d'une échelle. Plus un filtre possède de pôles, plus la pente d'atténuation est sévère. Dans la pratique, les synthétiseurs sont munis de filtres à 1, 2 ou 4 pôles, qui correspondent à des filtres de 6, 12 ou 24 dB/oct (chaque pôle ajoute 6 dB/oct). C'est la raison pour laquelle les panneaux de certains synthétiseurs indiquent un filtre de 12 dB alors que d'autres utiliseront le terme 2-pole pour décrire le même filtre. On rencontre aussi des filtres à 3 pôles (18 dB/oct), notamment dans l'EMS VCS3 et, de façon approchée, dans le Roland TB-303.

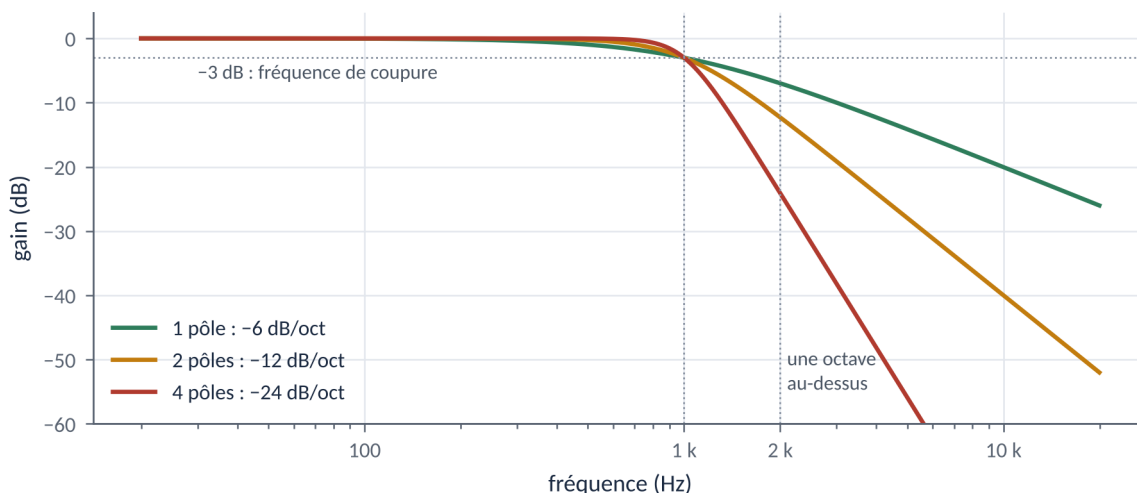


Figure 27 – Réponse calculée de filtres passe-bas à 1, 2 et 4 pôles, coupés à 1 kHz. Tous passent par -3 dB à la fréquence de coupure, puis s'écartent selon leur pente.

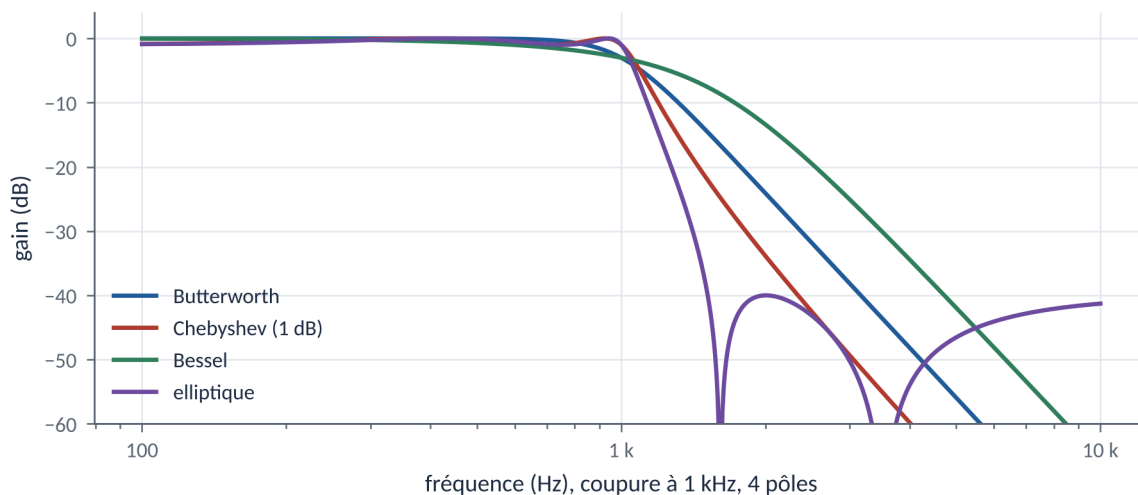


Figure 28 – Comparaison de quatre familles de réponses (Bessel, Butterworth, Chebyshev, elliptique) à nombre de pôles égal.

Le second schéma ci-dessus compare quatre familles de réponses, dont les courbes portent les noms de Bessel, Butterworth, Chebyshev et elliptique, du nom des mathématiciens et ingénieurs dont les méthodes de calcul ont donné ces familles. À nombre de pôles égal, elles diffèrent par la forme du coude : le Butterworth est le plus plat possible avant la coupure ; le Chebyshev et l'elliptique tombent plus vite mais présentent des ondulations ; le Bessel tombe plus doucement mais respecte mieux la forme des transitoires. Ces familles concernent surtout l'électronique audio et la mesure : les filtres de synthétiseurs ont leurs propres comportements, fortement modifiés par la résonance.

- Paramètres des filtres, résonance (*resonance*) et rétroactivité (*feedback*)

Deux autres caractéristiques des filtres ont un usage important en synthèse analogique, la résonance et l'effet rétroactif des filtres.

Le premier paramètre de réglage est appelé la résonance du filtre, que l'on peut rencontrer décrite par les termes d'emphase (*emphasis*, sur le Minimoog), de pic (*peak*, sur le Korg MS-20) ou la lettre Q. Cette résonance permet d'amplifier les fréquences autour du point de coupure. Sur un passe-bas ou un passe-haut, cela crée une bosse, de plus en plus haute et étroite, juste à la fréquence de coupure ; sur un passe-bande, l'augmentation de la résonance a pour effet de réduire la largeur de la bande des fréquences qui passent. Techniquement, la résonance est obtenue en réinjectant une partie de la sortie du filtre dans son entrée. Sur les filtres de type Moog, cette réinjection a un effet secondaire bien connu : plus la résonance monte, plus les basses s'affaiblissent, ce qui « amaigrit » le son. D'autres filtres (Oberheim SEM, Matrix-12 dans certains modes) conservent mieux le grave. Dans la pratique, la résonance permet d'effectuer des effets de type « wa-ouh », lorsque la coupure balaie le spectre et que la bosse de résonance fait ressortir successivement chaque harmonique, nous y reviendrons.

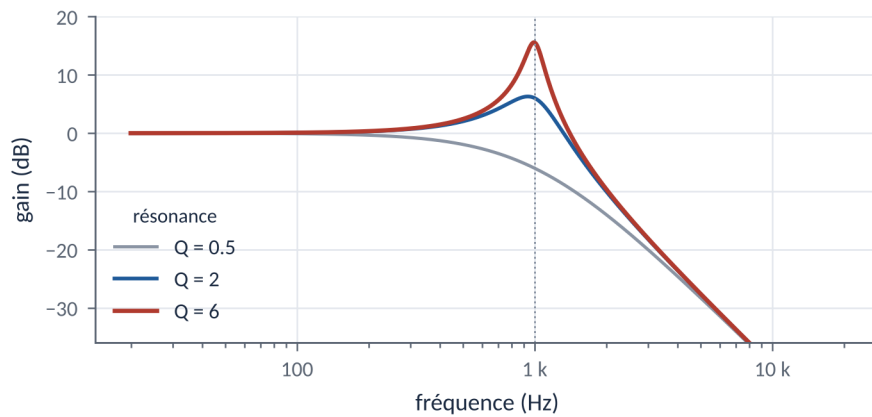


Figure 29 – Représentation graphique de la résonance d'un filtre passe-bas

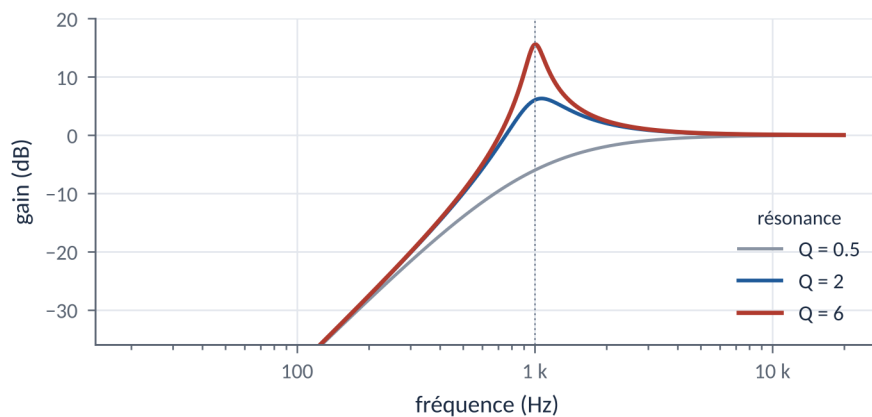


Figure 30 – Représentation graphique de la résonance d'un filtre passe-haut

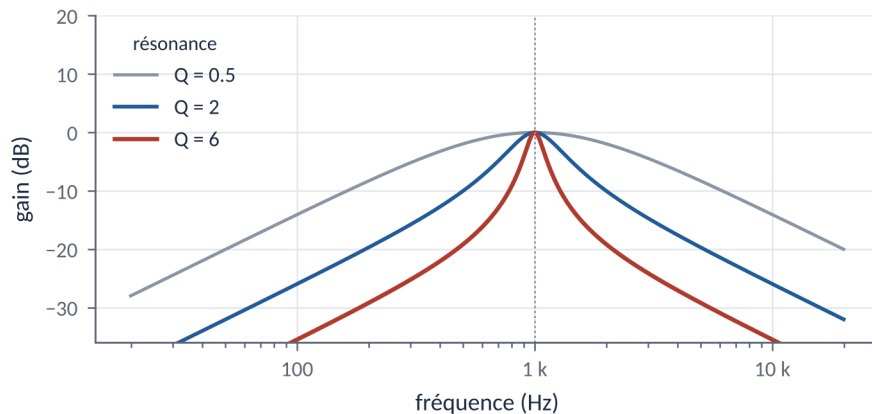


Figure 31 – Représentation graphique de la résonance d'un filtre passe-bande

Bien entendu, si vous avez compris ce qu'est la résonance d'un filtre, vous n'êtes pas surpris de m'entendre dire que la résonance du filtre coupe-bande ne crée pas de bosse, puisque la fréquence de résonance est exactement celle qui est bloquée par ce type de filtre. Elle n'est pas inutile pour autant : sur un filtre à variables d'état comme celui de l'Oberheim SEM, augmenter la résonance rend l'encoche (le « trou ») plus étroite et plus sélective, et l'on entend alors un effet proche du phasing lorsqu'on la déplace.

Le deuxième paramètre de filtre est celui de la rétroactivité du filtre sur lui-même, l'effet de feedback. Lorsque vous augmentez la résonance du filtre, passé un certain point, le filtre commence à produire un son (une onde quasi sinusoïdale à la fréquence de coupure : on dit que le filtre auto-oscille) dont vous pouvez jouer en contrôlant le point de coupure. Cet effet de feedback est intéressant en synthèse

analogique car il permet de créer des formes d'ondes supplémentaires (utile lorsque les synthétiseurs n'ont que deux oscillateurs de base) ou de rajouter de l'effet au son. Là encore, nous y reviendrons.

Si l'on règle le suivi de clavier du filtre (voir ci-dessous) à 100 %, la fréquence de cette auto-oscillation suit les notes jouées, et le filtre devient un oscillateur sinusoïdal jouable. Sur le Jupiter-8, dont le *Key Follow* va jusqu'à 120 %, le réglage exact qui donne une gamme juste se trouve un peu au-dessus de 100 %, à ajuster à l'oreille ; il ne reste plus qu'à fermer le mixeur (ou à baisser les oscillateurs) pour n'entendre que le filtre. C'est la source de nombreux sons de sifflets, de flûtes très pures et de percussions accordées (en déclenchant le filtre par une impulsion brève, on obtient un « ping » qui rappelle les tom-toms électroniques ou les claves).

Le coin du geek – Le filtre passe-bas en électronique

Le filtre passe-bas est le filtre de base, celui qui sert de point de départ pour la création d'autres filtres, un filtre passe-bande étant une combinaison de filtre passe-bas et passe-haut. De fait, certains synthétiseurs analogiques ne sont équipés que d'un seul filtre, le filtre passe-bas.

La réalisation simple d'un filtre passe-bas en électronique consiste à utiliser une résistance (*resistor*) en série avec le signal, et un condensateur (*capacitor*) en parallèle à la charge (c'est-à-dire entre la sortie et la masse). Le condensateur possède une réactance (*reactance*) très élevée aux basses fréquences : il bloque les signaux à basse fréquence, ce qui les force à passer par la charge. Avec les hautes fréquences, la réactance chute, ce qui fait que le condensateur joue le rôle d'un court-circuit vers la masse : les aigus s'y écoulent au lieu d'atteindre la sortie. La fréquence de coupure du filtre est donc déterminée par le choix de la résistance et du condensateur : elle vaut $1/(2\pi RC)$. Avec $R = 10\text{ k}\Omega$ et $C = 10\text{ nF}$, on obtient environ 1,6 kHz.

En ce qui concerne la différence entre un filtre actif et un filtre passif, elle tient à la présence ou non d'un élément amplificateur (transistor, amplificateur opérationnel). Le filtre passif (schéma de gauche) ne fait que retirer de l'énergie au signal : il ne peut pas amplifier, sa sortie dépend de ce qu'on lui branche, et il est impossible d'en tirer une résonance marquée sans bobines. Le filtre actif (schéma de droite) place la cellule RC autour d'un amplificateur : il peut avoir du gain, il ne se laisse pas perturber par la charge, on peut enchaîner plusieurs étages pour augmenter la pente, et surtout on peut réinjecter une partie de la sortie à l'entrée pour obtenir la résonance. Tous les filtres de synthétiseurs sont actifs. Pour les rendre commandables en tension, on remplace la résistance fixe par un élément dont la résistance apparente dépend d'un courant de commande : des transistors (Moog), des diodes (EMS), ou des amplificateurs à transconductance (OTA) intégrés dans des puces comme les CEM3320 et SSM2040 (Prophet-5) ou l'IR3109 (Jupiter-8, Juno-106).

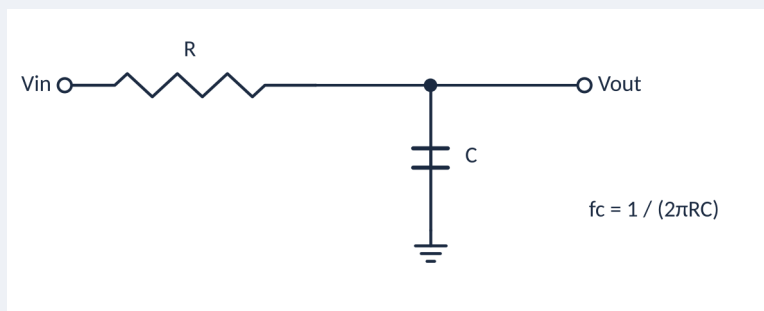


Figure 32 – Filtre passe-bas passif

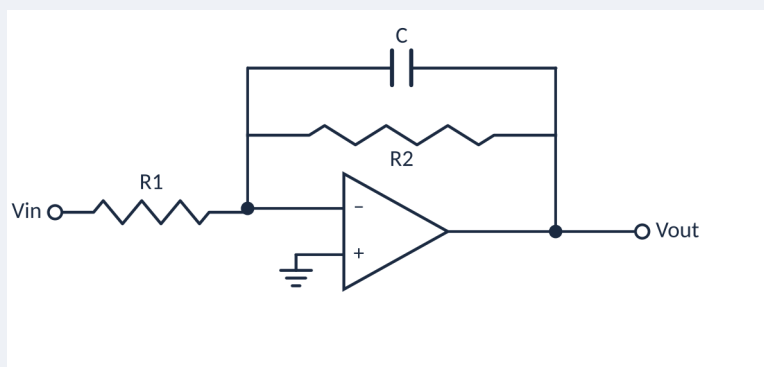


Figure 33 – Filtre passe-bas actif

c) Le suivi de clavier et la modulation de la coupure

Si la fréquence de coupure restait fixe pendant que l'on joue sur toute l'étendue du clavier, les notes graves seraient très brillantes (beaucoup de leurs harmoniques passeraient sous la coupure) et les notes aiguës étouffées (même leur fondamentale pourrait être au-dessus de la coupure). Pour éviter cela, on applique au filtre une partie de la tension de clavier : c'est le **suivi de clavier** (*keyboard tracking*, *key follow*, KBD).

- À 0 %, la coupure est fixe : le timbre s'assombrit dans l'aigu. C'est parfois souhaitable (imitation d'instruments dont l'aigu est doux).
- À 50 %, la coupure monte d'une demi-octave quand la note monte d'une octave : réglage polyvalent, proche du comportement de nombreux instruments acoustiques.
- À 100 %, la coupure suit exactement la note : le timbre est identique sur tout le clavier, et un filtre auto-oscillant joue juste.

Le Jupiter-8 règle ce suivi de 0 à 120 % ; le Minimoog propose deux interrupteurs (1/3 et 2/3) qui, combinés, donnent 0, 1/3, 2/3 ou 100 % ; le PS-3300 dispose d'un réglage de suivi pour le filtre et d'un autre pour le niveau de l'amplificateur, qui permet d'atténuer les graves ou les aigus selon la zone du clavier. Le Matrix-12 va plus loin avec ses trois *tracking generators* : chacun transforme la tension de clavier (ou toute autre source) selon une courbe en cinq points que l'on dessine soi-même, ce qui permet par exemple un filtre qui s'ouvre fortement dans le grave et à peine dans l'aigu.

La coupure est en outre presque toujours la cible d'une **enveloppe** (le réglage *ENV Mod*, *Contour Amount* ou *EG Int* selon les marques), d'un **LFO**, et souvent de la **vélocité** ou de la **pression** sur les touches. Le réglage manuel de la coupure (*Cutoff*, *Frequency*) fixe le point de départ ; les modulations s'y ajoutent. Une erreur de débutant classique consiste à chercher le bon réglage de *Cutoff* alors que le filtre est entièrement ouvert par une enveloppe trop forte : quand un son semble ne pas réagir au bouton de coupure, il faut d'abord vérifier la quantité d'enveloppe.

d) Les grandes familles de filtres analogiques

Une partie importante de la personnalité d'un synthétiseur tient à la topologie de son filtre, c'est-à-dire à la façon dont il est construit. Les principales sont :

Famille	Exemples	Caractère
Filtre en échelle à transistors (<i>ladder</i>), 24 dB, Moog	Minimoog, Moog modulaires, Memorymoog	rond, gras, perte de basses quand la résonance monte, auto-oscillation douce
Filtre à variables d'état (<i>state variable</i>), 12 dB	Oberheim SEM, Four-Voice	ouvert, « vocal » ; donne simultanément passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupe-bande
Filtres à OTA en puce intégrée, 24 dB	Prophet-5 (SSM2040, puis CEM3320), Jupiter-8 et Juno (IR3109), OB-Xa et OB-8, Matrix-12	précis, polyvalents, faciles à reproduire en grand nombre pour les polyphoniques
Filtre Sallen-Key / Korg 35, 12 dB	Korg MS-10 et MS-20 (premières versions)	agressif et criard quand on pousse la résonance
Filtre à diodes	EMS VCS3 (18 dB), Roland TB-303 (proche de 18 dB)	acide, nasillard, sonorité très reconnaissable
Filtres multimodes à pôles commutables	Oberheim Xpander et Matrix-12 (15 modes), Jupiter-8 (12 ou 24 dB)	flexibilité maximale dans un même instrument

Pour un même réglage de coupure et de résonance, deux filtres de familles différentes sonnent donc différemment. C'est aussi pourquoi un patch ne se transpose jamais à l'identique d'un instrument à l'autre : les recettes de ce didacticiel donnent des points de départ, que l'oreille doit toujours ajuster.

e) Un filtre à part, le filtre en peigne

Les filtres en peigne, comb filters en anglais, sont des filtres à part. Tout d'abord, il se peut que votre synthétiseur n'en soit pas muni : c'est même la règle sur les analogiques d'époque, car un retard réglable était difficile à réaliser en analogique (il fallait des circuits dits « à transfert de charges », ou *bucket brigade*). On les rencontre surtout sur les synthétiseurs numériques et virtuels analogiques : Waldorf Q, microQ et Blofeld, Clavia Nord Lead 3 et 4, ainsi que dans la plupart des logiciels. Deuxièmement, il faut avoir compris ce que sont les filtres fondamentaux avant de se pencher sur le filtre en peigne.

Le filtre en peigne diffère des autres filtres en ce qu'il n'atténue pas une partie du signal, il rajoute une version retardée du signal d'entrée au signal de sortie. Ainsi, le filtre en peigne est un délai très court dont on peut contrôler la durée et la résonance. Ce délai étant très court (de l'ordre de 0,1 à 20 ms), il est impossible d'entendre les répétitions du son. La différence de son qui résulte de l'emploi d'un filtre en peigne tient en ce qu'il crée des crêtes ou des trous dans le spectre grâce aux réglages de cutoff (contrôle de la durée du délai) et de résonance (contrôle de la profondeur du *feedback*). Les crêtes sont régulièrement espacées : si le retard vaut D , elles se trouvent à $1/D$, $2/D$, $3/D$... Avec un retard de 1 ms, on obtient des crêtes à 1, 2, 3, 4 kHz, etc. Un filtre en peigne très résonant sonne donc comme une corde accordée sur la fréquence $1/D$: c'est le principe de la synthèse de cordes pincées dite de Karplus-Strong.

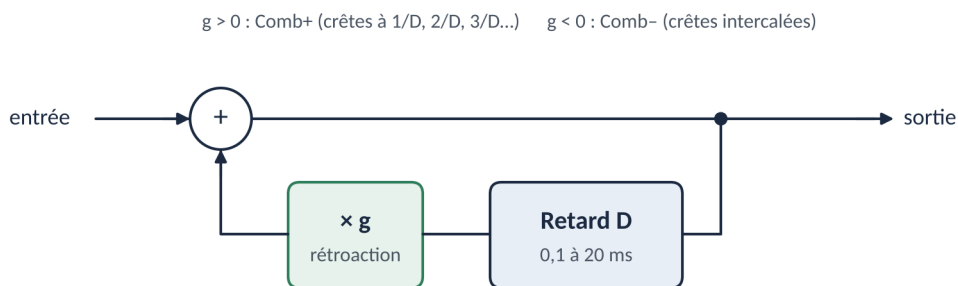


Figure 34 – Structure d'un filtre en peigne : un retard D et une rétroaction g , positive pour le Comb+, négative pour le Comb-.

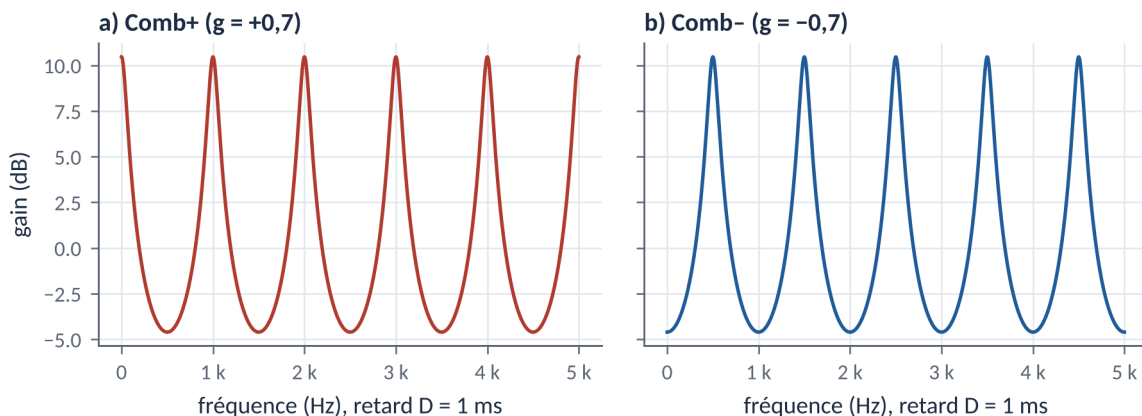


Figure 35 – Réponses calculées d'un filtre en peigne (retard 1 ms, rétroaction ± 70 %).

Ce type de filtre est donc soit positif, soit négatif. Les deux schémas ci-dessus permettent de comprendre leur effet ainsi que la raison de l'appellation filtre en peigne. Dans les deux cas, l'écartement des dents du peigne est contrôlé par la valeur Cutoff : plus le retard est court (*cutoff* élevé), plus les dents sont espacées et moins il y en a dans la bande audible. Dans le Comb+, la rétroaction est positive et les crêtes tombent sur les multiples de $1/D$; dans le Comb-, elle est inversée et les crêtes tombent exactement entre ces fréquences, ce qui donne un son plus creux, une octave plus bas en apparence.

2 - Applications

Dans la pratique, chaque filtre aura une application bien particulière, et nous aurons l'occasion d'en voir des exemples lorsque nous passerons à la programmation dans la deuxième partie.

a) Usage des filtres classiques

- L'utilité du filtre passe-bas

Le filtre passe-bas est le filtre le plus courant. Si vous lisez un ouvrage sur la synthèse analogique ou un manuel de synthétiseur et qu'il est fait référence au filtre, sans préciser de quel filtre il s'agit, l'auteur parle sans doute du filtre passe-bas.

Pourquoi certains synthétiseurs n'ont qu'un seul filtre ?

Le filtre passe-bas est le filtre qui se rapproche le plus des effets sonores que nous entendons dans la réalité, ce qui fait que son action nous apparaît comme la plus naturelle. En effet, le phénomène physique normal d'un son est de voir ses hautes fréquences étouffées plus vite que ses basses fréquences, ce qui est bien sûr le cas de la plupart des instruments acoustiques. Une corde pincée, un piano, un tambour sont brillants à l'attaque puis s'assombrissent à mesure que le son s'éteint ; et, à l'inverse, un cuivre devient plus brillant quand on souffle plus fort. Un passe-bas dont la coupure est pilotée par une enveloppe et par la vitesse reproduit exactement ces deux comportements. Le filtre passe-bas est donc essentiel à la programmation en synthèse analogique.

Nous avons dit que le filtre passe-bas atténue les fréquences supérieures au point de coupure. Il faudra donc commencer notre programmation en partant d'un point de coupure élevé afin de laisser passer le maximum de fréquences, pour ensuite abaisser ce point de coupure progressivement et obtenir un son moins brillant. Dans tous les cas, vous remarquerez que le filtre passe-bas laisse passer la fondamentale du son, à moins bien sûr d'abaisser tellement la fréquence de coupure que plus aucun son ne peut être entendu.

- L'utilité du filtre passe-haut

Le filtre passe-haut exerce donc l'effet contraire du filtre passe-bas puisqu'il atténue les basses fréquences. Ainsi, la première fréquence qui disparaît est la fondamentale. Or vous vous rappelez que la fondamentale possède souvent une amplitude plus élevée que les autres partiels du son. La conséquence est donc une perte de volume, d'où un son beaucoup plus faible et étroit résultant de l'usage du filtre passe-haut. En pratique, le passe-haut sert surtout, avec une coupure basse, à « nettoyer » le grave d'un son pour qu'il ne masque pas la basse dans un mixage (cordes, nappes, cuivres en accords), et, avec une coupure plus haute, à obtenir des timbres fins : clavecin, cordes pincées dans l'aigu, charleston et cymbales à partir de bruit blanc.

Exemple concret – Le passe-haut du Jupiter-8 et le Traveler du miniKORG 700

Le **Jupiter-8** place un filtre passe-haut non résonant, réglé par un simple bouton *HPF Cutoff*, avant son filtre principal passe-bas. On le laisse à zéro pour les basses et on le monte légèrement pour alléger les accords polyphoniques ; plus haut, il donne aux cordes et aux cuivres le caractère « aérien » typique de cet instrument. Le **miniKORG 700** (1973) avait fait de cette combinaison un geste de jeu : son *Traveler* est constitué de deux curseurs placés sous le clavier, l'un pour la coupure du passe-bas, l'autre pour celle du passe-haut. En les déplaçant ensemble pendant que l'on joue, on fait voyager une bande passante dans le spectre, d'où le nom ; des butées empêchaient les deux curseurs de se croiser, position dans laquelle plus aucune fréquence ne passe.

- L'utilité du filtre passe-bande

Le filtre passe-bande laisse passer une bande de fréquences située autour de sa fréquence centrale tandis qu'il atténue celles qui sont plus graves ou plus aiguës. Le son qui en résulte est également plus faible, comme celui du filtre passe-haut, mais du fait de sa caractéristique principale de concentration de ses effets sur une bande donnée, le filtre passe-bande va permettre de faire ressortir des fréquences particulières du son. C'est l'outil privilégié pour imiter les résonances fixes des instruments acoustiques (la caisse d'un violon, le pavillon d'une trompette, la boîte crânienne d'un chanteur), qu'on appelle des formants. Ces formants restent à la même fréquence quelle que soit la note jouée ; on règle donc le passe-bande avec un suivi de clavier nul ou faible.

Notez qu'il est possible de recréer les effets d'un filtre passe-bande même si le synthétiseur n'en possède pas. Il suffit pour cela de faire passer un signal à travers un filtre passe-bas puis un filtre passe-haut, une astuce que nous mettrons en application dans la deuxième partie. Sur le Jupiter-8, le passe-haut suivi du passe-bas donne directement ce résultat ; sur le Korg MS-20, les deux filtres en série, chacun avec sa résonance, forment un passe-bande très expressif.

- L'utilité du filtre coupe-bande

Le filtre coupe-bande, ou band reject, est également rencontré en anglais sous l'appellation notch filter. Il est l'opposé du filtre passe-bande. Cela veut donc dire que puisqu'il coupe une bande particulière du milieu des fréquences et que le son conserve ses basses et hautes fréquences, le résultat est un son plein avec un sentiment de « creux » au milieu. Ce dernier sera ressenti plus ou moins selon la nature des harmoniques de l'onde de départ. Un coupe-bande que l'on déplace lentement produit un effet proche du phasing.

Comme pour le filtre passe-bande, le filtre coupe-bande peut être recréé si le synthétiseur n'en possède pas. Il suffit de faire passer le signal en parallèle par un filtre passe-bas et un filtre passe-haut, puis d'additionner leurs sorties, en réglant la coupure du passe-bas plus bas que celle du passe-haut. Pour visualiser ceci, reprenez les courbes du début de chapitre. Si vous placez la courbe du filtre passe-bas à gauche et la courbe du filtre passe-haut à droite, vous pouvez imaginer le « creux » qui en résulte au milieu. Ce montage en parallèle n'est possible que sur un modulaire ou un semi-modulaire (ARP 2600, MS-20, PS-3300 à l'aide de son panneau de connexions).

b) Usage des filtres spéciaux

- L'utilité du filtre en peigne

En synthèse analogique, le filtre en peigne permet d'obtenir deux effets, l'un de chorus et l'autre de flanger.

L'effet de chorus repose en réalité sur un ou plusieurs retards courts (de l'ordre de 10 à 30 ms) dont la durée est modulée lentement, et que l'on mélange au signal d'origine ; techniquement, ce mélange constitue bien un filtre en peigne dont les dents se déplacent. Si votre synthétiseur présente un Comb filter sur son panneau de réglage, il sera facile de rajouter du chorus à votre patch. Sélectionnez Comb filter, placez la valeur Cutoff sur une valeur moyenne, placez la valeur Resonance sur 0, placez le LFO sur Cutoff Mod Source, réglez Cutoff Mod sur une valeur positive ou négative, sélectionnez une onde en triangle à faible oscillation pour le LFO. Et voilà notre chorus. Il suffit alors d'ajuster les paramètres Cutoff, Cutoff Mod et LFO Speed. (Cette procédure, inspirée des synthétiseurs Waldorf, s'applique aux instruments dotés d'un filtre en peigne modulable par voix.)

L'intérêt d'utiliser un filtre en peigne pour obtenir un chorus s'explique par trois raisons :

- vous n'avez pas utilisé la section FX de votre synthé, ce qui libère des ressources supplémentaires ;
- le filtre en peigne fonctionne par voix et non par instrument, chaque voix peut ainsi avoir son propre chorus, ce qui veut dire un patch avec des composantes dont la vitesse et la profondeur de chorus sont différentes ;

- vous pouvez contrôler les paramètres du chorus en envoyant des messages MIDI si le synthétiseur est équipé pour (par exemple un Waldorf Blofeld ou un microQ).

L'effet de flanger est similaire à l'effet de chorus en ce qu'il rajoute une composante feedback pour changer la profondeur du flanger. C'est-à-dire que la valeur Resonance n'est plus sur 0. Vous allez donc reprendre les mêmes réglages que précédemment pour le chorus, puis rajouter de la résonance, et raccourcir le retard (de l'ordre de 1 à 10 ms), pour obtenir l'effet de flanger. Vous pouvez également jouer avec la valeur LFO Speed pour obtenir un effet de balayage ou Sweep.

Une application intéressante de ces deux effets de filtre en peigne est d'assigner la valeur Cutoff Mod Source sur Modwheel. Vous pourrez ainsi avoir le contrôle manuel de votre effet de chorus ou de flanger.

- L'utilité des résonateurs du PS-3300

Le Korg PS-3300 offre un filtre spécial que l'on ne trouve presque nulle part ailleurs : chacune de ses trois sections dispose, après le passe-bas, d'un résonateur à trois pics, c'est-à-dire de trois filtres passe-bande en parallèle, réglables entre 100 Hz et 10 kHz, avec une commande de largeur de bande. Comme ces pics sont fixes quelle que soit la note jouée, ils agissent exactement comme les formants d'un instrument acoustique ou d'une voix. En les plaçant sur les formants d'une voyelle (par exemple vers 700 Hz, 1 200 Hz et 2 600 Hz pour un « a »), on obtient un chœur ; en les déplaçant lentement avec un LFO ou une enveloppe, on obtient des voyelles qui changent ou un phasing très riche. Nous en ferons un usage intensif dans la deuxième partie pour les cordes, les voix et les cuivres.

Exemple concret – Les quinze modes de filtre du Matrix-12

Le Matrix-12 reprend le filtre de l'Oberheim Xpander : un seul filtre par voix, mais dont la configuration interne peut être commutée en quinze modes, programme par programme :

- quatre passe-bas : 1, 2, 3 et 4 pôles (de 6 à 24 dB/oct) ;
- trois passe-haut : 1, 2 et 3 pôles ;
- deux passe-bande : 2 et 4 pôles ;
- un coupe-bande ;
- un déphaseur (phase shift, à 3 pôles) ;
- quatre modes combinés : passe-haut (2 ou 3 pôles) suivi d'un passe-bas à 1 pôle, coupe-bande suivi d'un passe-bas, et déphaseur suivi d'un passe-bas.

En pratique, on choisit le passe-bas 4 pôles pour les basses et les cuivres puissants, le passe-bas 2 pôles pour des cordes plus ouvertes, les passe-bande pour les voix, les bois et les sons nasillards, le coupe-bande et le déphaseur pour des nappes en mouvement (avec la coupure modulée par un LFO lent), et les modes combinés pour sculpter un son à la fois débarrassé de son grave et adouci dans l'aigu.

3 – Conclusion

Les filtres sont essentiels à la création de sons en synthèse analogique du fait qu'ils permettent de transformer des ondes basiques qui, seules, n'auraient pas grand intérêt.

Ce sont également les filtres qui sont en grande partie responsables du grain particulier d'un synthétiseur. Le succès du Minimoog est quasiment attribuable à son filtre 24 dB et aux sons de basse qu'il permet de créer. Les quinze modes de filtre du Matrix-12 sont aussi importants que la capacité de routage d'où il tire son nom. Il est possible de citer de nombreux autres exemples de l'importance des filtres utilisés par certains modèles de synthétiseurs analogiques.

La qualité des filtres est également le point le plus important des recreations logicielles des instruments VST. C'est ce qui fera le réalisme d'une émulation comme le CS-80v de chez Arturia ou le Minimonsa de chez G-Media. De même, les synthétiseurs qui recréent une synthèse analogique par voie de modélisation mathématique, tels que le Virus de chez Access ou le Nord Lead 2 de chez Clavia, ont des algorithmes de filtrage de grande, voire très grande, qualité.

Quant aux pionniers de la synthèse (je parle bien sûr de Bob Moog, Don Buchla, Alan Pearlman (ARP) et Tom Oberheim, pour ne citer qu'eux), la conception de leurs filtres était si bien pensée qu'elle a été, et est toujours, copiée et archi-copiée. Vous pouvez même acheter des modules vous permettant de retrouver un son Moog dans votre modulaire, ou encore une cartouche d'émulation comme avec l'ATC-1 de chez Studio Electronics.

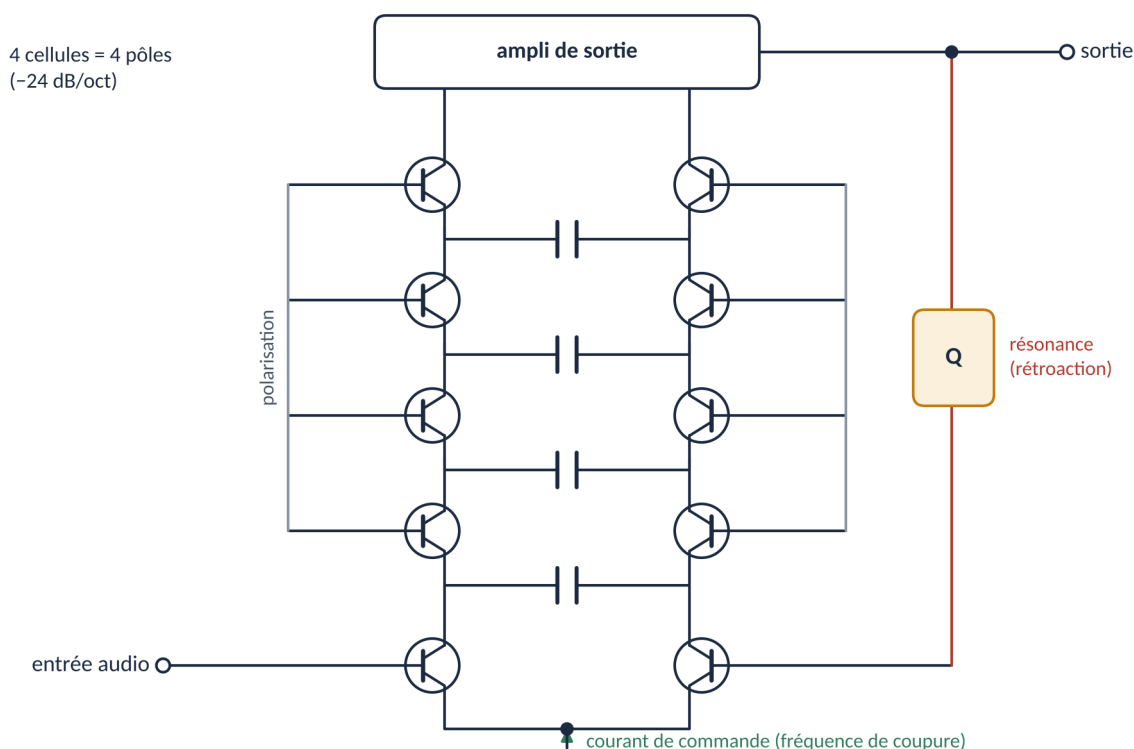


Figure 36 – Principe du filtre en échelle à transistors du Minimoog (schéma simplifié).

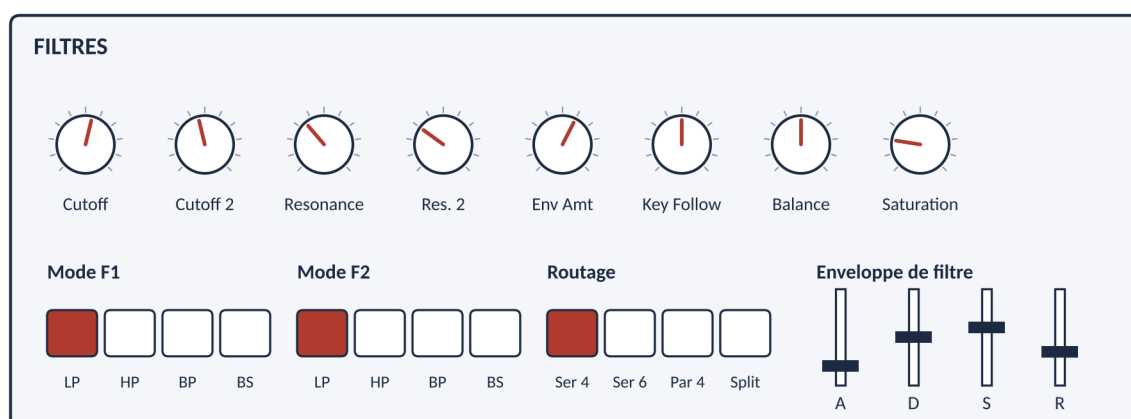


Figure 37 – Section de filtres d'un synthétiseur virtuel analogique de type Access Virus : même sur un instrument numérique, les filtres occupent une place centrale.

À retenir

- La coupure est le point à -3 dB ; chaque pôle ajoute 6 dB/oct de pente.
- La résonance crée une bosse à la coupure ; poussée au maximum, le filtre auto-oscille et devient une source sinusoïdale.
- Le suivi de clavier règle la façon dont la coupure suit la note : 0 % (fixe), 50 % (naturel), 100 % (timbre constant).
- Passe-bas pour la plupart des sons, passe-haut pour alléger, passe-bande pour les formants, coupe-bande et déphaseur pour le mouvement.
- Deux filtres de même pente mais de familles différentes ne sonnent pas pareil.

Le générateur d'enveloppe et l'amplificateur

Nous en arrivons à la dernière composante obligatoire de la création d'un son en synthèse analogique. Celle-ci concerne les amplificateurs et les enveloppes.

Sans l'amplificateur, il n'y aurait aucun son en sortie. Le routage de la création d'un son en synthèse analogique fait que le son généré par l'oscillateur est dirigé vers les filtres avant d'être amplifié. Toutefois, avant l'amplification du signal, une étape importante est celle du générateur d'enveloppe. En effet, c'est en fonction de cette dernière que l'amplificateur va s'ouvrir et laisser passer un volume sonore correspondant au réglage ADSR. Nous allons donc examiner les différentes étapes qui terminent la création du son.

1 - Le générateur d'enveloppe

Les synthétiseurs analogiques ont des façons différentes de contrôler l'enveloppe du son. Néanmoins, les constructeurs ont fini par mettre en œuvre une méthode désormais classique de contrôle de l'enveloppe, appelée ADSR ou Attack, Decay, Sustain, Release.

a) Définitions

Le rôle principal du générateur d'enveloppe est de déterminer le contrôle du volume d'un son durant sa création. Il a également d'autres usages que nous verrons plus tard. Techniquement, un générateur d'enveloppe ne produit aucun son : il fabrique une tension de commande qui monte et descend selon un profil défini, chaque fois qu'il reçoit un signal de gate du clavier. C'est cette tension qui, appliquée à l'amplificateur, au filtre ou à l'oscillateur, façonne l'évolution du son dans le temps.

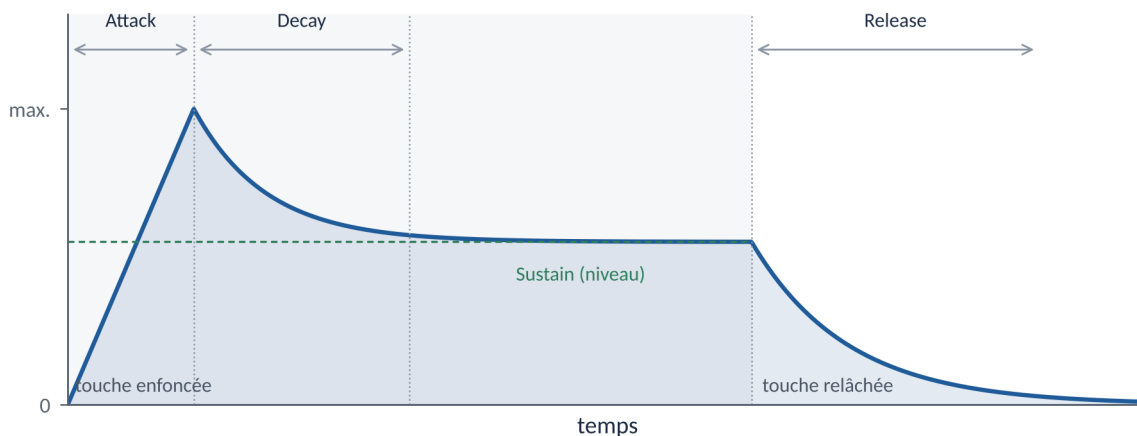


Figure 38 – Schéma typique d'un générateur de type ADSR

Les quatre termes utilisés en anglais sont Attack, Decay, Sustain et Release. En d'autres termes, l'enveloppe se contrôle en quatre phases. Avant d'expliquer ces phases, il est important d'avoir à l'esprit que les valeurs ADR sont des valeurs de temps alors que la valeur S est une valeur de niveau. On parlera donc de rapidité ou de longueur de l'attaque, de la décroissance et du relâchement, tandis qu'il s'agira de volume de soutenu ou tenue du son.

- Phase d'attaque (*Attack*)

La phase d'attaque est le temps que met un son pour atteindre un volume, normalement défini comme le volume maximum du son, pas forcément comme le volume possible avec le synthétiseur. Ce paramètre d'attaque est déclenché par le fait d'enfoncer une touche ou d'envoyer un message de type Note On ou encore de déclenchement (*Trigger*).

Une valeur d'attaque courte permet d'obtenir un son percussif, typique d'un son de batterie, de piano, de guitare ou de vibraphone. Une attaque plus longue sert aux sons de cordes frottées, de cuivre ou de flûte. Une durée d'attaque très longue ne correspond à aucun instrument acoustique mais permet des effets ou encore des inversions de son. Pour fixer les idées : une attaque « instantanée » de synthétiseur dure de 1 à 5 ms ; une attaque de cuivre, de 20 à 80 ms ; une attaque de cordes d'orchestre, de 100 à 400 ms ; une nappe peut monter en plusieurs secondes.

- Phase de décroissance (*Decay*)

Cette phase commence immédiatement après la phase d'attaque. Elle représente le temps que met le volume d'un son à diminuer du maximum atteint en fin d'attaque jusqu'au niveau de soutenu, avant de passer à la phase de soutenu. La décroissance du son est normalement à un niveau inférieur à l'attaque et d'une durée supérieure à celle de l'attaque. Le son perd de son volume durant la phase de décroissance si celle-ci existe. Si le niveau de soutenu est réglé au maximum, la décroissance n'a aucun effet ; s'il est à zéro, le son s'éteint de lui-même à la fin de la décroissance, même si la touche reste enfoncée.

- Phase de soutenu (*Sustain*)

Tout simplement, la phase de soutenu représente le niveau où le son se stabilise à un niveau constant ou quasi constant. Elle se termine par le relâchement de la note. Avec les synthétiseurs, la phase de soutenu théorique peut durer indéfiniment, c'est-à-dire tant que la touche reste enfoncée.

- Phase de relâchement (*Release*)

La phase de relâchement est le temps mis par le son pour disparaître complètement lorsque la touche est relâchée ou que le message Note Off est reçu par le synthétiseur. Pour les instruments acoustiques, le temps de relâchement peut être très long (vibraphone avec pédale, cloche, gong), moyennement long (cuivres, cordes, à cause de la réverbération de la salle) ou très court (blocs de bois).

b) Explication des quatre phases

Tous les synthétiseurs analogiques ne possèdent pas quatre phases, certains synthétiseurs analogiques n'en ayant que deux ou trois : l'ARP Odyssey propose à la fois une enveloppe AR (attaque et relâchement) et une ADSR ; le Minimoog a des enveloppes à trois réglages (attaque, décroissance, soutenu), un commutateur permettant de réutiliser la durée de décroissance comme durée de relâchement ; le PS-3300 fonctionne de façon semblable, avec en plus un mode de relâchement « à moitié amorti ». À l'inverse, l'évolution des synthétiseurs numériques a fait qu'il est assez commun de rencontrer des enveloppes à cinq phases et plus. L'illustration suivante représente l'enveloppe du Casio CZ qui met en œuvre une synthèse avec enveloppe à 8 phases.

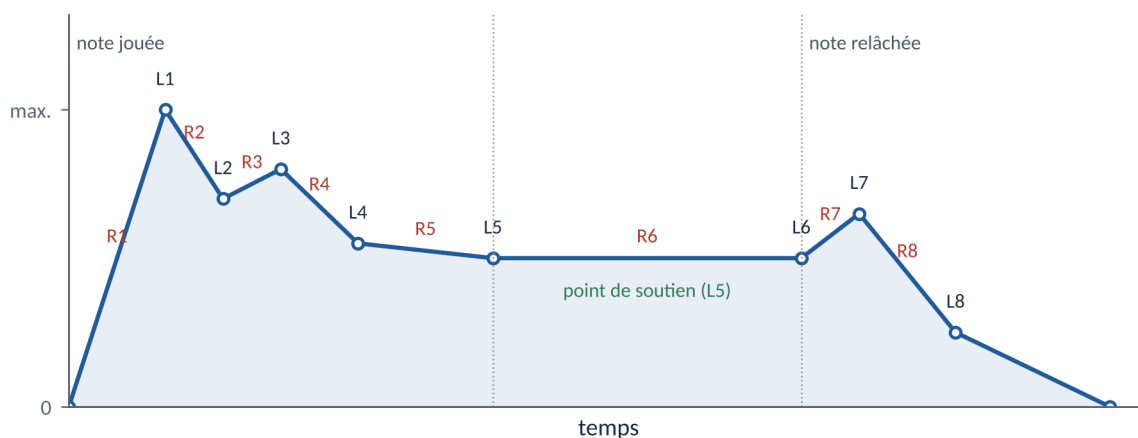


Figure 39 – Enveloppe à huit segments du Casio CZ ; R = vitesse (rate), L = niveau (level)

Néanmoins, la grande majorité des synthétiseurs, qu'ils soient anciens ou récents, analogiques ou numériques, possèdent des enveloppes à quatre phases. La raison en est qu'il est possible avec elles de reproduire de façon convaincante l'allure de la plupart des sons naturels, d'un coup de tonnerre au pépiement d'un oiseau. De plus, un grand nombre de sons n'utilisent pas les quatre phases ; un bloc de bois n'aura que les deux phases d'attaque et de décroissance, un orgue fait l'impasse sur la décroissance, un piano n'utilise pas de soutenu.

Lorsque l'on examine l'aspect visuel de l'enveloppe d'un son, il est facile d'effectuer le rapprochement avec les curseurs d'une commande d'enveloppe ADSR typique.

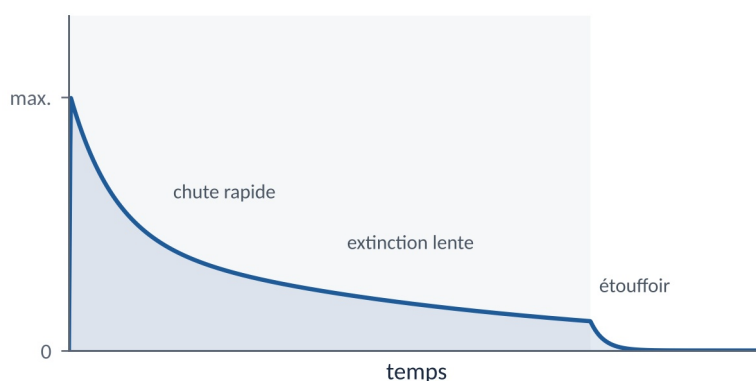


Figure 40 – Schéma d'une enveloppe ADSR d'un son de piano

Enfoncez la touche d'un piano. Que se passe-t-il ? Il y a une attaque rapide, voire très rapide, suivie d'une longue décroissance durant laquelle le son diminue peu à peu tant que vous maintenez la touche enfoncée, puis un relâchement rapide, voire très rapide, dès que vous laissez la touche reprendre sa position d'attente. Ainsi, il faudra programmer votre synthétiseur avec une attaque rapide, une longue décroissance, aucun soutenu (c'est le rôle de la pédale) et un relâchement rapide lorsque vous souhaitez programmer un son de piano. Le piano réel est un peu plus subtil : sa décroissance se fait en deux temps, une chute assez rapide pendant la première seconde puis une extinction beaucoup plus lente, et elle est d'autant plus longue que la note est grave. Sur un synthétiseur, on imite la seconde particularité en appliquant le suivi de clavier aux durées d'enveloppe (voir plus loin).

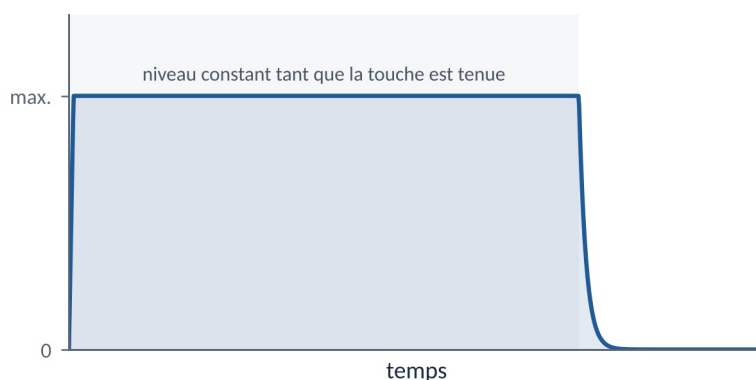


Figure 41 – Schéma d'une enveloppe d'orgue

Dans ce cas, il n'y a aucune décroissance. Le son reste en phase de soutenu tant que l'instrumentiste maintient la touche enfoncée.

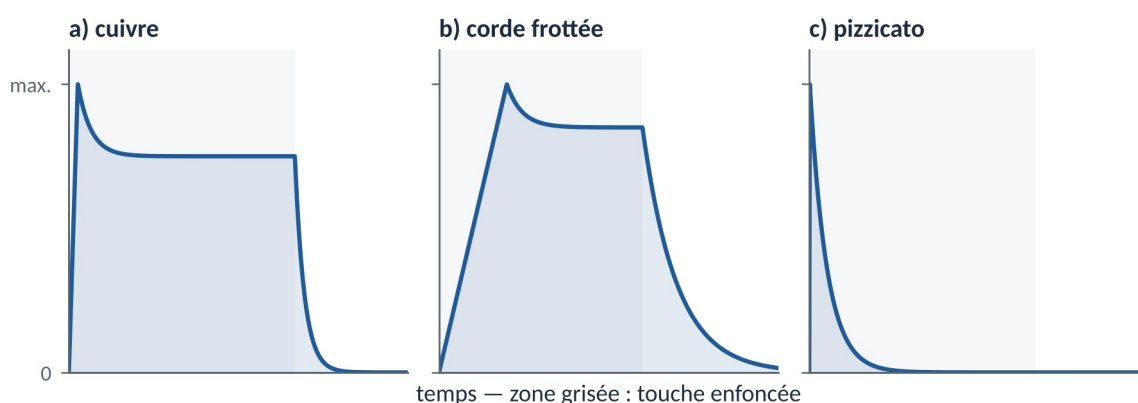


Figure 42 – Trois profils d'enveloppe typiques. La zone grise correspond à la durée pendant laquelle la touche est enfoncée.

c) Enveloppes spéciales

Certains sons ont une enveloppe spéciale de type loop, one shot ou reverse qui permet d'obtenir des sons purement synthétiques ou qui correspond à un type de son bien particulier. Ces enveloppes se rencontrent surtout sur les synthétiseurs numériques ou hybrides ; sur un analogique classique, on les obtient en détournant d'autres modules, comme on le verra.

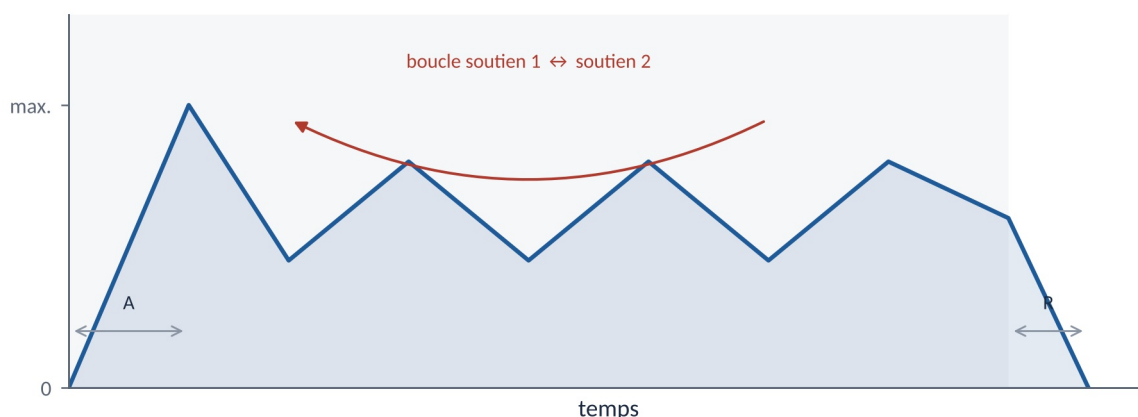


Figure 43 – Exemple d'une enveloppe avec boucle (loop)

Avec ce type d'enveloppe, une partie du parcours est répétée en boucle tant que la touche est enfoncée. Dans l'exemple ci-dessus, après l'attaque, l'enveloppe descend au niveau de soutenu 1 (décroissance 1), puis remonte au niveau de soutenu 2 (décroissance 2, qui est ici une montée), puis repart vers le soutenu 1, et ainsi de suite ; au relâchement de la touche, elle sort de la boucle et passe au relâchement.

Nous sommes ici en présence d'une enveloppe que l'on pourrait qualifier d'ADS1DS2R. La boucle peut également comprendre l'attaque et le relâchement, ce qui fait que le son recommence à partir de zéro tant que la touche reste enfoncée. L'enveloppe devient alors une sorte de LFO de forme complexe, synchronisé sur le début de la note. Sur le Matrix-12, le mode *Freerun* des enveloppes s'en approche ; sur un modulaire, on obtient le même résultat en renvoyant la fin de l'enveloppe sur son entrée de déclenchement.

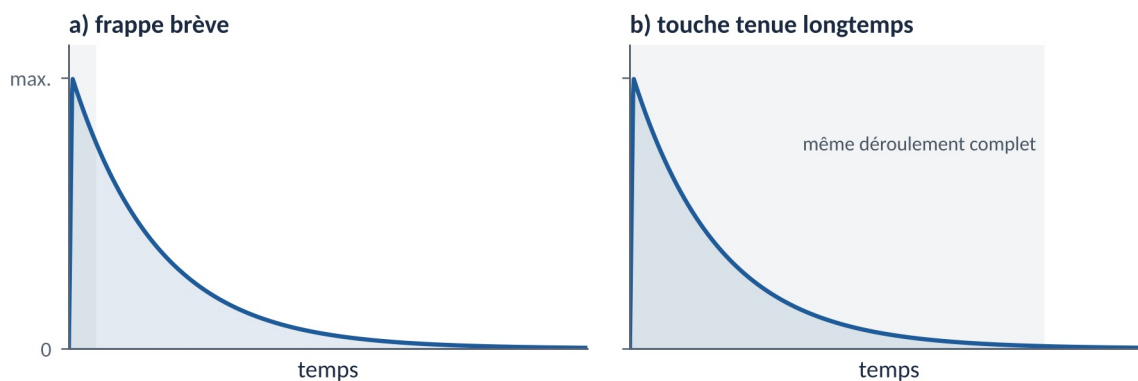


Figure 44 – Exemple d'une enveloppe à phase continue (one shot)

Cette enveloppe sied particulièrement bien aux percussions pour lesquelles l'enveloppe progresse sans s'arrêter, quelle que soit la durée d'enfoncement de la touche. Une frappe très brève ou une touche tenue longtemps donnent exactement le même son, comme sur une vraie batterie, où le son ne dépend pas de la durée pendant laquelle la baguette reste en contact. C'est le comportement des boîtes à rythmes analogiques comme la TR-808, dont les instruments ne reçoivent qu'un déclenchement (*trigger*) et pas de durée de note.

L'enveloppe inversée (*reverse*) est assez simple à visualiser à l'aide d'un triangle rectangle dont l'angle droit serait à droite. Imaginez que l'hypoténuse représente l'attaque, et que le côté opposé soit la décroissance. Une enveloppe inversée aura donc une longue, voire très longue attaque, et une décroissance réglée sur 0, d'où un son qui stoppe net, ce qui explique le caractère purement synthétique du son ; en d'autres termes, un son qui n'existe pas dans la nature. Si l'enveloppe inversée comporte un élément de soutenu, celui-ci sera long tout comme l'attaque, et le relâchement sera également sur 0. C'est l'effet d'une bande magnétique lue à l'envers, que l'on entend par exemple sur les cymbales inversées.

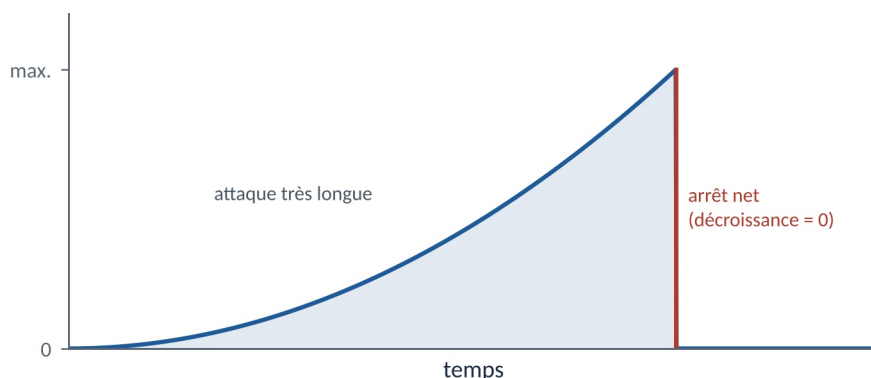


Figure 45 – Enveloppe inversée : une très longue attaque, puis un arrêt net.

Attention à ne pas confondre cette enveloppe « reverse » avec l'enveloppe inversée au sens de la polarité, que proposent de nombreux synthétiseurs (commutateur *Polarity* de l'ENV-1 du Jupiter-8, sortie inversée de l'enveloppe générale du PS-3300) : là, c'est la tension de sortie qui est retournée,

l'enveloppe descendant au lieu de monter. Appliquée au filtre, elle le fait se refermer à l'attaque puis se rouvrir. Nous y reviendrons avec l'inverseur.

d) Conclusion

Il est important de bien connaître l'aspect typique de l'enveloppe d'un son si l'on veut programmer rapidement. Si vous manquez de pratique, réfléchissez au son que vous souhaitez obtenir et vous verrez que la disposition des commandes ADSR est finalement assez logique.

En ce qui concerne son usage, l'enveloppe va plus loin que le simple aspect de shaping du son. Avec certaines architectures de synthétiseur, l'enveloppe peut contrôler le volume d'un oscillateur ou encore le volume d'un patch. L'enveloppe peut également contrôler un filtre, et particulièrement le paramètre de cutoff dans le temps afin d'obtenir un son plus clair ou plus sourd, mais également la résonance. Dans ce cas, l'enveloppe peut fermer progressivement le filtre, ou encore augmenter la résonance tandis que le filtre se ferme. Enfin, l'enveloppe peut aussi servir à moduler la hauteur de ton, une astuce qui permet de donner une légère inflexion de hauteur au début de chaque note (un petit glissement vers la note juste, ou un bref « coup » de hauteur), afin de la mettre en valeur. C'est exactement ce que font naturellement les cuivres, qui attaquent légèrement en dessous de la note, et les tambours, dont la hauteur chute juste après la frappe.

Comprendre les bases d'une enveloppe ADSR, c'est également se préparer à passer à des enveloppes plus compliquées. Nous avons vu le schéma de l'enveloppe à huit phases du Casio CZ. Des synthétiseurs virtuels tels que Rhino ou Camel Audio Cameleon 5000 poussent la notion d'enveloppe à l'extrême. Avec Rhino, il est possible de dessiner soi-même sa propre enveloppe, ce qui peut s'avérer très utile pour créer des effets rythmiques (comme dans le schéma ci-dessous), tandis que Cameleon met en place un morphing qui permet de faire varier les enveloppes dans le temps.

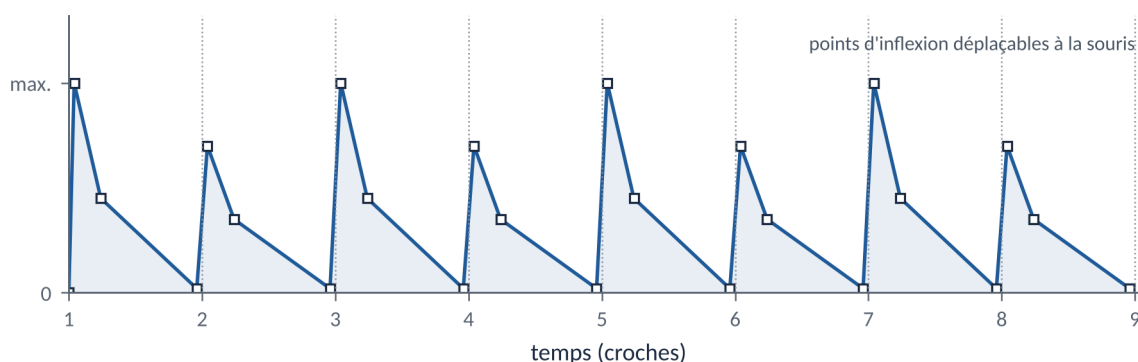


Figure 46 – Enveloppe dessinée point par point, à la manière de Rhino : un motif rythmique.

Pour en terminer avec les générateurs d'enveloppe, je dirai que cet élément de la synthèse analogique est aussi important que l'oscillateur, et même parfois plus important. En effet, il est possible de modifier un son par les enveloppes de façon au moins aussi radicale que de changer le type d'onde de l'oscillateur. La compréhension des enveloppes est également essentielle pour qui veut affiner sa technique d'échantillonnage.

Notons cependant que même les synthèses les plus avancées ne permettent pas encore de retrouver la complexité et la richesse des enveloppes des instruments acoustiques, où chaque partiel suit sa propre enveloppe : dans une note de piano ou de cloche, les harmoniques aigus s'éteignent bien plus vite que la fondamentale. Le filtre piloté par une enveloppe n'en donne qu'une approximation globale !

e) Variantes et réglages complémentaires

Au-delà des quatre phases, plusieurs réglages modifient profondément le comportement d'une enveloppe. Ils sont souvent négligés par les débutants, alors qu'ils font la différence entre un son « de synthé » et un son expressif.

- **Le délai (Delay).** Une phase d'attente avant l'attaque. Les enveloppes du Matrix-12 sont de type DADSR, avec un délai réglable jusqu'à 2,5 secondes : très utile pour faire entrer un second élément du son (un vibrato, une ouverture de filtre, une seconde couche) un peu après le début de la note. Le PS-3300 dispose d'une enveloppe générale (commune à toutes les notes) de type DAR : délai, attaque, relâchement.
- **Le maintien (Hold).** Une durée pendant laquelle l'enveloppe reste au maximum après l'attaque, avant de décroître. L'enveloppe 2 du Korg MS-20 en possède une ; elle donne du « mordant » aux percussions.
- **La forme des segments.** Les enveloppes analogiques ont généralement des segments exponentiels (en courbe), car c'est ainsi que se charge et se décharge un condensateur. Cela tombe bien : notre oreille percevant le volume de façon logarithmique, une décroissance exponentielle paraît régulière et naturelle, alors qu'une décroissance linéaire semble tenir trop longtemps puis s'effondrer. Certaines attaques analogiques sont en revanche quasi linéaires, ou même en courbe inverse.
- **Le suivi de clavier des durées.** Avec ce réglage (*Key Follow* des ENV-1 et ENV-2 du Jupiter-8, simples interrupteurs), les durées de l'enveloppe raccourcissent quand on monte sur le clavier. C'est indispensable pour les pianos, les cordes pincées et les percussions accordées, dont les notes aiguës s'éteignent plus vite.
- **La vitesse.** Sur les instruments dotés d'un clavier sensible à la frappe, la vitesse peut moduler le niveau maximal de l'enveloppe, sa durée d'attaque, ou la quantité d'enveloppe appliquée au filtre. Le Jupiter-8 n'a pas de clavier dynamique ; le Matrix-12, si : il distingue même la vitesse d'enfoncement et la vitesse de relâchement, utilisables comme deux sources de modulation distinctes. Le Yamaha CS-80 et son toucher (vitesse et pression polyphonique) restent une référence.
- **Les modes de déclenchement.** Sur un synthétiseur monophonique, que se passe-t-il quand on enfonce une nouvelle touche avant d'avoir relâché la précédente (jeu lié, ou legato) ? En mode *single trigger*, l'enveloppe continue sans redémarrer : seules les hauteurs changent, ce qui imite le phrasé lié d'un instrument à vent. En mode *multiple trigger*, chaque nouvelle note relance l'attaque, ce qui articule chaque note. Le Minimoog ne connaît que le premier mode ; le Matrix-12 permet de choisir, enveloppe par enveloppe, entre déclenchement simple, multiple ou externe. Les polyphoniques en mode *Solo* ou *Unison* posent la même question.
- **Le mode « gate ».** Beaucoup de synthétiseurs (Juno-106, Polysix) permettent de remplacer l'enveloppe de l'amplificateur par le simple signal de gate : le son s'ouvre instantanément et se coupe net au relâchement, comme un orgue. C'est pratique quand une seule enveloppe doit servir au filtre.

f) Exemples : les enveloppes de trois polyphoniques

	Roland Jupiter-8	Oberheim Matrix-12	Korg PS-3300
Nombre d'enveloppes par voix	2 (ENV-1 et ENV-2)	5	1 par note et par section, plus une enveloppe générale commune
Type	ADSR	DADSR (délai, attaque, décroissance, soutenu, relâchement)	attaque, décroissance, soutenu ; relâchement amorti, à moitié amorti ou égal à la décroissance ; générale : DAR
Plages	attaque de 1 ms à 5 s ;	délai jusqu'à 2,5 s	—

	décroissance et relâchement de 1 ms à 10 s		
Particularités	ENV-1 : polarité normale ou inversée ; suivi de clavier des durées ; le filtre peut suivre ENV-1 ou ENV-2 ; ENV-2 pilote l'amplificateur	modes de déclenchement, mode « freerun », vitesse d'attaque et de relâchement, toutes les enveloppes assignables par la matrice	l'enveloppe générale offre une sortie normale, une sortie inversée et une sortie décalée, reroutables par le panneau de connexions

Exemple concret – Une enveloppe, deux usages : le « doublé » du Jupiter-8

Le Jupiter-8 laisse choisir quelle enveloppe pilote le filtre (*ENV Select* : ENV-1 ou ENV-2), alors que l'amplificateur suit toujours ENV-2. Deux stratégies s'ouvrent :

- **Filtre sur ENV-2** : le filtre et le volume évoluent ensemble. C'est simple et efficace pour des sons percussifs (pianos électriques, basses pincées), où l'éclat et le volume décroissent en même temps. ENV-1 reste libre pour moduler la hauteur ou la largeur d'impulsion.
- **Filtre sur ENV-1** : le timbre et le volume ont des profils indépendants. C'est indispensable pour les cuivres (le volume monte vite et reste stable, alors que la brillance jaillit puis se calme) et pour les nappes « qui s'ouvrent » lentement alors que le volume est déjà là. On peut aussi inverser la polarité d'ENV-1 pour un filtre qui se referme à l'attaque.

2 - L'amplificateur

L'amplificateur termine la chaîne de création d'un son. Son rôle est très simple et peut se décrire en quelques mots. L'amplificateur sert à déterminer le volume du signal qui sort du filtre (ou, sur certains instruments, du mixeur). En soi, il se compose d'un seul élément appelé VCA, acronyme du terme amplificateur commandé par tension (*voltage controlled amplifier*).

Sur un synthétiseur analogique, le VCA est représenté par le bouton de volume (volume) ou de niveau (*level*), ou encore de gain (*gain*). Ce bouton ne règle toutefois que le niveau général ; l'essentiel du travail du VCA est commandé par l'enveloppe, qui l'ouvre et le referme à chaque note. Sans tension de commande, un VCA reste fermé : c'est pourquoi un synthétiseur au repos est silencieux bien que ses oscillateurs tournent en permanence.

Quelques points méritent néanmoins d'être connus :

- **Le VCA peut recevoir d'autres modulations que l'enveloppe.** Un LFO appliqué au VCA produit un trémolo (réglage *LFO Mod* du VCA du Jupiter-8, à quatre positions de 0 à 3) ; la vitesse ou la pression peuvent en moduler le gain.
- **Linéaire ou exponentiel.** Comme pour les enveloppes, la réponse d'un VCA à sa tension de commande peut être linéaire ou exponentielle. Une enveloppe exponentielle dans un VCA linéaire, ou l'inverse, donne des attaques et des chutes de caractères différents : c'est l'une des raisons pour lesquelles deux synthétiseurs aux réglages « identiques » ne sonnent pas pareil.
- **Le VCA comme outil de modulation.** Un VCA ne sert pas qu'à l'audio : sur un modulaire ou sur le Matrix-12 (qui compte quinze VCA par voie, la plupart dédiés aux modulations), on place un VCA sur le trajet d'une modulation pour en doser la profondeur à l'aide d'une autre source, par exemple un vibrato dont la profondeur suit la molette. C'est ainsi qu'est construite toute matrice de modulation.
- **Le suivi de clavier du niveau.** Le PS-3300 permet de faire varier le niveau de l'amplificateur selon la position sur le clavier, pour équilibrer les registres ou accentuer une zone.
- **Le bruit de fond et le « clic ».** Un VCA imparfait laisse passer un peu de signal même fermé (*bleed*, ou fuite) : on entend alors les oscillateurs en sourdine. Une attaque trop brève, à l'inverse,

peut produire un clic audible. Les deux phénomènes font partie de la personnalité de certains instruments.

Passons donc à la phase suivante de l'explication de la synthèse analogique, j'ai nommé le LFO et les modulateurs.

Les modulateurs

Contrairement aux trois précédentes étapes de la création d'un son en synthèse analogique, l'usage du LFO et des autres modulateurs n'est pas obligatoire. Nous sommes ici en présence d'éléments de la synthèse analogique qui ne créent pas de son mais qui lui donnent du caractère. Certains de ces modules n'apparaissent pas sur tous les synthétiseurs analogiques, mais ils doivent être mentionnés afin d'avoir un aperçu complet de la question.

1 - L'oscillateur à basse fréquence

a) Définition du LFO

L'oscillateur à basse fréquence ou LFO, pour Low Frequency Oscillator en anglais, est probablement le composant le plus communément rencontré sur les synthétiseurs analogiques après les oscillateurs, filtres et enveloppes. Le LFO ressemble aux oscillateurs qui produisent la base du son, à ceci près qu'il possède une fréquence de fonctionnement qui lui est propre, laquelle va rarement au-delà du minimum audible de 20 Hz, et peut descendre jusqu'à 0,01 Hz. À 0,01 Hz, un cycle complet dure 100 secondes : il faut alors près de deux minutes pour que la modulation revienne à son point de départ ! À l'autre extrême, certains LFO montent nettement au-dessus de 20 Hz (jusqu'à 40 Hz sur le Jupiter-8) et entrent dans le domaine audible, où ils produisent des effets de grain ou de modulation d'amplitude.

Nous avons vu que les oscillateurs audio servent à produire des formes d'onde audibles, même si elles sont parfois à la limite de ce que l'oreille humaine peut percevoir. En soi, le LFO ne produit pas de son, sa seule fonction est de produire un signal de commande, obtenu grâce à deux commandes principales que sont l'onde (*waveform*) et la fréquence (*frequency*). Ceci veut dire que l'on peut qualifier le LFO de signal de modulation. Sur un synthétiseur analogique, il est courant de rencontrer les termes de vitesse (*speed*) ou taux (*rate*) pour la fréquence, et de profondeur (*depth*), d'intensité (*intensity*) ou de quantité (*amount*) pour l'amplitude de la modulation, c'est-à-dire l'importance de l'effet produit. Sur beaucoup d'instruments, cette profondeur n'est pas réglée dans la section LFO elle-même, mais à l'endroit où la modulation arrive : le Jupiter-8 a ainsi un *LFO Mod* dans la section VCO, un autre dans la section VCF et un troisième dans la section VCA.

Le choix de l'onde du LFO est similaire à celui de l'oscillateur audio. Nous aurons donc un choix entre onde sinusoïdale, carrée ou en dent de scie, et parfois une onde en triangle. Dans le cas de l'onde en dent de scie, cette dernière peut être présente sous la forme d'une onde ascendante (*up*) ou descendante (*down*). Ceci est important car l'effet est différent puisque nous avons une valeur de modulation qui monte progressivement avant de chuter brusquement dans le premier cas, et une valeur qui chute brusquement puis remonte (ou, selon la convention, qui descend progressivement puis remonte d'un coup) dans le deuxième cas. Appliquée à la hauteur, la première donne une série de glissandos montants, la seconde une série de glissandos descendants. On trouve enfin très souvent une onde aléatoire (*random*), obtenue par un échantillonneur-bloqueur (voir plus loin).

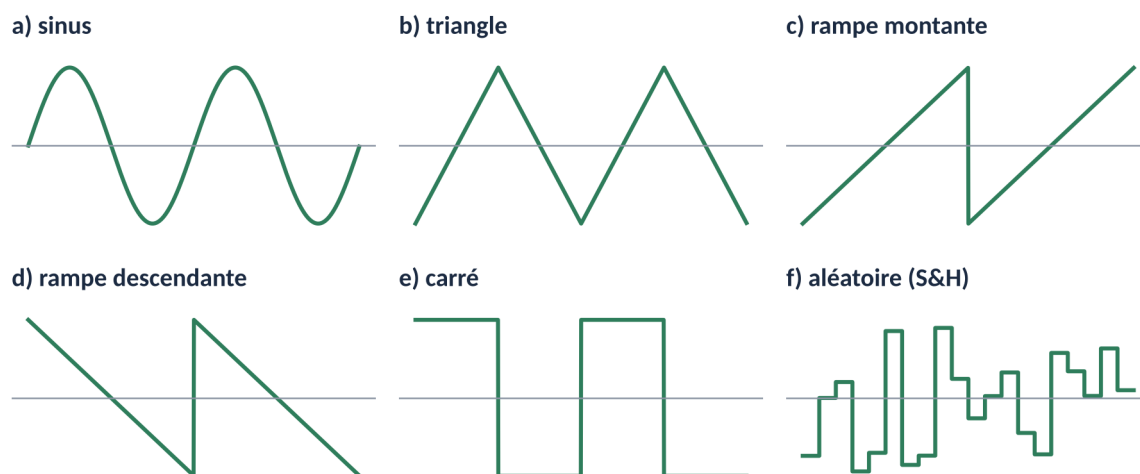


Figure 47 – Formes d'onde courantes du LFO.

b) Usage du LFO

Le LFO est donc contrôlé par sa vitesse, qui détermine le rythme de la modulation, et par sa profondeur, qui détermine l'importance de son effet. Certains LFO sont munis d'un délai qui permet de retarder l'arrivée de la modulation : pendant un temps réglable après le début de la note, le LFO n'agit pas (ou presque), puis son effet apparaît progressivement (fondu d'entrée, ou *fade-in*). En général, ce délai est redéclenché à chaque nouvelle note (ou, sur certains polyphoniques, seulement quand aucune touche n'était enfoncée auparavant). Le Jupiter-8 propose ainsi un *Delay Time* réglable de 0 à 4 secondes. Dans la pratique, à quoi sert le LFO ? Pour répondre à cette question, il faut séparer l'effet que possède le LFO sur les oscillateurs de celui qu'il possède sur les autres modules.

• LFO et oscillateurs

Pour comprendre l'influence du LFO, il faut l'appliquer avec ses ondes de base et voir l'effet qui en résulte.

Lorsque le LFO va intervenir, la hauteur en sortie sera fonction de l'effet du LFO. L'application la plus courante est d'envoyer un LFO avec onde sine ou triangle d'environ 5 à 7 Hz afin de créer un effet de vibrato. Pourquoi cette vitesse ? Parce que c'est celle du vibrato naturel des chanteurs et des instrumentistes : au-delà de 7 à 8 Hz, le vibrato paraît nerveux et artificiel ; en dessous de 4 Hz, il devient une ondulation lente. Il ne faut pas confondre cette vitesse avec la profondeur : un vibrato réaliste ne fait varier la hauteur que de quelques dizaines de cents de part et d'autre de la note (environ ± 20 à ± 50 cents pour un violon ou une voix, moins pour une flûte). Par ailleurs, le vibrato peut être rendu encore plus réaliste si l'on applique un délai au LFO, ce qui est le cas pour une imitation d'un jeu à tempo lent sur les cordes d'un violon : le violoniste attaque la note sans vibrato, puis le laisse s'installer. Enfin, si vous augmentez l'amplitude du LFO, parfois indiquée par le terme contrôle de profondeur (*depth control*), le vibrato se transforme en larges variations de hauteur tonale, jusqu'à rendre un effet de sirène au son (surtout avec une vitesse lente).

Remplacez l'onde sine du LFO par une onde en dent de scie. Que se passe-t-il ? Cette fois-ci, le LFO va suivre la forme en dent de scie, ce qui implique que la hauteur va monter progressivement puis retomber d'un coup, de façon répétée : on obtient un effet de « bulles », de sonar ou d'alarme de science-fiction selon la vitesse et la profondeur.

Enfin, choisissez une forme d'onde carrée pour le LFO. Du fait que l'onde carrée passe d'un niveau à un autre, on aura donc un son qui va osciller entre deux hauteurs tonales. Résultat, le LFO en onde carrée va nous permettre d'obtenir un trille si l'amplitude de l'onde est faible (réglée pour un écart d'un demi-ton ou d'un ton), et une plus grande distance entre deux notes si l'amplitude est importante (réglée sur

une tierce, une quinte ou une octave, on obtient un effet d'alarme ou de sirène deux tons, comme celle des pompiers).

- LFO et modules

L'avantage du LFO, c'est qu'il ne se restreint pas à un usage avec les oscillateurs. Avec un système modulaire, il s'applique à n'importe quel autre module. Pour les synthétiseurs non modulaires, tout dépend du type de connexion présente.

Imaginez que le LFO est relié à la commande de volume. Avec un LFO en onde sine, vous obtiendrez cette fois-ci un effet de trémolo. Si vous reliez le LFO au filtre pour contrôler le point de coupure, une onde sine va permettre d'obtenir un effet de variation cyclique du timbre, plus subtile que le vibrato puisque la hauteur ne change pas : c'est le « wah-wah » automatique. Augmentez la profondeur et la vitesse, et le LFO permet d'obtenir un effet de feulement (*growl*), parfait avec un sax ténor. Enfin, à des fréquences plus basses, le LFO va créer un effet de balayage (*sweep*) du filtre. Troisième possibilité, utiliser un LFO pour modifier la largeur d'une onde à impulsions. Nous avons vu en parlant de l'onde à impulsions que de changer sa largeur permet de changer son contenu harmonique (revoir l'explication de *mark/space*). Avec une pulse wave, le LFO aura pour effet de créer des variations dynamiques du timbre, souvent similaires à un effet de chorus.

c) Caractère créatif du LFO

Le LFO est un élément essentiel de la synthèse analogique. Avec les mêmes valeurs de base des trois éléments de création du son, le LFO permettra à deux patches de sonner complètement différemment l'un de l'autre. Non seulement le LFO donne du caractère au son, mais il permet de lui donner également du mouvement.

Nous avons vu qu'il permet d'obtenir quatre modulations de base :

- modulation de la hauteur tonale = effet de vibrato
- modulation de l'amplitude = effet de trémolo
- modulation de la coupure du filtre = effet de wah-wah
- modulation de la largeur d'impulsion = effet de chorus

Mais il permet bien plus.

Tout d'abord, sur un synthétiseur polyphonique, il faut savoir si le LFO est commun à toutes les voix ou propre à chaque voix. Sur la plupart des polyphoniques analogiques classiques (Prophet-5, Jupiter-8, Juno-106, OB-Xa), un seul LFO module toutes les voix en même temps : toutes les notes d'un accord vibrent à l'unisson, ce qui peut paraître mécanique. Sur le Matrix-12, au contraire, chaque voix possède ses propres LFO (cinq par voix), qui peuvent être redémarrés à chaque note ou tourner librement : chaque note de l'accord a alors son propre vibrato, à sa propre phase, ce qui donne un relief important au son. Le PS-3300 se situe entre les deux, avec deux générateurs de modulation par section. Ce que les anglophones qualifient de lush ou shimmer, et que l'on peut illustrer par le « gros » son des cordes de Vangelis, tient d'ailleurs à plusieurs facteurs combinés : sur le Yamaha CS-80 qu'il utilisait, deux couches de son légèrement désaccordées par voix, les petites différences naturelles entre les huit voix, un toucher très expressif et des effets externes (chorus, réverbération).

Deuxièmement, il peut être possible de régler le LFO selon un signal d'horloge. L'application la plus courante ici est de caler la fréquence du LFO, c'est-à-dire sa vitesse ou son taux, sur le tempo du séquenceur. Depuis 1983, cette synchronisation peut être commandée par une horloge MIDI.

Une autre application est de régler le LFO de manière aléatoire en choisissant random si cela est possible. Le son produit ne sera pas si bizarre que cela si l'amplitude est relativement limitée.

Enfin, avec les synthétiseurs qui possèdent plusieurs sorties ou une sortie stéréo, le LFO peut servir à contrôler le panoramique en faisant passer le son d'une sortie à l'autre par un effet de balayage, ce dernier pouvant être régulier si le LFO est une onde sine ou triangle.

Deux autres usages méritent d'être cités :

- **Le LFO qui module un autre LFO.** Sur le Matrix-12, la vitesse ou la profondeur d'un LFO sont des destinations de la matrice : un LFO lent peut faire accélérer et ralentir un vibrato, ou une enveloppe peut faire monter progressivement sa profondeur (le délai de LFO n'est qu'un cas particulier de ce principe).
- **La molette de modulation.** Sur presque tous les synthétiseurs, la profondeur du LFO peut être dosée en temps réel avec la molette (ou le levier) de modulation. Sur le Jupiter-8, le levier de pitch-bend, poussé vers l'avant, déclenche la modulation par le LFO, dont la quantité appliquée aux VCO et au VCF est réglée par les commandes *VCO Mod Sens* et *VCF Mod Sens*. C'est la façon la plus musicale de jouer le vibrato : l'ajouter seulement sur les notes longues, comme le ferait un instrumentiste.

Exemple concret – Le LFO du Jupiter-8 et ceux du Matrix-12

Le **Jupiter-8** possède un LFO unique, commun aux huit voix : quatre formes d'onde (sinus, carré, dent de scie et aléatoire), une vitesse de 0,05 à 40 Hz et un délai de 0 à 4 secondes. Sa sortie est distribuée vers les VCO (avec un sélecteur VCO-1, VCO-2 ou les deux), vers la largeur d'impulsion, vers le filtre et vers l'amplificateur. Le Matrix-12 possède cinq LFO par voix ; chacun peut être redémarré à chaque note ou tourner librement, être synchronisé, et offre plusieurs formes d'onde dont une forme « échantillonnée » qui permet d'utiliser n'importe quelle autre source comme forme d'onde. On peut donc, par exemple, utiliser un LFO lent pour le vibrato, un deuxième pour la largeur d'impulsion, un troisième pour un panoramique, etc., chacun à sa propre vitesse.

Le coin du geek – La division d'horloge du LFO

En général, la synchronisation du LFO par horloge se fait sur la base de 24 ppq, acronyme de pulses per quarter note, ou nombre de pulsations par noire (c'est aussi la résolution de l'horloge MIDI et de la synchronisation DIN de Roland). Il est évident que ceci est bien trop rapide pour obtenir un résultat satisfaisant car 24 pulsations par noire = une pulsation tous les 1/96 de ronde ! Les synthétiseurs offrent donc souvent le réglage de division d'horloge (*clock division*). L'usage de cette dernière est assez simple. En réglant la clock division sur 6, j'obtiens 4 pulsations par noire (4 ppq), soit l'équivalent d'une double croche (*sixteenth note*). En réglant sur 12, j'aurai 2 ppq, à savoir une croche. Enfin, en réglant sur 8, j'obtiens 3 ppq, à savoir un triolet de croches, etc. Voilà qui permet donc de mieux quantifier la vitesse d'intervention du LFO par rapport au rythme de la séquence.

Certains synthétiseurs numériques modernes offrent une grande étendue de contrôle du LFO par horloge interne ou externe. Dans le cas du Virus C, qui possède trois LFO, le tempo peut être réglé de 63 à 190 bpm avec des intervalles de rythme de 1/4, 1/6, etc., assignés à Clock LFO1, Clock LFO2, Delay Clock... En mode Multi, tous les Programs répondent à une horloge commune ; on peut donc créer des patches monstres qui auront tous le même mouvement rythmique. En mode Program, les LFO peuvent avoir des horloges différentes, d'où des patches plus complexes.

2 - Autres éléments de modulation

a) Fonction de glissement, le glide

Quasiment tous les synthétiseurs analogiques permettent de faire glisser la hauteur tonale entre les notes. Ce glissement est similaire à celui réalisé par la molette ou le joystick de pitch, que l'on pousse horizontalement vers la droite ou vers la gauche, mais il est entièrement automatique. C'est ce que l'on appelle le glide ou portamento, dont la commande est souvent placée près des oscillateurs. Normalement, le réglage est simple, il permet de contrôler la vitesse de la transition continue de la hauteur tonale entre les notes, ce qui est nécessaire pour obtenir un effet correspondant au tempo de ce qui est joué par l'instrumentiste. Parfois, le réglage de la fonction glide permet de contrôler séparément la vitesse selon que la transition est montante (*rise*) ou descendante (*fall*), pour obtenir un portamento différent entre ré-mi et ré-do.

Deux autres variantes sont importantes en pratique :

- **Temps constant ou vitesse constante.** Avec un portamento à vitesse constante (le plus courant en analogique), un grand intervalle prend plus de temps qu'un petit. Avec un portamento à temps constant, toutes les transitions durent le même temps, quel que soit l'intervalle.
- **Portamento automatique (legato, ou *fingered*).** Le glissement ne se produit que si l'on joue lié, c'est-à-dire si la nouvelle touche est enfoncée avant le relâchement de la précédente. On peut ainsi choisir note par note, par le jeu, les notes qui glissent : c'est le principe du *slide* du Roland TB-303, élément central du son « acid ».

Il ne faut pas confondre portamento et glissando : le portamento est un glissement continu, le glissando passe par toutes les notes de la gamme (comme le doigt qui glisse sur les touches d'un piano). Le PS-3300, par sa conception à division de fréquence, ne peut pas faire de portamento, mais il est possible d'y obtenir des effets de glissando.

En électronique, l'appareil qui sert à réaliser le portamento est appelé slew limiter en anglais, soit limiteur de vitesse de variation (ou de pente), parfois rencontré sous l'appellation lag (retard, traînage ; on parle alors de *lag processor*). On parle de limiteur car son rôle est de contrôler le taux maximum de fluctuation du signal de tension. Pour cela, la tension de commande de hauteur tonale est envoyée vers l'entrée du limiteur, lequel renvoie le signal vers l'oscillateur.

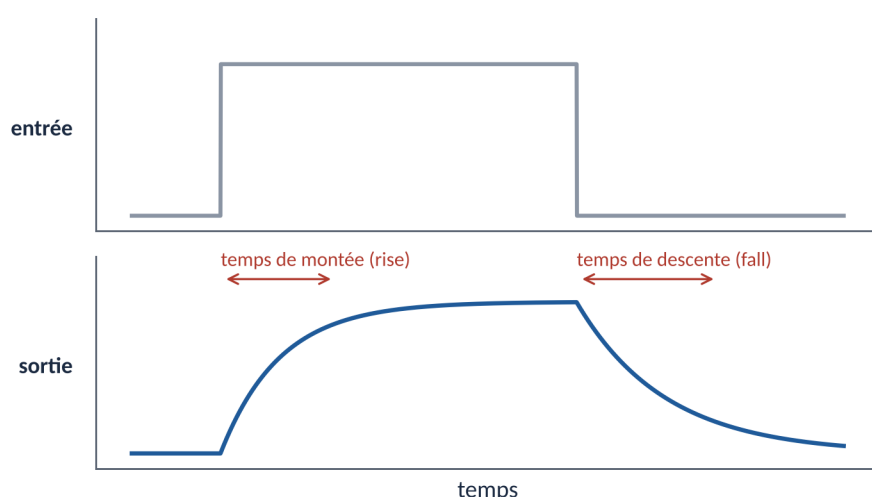


Figure 48 – Représentation graphique de l'effet du limiteur : la tension de sortie rejoint la tension d'entrée en un temps de montée (*rise*) et un temps de descente (*fall*, noté « Low » sur le schéma).

Si la fonction Glide est principalement utilisée pour obtenir un effet de portamento, elle a néanmoins d'autres utilisations, certaines moins évidentes.

Elle peut servir en tant que générateur d'enveloppe simple. Pour cela, la sortie de gate du clavier est dirigée vers l'entrée du module de glissement, et la sortie du module de glissement est dirigée vers un amplificateur, filtre ou oscillateur. Le réglage de la durée de glissement (ou, s'ils sont séparés, des temps de montée et de descente) permettra de contrôler le temps d'attaque et le temps de relâchement. On obtient ainsi une enveloppe de type AR. Le module Glide peut également servir à « adoucir » n'importe quelle autre tension de commande : placé après un échantillonneur-bloqueur, il transforme une suite de paliers aléatoires en une courbe aléatoire fluide ; placé après une enveloppe, il en arrondit les angles ; et en combinant plusieurs limiteurs, on facilite la création d'enveloppes à plusieurs étapes (*multistage envelopes*). Le module de glissement est aussi une forme de filtre passe-bas ; en effet, si l'on envoie un signal avec des harmoniques vers le slew limiter, on peut alors atténuer les hautes fréquences en réglant son temps de glissement : plus il est long, plus les variations rapides (les aigus) sont lissées. Enfin, il est possible de s'en servir avec un réglage fin pour faciliter le jeu legato au clavier.

Sur le Matrix-12, le portamento est réalisé par un générateur dédié, le *Lag*, qui est aussi une source et une destination de la matrice ; les quatre *Ramp Generators*, qui produisent une simple montée à vitesse réglable au début de chaque note, rendent des services voisins (fondu d'entrée d'une modulation, montée progressive de brillance).

b) Fonction de mélange des signaux, le mixer

Le mixeur est un élément simple à comprendre mais il ne faut pas sous-estimer son utilité. Son rôle est de mélanger (*to mix* en anglais) des signaux provenant de sources sonores différentes.

Sur la plupart des synthétiseurs, il est possible de mélanger des signaux audio et des signaux de tension de commande. Dans ce cas, il est vraisemblable que l'architecture du synthétiseur mette en œuvre un mixeur pour les signaux audio et un autre mixeur pour les tensions de commande. Électriquement, les deux sont des additionneurs linéaires : ils font la somme des tensions qu'ils reçoivent, chacune dosée par son potentiomètre. La différence ne tient pas au mixeur lui-même, mais à ce qu'on fait ensuite de la somme : envoyée à l'entrée d'un VCO 1 V/oct ou d'un VCA exponentiel, elle est interprétée de façon exponentielle. Additionner 1 V à une tension de hauteur ajoute toujours une octave, quelle que soit la note de départ. Voyons ce que ceci veut dire.

- Mixage linéaire ou logarithmique

Le mixeur linéaire fait une simple addition des valeurs des signaux d'entrée. Par exemple, trois signaux de 1 V, 3 V et 5 V nous donneraient un signal de sortie de 9 V. Cependant, l'oreille humaine n'entend pas de façon linéaire. En effet, il faut augmenter l'amplitude d'un signal audio d'environ 10 dB (c'est-à-dire la multiplier par un peu plus de trois) pour que nous percevions un signal deux fois plus fort ; notre ouïe a une sensibilité logarithmique. Pour la programmation de synthétiseur analogique, cette différence entre signal linéaire ou signal logarithmique signifie qu'il faudra faire attention aux réglages des potentiomètres de mixage, sous peine d'obtenir des résultats bizarres : sur beaucoup d'instruments, la moitié de la course d'un bouton de niveau ne correspond pas à la moitié du volume perçu. Autre point à connaître : pousser les niveaux d'un mixeur audio au maximum fait souvent saturer légèrement l'entrée du filtre. Sur le Minimoog, c'est même une technique célèbre pour épaissir le son (on renvoyait la sortie casque dans l'entrée externe du mixeur pour accentuer cette saturation).

- En pratique

Imaginons un synthétiseur à quatre VCO. Le signal de chacun de ces quatre VCO est dirigé vers un mixeur. Interviennent ensuite le VCF, puis le VCA, la commande ADSR agissant sur le VCA. Pour comprendre ce qu'est un signal logarithmique, nous utilisons quatre ondes sine d'octave différente. Passons donc le VCO1 sur 2', le VCO2 sur 4', le VCO3 sur 8' et le VCO4 sur 16'. Utilisez maintenant le mixeur pour voir comment le signal de sortie change. Par exemple, si vous réglez le VCO4 à 100 %, le

VCO3 à 50 %, le VCO2 à 25 % et le VCO1 à 12,5 %, vous obtenez un signal de sortie qui contient les harmoniques 1, 2, 4 et 8 avec les amplitudes de la dent de scie (1, 1/2, 1/4, 1/8). Ce n'est pas encore une dent de scie, car il manque tous les harmoniques qui ne sont pas des octaves (3, 5, 6, 7...) : le son ressemble plutôt à un orgue réglé sur des jeux d'octaves. Pour se rapprocher de la dent de scie, il faudrait accorder les VCO sur les harmoniques 1, 2, 3 et 4 (16', 8', une quinte au-dessus du 8', et 4') avec les niveaux 100 %, 50 %, 33 % et 25 % ; on entend alors le son se « remplir ». Je vous renvoie ici à la partie du didacticiel sur le contenu harmonique des ondes. Maintenant, essayez des réglages différents des quatre VCO et écoutez le résultat.

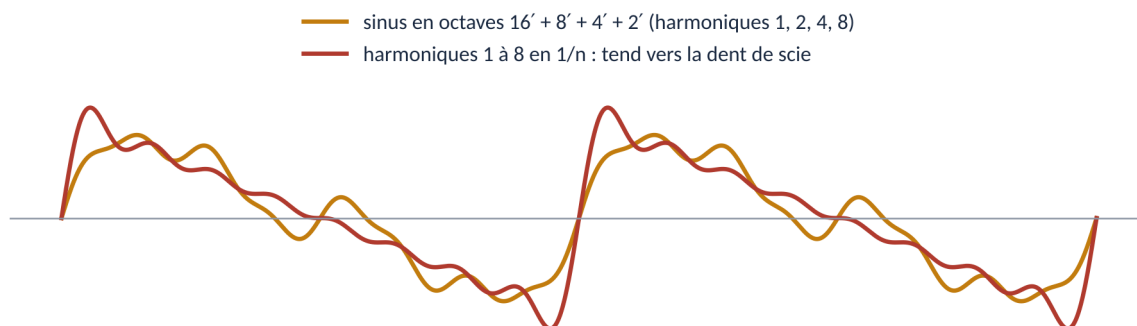


Figure 49 – Sinusoïdes en octaves (orange) et série harmonique complète jusqu'au 8e harmonique (rouge) : seule la seconde tend vers la dent de scie.

Un autre usage peut être de créer un son de cloche. Réglez les trois premiers VCO : VCO1 sur 2', VCO2 sur 4' et VCO3 sur 16'. Montez l'accord du VCO3 de quatre demi-tons ; ainsi, jouer un do sonnera comme jouer un mi. Maintenant, réglez le VCO4 sur 4' et augmentez sa hauteur de cinq demi-tons de façon à ce qu'un do sur le clavier sonne comme un fa. En réglant le volume des différents VCO, vous devez obtenir une cloche ou un carillon. Pour que l'illusion fonctionne, il faut bien sûr une enveloppe de cloche : attaque nulle, longue décroissance, soutenu à zéro, relâchement long. Et si l'on veut se rapprocher d'une cloche d'église, on peut remplacer la tierce majeure (quatre demi-tons) par une tierce mineure (trois demi-tons) : la cloche accordée traditionnelle fait en effet entendre, au-dessus de sa note principale, une tierce mineure caractéristique. Les intervalles tempérés n'étant pas des rapports de fréquences exacts, ils introduisent de légers battements qui renforcent le caractère métallique.

Enfin, un autre usage du mixeur peut être de fournir plus de signaux d'entrée à un module sonore qui n'en possède qu'un ou deux. Pour cela, imaginons que la fréquence de coupure d'un filtre ne possède qu'une seule entrée de modulation mais que vous souhaitez la contrôler avec l'ADSR, un LFO et le clavier. Eh bien, connectez les trois signaux de sortie à un mixeur et branchez la sortie du mixeur sur le filtre.

c) Fonction d'inversion des signaux, l'inverter

Attention, le terme *inverter* peut prêter à confusion. Il ne s'agit pas ici de l'inverter au sens d'onduleur, à savoir un dispositif qui sert à transformer le courant continu en courant alternatif.

Sous forme de module indépendant, l'inverseur se rencontre sur les modulaires et les semi-modulaires : l'ARP 2600 en possède un dans ses processeurs de tension, le Korg MS-20 propose une sortie inversée de son enveloppe 2, et le module utilitaire du PS-3300 offre une sortie inversée de son enveloppe générale. Sur les synthétiseurs câblés, il est en réalité très répandu, mais sous une forme discrète : un commutateur de polarité d'enveloppe (ENV-1 du Jupiter-8 et du MKS-80, sa version en rack ; filtre du Juno-106), ou des quantités de modulation bipolaires, réglables en positif comme en négatif (c'est le cas de toutes les modulations du Matrix-12). À quoi sert l'inverseur et quel est son usage pratique ?

L'inverseur est un circuit très simple. Il inverse la tension du signal. Si le signal d'entrée est de 5 V, le signal de sortie de l'inverseur est de -5 V. Lorsqu'il est présent sur un synthétiseur câblé, l'inverseur se trouve généralement sur le module d'enveloppe, et parfois sur les commandes du mixeur pour rendre le signal de sortie symétrique.

Dans la pratique, un inverseur est un formidable outil créatif. Par exemple, avec un signal de commande où le son est brillant puis devient sourd, l'inverseur va commencer avec un son sourd puis le rendre brillant. Il est également possible de faire le routage d'une enveloppe inversée ; on peut donc l'utiliser pour contrôler la résonance du filtre, la largeur d'une onde à impulsion, pour contrôler le VCA, etc.

Pour ceux qui possèdent une machine avec inverseur, essayez les deux applications suivantes.

- Le signal suit le chemin VCO – VCF – VCA. Le module ADSR contrôle normalement le VCF et le VCA. Envoyez en plus l'ADSR, à travers l'inverseur, vers l'entrée de hauteur du VCO. À chaque note, la hauteur plonge à l'attaque puis remonte vers la note juste à mesure que l'enveloppe redescend : on obtient un glissement vers le haut caractéristique (sans inverseur, le glissement serait vers le bas). Avec une quantité faible, c'est l'attaque « par en dessous » d'un cuivre ; avec une quantité forte, un effet de sifflet ou de « laser » inversé.
- Envoyez le signal de sortie du LFO vers le VCA1, tandis que le même signal de sortie est envoyé vers l'inverseur avant d'aller vers le VCA2 (les deux VCA traitant le même son, le VCA1 alimentant la sortie gauche et le VCA2 la sortie droite). Lorsque le LFO est en cycle positif, le VCA1 est complètement ouvert alors que le signal de l'inverseur force le VCA2 à être fermé. Tandis que le LFO poursuit son cycle, il ferme doucement le VCA1 et ouvre doucement le VCA2, ce qui provoque un effet de panoramique. En réglant le LFO sur une fréquence de 1 Hz, on obtient un effet de balayage. Avec des fréquences plus élevées, on augmente l'effet de panoramique jusqu'à obtenir un effet de trémolo stéréo. Et si l'effet de panoramique est trop fort, il suffit de réduire la profondeur du LFO et d'augmenter le niveau de base (*initial gain*) des deux VCA, de sorte qu'aucun ne se ferme complètement.

d) Fonction de conversion d'un signal audio en tension de commande, l'envelope follower

Le suiveur d'enveloppe intervient sur un signal audio, qu'il s'agisse de la sortie du synthétiseur ou d'un signal externe (une voix, une guitare, une boîte à rythmes). Il convertit la courbe de niveau du signal, son enveloppe, en une tension de commande. Cette tension de commande est alors assignée à des paramètres de réglage qui sont modulés en fonction du signal audio. Par exemple, si vous l'envoyez sur le VCA, vous pouvez contrôler la dynamique du synthétiseur par l'intensité d'un autre instrument. En l'envoyant sur le filtre, vous créez un effet de type wah-wah qui suit l'intensité du jeu (plus on joue fort, plus le son s'ouvre : c'est le principe de l'*auto-wah*) du fait du contrôle de la tension.

En fait, le suiveur d'enveloppe est en quelque sorte le pont entre le contrôle du signal audio et celui du signal de commande. Pour cela, le suiveur d'enveloppe procède en deux temps. Pour visualiser l'effet, imaginez que vous ayez ouvert un fichier audio dans un logiciel qui vous présente son aspect graphique. Vous avez une ligne au milieu et le signal audio indique des crêtes de chaque côté de la ligne. Le suiveur d'enveloppe commence par *redresser* le signal : les crêtes situées sous la ligne de partage sont repliées vers le haut (ou supprimées, selon le circuit), de sorte qu'il ne reste que des valeurs positives. Puis il *lisse* le résultat avec un filtre passe-bas, pour ne garder que l'allure générale, c'est-à-dire l'enveloppe. Le réglage de ce lissage est important : trop rapide, la tension « tremble » au rythme des oscillations audio ; trop lent, elle réagit avec retard aux attaques.

Là également, nous verrons des applications pratiques. Retenez pour l'instant que lorsqu'un DJ parle et que le son de la chanson diminue alors qu'il parle, ce que les anglophones appellent effet de ducking (baisser la tête, esquiver), vous avez un suiveur d'enveloppe en action (intégré à un compresseur

commandé par le micro). Son intérêt en synthèse analogique va être de faire qu'un signal audio pourra réduire ou augmenter l'amplitude d'un autre signal audio, ou en commander n'importe quel paramètre.

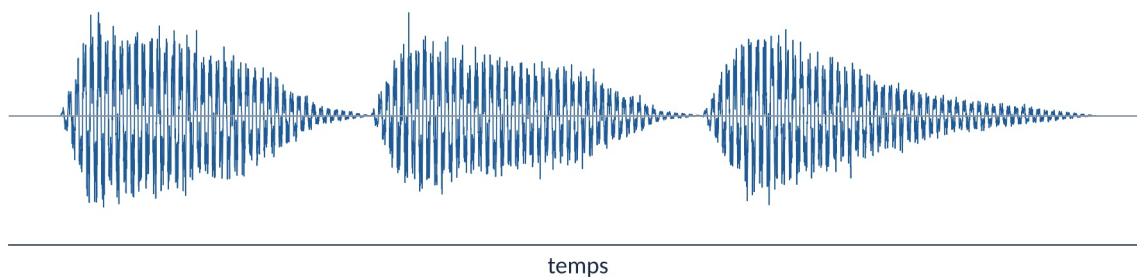


Figure 50 – Exemple de signal audio visualisé dans un éditeur.

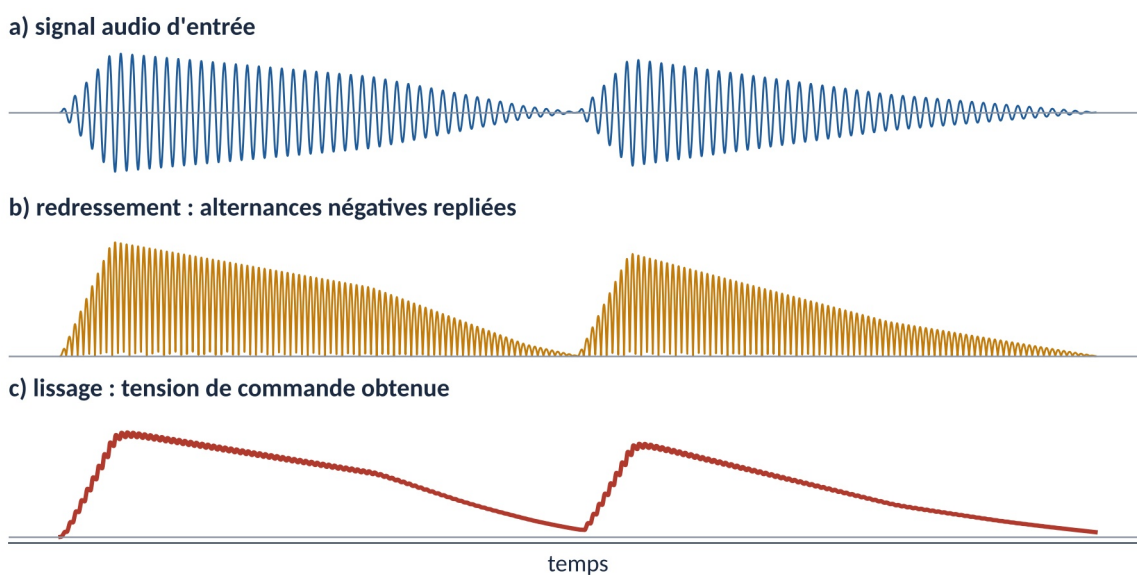


Figure 51 – Fonctionnement du suiveur d'enveloppe : redressement puis lissage.

L'ARP 2600 et le Korg MS-20 (dans sa section *External Signal Processor*, qui contient aussi un convertisseur hauteur-tension permettant de faire « jouer » le synthétiseur par une voix ou un instrument) sont les deux exemples classiques d'instruments dotés d'un suiveur d'enveloppe. Le vocodeur, que l'on évoquera plus loin, n'est rien d'autre qu'une batterie de suiveurs d'enveloppe placés derrière des filtres passe-bande.

e) Le modulateur en anneau ou ring modulator

Le modulateur en anneau est une invention du monde des télécommunications (tout comme le vocodeur d'ailleurs) qui permettait d'avoir plusieurs communications téléphoniques sur une même ligne (en les décalant chacune dans une bande de fréquences différente). Le terme « anneau » provient du fait que les premiers modulateurs étaient conçus avec quatre diodes, disposées en boucle, d'où le nom. Il a très vite trouvé une application en synthèse analogique, la raison principale étant qu'il permet d'obtenir des sons de type métallique impossibles à créer avec les oscillateurs standard ; il sert également à manipuler le signal audio.

Le modulateur en anneau est un mixeur spécial qui possède deux entrées et une sortie : au lieu d'additionner ses deux signaux d'entrée, il les multiplie. Le signal de sortie est la combinaison de l'addition et de la soustraction des deux fréquences d'entrée : on y trouve leur somme et leur différence, mais plus les fréquences d'origine. Prenons un exemple simple :

En synthèse analogique, la note de référence est le la, la3 en notation française ou A4 en notation scientifique, qui correspond à 440 Hz, et le do qui suit, do4 ou C5, a une fréquence de 523,25 Hz. Si j'envoie ces deux signaux sinusoïdaux vers un modulateur en anneau, j'obtiens une addition de 963,25 Hz et une soustraction de 83,25 Hz. Comme 963,25 Hz tombe entre si bémol – B $\flat$ 5 (932,33 Hz) et si – B5 (987,77 Hz), et que la valeur la plus proche de 83,25 Hz est mi – E2 (82,407 Hz), il en résulte que le modulateur en anneau produit une dissonance parce qu'il contient des partiels qui ne font pas partie des séries d'harmoniques naturelles de la note jouée. Ces partiels sont cependant parfaits pour émuler des sons métalliques car les partiels produits ne sont pas en rapport harmonique entre eux. Avec des formes d'onde riches (dent de scie, carré), chaque harmonique de la première entrée se combine avec chaque harmonique de la seconde, ce qui produit une multitude de partiels inharmoniques : c'est ce foisonnement qui donne le caractère de cloche, de gong ou de métal frappé.

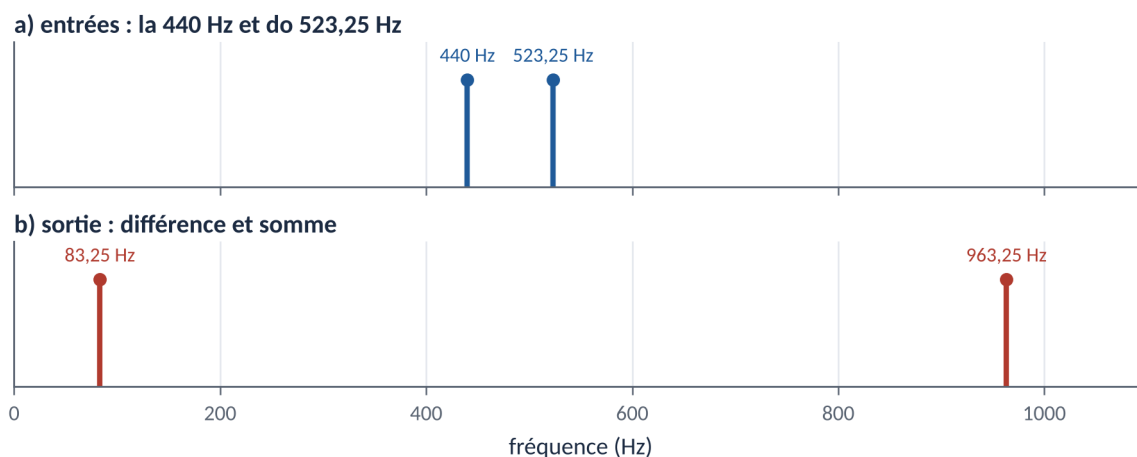


Figure 52 – Modulation en anneau de deux sinusoïdes : la sortie ne contient que la somme et la différence des fréquences d'entrée.

L'application classique du modulateur en anneau consiste à envoyer VCO1 et VCO2 vers le ring modulator, la sortie du ring modulator vers le VCA (en passant le plus souvent par le filtre), et la commande ADSR vers le VCA.

Là où les choses se compliquent, c'est le réglage des oscillateurs, ou plutôt le réglage de l'accord des oscillateurs. Si les deux fréquences sont dans un rapport simple (1:2, 2:3, 3:4...), la somme et la différence tombent sur des harmoniques d'une note commune, et le son reste « musical », comme un timbre d'orgue étrange. Plus le rapport s'éloigne de ces fractions simples, plus le résultat est métallique et dissonant. Nos intervalles tempérés, légèrement différents des rapports exacts, donnent des résultats intermédiaires. Autre point important : si les deux oscillateurs suivent tous deux le clavier, le timbre reste le même sur toute l'étendue du clavier ; si l'un d'eux reste à fréquence fixe, le spectre change complètement d'une note à l'autre, ce qui est idéal pour les effets spéciaux mais injouable mélodiquement. Une application intéressante consiste à envoyer un LFO à l'un des oscillateurs avant que le signal n'atteigne le modulateur en anneau : le timbre se met à tourner et à gargouiller (c'est l'une des bases des voix de robots). Enfin, si l'un des deux signaux est lui-même un LFO (donc une fréquence très basse), le modulateur en anneau produit un trémolo particulier, où le signal s'inverse à chaque alternance.

Parmi les synthétiseurs qui en sont équipés, citons l'EMS VCS3, l'ARP 2600 et l'ARP Odyssey, le Yamaha CS-80 (où il est très utilisé pour des cloches et des effets métalliques) et le Korg MS-20 (une des formes d'onde de son VCO-2 est le produit des deux oscillateurs). Le Jupiter-8 et le Matrix-12 n'en possèdent pas : on obtient des résultats voisins avec la modulation croisée ou la FM, déjà décrites. Il est possible d'acheter un module externe pour appliquer une modulation en anneau à des instruments qui en sont

dépourvus. C'est le but du ring modulator de chez Black Cat, de la pédale Moog MF-102, du Blue Modulator V2 de chez Frostwave, ou encore de la pédale DOD FX-13 (« Gonkulator »).

Ce qu'il est intéressant de retenir, c'est la raison pour laquelle le modulateur en anneau possède une sonorité métallique. Dans son développement par le monde des télécommunications, il reçoit deux signaux, la porteuse (*carrier*) et le modulant (*modulator*), et réalise une forme particulière de modulation d'amplitude, dite « à porteuse supprimée » : le signal est multiplié par une onde sine, ce qui a pour effet de créer ce que l'on appelle des bandes latérales, sidebands en anglais, dans le spectre sonore. Ce sont ces dernières qui sont responsables de la sonorité métallique apportée par le modulateur en anneau. Il ne s'agit donc pas de modulation de fréquence : la FM produit aussi des bandes latérales, mais en nombre bien plus grand et par un autre mécanisme.

f) L'échantillonneur-bloqueur (*sample & hold*)

L'échantillonneur-bloqueur (S&H) est un module à deux entrées : un signal à mesurer et une horloge. À chaque impulsion d'horloge, il « photographie » la valeur du signal d'entrée et maintient (*hold*) cette valeur en sortie jusqu'à l'impulsion suivante. Il transforme donc n'importe quelle tension continue en une série de paliers.

- Alimenté par du **bruit blanc**, il produit une suite de valeurs aléatoires : envoyée sur la hauteur d'un VCO, elle donne les fameuses séquences de notes aléatoires, le « bavardage d'ordinateur » des films de science-fiction ; envoyée sur la coupure d'un filtre résonant, elle donne des timbres changeants à chaque pas, très utilisés en musique électronique.
- Alimenté par un **LFO lent** (triangle ou dent de scie) avec une horloge plus rapide, il produit des escaliers montants et descendants, et donc des arpèges en marches.
- Alimenté par un **signal audio**, il en réduit la résolution temporelle : c'est le principe même de l'échantillonnage numérique, et la cause de l'effet de « crénelage » (*aliasing*) quand l'horloge est trop lente.

Le Jupiter-8 l'intègre dans son LFO sous la forme de l'onde *Random* ; l'ARP 2600 en possède un module complet, avec horloge interne ; le PS-3300 en dispose dans son module utilitaire, avec une fréquence d'horloge réglable. En faisant passer la sortie du S&H dans un limiteur de pente (*lag*), on obtient une modulation aléatoire douce, sans paliers, idéale pour imiter les irrégularités d'un instrument acoustique.

g) Les contrôleurs de jeu

Un synthétiseur ne devient un instrument que si l'on peut agir sur le son pendant qu'on joue. Les principaux contrôleurs sont :

- **La molette (ou le levier) de pitch-bend**, qui fait glisser la hauteur, généralement d'un ton ou d'une quinte au maximum. Le Jupiter-8 utilise un levier dont la sensibilité est réglable et qui peut agir sur VCO-1, sur VCO-2 ou sur les deux (on peut ainsi ne courber qu'un des deux oscillateurs, pour des effets de « bend » de guitare) ; le pousser vers l'avant applique la modulation du LFO.
- **La molette de modulation**, qui dose en général la profondeur du LFO.
- **La vélocité**, mesurée à l'enfoncement de la touche (et parfois au relâchement).
- **La pression (*aftertouch*)**, mesurée pendant que la touche est enfoncée. Elle est le plus souvent globale (une seule valeur pour tout le clavier) ; le Yamaha CS-80 avait l'exceptionnelle particularité d'une pression polyphonique, note par note, qui permettait d'ajouter du vibrato ou de la brillance sur une seule note d'un accord.
- **Le ruban (*ribbon*)**, bande sensible sur laquelle on glisse le doigt pour faire varier la hauteur de façon continue (CS-80, Moog modulaire, ondes Martenot).

- **Les pédales d'expression et les joysticks** : le PS-3300 était livré avec le clavier PS-3010, équipé d'un joystick (*X-Y Manipulator*) assignable ; le Matrix-12 accepte deux pédales et deux leviers non dédiés.

La règle d'or est simple : un son imitatif sans expressivité sonnera toujours « synthé ». Prévoir dès la programmation ce que feront la molette, la vélocité et la pression est aussi important que le réglage des oscillateurs.

h) Le routage des modulations : du câble à la matrice

On l'a vu tout au long de ce chapitre, une modulation se définit par trois éléments : une **source** (LFO, enveloppe, clavier, vélocité, molette...), une **destination** (hauteur, coupure, largeur d'impulsion, volume...) et une **quantité** (positive ou négative). Selon les instruments, on choisit ces trois éléments de façons très différentes :

- **Par câble**, sur un modulaire ou un semi-modulaire : n'importe quelle sortie vers n'importe quelle entrée. C'est la liberté maximale.
- **Par routages prédéfinis**, sur les synthétiseurs câblés : chaque destination possède un ou deux boutons dédiés à une source précise (*LFO Mod* et *ENV Mod* du filtre du Jupiter-8). Simple, rapide, mais limité.
- **Par une section spécialisée**, comme la *Poly-Mod* du Prophet-5, qui permet d'envoyer l'enveloppe du filtre et l'oscillateur B vers la fréquence et la largeur d'impulsion de l'oscillateur A, ou vers le filtre. Avec l'oscillateur B à fréquence audio, on obtient de la FM et des sons de cloche ; avec l'enveloppe, des balayages de synchronisation.
- **Par une matrice de modulation**, comme sur le Matrix-12 qui lui doit son nom. Chaque programme peut contenir jusqu'à vingt connexions librement définies (source, destination, quantité), choisies parmi 27 sources et 47 destinations, en plus d'une douzaine de connexions fixes. Les quantités de modulation étant elles-mêmes des destinations, on peut faire moduler une modulation par une autre. On retrouve ainsi presque toute la souplesse d'un modulaire, sans câble, et avec la mémorisation complète.

Le PS-3300 combine les deux premières approches : un chemin par défaut, déjà riche, et un panneau de connexions pour le modifier.

i) Les effets intégrés

Enfin, plusieurs synthétiseurs analogiques intègrent des effets qui font partie intégrante de leur son :

- **L'ensemble** des *string machines* (ARP Solina, Korg PE-1000, PS-3100) : trois lignes de retard à transfert de charges, modulées par deux LFO à des vitesses différentes, transforment un son statique de division de fréquence en un ensemble de cordes ample et mouvant. Le PS-3300, contrairement au PS-3100, n'en possède pas.
- **Le chorus** du Juno-60 et du Juno-106 (deux modes, I et II), qui est indissociable de leur son ; un oscillateur unique par voix, avec PWM et chorus, y sonne comme un gros polyphonique.
- **Le chorus, le phaser et l'ensemble** du Korg Polysix.
- **La réverbération à ressorts** de l'ARP 2600, ou celle des rééditions récentes (miniKORG 700FS).

Le Jupiter-8 et le Matrix-12 n'ont aucun effet intégré : leur ampleur vient entièrement de la synthèse elle-même (unisson, désaccord, modulations par voix), ce qui explique qu'on les ait souvent associés à des chorus et des réverbérations externes en studio.

À retenir

- Une modulation = une source, une destination, une quantité.
- LFO sur la hauteur : vibrato (5 à 7 Hz, faible profondeur) ; sur le volume : trémolo ; sur le filtre : wah-wah ; sur la largeur d'impulsion : chorus.
- Le délai de LFO et la molette rendent le vibrato musical.
- Le S&H transforme du bruit en séquences aléatoires.
- Le modulateur en anneau multiplie deux signaux : somme et différence des fréquences, d'où des sons métalliques.
- L'inverseur, le suiveur d'enveloppe et le limiteur de pente transforment les tensions de commande entre elles.

Conclusion

Nous en avons terminé avec la partie théorique du didacticiel. Normalement, celui ou celle qui a bien suivi doit maintenant avoir compris les bases de la création d'un son en synthèse analogique et les procédés qui permettent de le transformer.

Avant de passer à la partie pratique, là où nous allons parler d'exemples et d'applications des techniques décrites dans la première partie, il me semble judicieux de parler rapidement des autres synthèses utilisées pour créer des sons. En effet, grâce aux connaissances que vous venez d'acquérir, il va être relativement simple de comprendre en quoi les autres synthèses diffèrent.

- Synthèse FM

D'application ardue, elle est néanmoins simple à comprendre. FM est l'acronyme anglais de modulation de fréquence. À la base, il s'agit d'un signal appelé le signal modulateur (*modulator*) qui va faire varier la fréquence d'un autre signal appelé signal porteur (*carrier*), à une vitesse audible. Mise au point par John Chowning à l'université Stanford (publication en 1973), sous licence chez Yamaha, et appliquée notamment sur le DX7 (1983), cette synthèse signifie que le timbre d'une onde va changer en fonction de la fréquence et de l'intensité de modulation : le rapport entre les fréquences du modulateur et de la porteuse détermine si le son est harmonique ou métallique, et l'intensité de modulation détermine sa richesse, exactement comme dans la modulation croisée analogique décrite plus haut. (Techniquement, les Yamaha réalisent une modulation de phase, mathématiquement très proche.)

- Distorsion de phase (*phase distortion*)

C'est l'application par Casio (série CZ, à partir de 1984) d'une technique similaire à la FM mise en œuvre par Yamaha. Dans les deux cas, le principe est une modulation de phase, mais il s'agit ici d'appliquer une distorsion de la vitesse de lecture à des ondes sine en ROM, ce qui produit des ondes plus complexes qui ont tendance à se transformer peu à peu en onde en dent de scie (ou en d'autres formes, selon l'algorithme choisi) à mesure que la distorsion augmente, d'où le caractère typiquement brillant des sons du CZ.

- Table d'ondes (*wavetables*)

Base de la synthèse chez PPG (Wolfgang Palm) et chez les premiers Waldorf, il s'agit de remplacer les oscillateurs par des tables contenant une série de formes d'onde d'un seul cycle, rangées les unes après les autres, que l'oscillateur peut parcourir. Ces formes d'onde peuvent provenir de calculs (additifs ou autres) ou d'échantillons. L'intérêt est de pouvoir faire évoluer le timbre en se déplaçant dans la table pendant la note, sous l'effet d'une enveloppe ou d'un LFO : le son passe progressivement d'une forme d'onde à l'autre. Il ne s'agit donc pas d'additionner des éléments, comme en synthèse additive, mais de

parcourir une succession de timbres. Les synthétiseurs de type PPG ou Microwave ont en général des tables de 64 ondes. Ensuite, le signal passe dans des filtres et des amplificateurs qui, sur le PPG Wave et le premier Microwave, sont analogiques : ce sont des synthétiseurs hybrides.

- Synthèse additive

Nous avons vu que la synthèse analogique est essentiellement une synthèse soustractive. On part d'un contenu harmonique riche que l'on réduit peu à peu pour obtenir un son. La synthèse additive va créer un timbre en combinant plusieurs ondes sinusoïdales à des fréquences différentes, chacune ayant sa propre amplitude et, idéalement, sa propre enveloppe. On utilise pour cela plusieurs banques d'oscillateurs qui sont réglés selon une fréquence de base ou de référence. L'avantage est de pouvoir influencer sur chaque oscillateur et produire des sons qui évoluent rythmiquement. Un exemple de synthétiseur à synthèse additive est le Kawai K5000, qui gère jusqu'à 64 harmoniques par source sonore (son prédécesseur, le Kawai K5 de 1987, reposait déjà sur ce principe).

- Synthèse PCM ou S&S

PCM est l'acronyme de Pulse Code Modulation, ce qui veut dire représentation sous forme numérique d'un signal analogique échantillonné à intervalles réguliers. En d'autres termes, il s'agit d'un échantillon d'instrument réel ou synthétique qui va servir de base à la création du son. Ici, le traitement est le même qu'en synthèse analogique standard, à savoir que l'échantillon remplace l'oscillateur, S&S (*sample & synthesis*) voulant dire échantillon + synthèse. Le Roland D-50 (1987, synthèse dite « LA ») et le Korg M1 (1988) ont popularisé cette approche, qui a dominé les années 1990.

- Synthèse virtuelle analogique et modélisation

Enfin, la synthèse virtuelle analogique (VA) reproduit par calcul le comportement des circuits analogiques : oscillateurs, filtres, enveloppes. Le Clavia Nord Lead (1995), l'Access Virus, le Roland JP-8000 en ont été les pionniers ; les émulations logicielles actuelles poussent la modélisation jusqu'au niveau des composants, en reproduisant leurs défauts et leurs dérives. Tout ce que décrit ce didacticiel s'y applique directement.

DEUXIÈME PARTIE – APPLICATIONS DE LA SYNTHÈSE ANALOGIQUE

La première partie a décrit le synthétiseur module par module. Celle-ci passe à la pratique et montre comment combiner ces modules pour obtenir un son précis. Si cette deuxième partie est restée si longtemps à l'état de simple ébauche depuis 2006, c'est que passer de la théorie des blocs fonctionnels à la mise en pratique immédiate exigeait d'avoir dompté bien des machines et essuyé pas mal de plâtres en studio. À force de triturer les enveloppes à la recherche de cette chaleur organique ou de traquer le moindre grain de résonance, ce sont les textures hybrides et les timbres cuivrés un brin cinématiques qui m'ont le plus accaparé, ces fameux sons d'une autre nature qu'aucun instrument acoustique ne peut imiter.

C'est précisément à cela qu'elle s'attaque : elle commence par une méthode de travail, continue avec des recettes rangées par familles d'instruments (basses, cordes, cuivres, bois, claviers, cordes pincées, percussions mélodiques, batterie, voix), et se termine par ce qui n'appartient qu'au synthétiseur : ses sons propres, les effets spéciaux, et quelques timbres hors du commun.

La plupart des recettes suivent à peu près le même chemin, sans que cela soit, ni ne devienne, une règle absolue :

- une **analyse** du son à imiter ou à créer : ce qui le caractérise, ce qu'il faut reproduire en priorité ;
- une **fiche générique**, transposable sur n'importe quel synthétiseur soustractif ;
- une ou plusieurs **mises en œuvre** sur des instruments réels, principalement le Roland Jupiter-8, l'Oberheim Matrix-12 et le Korg PS-3300, et, lorsqu'ils s'y prêtent mieux, d'autres classiques (Minimoog, ARP 2600, Prophet-5, Yamaha CS-80, Korg MS-20, Roland Juno-106, Roland TB-303 et TR-808) ;
- des **variantes** et des **conseils de jeu**.

Les valeurs données ici sont des points de départ. C'est l'oreille qui décide, et un son ne prend tout son sens qu'une fois placé dans un morceau. Si, en refermant ce livre, vous n'avez plus besoin de recettes, cette partie aura atteint son but.

Chapitre 1 – Méthode de programmation

1.1 Écouter avant de tourner les boutons

Le réflexe du débutant est de tourner les boutons au hasard en attendant que « quelque chose » se passe. On a tous fait ça ! La méthode qui fonctionne est inverse : on analyse d'abord le son que l'on veut obtenir, puis on le construit étape par étape en suivant le trajet du signal. Cinq questions suffisent, et chacune renvoie à un module du synthétiseur.

1. **Quel est le registre ?** Grave, médium, aigu ? Cela fixe la hauteur des oscillateurs (16', 8', 4' ...) et, souvent, le choix entre un ou deux oscillateurs.
2. **Quelle est la matière de base ?** Le son est-il riche et brillant (dent de scie), creux (carré), nasal (impulsion étroite), doux (triangle, sinus) ou bruité (bruit) ? Contient-il des partiels inharmoniques (cloches, métaux), qui demanderont une modulation croisée, une FM ou un modulateur en anneau ?
3. **Comment le timbre évolue-t-il ?** Le son s'éclaircit-il quand on joue plus fort ? S'assombrit-il en s'éteignant ? Possède-t-il une résonance fixe (formant) ? Cela détermine le type de filtre, sa coupure, sa résonance, son enveloppe et son suivi de clavier.
4. **Comment le volume évolue-t-il ?** Attaque franche ou progressive ? Le son se maintient-il tant que la note est tenue, ou s'éteint-il de lui-même ? Combien de temps résonne-t-il après le relâchement ? C'est l'enveloppe de l'amplificateur.
5. **Qu'est-ce qui le rend vivant ?** Vibrato, trémolo, petites instabilités, souffle, réaction au toucher... Ce sont les modulations et les contrôleurs de jeu.

Il y a une sixième question, qu'on oublie souvent : le contexte. Des cordes qui soutiennent discrètement une chanson ne se programment pas comme des cordes qui jouent seules la mélodie. Les premières doivent laisser de la place (peu de grave, peu de brillance, attaque douce). Les secondes doivent captiver.

L'attaque fait l'instrument

Des expériences classiques de psychoacoustique l'ont montré : si l'on supprime l'attaque d'une note enregistrée, on a beaucoup de mal à reconnaître l'instrument. Une note tenue de trompette, de hautbois ou de violon privée de ses premières dizaines de millisecondes est souvent prise pour autre chose. Pour le programmeur, c'est une bonne nouvelle, car un synthétiseur analogique imite bien plus facilement une attaque caractéristique que la richesse spectrale complète d'un son. Soignez donc d'abord le début de la note.

1.2 Le patch d'initialisation

Pour programmer un son, il faut partir d'un état connu, le patch d'initialisation (*init patch* ou *basic patch*). Sur un instrument à mémoires, on le sauvegarde une fois pour toutes ; sur un instrument sans mémoire, on finit par le connaître par cœur. En voici la version générique.

Module	Réglage d'initialisation
VCO 1	dent de scie, 8', accord au centre
VCO 2	coupé dans le mixeur (ou dent de scie 8' à l'unisson exact) ; synchronisation et modulation croisée désactivées

Bruit	coupé
Mixeur	VCO 1 à environ 70 % (éviter la saturation du filtre au début)
Passe-haut (s'il existe)	ouvert au minimum (rien n'est coupé)
Filtre passe-bas	coupure au maximum, résonance à 0, pente 24 dB si le choix existe
Suivi de clavier du filtre	50 % (ou 0 si le synthétiseur ne propose que tout ou rien)
Enveloppe vers filtre	0
LFO vers tout	0 ; délai à 0 ; vitesse moyenne (5 Hz environ)
Enveloppe de l'amplificateur	A 0, D 0, S 10/10, R 0 (comportement d'orgue)
VCA	niveau moyen
Portamento	désactivé
Mode de voix	Poly

Ainsi réglé, le synthétiseur produit une dent de scie brute qui démarre et s'arrête net. Toutes les recettes partent de là, et les fiches n'indiquent que ce qui change.

Exemple concret – Le patch d'initialisation sur les trois instruments de référence

Sur le **Jupiter-8**, on sélectionne la dent de scie sur VCO-1 en 8', on tourne *Source Mix* complètement vers VCO-1, *HPF* à zéro, *Cutoff* au maximum, *Resonance* à zéro, *ENV Mod* et *LFO Mod* à zéro, *Key Follow* vers le milieu, *VCA Level* moyen et *LFO Mod* du VCA sur 0 ; ENV-2 en A 0, D 0, S 10, R 0 ; *VCO Modulator* à zéro et PWM en *Manual*. Sur le **Matrix-12**, la plupart des utilisateurs gardent un programme « INIT » en mémoire : VCO-1 en dent de scie, VCO-2 au volume zéro, filtre en passe-bas 4 pôles ouvert, enveloppe 2 vers le VCA, et une matrice de modulation vide (hormis les connexions fixes). Sur le **PS-3300**, on initialise une seule section (les deux autres au volume zéro dans le module de mixage) : dent de scie, filtre ouvert, résonateur neutralisé (niveau ou largeur de bande au réglage le plus discret), modulations à zéro, enveloppe en position orgue ; on ne débranche aucun câble du panneau de connexions.

1.3 L'ordre de travail

Le son une fois analysé, je conseille de procéder toujours dans le même ordre.

1. **La source.** Choisir les formes d'onde et les hauteurs. Écouter le résultat avec le filtre grand ouvert. Si le son de base n'a pas les bons ingrédients (pas assez d'harmoniques pairs, par exemple), aucun filtre ne les fera apparaître.
2. **Le volume.** Régler l'enveloppe de l'amplificateur, car on ne juge bien un timbre qu'avec la bonne enveloppe. Un son de piano électrique tenu comme un orgue sonne faux, même avec le bon filtre.
3. **Le filtre statique.** Régler la coupure, la résonance et le suivi de clavier en jouant sur toute l'étendue du registre utile.
4. **Le filtre dynamique.** Ajouter l'enveloppe de filtre, puis la vitesse. Revenir sur la coupure statique, car l'enveloppe s'y ajoute.
5. **Les modulations.** Vibrato, PWM, désaccord, trémolo... avec parcimonie.
6. **Les contrôleurs.** Molette, pression, pédale.
7. **Le contexte.** Écouter le son avec la musique, et corriger : le plus souvent, il faudra alléger le grave et réduire la brillance.

Deux règles de prudence encore. Ne modifiez qu'un paramètre à la fois, et revenez en arrière dès qu'un changement n'apporte rien. Écoutez aussi à volume modéré, car à fort volume l'oreille surestime les graves et les aigus et l'on juge mal l'équilibre.

1.4 Conventions des fiches

Dans les fiches génériques, les réglages sont notés ainsi.

- **Positions de boutons** : sur une échelle de 0 à 10, où 0 correspond au minimum et 10 au maximum. Pour la coupure du filtre, 0 = filtre fermé et 10 = filtre grand ouvert ; une coupure à 5 se situe vers le milieu de la course, ce qui correspond en général à quelques centaines de hertz à un ou deux kilohertz selon les instruments.
- **Durées d'enveloppe** : en millisecondes (ms) ou en secondes (s). Les boutons d'enveloppe des synthétiseurs analogiques ont presque toujours une course non linéaire (les premiers degrés couvrent quelques millisecondes, les derniers plusieurs secondes) ; il vaut donc mieux raisonner en durée qu'en position.
- **Niveau de soutenu** : de 0 à 10.
- **Quantités de modulation** : de 0 à 10 également, ou en demi-tons et en cents pour les modulations de hauteur.
- **Hauteurs** : en pieds (16', 8', 4'...) et en demi-tons (+7 = une quinte au-dessus).
- **Matrice du Matrix-12** : notée « source – destination : quantité », avec des quantités de -63 à +63, à l'image de l'instrument.

1.5 Traduire une recette d'un instrument à l'autre

Chaque fabricant a son vocabulaire, et une même fonction change de nom d'une marque à l'autre. Le tableau suivant aide à transposer une fiche.

Fonction	Jupiter-8	Matrix-12	PS-3300	Minimoog	Prophet-5	Juno-106	MS-20
Choix de l'onde	<i>Waveform</i> VCO-1 / VCO-2	forme d'onde de chaque VCO	forme d'onde par section	sélecteur par oscillateur	<i>Sawtooth / Pulse</i> (+ triangle sur B)	interrupteurs dent de scie / impulsion / sous-osc.	<i>Waveform</i> VCO 1 / 2
Hauteur	<i>Range</i> 16' à 2'	accord en demi-tons	octave par section	<i>Range</i> LO à 2'	<i>Frequency</i> (par demi- tons)	<i>Range</i> 16', 8', 4'	<i>Scale</i> 32' à 4'
Désaccord	<i>Fine Tune</i> VCO-2	<i>Detune</i>	accord fin par section	réglage d'accord d'osc. 2 et 3	<i>Fine osc.</i> B	(unisson impossible)	<i>Pitch</i> VCO 2
Mélange	<i>Source Mix</i>	niveaux VCO-1 et VCO-2	niveaux dans le PSU-3302	<i>Mixer</i>	<i>Mixer</i>	curseurs des formes	<i>VCO Mixer</i>
Coupure	<i>Cutoff Freq</i>	<i>VCF Freq</i>	<i>Cutoff</i> par section	<i>Cutoff</i>	<i>Cutoff</i>	<i>Freq</i>	<i>Cutoff</i> HPF / LPF
Résonance	<i>Resonance</i>	<i>Resonance</i>	<i>Resonance</i>	<i>Emphasis</i>	<i>Resonance</i>	<i>Res</i>	<i>Peak</i>
Enveloppe – filtre	<i>ENV Mod</i> + <i>ENV Select</i>	matrice ou connexion fixe	intensité d'EG	<i>Amount of Contour</i>	<i>Env Amt</i>	<i>Env</i>	<i>EG Int</i>
Suivi de clavier	<i>Key Follow</i> 0-120 %	<i>Keyboard</i> + <i>tracking generators</i>	suivi par section	interrupteurs 1/3 et 2/3	<i>Keyboard</i> (interrupteur)	<i>Kybd</i>	(par câble)
LFO – hauteur	<i>VCO Modulator LFO Mod</i>	matrice	intensité MG	<i>Modulation Mix</i> + molette	<i>Wheel Mod</i>	<i>LFO</i> du DCO	<i>MG / T.EXT</i>
Enveloppe d'ampli	<i>ENV-2</i>	<i>ENV</i> 1 à 5 (une	<i>EG</i> par section	<i>Loudness Contour</i>	<i>Amplifier Envelope</i>	<i>ENV</i> (ou <i>Gate</i>)	<i>EG</i> 2

		dédiée)					
--	--	---------	--	--	--	--	--

1.6 Les pièges les plus fréquents

- **Le son ne réagit pas à la coupure.** L'enveloppe ou le suivi de clavier ouvrent déjà le filtre au maximum. Réduire *ENV Mod*.
- **Le son « claque » au début ou à la fin des notes.** L'attaque ou le relâchement sont trop courts ; remonter de quelques millisecondes.
- **Le son est trop fin en accords et trop épais en solo.** Rien d'anormal : un son de soliste et un son d'accompagnement ne se programment pas de la même façon. Mieux vaut en prévoir deux versions.
- **Le grave est boueux.** Un son de nappe ou de cordes qui descend sous 100 Hz encombre la basse : utiliser le passe-haut (Jupiter-8) ou réduire l'oscillateur en 16'.
- **Le vibrato paraît mécanique.** Profondeur trop forte, vitesse trop rapide, absence de délai. Un vibrato réaliste est presque imperceptible au début de la note.
- **Le son est juste dans le médium et faux ailleurs.** Désaccord trop prononcé (le battement accélère dans l'aigu), ou suivi de clavier mal réglé pour un filtre auto-oscillant.
- **Le volume varie d'une note à l'autre** sur un polyphonique ancien. Les voix sont mal calibrées, défaut typique des instruments vieillissants, qu'un technicien corrige par un réglage de calibration. Certains y voient d'ailleurs une qualité, ce petit côté « vivant » qui manque aux machines trop parfaites.

1.7 Suivre les recettes avec les logiciels gratuits

La présentation recommandait quatre logiciels gratuits : Surge XT, TAL-NoiseMaker, VCV Rack et FB-3300. Ils suffisent pour refaire presque toutes les recettes de cette partie. Pour chaque son important, un encart « Avec les logiciels gratuits » indique les réglages à faire sur Surge XT et sur TAL-NoiseMaker, et, quand c'est utile, sur VCV Rack ou sur FB-3300. Les captures d'écran ont été réalisées dans Surge XT 1.3.4, TAL-NoiseMaker 5.0.6, VCV Rack Free 2.6.6 et FB-3300 1.2.5 ; elles montrent chaque panneau une fois le son réglé.

Avant de commencer, il faut savoir lire le panneau de Surge XT. Tout est visible sur un seul écran, comme sur un synthétiseur matériel, et l'ordre des sections suit le trajet du signal.

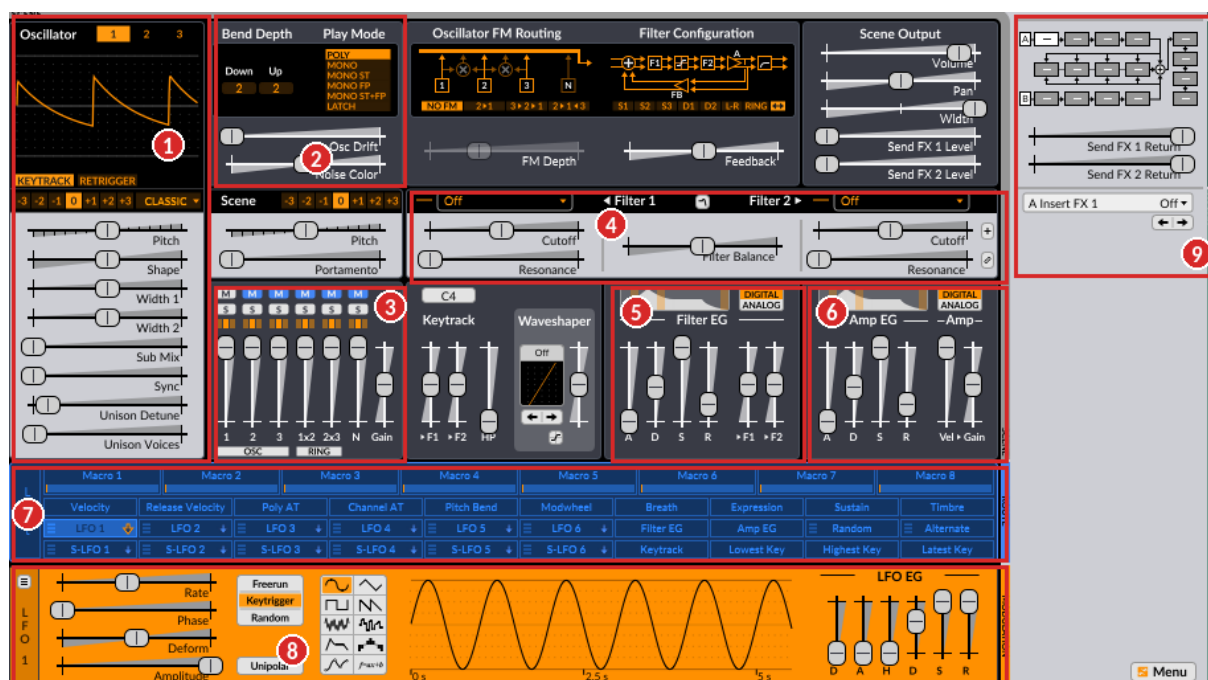


Figure 53 – Surge XT : les zones du panneau (patch « Init Saw »).

- **1 – Oscillateurs.** Trois oscillateurs par voix, choisis par les onglets 1, 2 et 3. Le menu en bas à droite (*CLASSIC*, *SINE*, *FM2*...) change le type d'oscillateur. En mode *Classic*, *Shape* passe de la dent de scie au carré, *Width 1* règle la largeur d'impulsion, *Sync* la synchronisation, *Unison Voices* et *Unison Detune* l'empilement d'oscillateurs désaccordés. Les boutons -3 à +3 donnent l'octave : 0 correspond au 8', -1 au 16', -2 au 32'.
- **2 – Mode de jeu.** *Play Mode* (*Poly*, *Mono*...), étendue du pitch-bend (*Bend Depth*) et, juste en dessous, *Portamento* dans la section *Scene*.
- **3 – Mixeur.** Un curseur par source (1, 2, 3, les modulateurs en anneau 1x2 et 2x3, le bruit N). Le bouton M coupe une source : dans le patch de départ, seul l'oscillateur 1 est actif.
- **4 – Filtres.** Deux filtres, dont on choisit le type dans les menus (*LP 24 dB*, *LP 12 dB*, *HP 12 dB*, *BP 12 dB*...), avec *Cutoff* et *Resonance*.
- **5 – Enveloppe du filtre (Filter EG) :** A, D, S, R, puis la quantité envoyée au filtre 1 (►F1) et au filtre 2 (►F2). Le suivi de clavier du filtre se règle dans la petite section *Keytrack* voisine.
- **6 – Enveloppe d'amplitude (Amp EG),** et la sensibilité du volume à la vélocité (*Vel*).
- **7 – Routage des modulations.** On clique sur une source (*Velocity*, *Modwheel*, *LFO 1*, *Filter EG*...) ; les curseurs du panneau deviennent bleus, et l'on fait glisser celui de la destination pour régler la profondeur. Une modulation active apparaît comme une barre bleue sur le curseur concerné.
- **8 – LFO.** Le LFO sélectionné dans la barre de routage s'affiche ici : forme, *Rate*, *Amplitude*, mode de déclenchement, et une enveloppe propre (*LFO EG* : *Delay*, *Attack*...) qui sert à retarder un vibrato.
- **9 – Effets.** Chorus, réverbération, écho et bien d'autres, à placer dans les emplacements de la grille.

TAL-NoiseMaker tient lui aussi sur un seul écran, plus compact. Ses sections portent les mêmes noms que sur un synthétiseur analogique classique.

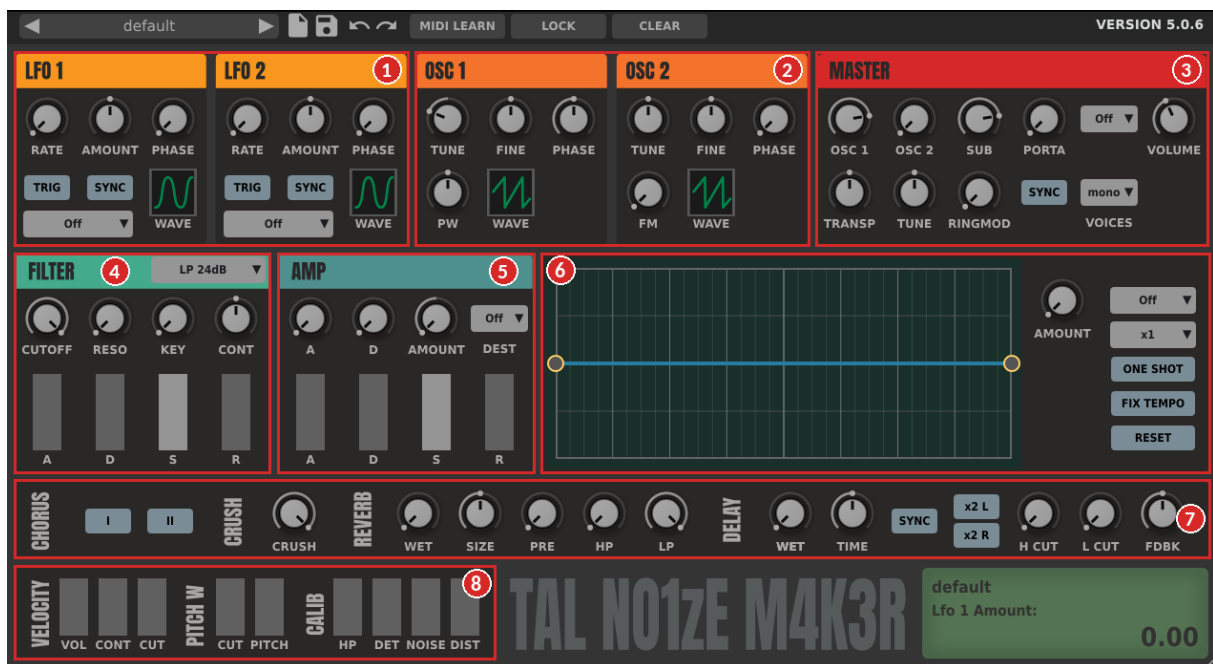


Figure 54 – TAL-NoiseMaker : les zones du panneau (programme par défaut).

- **1 – LFO 1 et LFO 2.** RATE, AMOUNT (de -1 à +1 : la modulation peut être inversée), PHASE, la forme (WAVE : sinus, triangle, dent de scie, carré, échantillonné-bloqué, bruit) et, dans le menu, la destination (Filter, Osc1, Osc2, Osc1 & 2, PW, FM...). TRIG redémarre le LFO à chaque note, SYNC le cale sur le tempo de l'hôte.
- **2 – OSC 1 et OSC 2.** TUNE en demi-tons, FINE pour le désaccord, et la forme d'onde (WAVE) : dent de scie, impulsion ou bruit pour OSC 1 ; dent de scie, impulsion, triangle, sinus ou bruit pour OSC 2. PW règle la largeur d'impulsion d'OSC 1, FM la modulation de fréquence d'OSC 2 par OSC 1.
- **3 – MASTER.** Le mixeur (OSC 1, OSC 2, SUB pour le sous-oscillateur), le PORTA et son mode (Off, Auto : seulement en jeu lié, On), RINGMOD, SYNC, et VOICES (mono ou de 2 à 6 voix).
- **4 – FILTER.** Le type (LP 24dB, LP 12dB, HP 12dB, BP 12dB, Notch, plusieurs filtres à variable d'état SV...), CUTOFF, RESO, KEY (suivi de clavier), CONT (quantité d'enveloppe, positive ou négative) et l'enveloppe du filtre (A, D, S, R).
- **5 – AMP.** L'enveloppe d'amplitude (A, D, S, R) et, au-dessus, une petite enveloppe supplémentaire à deux phases (A, D, AMOUNT, DEST) qui peut moduler le filtre, l'un des oscillateurs, la largeur d'impulsion ou la FM.
- **6 – Enveloppe dessinée.** Une enveloppe libre, que l'on dessine à la souris, avec sa destination et sa vitesse : idéale pour les effets rythmiques.
- **7 – Effets.** CHORUS (deux modes, I et II, cumulables), CRUSH (réduction de résolution), REVERB et DELAY, synchronisable.
- **8 – Contrôleurs.** Ce que la vélocité commande (VOL, CONT, CUT) et l'action de la molette de pitch-bend.

Le tableau suivant reprend les principaux termes des fiches et leur équivalent sur les trois logiciels. Les noms suivent l'interface anglaise des logiciels ; ils peuvent varier légèrement d'une version à l'autre.

Fiche générique	Surge XT	TAL-NoiseMaker	VCV Rack (Fundamental)
Forme d'onde	Shape (Classic), ou type Sine	WAVE de OSC 1 / OSC 2	sorties SIN, TRI, SAW, SQR du VCO
Hauteur en pieds	octave -3 à +3 (0 = 8')	TUNE (demi-tons : -12 = 16')	FREQ, ou module Octave
Désaccord	Pitch fin, Unison Detune	FINE de OSC 2	FREQ fin (Ctrl + glisser)
Largeur d'impulsion, PWM	Width 1, modulée par un LFO	PW, LFO vers PW	PULSE WIDTH et entrée PWM

Coupure, résonance	Cutoff, Resonance	CUTOFF, RESO	CUTOFF, RES du VCF
Pente du filtre	LP 12 dB / LP 24 dB...	LP 12dB / LP 24dB...	sortie LPF du VCF (24 dB)
Quantité d'enveloppe de filtre	►F1 dans Filter EG	CONT	atténuateur CUT du VCF
Suivi de clavier	Keytrack ►F1	KEY	V/OCT vers l'entrée CUT
Enveloppe d'ampli	Amp EG	AMP : A, D, S, R	ADSR EG vers l'entrée CV du VCA
Vibrato différé	LFO 1 → Pitch, avec Delay de l'LFO EG	LFO 1 vers Osc1 & 2	LFO vers FM du VCO
Portamento, mono	Portamento, Play Mode Mono	PORTA, VOICES sur mono	Slew Limiter (Befaco)
Vélocité → filtre	Velocity → Cutoff ou ►F1	VELOCITY : CONT ou CUT	VEL du MIDI-CV vers CUT

VCV Rack se travaille autrement : on part d'un rack vide, on ajoute des modules (clic droit dans le rack) et on les relie par des câbles, exactement comme sur un modulaire. La figure suivante montre une voix soustractive complète, à reproduire module par module. *MIDI-CV* convertit le clavier en tension de hauteur (V/OCT, câble jaune vers le VCO) et en déclenchement (GATE, vers l'*ADSR EG*). La dent de scie du *VCO* (SAW) passe par le *VCF* (entrée IN, sortie LPF) puis par le *VCA* ; l'*ADSR EG* commande à la fois le *VCA* (entrée CV) et la coupure du filtre (entrée CUT) ; le *LFO*, en sinus, module légèrement le *VCO* par son entrée FM pour le vibrato ; *AUDIO* envoie le son vers la carte son. Le patch proposé par défaut au premier lancement de VCV Rack est une version enrichie de cette même voix.



Figure 55 – VCV Rack : une voix soustractive complète (modules Core et Fundamental).

FB-3300 reproduit fidèlement le panneau du PS-3300 : les réglages donnés pour l'instrument d'origine s'y appliquent directement, section par section. Il ajoute en plus ce qui manquait à l'original, une mémoire pour sauvegarder ses sons.

Conseil pratique. Dans Surge XT, partez toujours du patch *Init Saw* (menu *Patch*, catégorie *Templates*) avant de suivre une recette. Dans TAL-NoiseMaker, partez du programme d'initialisation proposé par le menu des presets, puis vérifiez que les LFO, la modulation de largeur et les effets sont à zéro. Enregistrez ensuite chaque son réussi sous un nom qui renvoie au paragraphe du livre.

Chapitre 2 – Les basses

C'est avec la basse que le synthétiseur analogique s'est imposé le plus tôt, et le plus durablement. Il y a des atouts décisifs : un grave plein et stable, une attaque très franche, et un filtre qui passe d'un geste du rond au mordant. Une bonne basse se juge en contexte. Elle doit rester audible sur de petits haut-parleurs, donc posséder des harmoniques dans le médium, sans pour autant écraser la grosse caisse dans l'extrême grave.

Je me souviens encore de la claque reçue en découvrant les lignes de basse telluriques d'un Minimoog, comme sur le groove implacable de *Superstition* de Stevie Wonder ou les vagues veloutées de *Billie Jean* ; cette sensation physique où le grave enveloppe tout sans jamais perdre son mordant. C'est en tripotant les résonances acides d'un Korg MS-20 ou en écoutant le motif obstiné de *On the Run* des Pink Floyd au casque que j'ai compris la puissance hypnotique d'une basse analogique : ce n'était plus seulement un accompagnement, c'était le moteur vivant du morceau !

2.1 La basse synthé classique

C'est le son popularisé par le Minimoog. Un grave rond et puissant, et à l'attaque un petit « coup » de brillance qui se referme aussitôt. Il est monophonique par nature.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie, 16'
VCO 2	carré ou dent de scie, 16' (ou 32' pour plus de poids), désaccordé de 3 à 5 cents
Mixeur	VCO 1 : 8 ; VCO 2 : 6
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 3 ; résonance 2 à 3 ; suivi de clavier 50 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 250-400 ms ; S 2 ; R 100 ms ; quantité 5
Enveloppe ampli	A 0 ; D 1 s ; S 8 ; R 80-150 ms
Mode	monophonique, déclenchement multiple ; portamento désactivé (ou très court)

Sur le **Minimoog**, on retrouve ce son avec les oscillateurs 1 et 2 en 16' (dent de scie et onde « sharktooth » ou carré), l'oscillateur 3 en 32' ajouté discrètement, *Cutoff* vers 2 à 3, *Emphasis* vers 3, *Amount of Contour* vers 5 et un *Decay* de filtre court. Sur le **Jupiter-8**, on passe en mode *Solo* (ou *Unison* pour une version énorme), VCO-1 en dent de scie 16', VCO-2 en impulsion 16' légèrement désaccordée, *Source Mix* au centre, VCF en -24 dB, *ENV Select* sur ENV-1, ENV-1 en A 0 / D 3 / S 2 / R 2 et ENV-2 en A 0 / D 6 / S 8 / R 2. Sur le Matrix-12, on utilise le mode unisson ou une zone monophonique ; le filtre passe-bas 4 pôles et la vitesse d'attaque appliquée à l'enveloppe du filtre (vitesse – quantité de l'enveloppe 1 sur la coupure) rendent la basse sensible au jeu.

Variantes.

- Plus de mordant : monter la résonance vers 5 et raccourcir la décroissance du filtre (150 ms).
- Plus ronde : remplacer la dent de scie de VCO 2 par un triangle, et baisser la quantité d'enveloppe.
- Plus présente sur de petits haut-parleurs : ajouter un troisième oscillateur en 8', discret, ou ouvrir un peu la coupure statique.

Jeu. La vitesse dirigée vers la quantité d'enveloppe de filtre est le principal outil d'expression, et les notes jouées fort « parlent » davantage. En staccato, l'attaque ressort ; en jeu lié et en déclenchement simple, les notes s'enchaînent sans nouvelle attaque.

Avec les logiciels gratuits – La basse synthé classique

Surge XT. *Play Mode* sur *Mono* et un *Portamento* très court. Oscillateur 1 en dent de scie, octave -1 (16'). Oscillateur 2 en carré (*Shape* à droite), octave -1, très légèrement désaccordé avec *Pitch* (+0,07 demi-ton). Oscillateur 3 en dent de scie, octave -2 (32'), et son curseur de mixage vers 45 %. Filtre 1 en *LP 24 dB*, *Cutoff* vers 140 Hz, *Resonance* à 30 %. *Filter EG* : A au minimum, D vers 250 ms, S vers 20 %, et ►F1 vers +36 demi-tons. *Amp EG* : A au minimum, D 500 ms, S 80 %. Enfin, *Velocity* vers *Cutoff* (environ +12 demi-tons), pour que les notes jouées fort s'ouvrent davantage.

TAL-NoiseMaker. Dans *MASTER*, *VOICES* sur *mono*, un peu de *PORTA* en mode *Auto*, *SUB* vers 60 %. *OSC 1* en dent de scie à -12 (16') ; *OSC 2* en impulsion, également à -12, *FINE* légèrement décalé, et son volume (*OSC 2*) vers 70 %. *FILTER* en *LP 24dB*, *CUTOFF* au quart de sa course, *RESO* modérée, *KEY* à mi-course, *CONT* nettement positif ; l'enveloppe du filtre est courte (D vers 30 %, S faible). Dans *VELOCITY*, montez *CONT* pour que la brillance suive le jeu.

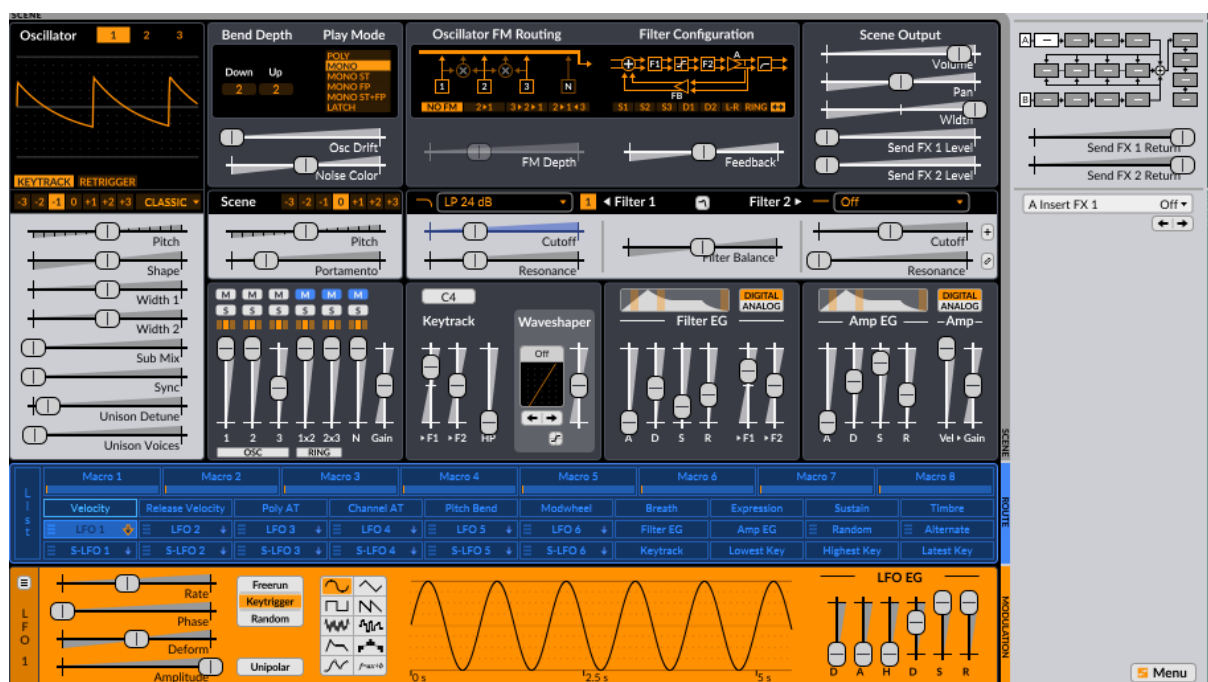


Figure 56 – Surge XT : la basse synthé classique (2.1).



Figure 57 – TAL-NoiseMaker : la basse synthé classique (2.1).

2.2 La sous-basse

La sous-basse est un grave presque pur, qu'on sent plus qu'on ne l'entend. Elle vient en complément d'une basse plus mordante ou d'une grosse caisse, en musique électronique, en hip-hop ou au cinéma.

Module	Réglage
VCO 1	sinus ou triangle, 16' (ou 32' selon le registre)
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 2 ; résonance 0 ; suivi de clavier 100 %
Enveloppe ampli	A 5 ms ; D 0 ; S 10 ; R 100 ms
Mode	monophonique

Sur le **Jupiter-8**, VCO-2 offre une sinusoïde : on règle *Source Mix* tout sur VCO-2. Sur un instrument sans sinus, on fait passer un triangle dans un passe-bas 24 dB fermé juste au-dessus de la fondamentale, avec un suivi de clavier de 100 % pour que la coupure suive les notes. Une autre solution consiste à faire auto-osciller le filtre (résonance au maximum, suivi à 100 %) et à couper les oscillateurs : le Minimoog et le Jupiter-8 produisent ainsi une sinusoïde très pure.

Conseil. Contrôlez la sous-basse au casque, ou sur des enceintes qui descendent vraiment à 40 Hz. Sur de petites enceintes, on a presque toujours tendance à en mettre beaucoup trop.

2.3 La basse pincée et la basse funk

Un claquement très bref, puis un corps qui s'éteint. La brillance disparaît bien plus vite que le volume, et c'est le principe de toutes les cordes pincées, qu'on retrouvera au chapitre 7.

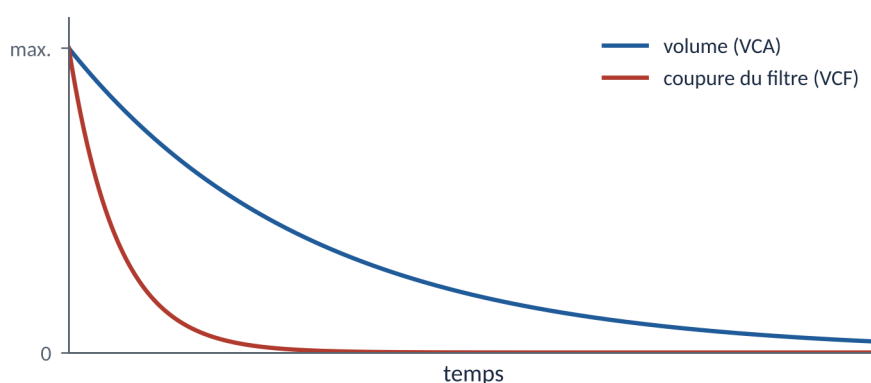


Figure 58 – Son pincé : le filtre se referme bien avant que le volume s'éteigne.

Module	Réglage
VCO 1	impulsion à 30-35 %, 16'
VCO 2	dent de scie 16', désaccord 3 cents (facultatif)
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 2 ; résonance 4 ; suivi 50 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 120-180 ms ; S 0 ; R 120 ms ; quantité 6 à 7
Enveloppe ampli	A 0 ; D 600 ms ; S 3 ; R 120 ms
Vélocité	– quantité d'enveloppe de filtre

La « basse funk », qu'on appelle parfois « basse wah », pousse le phénomène plus loin. On monte la résonance à 6, on allonge la décroissance du filtre (200 à 300 ms) et on met la quantité d'enveloppe au maximum, ce qui donne un « wouap » à chaque note. Sur le **Jupiter-8**, le VCF en -12 dB, plus ouvert et plus « parlant » que le -24 dB, convient mieux. Le **Korg MS-20**, avec son passe-haut et son passe-bas résonants poussés tous les deux, en donne une version plus nasillarde et plus agressive.

2.4 La basse « acide »

C'est le son du Roland TB-303 (1981). Conçu pour accompagner les guitaristes, le petit synthétiseur a été un échec commercial, avant que des musiciens de Chicago n'en poussent les réglages à l'extrême (Phuture, *Acid Tracks*, 1987) et n'en fassent l'emblème de l'acid house. Il faut un seul oscillateur (dent de scie ou carré), un filtre très résonant, une enveloppe de filtre dont on règle la décroissance, et deux fonctions de séquence qui font tout le caractère du son : l'*accent*, qui rend certaines notes plus fortes et plus brillantes, et le *slide*, un portamento entre deux notes liées.

Module	Réglage
VCO	dent de scie ou carré, 16'
Filtre	passé-bas 24 dB (le filtre de la 303 est proche de 18 dB) ; coupure 2 à 4, à faire varier en permanence ; résonance 7 à 9
Enveloppe filtre	A 0 ; D 150-600 ms ; S 0 ; quantité 5 à 8
Enveloppe ampli	A 0 ; D 1 s ; S 7 ; R 20 ms
Accent	vélocité forte – plus de volume et plus d'enveloppe de filtre (et décroissance raccourcie)
Slide	portamento automatique en jeu lié, très court (60 ms environ)

Mise en œuvre. Sur le Matrix-12, toutes les fonctions sont disponibles : vélocité – quantité d'ENV 1 sur la coupure et sur le volume pour l'accent, *Lag* activé en jeu lié pour le slide. Sur le **Jupiter-8**, en mode *Solo*, on règle un *Portamento* court et on joue lié. L'accent est plus difficile à imiter faute de clavier sensible : on le remplace par des mouvements manuels de la coupure et de *ENV Mod*, qui sont de toute façon l'essence du jeu « acide ».

Jeu. Ce son ne vit que par le mouvement. Pendant que la séquence tourne, on manipule sans arrêt la coupure, la résonance et la décroissance du filtre. Une pédale de distorsion en sortie est un complément classique.

Avec les logiciels gratuits – La basse acide

Surge XT. Un seul oscillateur, en dent de scie, octave -1. *Play Mode* sur *Mono* et *Portamento* vers 60 ms : en jeu lié, les notes glissent comme le slide du TB-303. Filtre *LP 24 dB*, *Cutoff* bas (vers 220 Hz) et *Resonance* très haute (80 % environ). *Filter EG* : décroissance de 300 ms, soutenu nul, ►F1 vers +48 demi-tons. *Velocity* vers *Cutoff* tient lieu d'accent. Le plaisir vient ensuite en jouant : faites tourner une séquence et manipulez en continu *Cutoff*, *Resonance* et la décroissance de l'enveloppe.

TAL-NoiseMaker. Une configuration proche du TB-303 : OSC 1 seul en dent de scie (volumes OSC 2 et SUB à zéro), FILTER en LP 24dB avec CUTOFF bas, RESO très haute et CONT presque au maximum ; enveloppe du filtre sans soutenu. VOICES sur *mono* et PORTA en mode *Auto* : le glissé n'agit qu'en jeu lié, comme le *slide*. La vélocité vers CUT tient lieu d'accent. Pour un son plus sale, montez DIST dans la section CALIB ou ajoutez un peu de CRUSH.

VCV Rack. Le module SEQ-3 de Fundamental joue la séquence ; un limiteur de pente (*Slew Limiter* du greffon gratuit Befaco) placé entre la sortie de hauteur et l'entrée V/OCT du VCO donne le glissé.

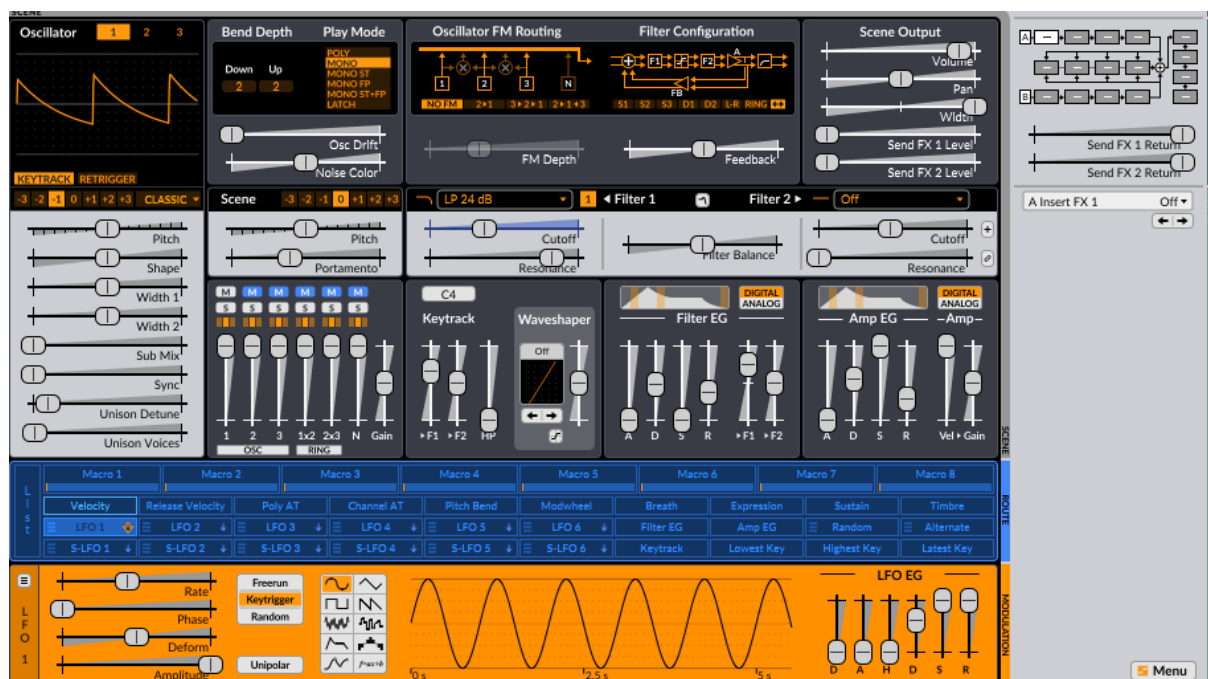


Figure 59 – Surge XT : la basse acide (2.4).



Figure 60 – TAL-NoiseMaker : la basse acide (2.4).

2.5 La basse synchronisée et les basses agressives

Une basse qui « hurle » ou qui gronde, pour le rock, la synthwave ou l'électro.

Module	Réglage
VCO 1 (maître)	dent de scie 16', coupé dans le mixeur ou très bas
VCO 2 (esclave)	dent de scie 16', synchronisé sur VCO 1, accordé +7 à +12 demi-tons
Modulation de hauteur	enveloppe → hauteur de VCO 2 : A 0 ; D 300 ms ; S 2 ; quantité 4 à 6
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 5 ; résonance 2 ; suivi 50 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 400 ms ; S 4 ; quantité 3
Enveloppe ampli	A 0 ; D 0 ; S 10 ; R 100 ms

Sur le **Jupiter-8**, activez *Sync*, placez *VCO Modulator* sur VCO-2, réglez *ENV Mod* (ENV-1) à 4 et tournez *Source Mix* vers VCO-2. En réduisant peu à peu la quantité de modulation, on passe d'un hurlement à un grain discret. Un peu de *Cross Mod* salit encore le son.

2.6 La basse « à la Reese » et la basse unisson

Deux dents de scie désaccordées d'une dizaine de cents, puis filtrées. Leur battement crée un mouvement lent et menaçant. Le nom vient d'un morceau de Kevin Saunderson publié sous le pseudonyme de Reese à la fin des années 1980, et ce son est devenu l'un des piliers de la drum and bass.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 16'
VCO 2	dent de scie 16', désaccord 8 à 15 cents
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 3 à 4 ; résonance 1
Enveloppe ampli	A 5 ms ; S 10 ; R 150 ms
LFO (facultatif)	triangle très lent (0,1-0,3 Hz) → coupure, quantité 2

Sur le **Jupiter-8**, le mode *Unison* empile les huit voix, soit seize VCO tous légèrement différents, et le son devient énorme. Il faut alors réduire le désaccord entre VCO-1 et VCO-2, car les petites différences naturelles entre les voix suffisent déjà à créer beaucoup de mouvement. Le même principe vaut pour le Matrix-12 en mode unisson et pour le **PS-3300**, où l'on superpose sur chaque note les trois sections, chacune accordée très légèrement à côté des autres.

2.7 Les imitations de basses acoustiques et électriques

Contrebasse pizzicato

Un son rond, sans brillance qui traîne, avec un petit « toc » à l'attaque. Juste après le pincement, la hauteur chute très légèrement.

Module	Réglage
VCO 1	triangle 16'
VCO 2	impulsion étroite (20 %) 16', faible niveau (pour le « toc »)
Filtre	passe-bas 24 dB ; coupure 2 ; résonance 1 ; suivi 30 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 80 ms ; S 0 ; quantité 4
Enveloppe ampli	A 0 ; D 800 ms (plus long dans le grave) ; S 0 ; R 250 ms
Hauteur	enveloppe – hauteur, quantité très faible (+20 cents à l'attaque, retour en 50 ms)
Suivi des durées	activé (<i>Key Follow</i> d'ENV sur le Jupiter-8)

Basse électrique au doigt

On remplace le triangle par un mélange de dent de scie et de carré, on ouvre un peu plus le filtre (coupure 3) et l'on allonge le soutenu (S 4), car la basse électrique tient plus longtemps que la contrebasse. Pour une basse jouée au médiator, on ajoute une impulsion étroite et l'on raccourcit la décroissance du filtre.

Basse fretless

Il suffit d'ajouter un portamento court en jeu lié pour les glissés, un vibrato lent (4 Hz) à la molette, et un léger passe-bande (ou le coupe-bande du Matrix-12) qui donne le « mwah » si particulier de la fretless.

Slap

Le slap associe une attaque très percussive, le pouce qui fait claquer la corde contre les frettes, à un corps brillant. On le programme donc en deux couches. La première, le claquement, est un bruit filtré passe-haut avec une enveloppe de 20 ms. La seconde, le corps, est une dent de scie dont le filtre s'ouvre par une enveloppe de 200 ms, avec une résonance moyenne. Sur le Jupiter-8, VCO-2 en bruit donne le claquement et VCO-1 le corps ; sur le Matrix-12, une enveloppe très courte appliquée au niveau du bruit le cantonne à l'attaque.

2.8 La basse de pédalier

Le son du Moog Taurus (1975), le pédalier de basse analogique de Genesis et de Rush. Une basse énorme, tenue, avec une attaque à peine progressive.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 32'

VCO 2	dent de scie 16', désaccord 5 cents
Filtre	passe-bas 24 dB ; coupure 3 ; résonance 2
Enveloppe filtre	A 30 ms ; D 600 ms ; S 5 ; quantité 3
Enveloppe ampli	A 20 ms ; D 0 ; S 10 ; R 400 ms

On le joue en notes longues, souvent en pédale sous des accords. Sur un polyphonique, le mode *Split* du Jupiter-8 permet de mettre ce son à gauche du clavier (*Lower*), et des cordes ou des cuivres à droite (*Upper*).

Les basses en quatre lignes

- Le grave vient du 16' ou du 32' ; la présence vient des harmoniques du médium, donc de la dent de scie, du carré et de l'ouverture du filtre.
- Le caractère se règle surtout par l'enveloppe du filtre : courte = pincé, moyenne = funk, résonante = acide.
- En monophonique, choisir entre déclenchement simple (lié) et multiple (articulé) selon le style.
- Penser à la vitesse vers le filtre : c'est l'expression principale d'un bassiste.

Chapitre 3 – Les cordes

3.1 Ce qui fait un son de cordes

Combien d'heures passées à triturer le filtre et les enveloppes d'attaque pour espérer, vainement, arracher à un pauvre oscillateur un timbre de violon un tant soit peu crédible, avant de réaliser qu'un synthé ne sonnera jamais comme un Stradivarius ! C'est précisément en lâchant prise sur cette imitation réaliste et en découvrant la texture ample, un brin nasillarde et céleste d'une bonne vieille string machine comme l'ARP Solina String Ensemble ou l'Elka String Choir, ou d'une nappe épaisse de synthé polyphonique à la Prophet-5 que j'ai compris la magie de ces instruments : ils n'imitent pas les cordes, ils inventent un orchestre d'une autre planète. Avec les cuivres, les cordes frottées (violons, altos, violoncelles, contrebasses) sont le son que les premiers polyphoniques ont le plus cherché à reproduire. Mais il y a deux objectifs bien différents.

- **l'ensemble de cordes « synthétique »**, celui des *string machines* et des polyphoniques des années 1970 et 1980, que personne ne confond avec un orchestre mais qui est devenu un timbre à part entière ;
- **l'imitation d'une section d'orchestre ou d'un soliste**, beaucoup plus difficile, qui demande de reproduire les caractéristiques suivantes.

Ce qui fait reconnaître un violon frotté tient en cinq points.

1. **Un spectre très riche**, proche de la dent de scie : l'archet accroche la corde puis la lâche à chaque cycle, ce qui produit justement une onde en dent de scie (on parle de mouvement de Helmholtz).
2. **Des formants fixes**, dus à la caisse de résonance, notamment autour de 280 Hz (résonance de l'air), 450-600 Hz et 2 à 3 kHz (zone de « brillance »). Le son paraît nasal ou creux selon les notes.
3. **Une attaque progressive** (de 50 à 300 ms selon le coup d'archet), avec un léger bruit de frottement au début.
4. **Un vibrato** de 5 à 7 Hz qui apparaît après l'attaque, et qui fait varier non seulement la hauteur mais aussi le timbre (les harmoniques passent tour à tour sur les formants).
5. **Pour un ensemble**, la superposition de musiciens jamais parfaitement accordés ni synchronisés : c'est ce que le désaccord, la PWM et le chorus imitent.

3.2 L'ensemble de cordes « string machine »

Le son de l'ARP Solina ou du Korg PE-1000. Une onde riche, presque immobile, que l'effet d'ensemble rend ample.

Module	Réglage
Oscillateurs	dent de scie 8' (+ 4' discret pour la brillance, comme les registres « violin » et « viola » des string machines)
Filtre	passe-bas 12 dB ; coupure 5 ; résonance 0 ; suivi 50 %
Passe-haut	coupure légère (pour enlever le grave)
Enveloppe ampli	A 150-300 ms ; D 0 ; S 10 ; R 600 ms à 1 s
Effet	chorus ou ensemble assez profond (indispensable)

Sur le PS-3300. On est ici chez soi. L'instrument descend en droite ligne des orgues et des *string machines* à division de fréquence, et l'on répartit le son sur ses trois sections.

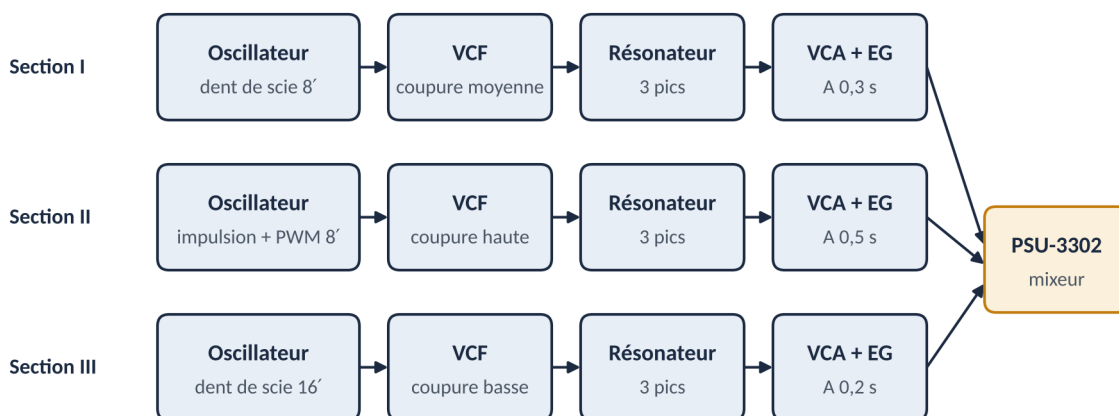


Figure 61 – Répartition d'un ensemble de cordes sur les trois sections du PS-3300 (réglages indicatifs).

- section I : dent de scie 8', filtre à mi-course, attaque 300 ms ;
- section II : impulsion 8' modulée en largeur par un MG lent (environ 0,5 Hz), filtre plus ouvert, attaque un peu plus longue ;
- section III : dent de scie 16' (ou 4' pour des cordes plus aiguës), filtre plus fermé, accordée quelques cents à côté des deux autres.

On place ensuite les résonateurs de chaque section sur des formants de violon (environ 300 Hz, 600 Hz et 2,5 kHz, largeur de bande moyenne), puis on module très lentement l'un d'eux par un MG pour que le timbre respire. Le PS-3300 n'a pas d'effet d'ensemble intégré. On peut ajouter un chorus externe, mais les trois sections désaccordées et modulées différemment suffisent souvent.

Avec les logiciels gratuits – L'ensemble de cordes

FB-3300. C'est le cas idéal : reprenez tel quel le réglage en trois sections donné plus haut pour le PS-3300, résonateurs compris.

Surge XT. Oscillateur 1 en dent de scie avec *Unison Voices* sur 3 et *Unison Detune* vers 15 cents, filtre *LP 12 dB* à mi-course, *Amp EG* avec une attaque de 300 ms et un relâchement d'une seconde. L'effet d'ensemble vient du module d'effets : choisissez *Ensemble* (ou *Chorus*) dans un emplacement d'effet.

TAL-NoiseMaker. Une dent de scie, un filtre adouci, une attaque lente, et surtout le *CHORUS* intégré : ses deux modes, I et II, enclenchés ensemble, donnent un effet d'ensemble proche des *string machines*.



Figure 62 – FB-3300 : programme d'usine « STR: String Machine », ensemble de cordes réparti sur les trois blocs (3.2).

3.3 Les cordes polyphoniques « années 80 »

Le son de cordes des Jupiter-8, Prophet-5 et Oberheim OB-Xa. Deux oscillateurs en dent de scie désaccordés, un filtre adouci, une attaque et un relâchement lents. Il remplit un mixage sans le saturer.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	dent de scie 8' (ou 4'), désaccord 6 à 10 cents
Filtre	passes-bas 12 dB ; coupure 5 à 6 ; résonance 1 ; suivi 60 %
Enveloppe filtre	A 400 ms ; D 1 s ; S 7 ; R 800 ms ; quantité 2
Enveloppe ampli	A 200-400 ms ; D 0 ; S 10 ; R 700 ms à 1,2 s
LFO	triangle 5 Hz – hauteur, quantité très faible, délai 0,8 s (ou commande par molette)

Sur le Jupiter-8. VCO-1 et VCO-2 en dent de scie, VCO-2 en 8' avec *Fine Tune* légèrement décalé ; *HPF* vers 3 pour alléger le grave (c'est un élément clé du son « Jupiter ») ; *VCF* en -12 dB, *Cutoff* vers 6, *ENV Select* sur ENV-1 avec une enveloppe lente qui ouvre légèrement le filtre ; ENV-2 en A 4 / D 0 / S 10 / R 6 ; mode *Poly-2* pour que les relâchements se superposent ; LFO en sinus vers 5 Hz, *Delay Time* vers 1 s, *VCO Modulator LFO Mod* très faible sur les deux VCO. Pour plus d'ampleur, on passe en mode *Dual* en superposant ce son à une version en PWM (VCO-1 en impulsion avec PWM par LFO lent) : chaque note mobilise alors deux voix.

Sur le Matrix-12. Ici, le Matrix-12 a un avantage décisif, puisque chaque voix possède ses propres LFO. On confie le vibrato à LFO 1 (5,5 Hz, profondeur faible, amené par une enveloppe à délai : ENV 3, délai d'une demi-seconde – quantité de LFO 1), et la largeur d'impulsion de VCO-2 à LFO 2, plus lent. Chaque note de l'accord vibre alors avec sa propre phase, comme les musiciens d'un pupitre. Pour le filtre, le passe-bas 2 pôles, plus ouvert, convient bien ; le mode passe-haut 2 pôles + passe-bas 1 pôle donne des cordes aiguës plus aérées.

Avec les logiciels gratuits – Les cordes « années 80 »

Surge XT. Oscillateurs 1 et 2 en dent de scie (activez le 2 dans le mixeur), le second désaccordé de +0,08 demi-ton ; *Unison Voices* sur 2 pour l'oscillateur 1. Filtre 1 en *LP 12 dB* vers 1,4 kHz, et filtre 2 en *HP 12 dB* vers 150 Hz pour alléger le grave, à la manière du HPF du Jupiter-8. *Amp EG* : attaque 400 ms, soutenu au maximum, relâchement 1,2 s. Le vibrato différé se règle dans *LFO 1* : sinus à 5,5 Hz, *Delay* de 0,8 s et *Attack* de 0,6 s dans le *LFO EG*, puis *LFO 1* vers le *Pitch* des deux oscillateurs, avec une profondeur très faible (10 cents).

TAL-NoiseMaker. OSC 1 et OSC 2 en dent de scie à 0 (8'), OSC 2 légèrement désaccordé avec *FINE* ; *VOICES* sur 6. *FILTER* en *LP 12dB* à mi-course, attaque d'enveloppe de filtre et d'ampli lentes, relâchement long. *LFO 1* en sinus, destination *Osc1 & 2*, *AMOUNT* à peine décalé du centre : c'est le vibrato. Le *CHORUS I* élargit le son, comme le mode *Dual* du Jupiter-8.

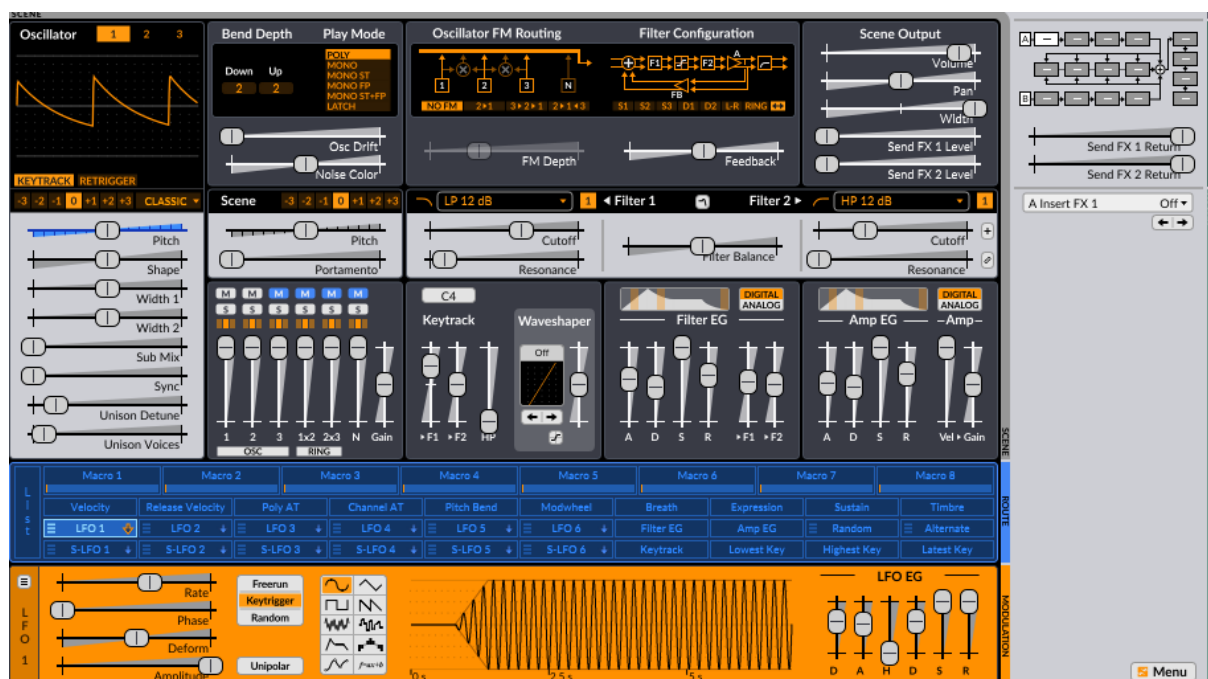


Figure 63 – Surge XT : cordes polyphoniques « années 80 » (3.3), avec vibrato différé.



Figure 64 – TAL-NoiseMaker : cordes « années 80 » (3.3), vibrato par LFO 1 et chorus.

3.4 Les cordes lyriques à deux couches (à la manière du CS-80)

Le son ample et chantant de Vangelis (*Blade Runner*, 1982) doit beaucoup à l'architecture du Yamaha CS-80. Chaque voix y comporte deux couches complètes, l'une plus brillante, l'autre plus douce, et le toucher permet de faire « chanter » chaque note séparément.

Couche	Réglage
Couche A (corps)	dent de scie 8' ; passe-bas 12 dB coupure 4 ; attaque 300 ms ; relâchement 1,5 s
Couche B (brillance)	impulsion ou dent de scie 8', désaccord 8 cents ; passe-haut léger + passe-bas coupure 6 ; attaque 600 ms (la brillance arrive après le corps)
Expression	pression (<i>aftertouch</i>) – vibrato et brillance de la couche B
Réverbération	longue (3 s ou plus) : indispensable

Sur le **Jupiter-8**, le mode *Dual* (*Upper* et *Lower*) reproduit les deux couches, mais sans la pression. Sur le Matrix-12, une seule voix suffit, puisque les niveaux de VCO-1 et de VCO-2 se pilotent séparément par deux enveloppes différentes, et la pression peut agir sur le vibrato et la coupure.

3.5 Les cordes lentes et le « swell »

Un crescendo de section, le *swell* : la note naît pianissimo et enfle sur plusieurs secondes.

Module	Réglage
Base	cordes polyphoniques (3.3)
Enveloppe ampli	A 1,5 à 3 s ; S 10 ; R 1,5 s
Enveloppe filtre	A 2 à 4 s (plus lente que le volume : le son s'éclaircit en enfant) ; quantité 4

Variante : on commande le volume et la coupure à la pédale d'expression plutôt qu'à l'enveloppe, pour suivre la musique. Sur le Matrix-12, on route la pédale vers le VCA et vers la coupure. Sur le PS-3300, c'était le rôle de la pédale double PS-3040.

3.6 Les pizzicati

La corde est pincée au doigt. L'attaque est immédiate, l'extinction rapide (moins d'une seconde dans l'aigu), le filtre se referme aussitôt et il n'y a aucun vibrato.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	impulsion 30 % 8', désaccord 5 cents
Filtre	passé-bas 12 dB ; coupure 3 ; résonance 2 ; suivi 70 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 150 ms ; S 0 ; quantité 6
Enveloppe ampli	A 0 ; D 300-600 ms ; S 0 ; R 300 ms (un peu de relâchement imite la résonance de la caisse)
Suivi des durées	activé

Une courte réverbération de salle complète l'illusion. Pour le pizzicato de contrebasse, voir 2.7.

3.7 Le violon et le violoncelle solistes

Le soliste est bien plus exigeant que l'ensemble. Aucun désaccord ne vient masquer les défauts, et l'oreille connaît trop bien le son réel. Tout se joue sur les formants, l'attaque et le vibrato.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8' (violon) ou 16' (violoncelle)
Bruit	niveau très faible, passé par le filtre (frottement de l'archet)
Filtre principal	passé-bas 12 dB ; coupure 6 ; suivi 80 %
Formants	passé-bande ou résonateurs fixes : violon vers 280 Hz, 500 Hz et 2,5 kHz ; violoncelle vers 200 Hz, 400 Hz et 1,5 kHz
Enveloppe ampli	A 80-150 ms ; S 10 ; R 250 ms
Enveloppe filtre	A 120 ms ; D 400 ms ; S 7 ; quantité 2 (le son s'ouvre au moment où l'archet « mord »)
Vibrato	5,5 à 6,5 Hz ; profondeur ± 25 cents ; délai 300 ms avec fondu d'entrée
Hauteur	légère inflexion par en dessous à l'attaque (-10 cents $\rightarrow$ 0 en 80 ms)
Mode	monophonique, déclenchement simple (jeu lié), portamento très court en jeu lié

Pour cet exercice, le **PS-3300** est l'instrument de référence, grâce à ses résonateurs ; une ou deux sections suffisent. Sur le Matrix-12, le passé-bande 2 pôles ne donne qu'un formant. On obtient pourtant un résultat convaincant avec le passé-bas 2 pôles pour le corps, en modulant légèrement la coupure par le LFO du vibrato, ce qui imite le passage des harmoniques sur les formants. Sur un **modulaire** ou un semi-modulaire, on peut aussi placer plusieurs passé-bande en parallèle.

Jeu. Un soliste se joue legato et avec expression. La molette amène le vibrato, la pression ajoute de la brillance, la vélocité dose l'attaque. Et il faut « jouer comme un violoniste » : pas d'accords, des phrases liées, des respirations.

3.8 Trémolos et effets de cordes

- **Trémolo d'orchestre** (l'archet va et vient très vite) : un LFO carré ou triangle à 8-12 Hz $\rightarrow$ volume, quantité 4, sur un son de cordes d'ensemble. Le LFO global d'un Jupiter-8 synchronise toutes les notes, ce qui sonne mécanique ; le Matrix-12, avec ses LFO par voix et un départ libre (non redéclenché), donne un trémolo beaucoup plus naturel.

- **Spiccato** (archet rebondi) : enveloppe d'ampli A 10 ms, D 120 ms, S 0 ; filtre à décroissance brève.
- **Sul ponticello** (archet près du chevalet, son vitreux) : remplacer le passe-bas par un passe-bande placé haut (2 à 3 kHz), avec un passe-haut pour enlever le corps.
- **Harmoniques** (son flûté) : triangle 4', filtre fermé, vibrato faible.
- **Glissandos de cordes** : portamento lent en mode polyphonique (Jupiter-8, Matrix-12) ; sur le PS-3300, l'absence de portamento oblige à de vrais glissandos de clavier.

Chapitre 4 – Les cuivres

4.1 Ce qui fait un son de cuivre

Les cuivres (trompette, trombone, cor, tuba) naissent de la vibration des lèvres dans l'embouchure. Leur spectre a une propriété fondamentale pour qui veut les imiter : **plus on souffle fort, plus le son s'enrichit en harmoniques aigus**. Joué piano, un cuivre est presque rond ; fortissimo, il devient éclatant. Brillance et intensité vont donc de pair, et cela se traduit directement en enveloppe de filtre et en vélocité. Combien de fois ai-je tenté de sculpter ce fameux son « brass » à la sauce années 80 en essayant de copier le riff conquérant de *Jump* ou les cuivres synthétiques de productions new wave ? Sur le papier, la recette semblait simple : deux oscillateurs en dents de scie légèrement désaccordés, un filtre passe-bas ouvert à l'attaque et un peu de modulation. Mais ce qui coïncidait systématiquement au début, c'était le réalisme de l'impact : soit l'attaque était trop molle, donnant l'impression d'un accord mouvant, soit elle devenait agressive et « cartoonnesque » dès qu'on forçait sur l'enveloppe du filtre. On finit par comprendre qu'un synthétiseur ne sonnera jamais vraiment comme une trompette de fanfare, et que c'est précisément quand on accepte cette « fausse » trompette massive, un brin râpeuse et dopée au choris, qu'elle devient magique.

Le tableau se complète de quelques traits.

- une **attaque rapide mais pas instantanée** (de 20 à 80 ms), avec une petite surbrillance au tout début (le « blat » des cuivres) ;
- une **légère montée de hauteur à l'attaque** : la note démarre un peu en dessous de sa hauteur et s'y stabilise en quelques dizaines de millisecondes ;
- des harmoniques pairs et impairs (dent de scie) ;
- un **vibrato** lent et discret pour la trompette solo, souvent absent dans les pupitres.

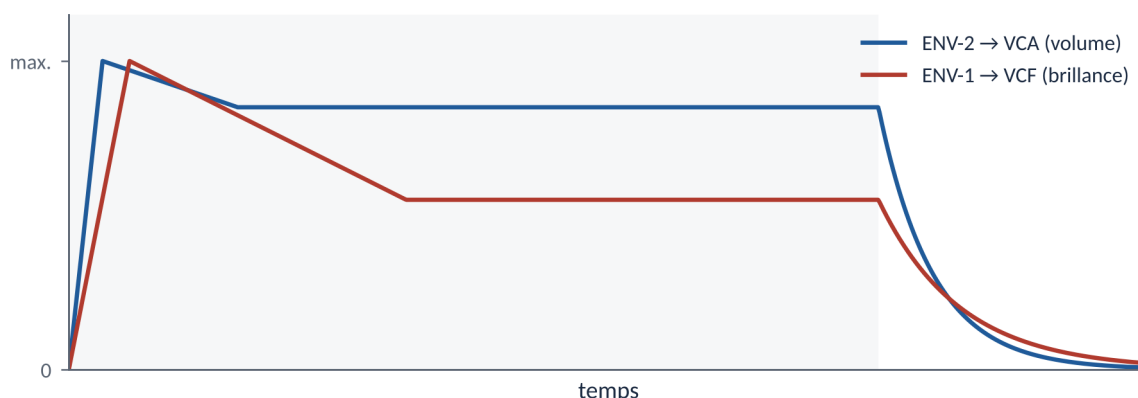


Figure 65 – Cuivre : la brillance (filtre) jaillit un peu après le volume, puis se calme vers un niveau moyen.

4.2 La section de cuivres synthétique

Le son « brass » des polyphoniques analogiques est l'un des plus marquants des années 1980. Le riff de *Jump* (Van Halen, 1984) est joué sur un Oberheim OB-Xa, et le Jupiter-8 en a fait l'une de ses spécialités. On n'imité pas ici un vrai pupitre de cuivres ; c'est un timbre à part entière, éclatant et percutant.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	dent de scie 8', désaccord 5 à 8 cents

Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 3 ; résonance 1 à 2 ; suivi 60 %
Enveloppe filtre	A 40-80 ms ; D 400-600 ms ; S 5 à 6 ; R 200 ms ; quantité 5 à 6
Enveloppe ampli	A 10-30 ms ; D 300 ms ; S 8 ; R 200 ms
Hauteur	enveloppe → hauteur, quantité faible : départ 20 à 30 cents trop bas, retour en 50 ms (facultatif)
Vélocité	→ quantité d'enveloppe de filtre

Le détail important est que le filtre s'ouvre un peu plus lentement que le volume. Le son apparaît, puis il s'ouvre.

Sur le Jupiter-8. VCO-1 et VCO-2 en dent de scie 8', *Fine Tune* légèrement décalé ; VCF en -24 dB, *Cutoff* vers 3, *Resonance* vers 2, *ENV Select* sur ENV-1 et *ENV Mod* vers 6 ; ENV-1 en A 2 / D 5 / S 5 / R 3 ; ENV-2 en A 1 / D 4 / S 8 / R 3 ; *Key Follow* du filtre vers 60 %. Pour l'inflexion de hauteur, on dispose de *VCO Modulator ENV Mod* avec ENV-1 en polarité inversée. Seulement, ENV-1 pilote déjà le filtre, et il faut choisir. On peut laisser le filtre suivre ENV-2, qui a le même profil que le volume, et réserver ENV-1 inversée à la hauteur. Un *HPF* légèrement ouvert éclaircit le son dans les accords.

Sur le Matrix-12. Avec cinq enveloppes, on a de la marge. ENV 1 va à la coupure (profil cuivre), ENV 2 au VCA, ENV 3 à la hauteur des deux VCO avec une quantité négative, pour que la note parte d'un peu en dessous ; cette ENV 3 est très courte, attaque nulle et décroissance de 60 ms. La vélocité module la quantité d'ENV 1. On peut aussi l'envoyer, en négatif, vers l'attaque d'ENV 1 : jouées fort, les notes s'ouvrent plus vite, comme sur un vrai cuivre.

Sur le PS-3300. Deux sections suffisent. L'une en dent de scie 8' fait le corps ; l'autre, également en dent de scie 8' mais désaccordée, a son résonateur réglé sur un formant de cuivre (vers 1,2 kHz). L'enveloppe générale (DAR) peut piloter la coupure des deux sections, avec un léger délai, pour obtenir l'ouverture caractéristique.

Jeu. On joue les cuivres synthétiques en accords plaqués courts, bien en place. Gardez un relâchement court, sinon les accords se brouillent.

Avec les logiciels gratuits – La section de cuivres

Surge XT. Deux dents de scie (oscillateur 2 activé et désaccordé de +0,06 demi-ton). Filtre LP 24 dB vers 300 Hz, *Resonance* faible, suivi de clavier vers 60 %. Le profil cuivre se règle dans *Filter EG* : attaque de 60 ms, un peu plus lente que celle de l'*Amp EG* (30 ms), décroissance 400 ms, soutenu à mi-hauteur, ►F1 vers +40 demi-tons. Deux modulations complètent le son : *Velocity* vers ►F1, pour que la brillance suive le jeu, et *Filter EG* vers le *Pitch* des deux oscillateurs avec une quantité légèrement négative, qui fait partir la note un peu en dessous.

TAL-NoiseMaker. Deux dents de scie (OSC 2 avec un peu de *FINE*), FILTER en LP 24dB, CUTOFF bas et CONT élevé ; l'attaque de l'enveloppe du filtre est un peu plus lente que celle d'AMP. Dans VELOCITY, CONT fait suivre la brillance au jeu. La petite enveloppe de la section AMP (A à zéro, D court, AMOUNT légèrement négatif, DEST sur Osc1) fait partir la note un peu en dessous de sa hauteur.

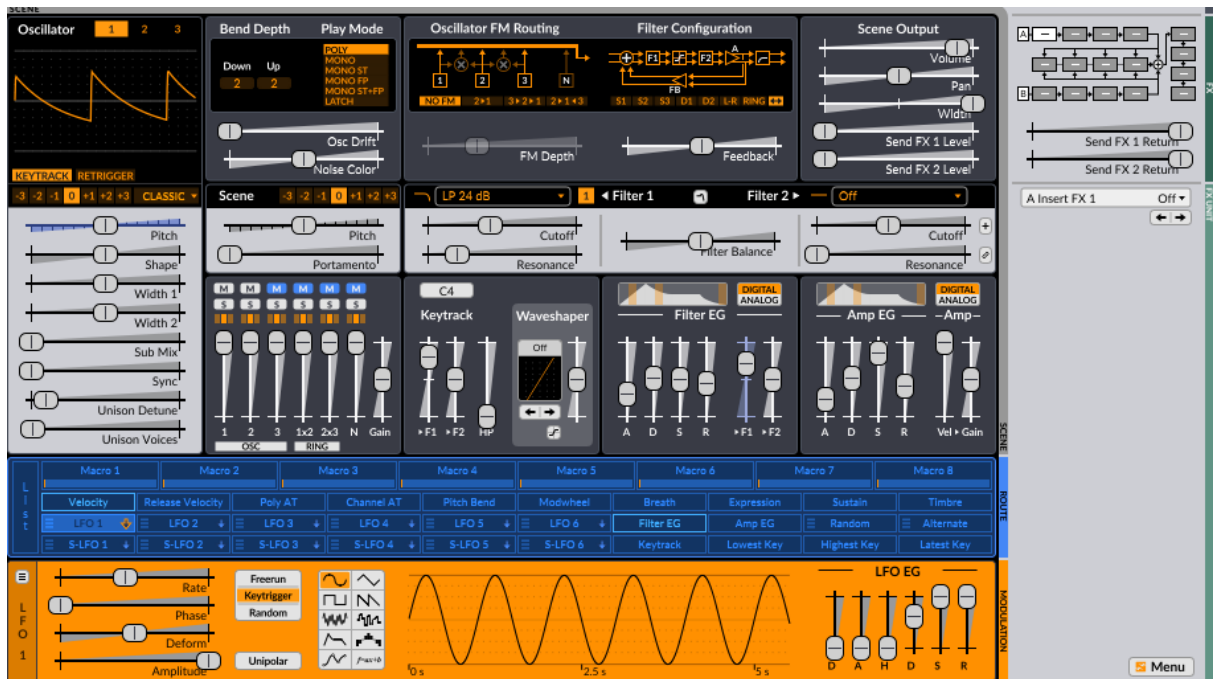


Figure 66 – Surge XT : la section de cuivres synthétique (4.2).



Figure 67 – TAL-NoiseMaker : la section de cuivres (4.2).

4.3 Les « stabs » et le sforzando-crescendo

- **Stab** (accord bref et percutant) : même fiche, mais enveloppe d'ampli A 5 ms, D 250 ms, S 0, R 150 ms ; enveloppe de filtre plus courte. On le joue sur les contretemps.
- **Sforzando-crescendo** (« fp < ») : l'attaque éclate, retombe aussitôt, puis le son enfle à nouveau. Sur le Matrix-12, deux enveloppes combinées vers le VCA font l'affaire : une très courte (attaque nulle, décroissance 150 ms) et une très lente (délai 200 ms, attaque 2 s). Sur le Jupiter-8, ENV-2 en A 0 / D 2 / S 3 avec une ouverture lente du filtre par ENV-1 (A 6 / S 10) donne un résultat proche.
- **Chute (fall)** en fin de note : une enveloppe négative sur la hauteur, déclenchée au relâchement, n'existe pas sur la plupart des analogiques ; on la joue à la molette de pitch-bend.

4.4 La trompette solo

La trompette est plus brillante et plus nasale que la section synthétique, et son attaque est mieux articulée.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	impulsion 35 % 8', à l'unisson exact (pas de désaccord pour un soliste)
Filtre	passe-bas 12 dB ; coupure 4 ; résonance 2 ; suivi 80 %
Formant	passe-bande ou résonateur vers 1,2-1,5 kHz (si disponible)
Enveloppe filtre	A 30 ms ; D 300 ms ; S 6 ; quantité 6
Enveloppe ampli	A 15-25 ms ; D 200 ms ; S 9 ; R 150 ms
Hauteur	départ -30 cents, retour en 40 ms
Vibrato	5 Hz, ±15 cents, à la molette ou avec délai de 500 ms
Mode	monophonique, déclenchement multiple (les trompettistes articulent chaque note avec la langue)

Trompette bouchée (sourdine harmon, le son de Miles Davis) : le passe-bas laisse la place à un passe-bande étroit vers 1,5-2 kHz, on raccourcit la décroissance du filtre et l'on retire le grave au passe-haut. Le son devient pincé, lointain.

4.5 Trombone, cor et tuba

Instrument	Différences par rapport à la trompette
Trombone	8' dans le registre grave ; coupure plus basse (3) ; attaque plus lente (40-60 ms) ; portamento possible en jeu lié (coulisse)
Cor	son rond et voilé : dent de scie + triangle, passe-bas 24 dB coupure 2, très peu d'enveloppe de filtre (quantité 2), attaque 60-100 ms, réverbération plus longue (le pavillon est dirigé vers l'arrière)
Tuba	16' ; passe-bas 24 dB coupure 2 ; résonance 1 ; attaque 50 ms ; enveloppe de filtre faible ; souvent un petit « blat » de bruit filtré à l'attaque

Le cor fait partie des cuivres que les synthétiseurs imitent le mieux. Un pupitre de cors en accords lents, sur un polyphonique, est souvent très convaincant.

4.6 Les saxophones

Le saxophone est un bois, puisqu'il a une anche simple, mais son timbre le rapproche des cuivres. Son spectre est très riche, ses formants marqués, son souffle audible, et il est extrêmement expressif (attaques, « growl », vibrato).

Module	Alto	Ténor
VCO 1	dent de scie 8'	dent de scie 8' (registre plus grave)
VCO 2	impulsion 25 % 8'	impulsion 40 % 8'
Bruit	souffle discret, passé par le filtre	idem, un peu plus fort
Filtre	passe-bas 12 dB, coupure 5, résonance 3	passe-bas 12 dB, coupure 4, résonance 3
Formant	vers 1,5 kHz	vers 1 kHz
Enveloppe filtre	A 20 ms ; D 400 ms ; S 6 ; quantité 4	idem
Enveloppe ampli	A 15 ms ; S 9 ; R 120 ms	idem
Vibrato	5,5 Hz, ±20 cents, molette	idem

Pour le **growl**, le musicien chante dans l'instrument en jouant. On l'imité avec un LFO rapide (25 à 40 Hz) appliqué en petite quantité à la coupure ou au volume, et dosé par la pression ou par la molette. Le LFO du Jupiter-8 monte justement jusqu'à 40 Hz. Avec *VCF LFO Mod* bas et la modulation commandée par le levier, le growl devient tout à fait crédible.

4.7 Les cuivres « de film »

Les grandes nappes de cuivres sombres des musiques de film analogiques (le CS-80 de Vangelis, encore) combinent les cuivres de section (4.2) et les cordes lentes (3.5) : attaque de 150 à 300 ms, filtre qui s'ouvre lentement, relâchement long, et réverbération généreuse. On les joue en accords larges, dans le grave et le médium, avec la vitesse ou la pression qui dosent l'éclat.

À retenir pour les cordes et les cuivres

- Cordes : dent de scie, attaque lente, vibrato différé, désaccord ou PWM pour l'ensemble, formants pour le soliste.
- Cuivres : dent de scie, filtre qui s'ouvre un peu après le volume, brillance liée à la vitesse, inflexion de hauteur à l'attaque.
- La différence entre un « pad » de cordes et un « pad » de cuivres tient surtout à l'enveloppe du filtre.

Chapitre 5 – Les bois

Les bois (flûtes, clarinettes, hautbois, bassons) se prêtent bien à la synthèse analogique, parce que leurs spectres sont assez simples et très typés. La difficulté est ailleurs, dans l'expressivité : le souffle, l'attaque, le vibrato, les liaisons. On les joue presque tous en monophonique, en déclenchement simple (jeu lié).. À l'épreuve des patchs, c'est sans doute la flûte qui s'en sort le plus honorablement en analogique, se contentant d'une onde triangulaire ou d'un carré subtilement filtré pour délivrer cette pureté boisée et aérienne qu'on adore dans les ambiances progressives. À l'inverse, le hautbois s'est souvent révélé le plus frustrant : sitôt qu'on cherche à restituer son grain nasillard et acide sans tomber dans la caricature du jouet en plastique, le filtre décroche ou le timbre devient vite insupportable à l'oreille. Une belle leçon d'humilité face aux harmoniques capricieuses de la perce conique.

5.1 La flûte traversière

Un son presque sinusoïdal, quelques harmoniques faibles, un souffle qu'on entend surtout à l'attaque et dans le grave, et un vibrato bien présent.

Module	Réglage
VCO 1	triangle 8' (ou 4' pour le registre aigu)
Bruit	blanc, niveau 2, passé dans le filtre
Filtre	passse-bas 12 dB ; coupure 4 ; résonance 1 ; suivi 100 %
Enveloppe filtre	A 60 ms ; D 300 ms ; S 6 ; quantité 2
Enveloppe ampli	A 60-100 ms ; D 0 ; S 10 ; R 100 ms
Vibrato	sinus 5 Hz, ± 10 -15 cents, délai 300 ms avec fondu d'entrée
Trémolo léger (facultatif)	même LFO – volume, quantité 1 (le vibrato des flûtistes porte autant sur l'intensité que sur la hauteur)

Le **chiff**, ce petit « tchouf » à l'attaque, s'obtient en donnant au bruit sa propre enveloppe courte. Sur le **Matrix-12**, une enveloppe (A 0, D 60 ms, S 1) pilote le niveau du bruit. Sur le **Jupiter-8**, c'est VCO-2 en bruit qui fait office de souffle : *Source Mix* presque entièrement sur VCO-1 (en triangle), avec juste ce qu'il faut de VCO-2 pour l'entendre, et un LFO en sinus à 5 Hz dont le *Delay Time* est réglé vers le tiers de sa course. Sur le **PS-3300**, on associe une section en triangle et une section en impulsion étroite très filtrée, dont le résonateur, placé haut (2-3 kHz, bande étroite), colore le souffle.

Piccolo : même fiche en 4' ou 2', attaque plus rapide (40 ms), vibrato plus rapide (6 Hz).

Avec les logiciels gratuits – La flûte

Surge XT. *Play Mode* sur *Mono*. Oscillateur 1 de type *SINE*, et le bruit (N) activé dans le mixeur à faible niveau. Filtre *LP 12 dB* assez ouvert avec un suivi de clavier de 100 %, pour que le souffle reste en proportion de la note. *Amp EG* : attaque de 80 ms, relâchement de 150 ms. Pour le *chiff*, on route *Filter EG* (réglé court) vers le niveau du bruit : le souffle se renforce à l'attaque puis retombe. Le vibrato vient de *LFO 1* en sinus à 5 Hz, retardé de 0,3 s par son *LFO EG*, vers le *Pitch* avec une profondeur de 12 cents.

TAL-NoiseMaker. OSC 2 en sinus ou en triangle, avec un peu d'OSC 1 en bruit pour le souffle, FILTER en *LP 12dB* avec *KEY* au maximum, attaque d'AMP vers 80 ms, et *LFO 1* vers *Osc1 & 2* pour le vibrato, avec un *AMOUNT* très faible.

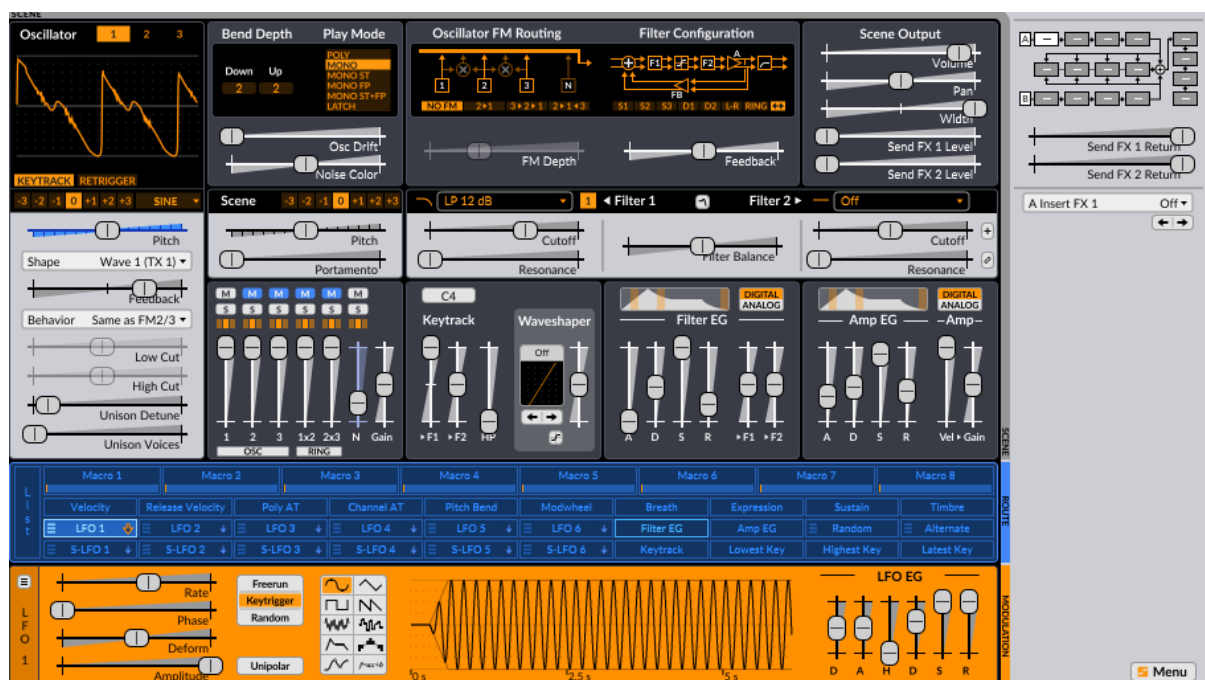


Figure 68 – Surge XT : la flûte traversière (5.1), souffle et vibrato différé.

5.2 La flûte de pan et la flûte « chiff »

La flûte de pan est plus soufflée, plus « boisée » que la flûte traversière. Son attaque est très marquée par le souffle, et à la place d'un vrai vibrato elle a de petites fluctuations.

Module	Réglage
VCO 1	triangle ou sinus 8'
Bruit	blanc, niveau 4 ; passe-bande dédié (si possible) autour de la note ou vers 1 kHz
Filtre	passe-bas 12 dB ; coupure 3 ; suivi 100 %
Enveloppe bruit	A 0 ; D 120 ms ; S 2 (souffle fort à l'attaque, faible ensuite)
Enveloppe ampli	A 40 ms ; S 10 ; R 200 ms
Modulation	aléatoire lente (S&H + lissage, ou LFO aléatoire très lent) – hauteur, ±5 cents

Le son « Lead 4 (chiff) » du General MIDI va plus loin dans la même direction, avec une onde plus riche (impulsion ou carré) et une attaque de souffle très appuyée.

5.3 La clarinette

Dans son registre grave, le chalumeau, la clarinette contient surtout des harmoniques impairs. Autrement dit, une onde carrée filtrée. Le son est rond, boisé, et sans vibrato en jeu classique.

Module	Réglage
VCO 1	carré 8'
Filtre	passe-bas 24 dB ; coupure 4 ; résonance 1 ; suivi 70 %
Enveloppe filtre	A 40 ms ; D 300 ms ; S 7 ; quantité 2
Enveloppe ampli	A 30-50 ms ; S 10 ; R 80 ms
Vibrato	aucun (ou très léger, à la molette, pour le jazz)
Bruit	très léger souffle

Dans l'aigu (le registre de clairon), les harmoniques pairs réapparaissent. On mélange alors un peu de dent de scie, ou l'on réduit légèrement la largeur d'impulsion (45 %). Un petit portamento en jeu lié imite le fameux glissando qui ouvre la *Rhapsody in Blue*.

Sur le Jupiter-8, VCO-1 propose directement un carré ; le PWM en position *Manual* permet d'ajuster finement la largeur entre 50 % et 40 %. **Sur le Matrix-12**, on peut lier la largeur d'impulsion à la position sur le clavier par un *tracking generator* : carré parfait dans le grave, impulsion légèrement plus étroite dans l'aigu.

5.4 Le hautbois, le cor anglais et le basson

Ce sont des instruments à anche double, au son nasal, très riche, avec des formants marqués. Le formant principal du hautbois se situe vers 1 à 1,5 kHz ; celui du cor anglais, plus sombre, vers 900 Hz ; celui du basson vers 450-500 Hz.

Module	Hautbois	Basson
VCO 1	impulsion 15-20 % 8'	impulsion 25 % 16' (ou 8' joué dans le grave)
VCO 2	dent de scie 8', faible niveau	dent de scie 16'
Filtre	passe-bande 12 dB ou passe-bas résonant ; coupure vers 1,2 kHz ; résonance 4 ; suivi faible (20 %)	passe-bande vers 500 Hz ; résonance 3 ; suivi faible
Enveloppe ampli	A 30 ms ; S 10 ; R 100 ms	A 40 ms ; S 10 ; R 120 ms
Vibrato	5,5 Hz, ± 15 cents, délai	discret

Le point essentiel est un suivi de clavier faible sur le filtre. Le formant reste en place pendant que les notes changent, et le timbre varie d'une note à l'autre, comme sur une vraie anche double. Le **PS-3300** est là encore idéal (impulsion étroite et résonateur réglé sur le formant). Le **Matrix-12** offre le passe-bande 2 ou 4 pôles. Sur le **Jupiter-8**, on forme un passe-bande en combinant le *HPF* (coupure 4 à 5) et le passe-bas en -12 dB avec une résonance moyenne, et l'on descend le *Key Follow* vers 20 %.

5.5 Autres instruments à vent

- **Ocarina** : sinus ou triangle très filtré, attaque 30 ms, aucun vibrato, petit souffle à l'attaque.
- **Sifflement humain** : filtre auto-oscillant ou sinus en 2', portamento en jeu lié, vibrato irrégulier ; voir aussi le chapitre 10.
- **Harmonica** : impulsion 30 % + dent de scie légèrement désaccordée, passe-bande vers 1,5 kHz, attaque 20 ms, trémolo de volume à 6 Hz à la molette, et un petit glissement vers le bas à l'attaque (« bend » des harmonicistes).
- **Accordéon et musette** : deux oscillateurs en impulsion 30 % désaccordés de 10 à 15 cents (les anches « musette » sont volontairement désaccordées), filtre passe-bas coupure 6, attaque 30 ms, relâchement 80 ms. Un troisième oscillateur en 16' (**Matrix-12** en mode *Dual*, ou section supplémentaire du **PS-3300**) donne le registre « basson » de l'accordéon.
- **Cornemuse** : impulsion étroite très brillante, bourdon tenu (une note de basse jouée en continu, idéalement sur une zone séparée du clavier en mode *Split*), aucun silence entre les notes (jeu lié permanent).

Chapitre 6 – Les claviers

6.1 L'orgue à tirettes

Un orgue Hammond fabrique chaque note en additionnant des sinusoïdes accordées sur différents harmoniques, que l'organiste dose avec neuf tirettes (*drawbars*) graduées en pieds. C'est donc de la synthèse additive, qu'on approche avec les oscillateurs d'un synthétiseur.

Tirette	Hauteur	Harmonique
16'	octave inférieure	sous-fondamentale
5 1/3'	quinte au-dessus de la fondamentale	3e de la sous-fondamentale
8'	fondamentale	1
4'	octave	2
2 2/3'	octave + quinte	3
2'	deux octaves	4
1 3/5'	deux octaves + tierce	5
1 1/3'	deux octaves + quinte	6
1'	trois octaves	8

Deux oscillateurs suffisent pour les registrations les plus courantes.

Registration	VCO 1	VCO 2	Filtre
« Jazz » (tirettes 888000000)	sinus 16'	sinus 8' (ou 5 1/3', soit une quinte au-dessus du 8')	ouvert
« Rock » (888800000 + percussion)	carré 8' (contient 8', 2 2/3', 1 3/5'...)	sinus 16'	ouvert, léger passe-bas
« Gospel » (tout ouvert)	dent de scie 8'	dent de scie 16'	passe-bas coupure 6

Réglages communs : enveloppe d'ampli A 0, D 0, S 10, R 20 ms. L'attaque est nette, avec le « clic » typique de l'instrument, qu'on peut souligner par quelques millisecondes de bruit filtré passe-haut. Aucun désaccord, puisque les roues phoniques sont parfaitement en phase. Sur le Jupiter-8, choisir le mode *Poly-1* (réassignation) pour ne pas empiler la même note.

La percussion Hammond ajoute à l'attaque un son court de 4' ou de 2 2/3' : on la programme sur l'un des oscillateurs avec une enveloppe propre (A 0, D 250 ms, S 0) — possible sur le Matrix-12 (une enveloppe dédiée au niveau de VCO-2) ou sur le PS-3300 (une section avec son propre EG percussif, les deux autres en orgue). Sur le Jupiter-8, le mode *Dual* permet de superposer une couche « percussion » à une couche « orgue ».

La cabine Leslie, avec ses haut-parleurs rotatifs, mêle vibrato, trémolo et variation de timbre. Pour l'approcher, un LFO sinus à 6,5 Hz (rapide) ou 0,8 Hz (lent) module la hauteur (± 8 cents), le volume (quantité 2) et la coupure (quantité 2), et en stéréo, un panoramique au même rythme. Sur une vraie Leslie, le passage de la vitesse lente à la vitesse rapide prend un moment ; le Matrix-12 permet de l'imiter en faisant varier la vitesse du LFO avec un levier.

Avec les logiciels gratuits – L'orgue à tirettes

Surge XT. Ses trois oscillateurs se prêtent bien aux registrations : passez-les en type *SINE*, réglez-les sur trois pieds différents (par exemple octave 0, +1 et -1 pour 8', 4' et 16') et dosez-les dans le mixeur comme des tirettes. *Amp EG* en enveloppe d'orgue (A et D au minimum, S au maximum, R de 20 ms). Pour la Leslie, *LFO 1* en sinus vers le *Pitch* (quelques cents) et le *Pan* de la scène, à 0,8 Hz ou 6,5 Hz ; l'effet *Rotary Speaker* de Surge XT fait encore mieux.

TAL-NoiseMaker. OSC 2 en sinus, OSC 1 en impulsion carrée une octave plus haut, et le *SUB* pour le 16' : trois « tirettes » à doser dans MASTER. Enveloppe d'AMP en orgue (A et D à zéro, S au maximum), et un *CHORUS* léger.

6.2 L'orgue d'église et le positif

Les jeux à bouche d'un orgue d'église (principaux, flûtes) ont une attaque légèrement soufflée et lente, de 30 à 80 ms, et l'acoustique de la nef y ajoute une résonance considérable. Les jeux d'anches (trompettes, cromornes) sont beaucoup plus riches.

Jeu	Réglage
Principal 8' + 4'	dent de scie 8' + dent de scie 4' ; passe-bas coupure 5 ; attaque 50 ms ; relâchement 200 ms ; réverbération très longue
Bourdon (flûte bouchée)	carré 8' très filtré (le tuyau bouché ne produit que les harmoniques impairs, comme la clarinette)
Plein jeu (mixture)	ajouter des oscillateurs en 2' et en 2 2/3' (quinte), ou les trois sections du PS-3300 en 8', 4' et 2 2/3'
Cromorne	impulsion étroite, passe-bande vers 1 kHz

Avec ses trois sections et son tempérament réglable, le PS-3300 est très à l'aise dans ce répertoire. On peut même l'accorder note par note dans un tempérament ancien, mésotonique ou Werckmeister.

6.3 L'orgue « combo »

Les orgues transistorisés des années 1960 (Farfisa, Vox Continental) sonnent plus aigre qu'un Hammond, car ils reposent sur des ondes carrées et des impulsions. Recette : impulsion 30 % en 8' et carré en 4', passe-bas peu marqué, enveloppe d'orgue, vibrato rapide (7 Hz) et léger à la molette.

6.4 Le piano électrique

Dans un Fender Rhodes, une lame frappée, couplée à un résonateur, est captée électromagnétiquement. L'attaque sonne « en cloche », riche et chargée de partiels inharmoniques, puis le son devient presque sinusoïdal et s'éteint lentement. Le Wurlitzer, à anches, est plus nasal, et il « aboie » quand on joue fort. Les deux s'imitent mieux en FM. En analogique, on cherche leur caractère plutôt qu'une copie exacte.

Rhodes analogique.

Module	Réglage
VCO 1	sinus ou triangle 8'
VCO 2	sinus ou impulsion étroite, 8' +19 ou +24 demi-tons (2 2/3' ou 2'), niveau faible, pour la « cloche » d'attaque
Modulation croisée / FM	VCO 2 – VCO 1, faible, dosée par une enveloppe courte (le timbre métallique ne doit durer qu'à l'attaque)
Filtre	passe-bas 24 dB ; coupure 4 ; suivi 70 %

Enveloppe filtre	A 0 ; D 1 s ; S 3 ; quantité 3 ; vitesse → quantité
Enveloppe ampli	A 0 ; D 2,5 s ; S 4 ; R 400 ms ; suivi des durées activé
Trémolo	LFO sinus 4 à 5 Hz → volume (ou panoramique stéréo), à la molette

Sur le Matrix-12, la section FM semble faite pour ça : VCO-2 module VCO-1, et le niveau de FM est piloté par une enveloppe courte (ENV 3 : A 0, D 200 ms, S 0) et par la vitesse. **Sur le Jupiter-8**, *Cross Mod* n'est qu'un bouton, sans enveloppe. On le règle bas et l'on compte sur l'enveloppe du filtre pour adoucir le son après l'attaque. **Sur le Juno-106** et les instruments sans FM, une impulsion très étroite, filtrée par une enveloppe très courte, remplace la « cloche ».

Wurlitzer analogique. Impulsion 30 % + triangle ; passe-bas 12 dB coupure 3, résonance 3 ; enveloppe de filtre A 0, D 400 ms, S 2, avec beaucoup de vitesse (le « bark ») ; enveloppe d'ampli A 0, D 1,5 s, S 3, R 200 ms.

6.5 Le clavier

Dans le Hohner Clavier, de petits marteaux en caoutchouc frappent des cordes captées par des micros. Le son est très percussif, nasal, funky, et sa brillance dépend beaucoup de la frappe. L'analogique s'en accommode très bien.

Module	Réglage
VCO 1	impulsion 10-15 % 8'
VCO 2	impulsion 25 % 8' (désaccord 2 cents)
Passe-haut	coupure 4 (le clavier n'a presque pas de grave)
Filtre	passe-bas 12 dB ; coupure 4 ; résonance 4 ; suivi 80 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 300 ms ; S 2 ; quantité 6 ; vitesse → quantité
Enveloppe ampli	A 0 ; D 1,2 s ; S 3 ; R 50 ms (étouffement très rapide au relâchement)

Avec son *HPF* et son filtre en -12 dB, le Jupiter-8 fait un excellent clavier. Pour la version « wah-wah », on commande la coupure à la pédale d'expression (Matrix-12) ou l'on joue du levier.

6.6 Le clavecin

Les cordes du clavecin sont pincées par des becs (plectres). D'où une attaque très brillante avec un « clic » mécanique, une extinction assez rapide, et aucune nuance de frappe. Plusieurs registres (8', 4', parfois 16') sont couplés.

Module	Réglage
VCO 1	impulsion 15 % 8'
VCO 2	impulsion 20 % 4', niveau 5, désaccord 3 cents
Passe-haut	coupure 3
Filtre	passe-bas 12 dB ; coupure 6 ; suivi 100 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 600 ms ; S 2 ; quantité 3
Enveloppe ampli	A 0 ; D 1,5 s (plus court dans l'aigu) ; S 0 ; R 300 ms
Clic	bruit, enveloppe A 0 / D 10 ms, faible
Vitesse	désactivée (le clavecin n'a pas de nuances)

Grâce à son tempérament réglable, le **PS-3300** permet de jouer le répertoire baroque dans un accord d'époque, et sa troisième section peut ajouter le registre de 16'.

6.7 Le piano acoustique

De tous les instruments, le piano est le plus difficile à imiter en synthèse soustractive. Ses partiels sont légèrement inharmoniques, parce que la raideur des cordes pousse les harmoniques un peu trop haut. Sa décroissance est double, chaque note a trois cordes légèrement désaccordées, il y a les résonances par sympathie, le bruit du marteau, et le timbre change complètement avec la nuance. On n'en obtient qu'une évocation, qui peut néanmoins être très musicale, comme le « piano synthétique » de bien des disques des années 1980.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	impulsion 30 % 8', désaccord 3 cents (les cordes multiples)
Filtre	passe-bas 24 dB ; coupure 3 ; suivi 100 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 1,5 s ; S 1 ; quantité 5 ; vitesse → quantité (essentiel)
Enveloppe ampli	A 0 ; D 4 s (suivi des durées très marqué) ; S 0 ; R 300 ms
Marteau	bruit, enveloppe A 0 / D 20 ms, passé par le filtre

Le **piano bastringue** (*honky-tonk*) s'obtient en forçant le désaccord, de 15 à 25 cents. Pour une fois, un fort désaccord est souhaitable.

6.8 Célesta, boîte à musique et toy piano

Ce sont des lames ou des tiges métalliques frappées. L'attaque est instantanée, le son aigu presque pur, avec des partiels inharmoniques à l'attaque, et l'extinction moyenne.

Module	Réglage
VCO 1	sinus ou triangle 4'
VCO 2	sinus 4' accordé environ 31 demi-tons plus haut (rapport proche de 6), puis légèrement désaccordé pour rendre le partiel inharmonique ; niveau faible, avec une décroissance courte (si les niveaux sont pilotables)
Filtre	passe-bas, coupure 6, suivi 100 %
Enveloppe ampli	A 0 ; D 1,2 s ; S 0 ; R 800 ms ; suivi des durées

Pour la boîte à musique, on raccourcit la décroissance (0,6 s) et l'on ajoute un léger désaccord aléatoire (S&H très lent → hauteur, ± 5 cents), car les lames d'une boîte à musique ne sont jamais parfaitement justes.

Chapitre 7 – Les cordes pincées et frappées

Toutes les cordes pincées suivent le même schéma. L'attaque est instantanée, la brillance s'éteint bien plus vite que le volume, les notes aiguës durent moins que les graves, et il n'y a pas de soutenu. La recette de base ne change donc pas. Ce qui distingue une guitare d'une harpe ou d'un koto, c'est la matière de départ, la vitesse à laquelle le filtre se referme, et les formants. Si je devais n'en garder qu'un, c'est ce fameux *pluck* court, un brin boisé, obtenu en envoyant une onde carrée ou une impulsion modulée par une enveloppe de filtre ultra-rapide, le genre de son accrocheur qu'on retrouve par exemple dans les arpèges hypnotiques et cristallins de *Popcorn* de Gershon Kingsley (ou dans la version de Hot Butter), ou dans les grésillements rythmiques de certains classiques de la synth-pop. C'est le son caméléon par excellence, celui qui insuffle un rebond immédiat dans un arrangement, que l'on cherche une fausse mandoline ou une texture organique pour tapisser le fond d'un mix.

7.1 Le « pluck » de base

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	impulsion 25 % 8', désaccord 3 cents
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 2 ; résonance 2 ; suivi 80 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 200 ms ; S 0 ; R 200 ms ; quantité 6 ; vitesse – quantité
Enveloppe ampli	A 0 ; D 1,5 s ; S 0 ; R 400 ms
Suivi des durées	activé

Avec un peu de réverbération et un écho, on obtient aussi le « poly-pluck » qu'on entend partout dans la pop électronique.

Avec les logiciels gratuits – Le pluck

Surge XT. Deux dents de scie légèrement désaccordées. Filtre *LP 24 dB* fermé (vers 220 Hz), suivi de clavier vers 80 %. Tout se joue sur les enveloppes : *Filter EG* avec une décroissance de 200 ms et un soutenu nul, ►F1 vers +48 demi-tons ; *Amp EG* avec une décroissance de 1,2 s, sans soutenu. La vitesse vers ►F1 fait claquer davantage les notes jouées fort.

TAL-NoiseMaker. Même principe : *CONT* élevé, enveloppe de filtre très courte sans soutenu, enveloppe d'ampli plus longue, sans soutenu elle non plus, et *CONT* dans *VELOCITY*. Le *DELAY* intégré, avec *SYNC* activé, donne le « poly-pluck » électronique.

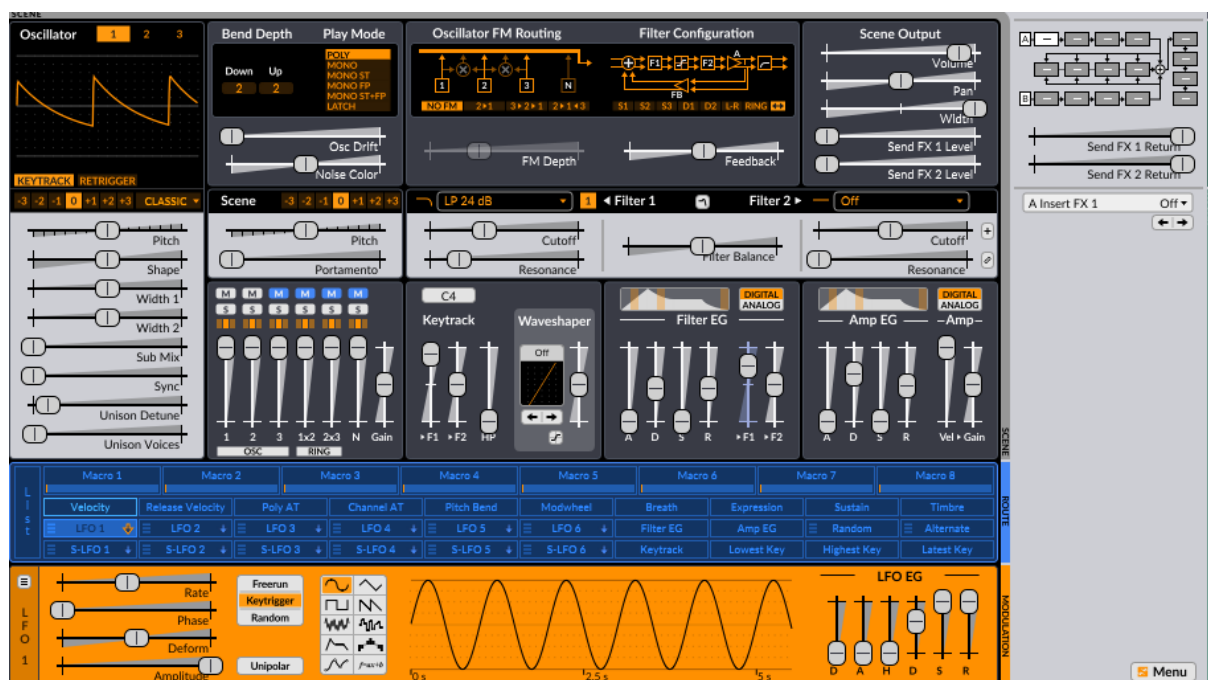


Figure 69 – Surge XT : le pluck de base (7.1).

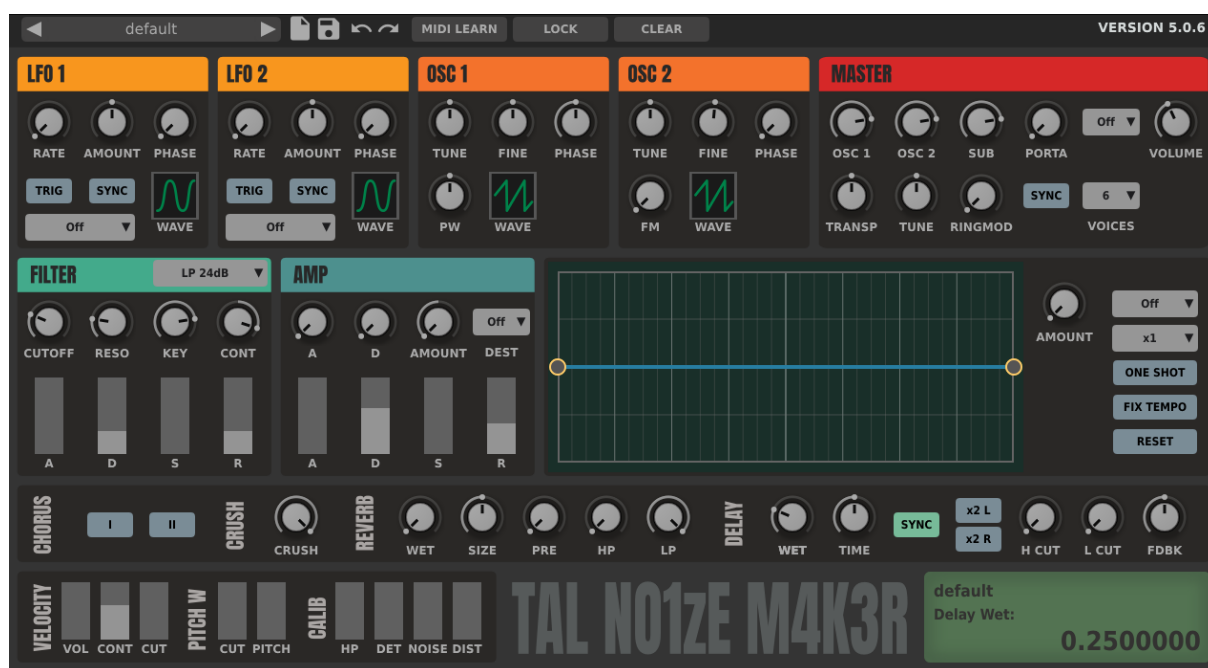


Figure 70 – TAL-NoiseMaker : le pluck de base (7.1), avec écho synchronisé.

7.2 La guitare acoustique

Une guitare acoustique a un spectre riche à l'attaque (médiateur ou ongle), une caisse de résonance avec un formant grave vers 100 Hz et d'autres résonances entre 200 et 500 Hz, et un petit bruit d'attaque.

Par rapport au pluck de base, on remplace la dent de scie par une impulsion de 35 %, on ajoute un passe-bande ou un résonateur vers 250 Hz (le PS-3300 permet même de placer ses trois pics sur les résonances de la caisse), on glisse 10 ms de bruit à l'attaque, et l'on raccourcit la décroissance du filtre à 120 ms. Joué en **arpège** sur un accord tenu (arpégiateur du Jupiter-8, mode *Up & Down*), cela évoque une guitare jouée aux doigts.

7.3 La guitare électrique

- **Son clair** : impulsion 40 % + dent de scie, filtre passe-bas 12 dB, décroissance de filtre lente (500 ms), soutenu d'ampli 4 (la guitare électrique tient plus longtemps), un chorus.
- **Étouffé (palm mute)** : décroissance d'ampli très courte (150 ms), filtre presque fermé, beaucoup de vélocité.
- **Saturé** : un synthétiseur ne sature pas comme un ampli de guitare, mais on s'en approche avec deux dents de scie désaccordées, un filtre passe-bas 24 dB ouvert, une résonance modérée, et une saturation externe (pédale) placée **avant** une réverbération. Le **bend** se joue au levier ; le Jupiter-8 permet de ne courber que VCO-2, comme un guitariste qui tire une corde pendant qu'une autre reste fixe.
- **Larsen contrôlé** : le son tenu saturé bascule sur une harmonique aiguë. Imitation : une enveloppe à délai (Matrix-12 : ENV 4, délai 1 s, attaque 500 ms) fait monter le niveau de VCO-2 accordé une octave et une quinte au-dessus.

7.4 La harpe

Un son rond et cristallin, une attaque nette mais douce, une extinction longue. Et surtout, une harpe se joue en arpèges et en glissandos.

Module	Réglage
VCO 1	triangle 8'
VCO 2	impulsion 20 % 8', niveau faible
Filtre	passe-bas 12 dB ; coupure 3 ; suivi 90 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 300 ms ; S 1 ; quantité 4
Enveloppe ampli	A 2 ms ; D 3 s ; S 0 ; R 1,5 s (la harpe résonne après la note)
Réverbération	longue

Le **glissando de harpe** se joue sur les touches blanches. Sur un polyphonique à huit voix, les premières notes sont coupées dès la neuvième. Le PS-3300, dont toutes les notes peuvent sonner en même temps, laisse résonner chacune d'elles sur toute l'étendue du clavier.

7.5 Le koto, le shamisen et le banjo

- **Koto** : impulsion 25 %, passe-bas 12 dB résonant (4), décroissance de filtre 150 ms, décroissance d'ampli 1,2 s. Juste après l'attaque, la hauteur monte un peu, parce que la main gauche tend la corde ; une enveloppe → hauteur (A 80 ms, D 300 ms, +20 cents) l'imité. Jouez en pentatonique.
- **Shamisen** : plus sec et plus percussif (décroissance d'ampli 400 ms), avec un passe-haut pour un son mince et un « clic » de bruit à l'attaque.
- **Banjo** : impulsion 15 %, passe-haut coupure 4, passe-bas résonant, décroissance d'ampli courte (500 ms) ; pas de trémolo automatique : le roulement se joue aux doigts.

7.6 Le sitar

Le sitar doit son timbre à un chevalet plat qui fait « grésiller » la corde (*jawari*). On entend un formant qui balaie le spectre de l'aigu vers le grave à chaque note, et derrière, les cordes sympathiques qui résonnent.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	impulsion 10 % 8'

Filtre	pas-bande (ou pas-bas très résonant, 7 à 8)
Enveloppe filtre	A 0 ; D 800 ms ; S 2 ; quantité 6 (le pic de résonance descend lentement après l'attaque : c'est le « wiaou » du sitar)
Enveloppe ampli	A 0 ; D 2,5 s ; S 2 ; R 1 s
Bourdon	une note grave tenue (mode <i>Split</i> du Jupiter-8)

Pour les **cordes sympathiques**, une réverbération courte et brillante fait l'affaire. Sur le PS-3300, on peut aussi laisser résonner longuement les notes d'un mode joué sur une seconde section, à attaque lente et à faible niveau.

7.7 Le cymbalum et le dulcimer

Les cordes sont ici frappées par des mailloches. L'attaque est très nette, chargée d'harmoniques aigus, il y a plusieurs cordes légèrement désaccordées par note, et l'extinction est longue. Recette : deux dents de scie désaccordées de 8 cents, pas-bas coupure 4, enveloppe de filtre A 0 / D 500 ms / S 1, ampli A 0 / D 3 s / S 0 / R 2 s, suivi des durées. Le **trémolo de cymbalum**, ce roulement de mailloches, demanderait un LFO carré à 10-12 Hz qui redéclenche l'enveloppe. Peu d'analogiques le permettent en dehors des modulaires, où il suffit de brancher la sortie carrée du LFO sur l'entrée de déclenchement de l'enveloppe. Ailleurs, on se contente d'un trémolo de volume rapide.

Chapitre 8 – Les percussions mélodiques

8.1 Marimba, xylophone et vibraphone

S'il y a bien un domaine où l'on s'arrache les cheveux, c'est bien la création d'une cloche ou d'un son métallique percussif un tant soit peu réaliste. Combien d'heures passées à ajuster au millimètre les rapports de fréquence non harmoniques et la décroissance de l'enveloppe pour éviter que le patch ne ressemble à une vulgaire casserole ! Bien sûr, tout cet art délicat du compromis analogique est devenu superbement caduc avec l'arrivée du DX7 et de la synthèse FM, qui offrait enfin ces spectres inharmoniques complexes sur un simple plateau, reléguant nos acrobaties soustractives au rang de charmants souvenirs de forçats du filtre.

Pourtant, tout part de la physique : des lames frappées, en bois (marimba, xylophone) ou en métal (vibraphone), avec un résonateur tubulaire sous chacune. Les lames sont taillées pour que leur premier partiel au-dessus de la fondamentale tombe juste : deux octaves plus haut pour le marimba et le vibraphone (rapport 4), une douzième pour le xylophone (rapport 3). Passé l'attaque, le son est donc très pur.

Module	Marimba	Xylophone	Vibraphone
VCO 1	sinus ou triangle 8'	triangle 4'	sinus 8'
VCO 2	sinus 2' (deux octaves au-dessus), faible, décroissance courte	sinus, +19 demi-tons (douzième), décroissance courte	sinus 2', très faible
Filtre	passse-bas, coupure 5, suivi 100 %	passse-bas, coupure 7	passse-bas, coupure 5
Enveloppe filtre	A 0 ; D 60 ms ; S 2 ; quantité 3 (le « toc » de la mailloche)	A 0 ; D 30 ms ; quantité 4	A 0 ; D 80 ms ; quantité 2
Enveloppe ampli	A 0 ; D 700 ms ; S 0 ; R 500 ms	A 0 ; D 250 ms ; S 0 ; R 200 ms	A 0 ; D 3 s ; S 0 ; R 2 s (pédale)
Particularité	suivi des durées	son plus sec et plus aigu	trémolo : LFO sinus 4-6 Hz – volume, quantité 4 (le moteur des pales)

Autre solution, plus élégante : le **filtre auto-oscillant** déclenché par une impulsion. La coupure suit le clavier à 100 %, la résonance est juste sous le seuil d'auto-oscillation, et une enveloppe de filtre très courte vient « frapper » le filtre, qui sonne alors comme une lame. Le Jupiter-8 s'y prête très bien (VCO coupés, *Resonance* presque au maximum, *Key Follow* vers 100 %, ENV-1 très brève vers le filtre).

8.2 Glockenspiel et carillons

Pour le glockenspiel (lames d'acier) : sinus 2', un partiel inharmonique faible (VCO 2 accordé dans un rapport non entier, vers 2,7), attaque nette, décroissance de 1,5 s, réverbération. Le carillon et les cloches tubulaires demandent des partiels franchement inharmoniques, donc un modulateur en anneau ou une modulation croisée.

8.3 Les cloches

Une cloche d'église a une série de partiels bien à elle. On y trouve un bourdon (*hum*) une octave sous la note principale, la note principale elle-même (prime), une tierce mineure, une quinte, puis la nominale,

une octave au-dessus de la prime, et enfin des partiels supérieurs inharmoniques. Chacun a sa propre durée. Les aigus s'éteignent vite, le bourdon résonne longtemps.

Avec un modulateur en anneau (ARP 2600, CS-80, MS-20, Odyssey) :

Module	Réglage
VCO 1	sinus ou triangle 8'
VCO 2	sinus ou triangle, accordé d'un intervalle non simple (par exemple +3 demi-tons + 30 cents, ou une septième majeure + quelques cents)
Modulateur en anneau	VCO 1 × VCO 2, mélangé à un peu de VCO 1 seul (pour garder une hauteur perceptible)
Filtre	passé-bas coupure 7 ; enveloppe A 0 / D 2 s / S 0 ; quantité 3
Enveloppe ampli	A 0 ; D 5 s ; S 0 ; R 5 s

Sur le Jupiter-8, qui n'a pas de modulateur en anneau, on part de VCO-1 et VCO-2 en sinus/triangle, avec *Cross Mod* entre 3 et 5 et VCO-2 accordé sur un intervalle inharmonique grâce à *Fine Tune*. ENV-2 en A 0 / D 8 / S 0 / R 8, et un filtre qui se referme lentement avec ENV-1. **Sur le Matrix-12**, la FM de VCO-2 vers VCO-1, avec un niveau piloté par une enveloppe qui décroît plus vite que le volume, reproduit très fidèlement l'évolution d'une cloche, riche à la frappe et pure ensuite. **Sur le PS-3300**, on accorde chaque section sur un partiel (par exemple la section I en 8', la II une octave et une tierce mineure au-dessus, la III une octave plus bas pour le bourdon), avec des durées d'enveloppe de plus en plus courtes de la plus grave à la plus aiguë. Le tempérament réglable permet d'ajuster ces intervalles en dehors du système tempéré.

Avec les logiciels gratuits – La cloche

Surge XT. Ici, Surge XT offre ce que le Jupiter-8 n'a pas : un modulateur en anneau. Oscillateurs 1 et 2 en type *SINE*, le second accordé à +7,4 demi-tons (un intervalle volontairement « faux »). Dans le mixeur, activez la source 1×2 (le modulateur en anneau) et gardez un peu de l'oscillateur 1 seul pour que la hauteur reste lisible. *Amp EG* sans attaque, décroissance de 4 s, relâchement de 3 s. En changeant le *Pitch* de l'oscillateur 2, on passe d'une cloche d'église à un gong ou à un carillon. Le type d'oscillateur *FM2* est une autre voie, plus proche de la FM du Matrix-12.

TAL-NoiseMaker. OSC 2 en sinus, accordé avec *TUNE* (+7) et *FINE* sur un intervalle volontairement faux ; *RINGMOD* monté dans *MASTER*, en laissant un peu des deux oscillateurs. Enveloppe d'AMP percussive : A et S à zéro, D et R longs. Un peu de *REVERB* complète la cloche.

FB-3300. Reprenez le réglage du PS-3300 : une section par partiel de cloche, avec des enveloppes de plus en plus courtes vers l'aigu.

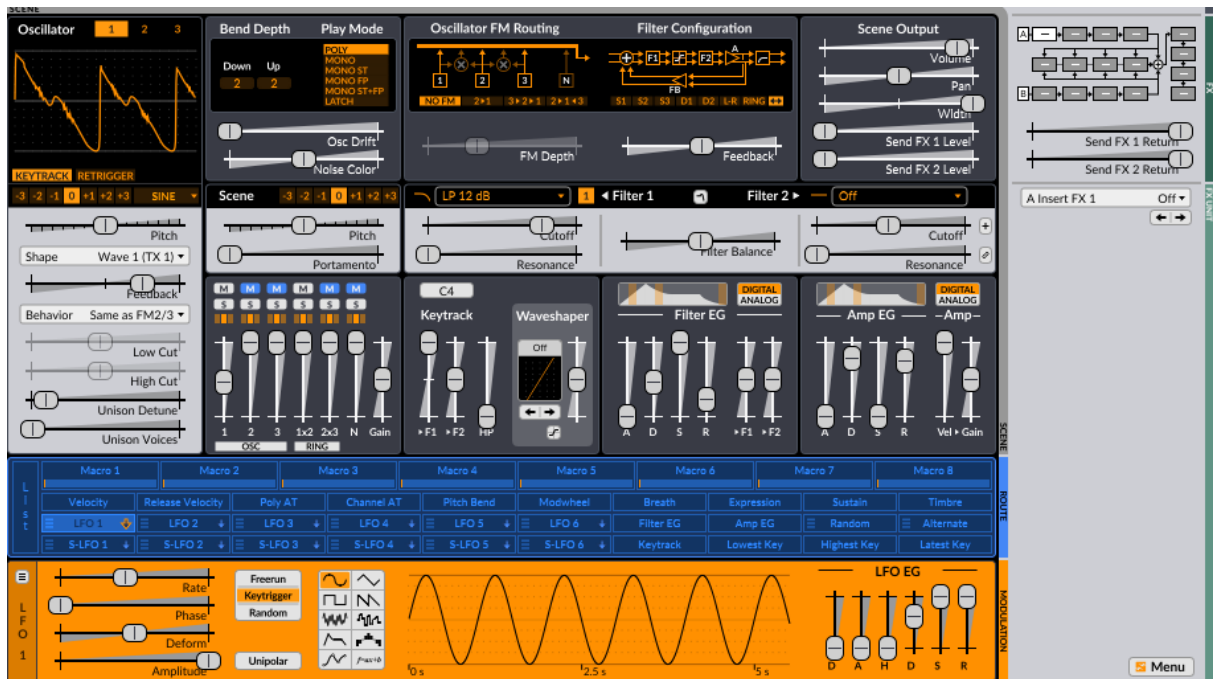


Figure 71 – Surge XT : cloche par modulateur en anneau (8.3).



Figure 72 – TAL-NoiseMaker : cloche par modulateur en anneau (8.3).



Figure 73 – FB-3300 : cloche (8.3), un partiel par bloc (8', 4' transposé, 16'), décroissances de plus en plus courtes vers l'aigu.

8.4 Le gong et le tam-tam

Un gong libère une masse de partiels inharmoniques qui se développent après la frappe. Le son « fleurit » pendant une ou deux secondes avant de décroître, et un grondement grave persiste très longtemps.

Module	Réglage
Source	modulation croisée forte ou modulateur en anneau entre deux oscillateurs en rapport quelconque, plus du bruit filtré
Filtre	passé-bas ; coupure 2 ; enveloppe A 800 ms (la brillance arrive après la frappe) ; D 4 s ; quantité 5
Enveloppe ampli	A 0 ; D 8 s ; S 0 ; R 8 s
Modulation	LFO très lent → hauteur d'un des deux oscillateurs (quelques cents), pour faire « tourner » les battements

8.5 Les timbales (timpani)

Une membrane accordée. L'attaque est sourde, la hauteur nettement perceptible, la résonance longue, et la hauteur baisse légèrement après la frappe.

Module	Réglage
VCO 1	triangle 16'
Bruit	niveau 3, filtré (frappe de la mailloche)
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 2 ; enveloppe A 0 / D 200 ms / quantité 4
Hauteur	enveloppe → hauteur : +40 cents à l'attaque, retour en 150 ms
Enveloppe ampli	A 0 ; D 2 s ; S 0 ; R 1,5 s

Le **roulement** se joue en répétant rapidement la note. Sur un instrument monophonique, le déclenchement multiple est alors indispensable.

8.6 Le steel drum

Un bidon de pétrole martelé et accordé. Le son est métallique mais très net en hauteur, avec un deuxième partiel fort à l'octave et un autre à la douzième, une attaque nette et une extinction moyenne.

Recette : VCO 1 sinus 8', VCO 2 sinus 4' (octave) au même niveau, petite modulation croisée (1 à 2) pour le caractère métallique ; passe-bas coupure 6 avec une enveloppe très courte (D 50 ms) ; ampli A 0, D 1 s, S 0, R 600 ms ; suivi des durées.

Chapitre 9 – La batterie électronique

9.1 Principes

Avec la batterie électronique, l'analogique ne s'est pas contenté d'imiter, il a inventé des sons devenus des instruments à part entière. La Roland TR-808 (1980), d'abord un échec commercial, a donné au hip-hop et à l'électro leur son de base ; on l'entend par exemple sur *Sexual Healing* de Marvin Gaye (1982). La TR-909 (1983), en partie analogique, a fait de même pour la house et la techno. Dans les deux cas, des circuits spécialisés sont déclenchés par une impulsion, sans notion de durée de note. Difficile d'imaginer le parcours de bien des passionnés de MAO sans ces fameuses boîtes à rythmes. Qu'on ait eu la chance de tripoter de vraies machines à l'époque ou qu'on ait passé des nuits à programmer leurs émulations logicielles et matérielles, ces instruments ont un truc unique : ce fameux claquement de snare et ce gros boum de grosse caisse de la 808 ont ce petit côté rudimentaire et irrésistible qui fait instantanément hocher la tête. On a beau posséder des gigaoctets de samples acoustiques ultra-réalistes, rien ne remplace le grain et l'immédiateté d'un générateur de bruit blanc et d'un oscillateur analogique poussé dans ses retranchements !

Quatre règles valent pour tous les sons de batterie.

1. **Enveloppes sans soutenu**, de préférence en déclenchement « one-shot » : le son ne doit pas dépendre de la durée d'appui.
2. **Des durées très courtes** : quelques millisecondes à quelques centaines de millisecondes. La précision des réglages d'enveloppe dans les valeurs courtes est cruciale.
3. **Une enveloppe de hauteur** pour les peaux (grosse caisse, toms) : la tension de la peau chute juste après la frappe.
4. **Du bruit** pour tout ce qui frotte, grésille ou chuinte (caisse claire, charleston, cymbales, maracas).

Les polyphoniques comme le Jupiter-8 ne sont pas faits pour la batterie, avec leur unique enveloppe d'ampli et sans déclenchement indépendant. Ils produisent pourtant d'excellents sons isolés, que l'on échantillonne ou que l'on joue à la main. Un semi-modulaire (ARP 2600, MS-20, PS-3300) ou un modulaire est bien plus à l'aise. Quant au Matrix-12, ses cinq enveloppes et sa section FM le rendent étonnamment doué dans ce domaine.

9.2 La grosse caisse

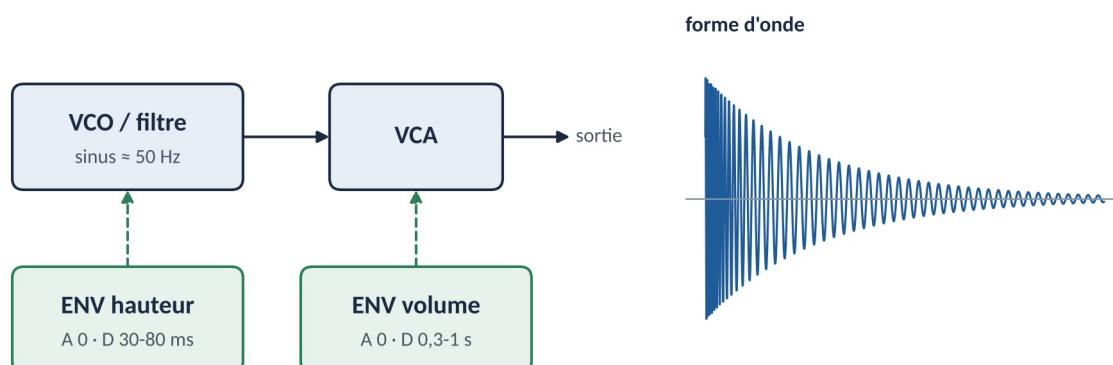


Figure 74 – Grosse caisse : une sinusoïde dont la hauteur et le volume décroissent.

Grosse caisse « 808 » : longue et ronde, presque une basse.

Module	Réglage
Source	sinus (ou triangle très filtré, ou filtre auto-oscillant), hauteur 45 à 60 Hz
Enveloppe de hauteur	A 0 ; D 30-60 ms ; quantité : départ une à deux octaves au-dessus
Enveloppe ampli	A 0 ; D 0,5 à 1,5 s ; S 0
Filtre	passé-bas ouvert, ou coupure basse pour adoucir

Grosse caisse « 909 » / percutante : plus courte (D 250-400 ms), départ de hauteur plus haut et plus bref (15-25 ms), plus un clic d'attaque (bruit filtré passé-haut ou impulsion étroite, enveloppe de 5 ms).

Grosse caisse « acoustique » : triangle, décroissance de hauteur plus courte et moins profonde (quelques demi-tons), bruit filtré passé-bas pour la peau, décroissance d'ampli 300 ms.

Sur le Jupiter-8, on met VCO-2 en sinus 16' (*Source Mix* sur VCO-2), *VCO Modulator* sur VCO-2 avec un *ENV Mod* fort, ENV-1 en A 0 / D 1 / S 0 comme enveloppe de hauteur, et ENV-2 en A 0 / D 4 / S 0 / R 4, puis on joue une note grave. On peut aussi frapper le filtre en auto-oscillation avec ENV-1 : *Resonance* au maximum, *Cutoff* bas, *ENV Mod* fort, ENV-1 très courte. **Sur le Matrix-12**, un peu de FM de VCO-2 vers VCO-1, pilotée par une enveloppe très courte, donne du « punch » à l'attaque.

Avec les logiciels gratuits – La grosse caisse

Surge XT. Oscillateur 1 de type *SINE*, octave -2. L'enveloppe de hauteur est la clé : on se sert de *Filter EG* (inutile pour le filtre, laissé sur *Off*) comme d'une enveloppe de hauteur, avec une décroissance de 45 ms et un soutenu nul, routée vers le *Pitch* de l'oscillateur avec une profondeur de +24 demi-tons. *Amp EG* : décroissance de 600 ms, sans soutenu. Jouez un do grave ; une décroissance d'ampli plus courte et une profondeur de hauteur plus forte donnent une grosse caisse plus percutante, à la « 909 ».

TAL-NoiseMaker. OSC 2 en sinus, OSC 1 coupé, et la petite enveloppe de la section AMP dirigée vers *Osc2 (DEST)*, avec D très court et *AMOUNT* positif : la hauteur plonge juste après l'attaque.

VCV Rack. Un VCO en sinus, un ADSR très court vers son entrée FM, un second ADSR plus long vers le VCA. C'est aussi le meilleur moyen de comprendre comment fonctionnaient les circuits de la TR-808.

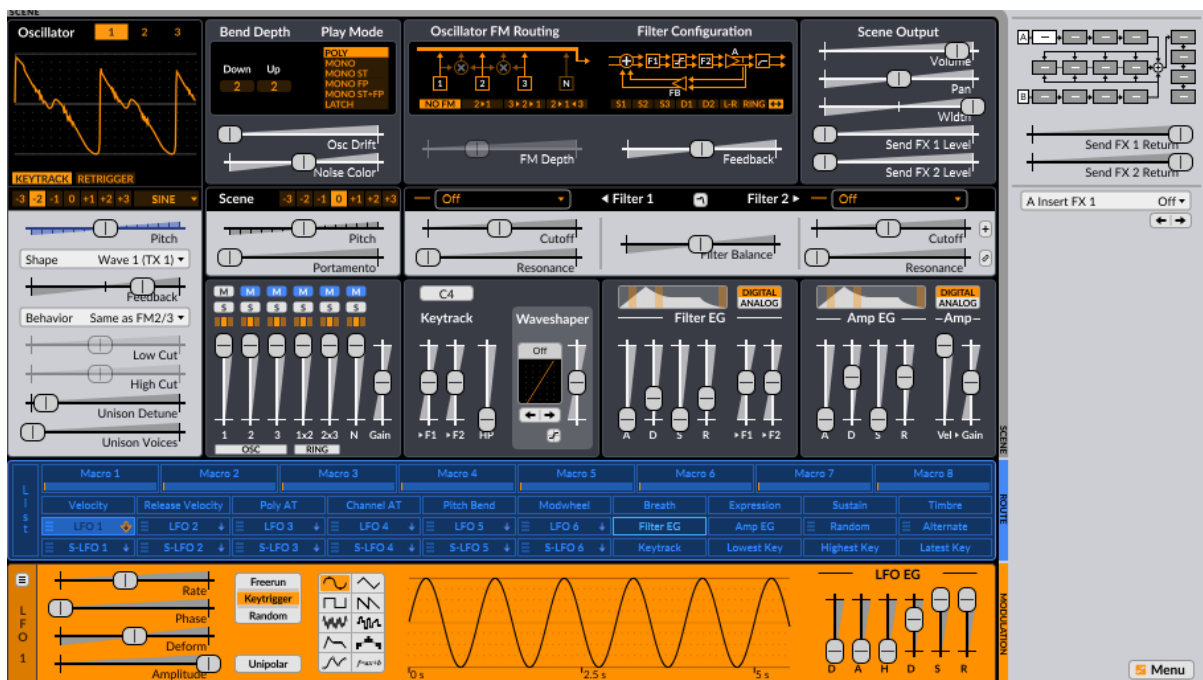
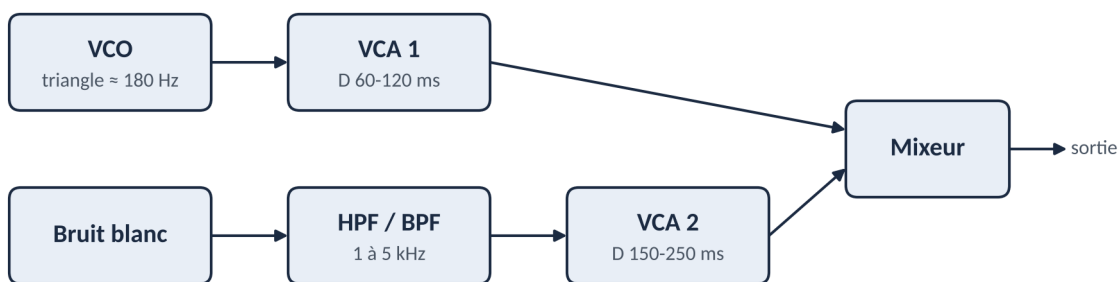


Figure 75 – Surge XT : grosse caisse « 808 » (9.2), l'enveloppe de filtre servant d'enveloppe de hauteur.

9.3 La caisse claire

corps accordé



timbre (« timbre » de la caisse)

Figure 76 – Caisse claire : un corps accordé et un timbre de bruit, chacun avec son enveloppe.

Couche	Réglage
Corps	triangle ou sinus, 150 à 250 Hz ; enveloppe de hauteur courte (+3 à +5 demi-tons, D 20 ms) ; ampli A 0 / D 80-120 ms / S 0
Timbre	bruit blanc, passe-haut ou passe-bande 1 à 5 kHz ; ampli A 0 / D 150-250 ms / S 0
Mixage	corps 6, timbre 7 (plus de timbre = caisse claire plus « sèche »)

Sur la **TR-808**, la caisse claire combine deux circuits résonants accordés et du bruit filtré ; celle de la **909** est plus brillante, plus agressive. Avec une seule enveloppe d'ampli (Jupiter-8), il faut ruser. VCO-1 en triangle fait le corps, VCO-2 en bruit le timbre, *Source Mix* au centre, et une enveloppe courte ouvre partiellement le filtre. Faute de chemins séparés, le corps est alors plus filtré que le bruit. Sur le Matrix-12, deux enveloppes règlent séparément les niveaux de VCO-1 et du bruit.

Rimshot et cross-stick : le corps plus aigu (400-500 Hz), très bref (D 20-30 ms), avec un clic ; pas de bruit, ou très peu.

9.4 Les toms et les toms électroniques

- **Tom acoustique** : comme la grosse caisse « acoustique », mais plus aigu (80 à 250 Hz selon la taille), décroissance d'ampli 300-600 ms, un peu de bruit filtré passe-bas.
- **Tom électronique** (le fameux « piou » des batteries Simmons du début des années 1980) : une onde riche (dent de scie ou carré filtré), une enveloppe de hauteur longue et profonde (D 300-500 ms, départ une octave plus haut), et un filtre qui se referme en même temps. Le son descend en glissando, ce qu'aucune batterie acoustique ne sait faire.
- **Syndrum** (tom à hauteur montante ou descendante, à la mode à la fin des années 1970) : sinus, enveloppe de hauteur inversée (la hauteur monte) ou LFO très rapide pour un « gargouillement ».

9.5 Le charleston

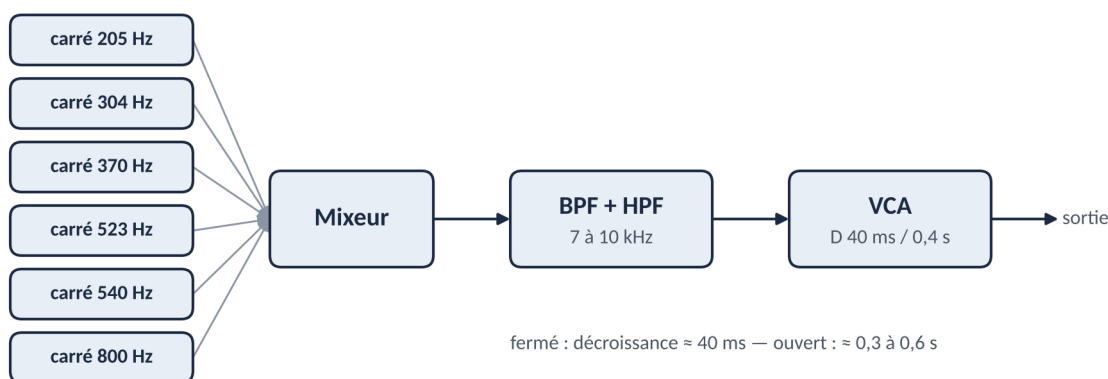


Figure 77 – Charleston « 808 » : six oscillateurs carrés désaccordés mélangés puis filtrés.

Deux cymbales qui s'entrechoquent produisent un spectre métallique dense, concentré dans l'aigu. On a le choix entre deux méthodes.

1. **Bruit blanc filtré** : passe-haut ou passe-bande vers 7-10 kHz ; enveloppe d'ampli A 0 / D 30-60 ms (fermé) ou D 300-600 ms (ouvert). Simple, efficace, mais un peu « souffle ».
2. **Oscillateurs métalliques** (méthode de la TR-808) : six oscillateurs carrés accordés sur des fréquences sans rapport simple (environ 205, 304, 370, 523, 540 et 800 Hz), mélangés puis passés dans des filtres passe-bande et passe-haut. Le mélange de carrés non harmoniques produit une texture métallique dense, beaucoup plus « cymbale » que le bruit.

Avec deux oscillateurs, impossible de reproduire entièrement la méthode 2. Mais deux carrés dans un rapport quelconque, synchronisés ou en modulation croisée forte, un peu de bruit et un passe-haut réglé très haut donnent un très bon compromis (Jupiter-8 : VCO-1 en carré, VCO-2 en impulsion, *Cross Mod* au maximum, *HPF* au maximum, *Cutoff* haut). Le **PS-3300** va plus loin, avec ses trois sections accordées sur trois fréquences inharmoniques et chacune une impulsion différente.

Le fermé coupe l'ouvert. Sur une vraie batterie, refermer le charleston étouffe le son ouvert. En monophonique (MS-20, ARP 2600), cela se fait tout seul si les deux sons passent par la même voix. Les boîtes à rythmes le câblent en interne. Sur un polyphonique, il faut passer en mode monophonique.

9.6 Les cymbales

- **Crash** : bruit + oscillateurs métalliques, passe-haut 4-5 kHz, ampli A 0 / D 2-4 s ; un passe-bas qui se referme lentement imite la perte de brillance.

- **Ride** : moins de bruit, plus d'oscillateurs métalliques (le « ping » de la baguette), passe-bande vers 4-6 kHz, D 1,5 s, plus un clic très bref pour la frappe.
- **Cymbale inversée** : crash avec enveloppe inversée (attaque 1,5 s, coupure nette) ; voir la première partie sur les enveloppes « reverse ».

9.7 Le clap

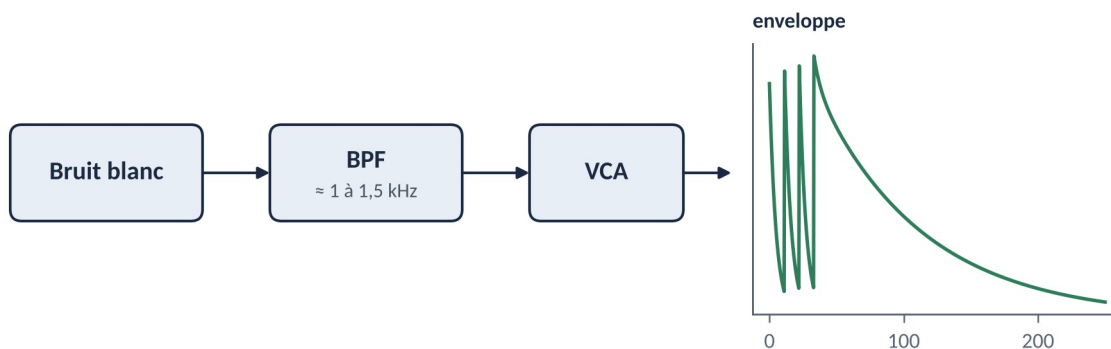


Figure 78 – Clap : plusieurs bouffées de bruit très rapprochées, puis une queue.

Un clap, ce sont plusieurs mains qui ne frappent jamais tout à fait ensemble. Trois ou quatre bouffées de bruit espacées d'une dizaine de millisecondes, puis une queue réverbérée.

Module	Réglage
Source	bruit blanc
Filtre	passe-bande vers 1 à 1,5 kHz, résonance 2
Enveloppe	3 ou 4 impulsions de 5 à 8 ms espacées de 8 à 12 ms, puis une décroissance de 100 à 200 ms

La TR-808 produit ces impulsions avec un circuit dédié. Sur un synthétiseur, on s'en approche avec un LFO carré aussi rapide que possible, idéalement autour de 80 à 100 Hz, qui module le volume pendant un instant très bref sous le contrôle d'une enveloppe. Sur un instrument à matrice comme le Matrix-12, une enveloppe très brève (A 0, D 35 ms, S 0) commande la profondeur du LFO sur le VCA, et une deuxième enveloppe, plus longue, fournit la queue. Si le LFO ne monte pas assez haut, certains instruments acceptent un oscillateur audio réglé très bas comme source de modulation. Sur un modulaire, une enveloppe en boucle fait le même travail.

9.8 Les autres percussions

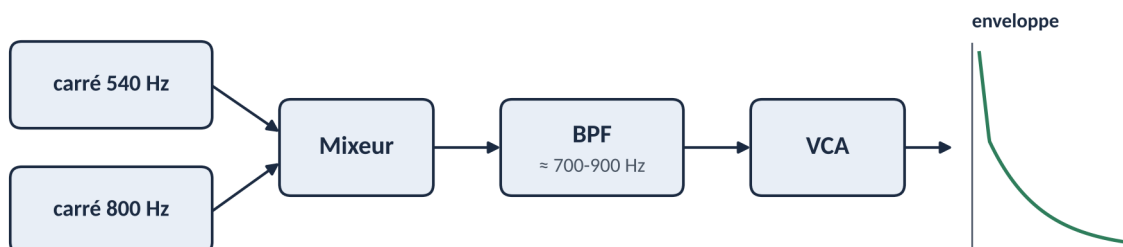


Figure 79 – Cloche à vache : deux carrés à 540 et 800 Hz filtrés en passe-bande, avec une enveloppe à deux pentes.

Son	Recette
Cloche à vache (cowbell)	deux carrés non harmoniques (540 et 800 Hz sur la TR-

	808), passe-bande vers 700-900 Hz, enveloppe à deux pentes : chute rapide (15 ms) jusqu'à un niveau moyen, puis queue de 200 ms. Sur le Jupiter-8 : VCO-1 et VCO-2 en carré, VCO-2 accordé à environ +7,5 demi-tons (rapport 800/540 $\approx$ 1,48, juste en dessous d'une quinte), HPF et LPF pour former le passe-bande
Claves	filtre auto-oscillant « frappé », vers 2,5 kHz, décroissance 40 ms ; ou sinus aigu avec enveloppe de 30 ms
Wood-block	comme les claves, plus grave (800 Hz-1,2 kHz), avec une décroissance de 60 ms
Conga et bongo	filtre résonant frappé ou sinus avec petite enveloppe de hauteur (+2 demi-tons, 15 ms) ; conga 200-350 Hz, bongo 400-600 Hz ; décroissance 150-300 ms ; « slap » de conga = plus de bruit et décroissance plus courte
Maracas, shaker	bruit passe-haut 5-8 kHz ; attaque 10-20 ms (les grains ne frappent pas d'un coup) ; décroissance 60-100 ms
Tambourin	bruit passe-haut + oscillateurs métalliques aigus ; décroissance 200 ms ; les cymbalettes « tremblent » : LFO rapide (20 Hz) sur le volume pendant la décroissance
Cabasa	bruit passe-bande vers 6 kHz, attaque 15 ms, décroissance 80 ms
Triangle (instrument)	sinus aigu (3 à 5 kHz) + partiels inharmoniques par modulation croisée, décroissance 3 s
Timbales latines	corps accordé (300-500 Hz) + bruit ; enveloppe de hauteur légère ; plus de métal qu'une conga

Exemple concret – Une batterie complète sur le PS-3300

Le PS-3300 permet une approche originale. Chaque note du clavier ayant son propre filtre et sa propre enveloppe, on peut consacrer une section à une famille de sons et jouer la batterie « au clavier », chaque touche à une hauteur différente. La section I, en sinus/triangle très filtré avec une enveloppe percussive, sert aux grosses caisses et aux toms dans le grave. La section II, en impulsion étroite filtrée par le résonateur réglé très haut, aux sons métalliques. La section III reçoit du bruit par le panneau de connexions, pour les caisses claires et les charlestons. L'enveloppe générale et l'échantillonneur-bloqueur apportent des variations. Ce n'est évidemment pas une boîte à rythmes, plutôt un terrain d'expérimentation.

Les percussions, en résumé

- Peaux : sinus/triangle + enveloppe de hauteur descendante + un peu de bruit.
- Métaux : partiels inharmoniques (oscillateurs en rapports quelconques, modulation croisée, modulateur en anneau) + passe-haut.
- Bruits : bruit blanc + passe-haut ou passe-bande + enveloppes très courtes.
- Toujours : pas de soutenu, et la précision des enveloppes courtes est essentielle.

Chapitre 10 – Voix et chœurs

10.1 Les formants de la voix

La voix humaine illustre parfaitement le modèle source-filtre de la synthèse soustractive. Les cordes vocales produisent une onde riche, proche d'une dent de scie ou d'une impulsion, que le conduit vocal (gorge, bouche, langue, lèvres) filtre en renforçant certaines zones de fréquences, les **formants**. Les deux premiers, F1 et F2, déterminent la voyelle entendue ; le troisième et les suivants colorent la voix. La hauteur de la note n'y change rien. On peut chanter un « a » sur n'importe quelle note, les formants restent à peu près au même endroit. Impossible d'aborder ce terrain sans repenser à ces sessions où l'on branche un micro dans un vocodeur pour tenter de faire chanter des synthétiseurs. Entre les réglages de bandes de filtres un brin récalcitrants et les consonnes plosives qui explosent le mix, obtenir une articulation intelligible relève du petit miracle. Mais quand la magie opère... ce moment exact où le synthé se met à articuler des mots sous la dictée de la voix, ou lorsqu'on enfle de somptueuses nappes de chœurs analogiques de type VP-330, on comprend pourquoi la synthèse vocale a ce pouvoir immédiatement hypnotique et futuriste.

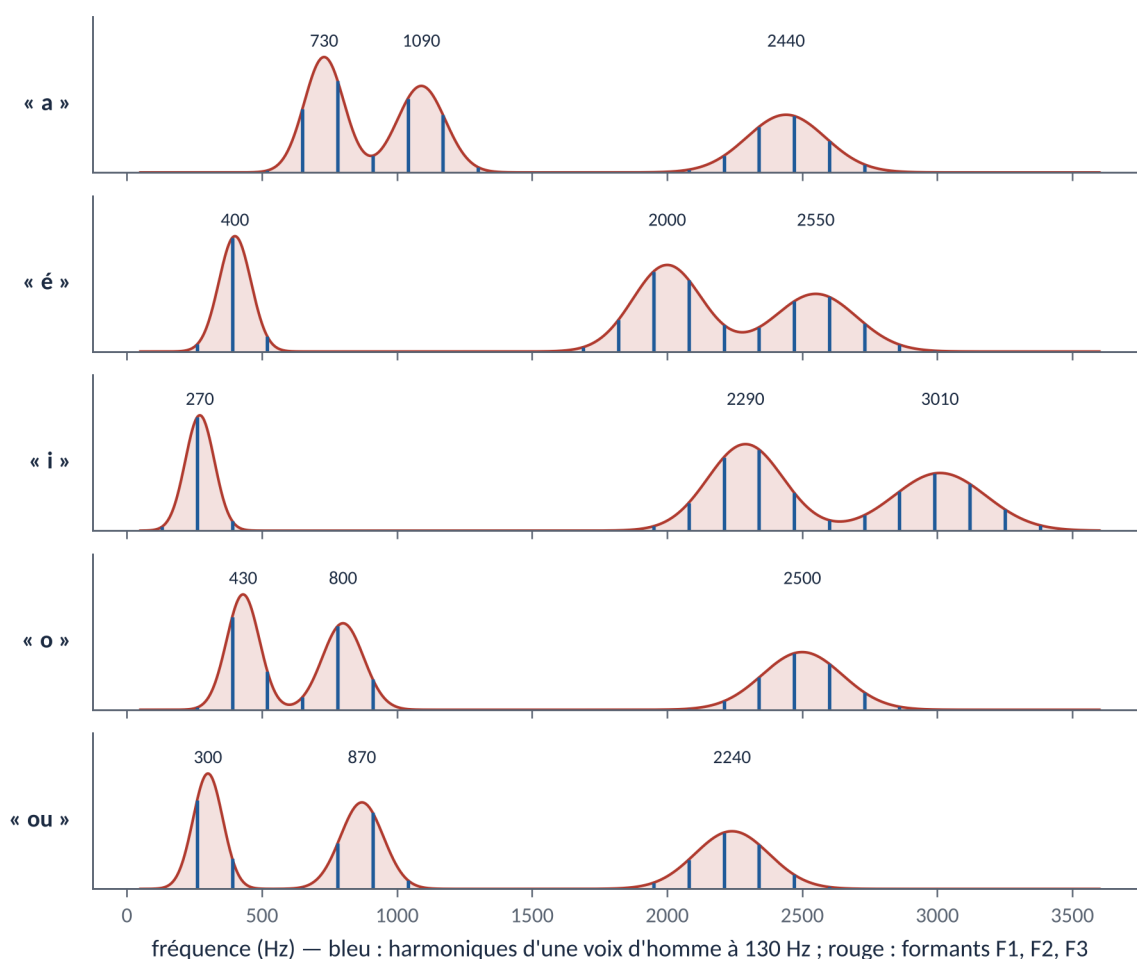


Figure 80 – Formants approximatifs de cinq voyelles (voix d'homme adulte). Les harmoniques de la note chantée (bleu) sont renforcés là où ils croisent un formant.

Voyelle	F1 (Hz)	F2 (Hz)	F3 (Hz)
---------	---------	---------	---------

« a » (pâte)	700-750	1 100-1 200	2 400-2 600
« é » (été)	400	2 000	2 550
« i » (lit)	270	2 300	3 000
« o » (pot)	430	800	2 500
« ou » (loup)	300	870	2 250

Ce sont des moyennes pour une voix d'homme. Chez la femme et l'enfant, les formants sont 15 à 25 % plus hauts. Pour la synthèse, ces valeurs suffisent largement, car l'oreille est très tolérante tant que les rapports entre formants sont respectés.

En pratique, pour faire « parler » ou « chanter » un synthétiseur, il faut donc **plusieurs filtres passe-bande fixes en parallèle**, réglés sur les formants, avec un suivi de clavier nul. Un seul passe-bande donne déjà une couleur vocale. Avec deux, la voyelle devient reconnaissable, et avec trois, la voix commence à convaincre.

10.2 Le chœur « aah » et « ooh »

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	impulsion 30 % 8', désaccord 8 cents (plusieurs chanteurs)
Bruit	souffle très léger
Formants	« aah » : 730, 1 100 et 2 500 Hz ; « ooh » : 300, 870 et 2 250 Hz ; largeur de bande moyenne
Enveloppe ampli	A 300-500 ms ; S 10 ; R 800 ms
Vibrato	5 Hz, ±15 cents, délai 400 ms ; idéalement par voix (Matrix-12)
Effet	chorus + réverbération longue

Sur le PS-3300, la recette se transpose presque directement. Les trois pics du résonateur se règlent sur F1, F2 et F3. Deux sections jouent le même chœur, désaccordées entre elles et avec des résonateurs légèrement différents, comme deux pupitres, et la troisième, en 16', apporte les voix graves. En modulant lentement la fréquence des résonateurs par un MG ou par l'enveloppe générale, on fait glisser la voyelle de « aah » vers « ooh », et le chœur s'anime. Je ne connais pas de meilleur chœur analogique.

Sur le Matrix-12, le filtre ne fournit qu'un formant. Le mode passe-bande 2 pôles réglé entre F1 et F2 (vers 900 Hz pour un « aah »), avec un suivi de clavier nul, donne pourtant une couleur vocale nette, et une modulation lente et faible de la coupure par un LFO ajoute le mouvement. **Sur le Jupiter-8**, HPF (coupure 3) et VCF en -12 dB avec une résonance de 4 à 5 et un *Key Follow* à zéro forment un passe-bande, qui donne un « ooh » très doux. Les « aah » y sont plus difficiles à obtenir.

Avec les logiciels gratuits – Le chœur

FB-3300. C'est l'outil le plus adapté : réglez les trois pics du résonateur sur les formants du tableau, puis faites-les bouger lentement par un MG, comme décrit pour le PS-3300.

Surge XT. Deux filtres en *BP 12 dB* en parallèle (menu *Filter Configuration*, mode *D1* ou *D2*) placés sur F1 et F2, suivi de clavier nul, sur une dent de scie à l'unisson (*Unison Voices 3*). Pour changer de voyelle, il suffit de déplacer les deux *Cutoff*, ou de les moduler par un LFO lent.

TAL-NoiseMaker. Un seul filtre *BP 12dB* (ou *BP SV 24dB*) donne déjà une couleur vocale ; avec le *CHORUS*, on obtient un timbre proche de la « vox humana » du Polymoog.



Figure 81 – FB-3300 : chœur « aah » (10.2), résonateurs réglés sur les formants de la voyelle dans les trois blocs.

10.3 La « vox humana »

Le Polymoog (1975) proposait un préréglage baptisé *Vox Humana*, du nom d'un jeu d'orgue, que Gary Numan a rendu célèbre, notamment sur *Cars* (1979). Il ne s'agit pas d'imiter une voix. C'est un timbre de chœur synthétique, épais, un peu nasal, noyé dans un chorus prononcé. Pour l'approcher : deux dents de scie désaccordées, un passe-bande large vers 1 kHz (ou un passe-bas résonant), une attaque d'environ 100 ms, puis un chorus profond ou une PWM rapide.

10.4 Les voix de robot et le vocodeur

- **Voix de robot simple** : une onde riche dans un filtre passe-bande dont on déplace la fréquence à la main (molette, pédale) ou par un S&H : on obtient des « voyelles » changeantes, mécaniques.
- **Modulateur en anneau** : multiplier une voix réelle (entrée externe d'un ARP 2600 ou d'un MS-20) par un oscillateur à fréquence fixe (30 à 100 Hz) donne la voix métallique des robots des séries de science-fiction des années 1960.
- **Le vocodeur** : un banc de filtres passe-bande analyse la voix ; un suiveur d'enveloppe mesure l'énergie dans chaque bande ; ces tensions pilotent les VCA d'un banc de filtres identique, traversé par le son d'un synthétiseur. Le synthétiseur « prend » ainsi l'articulation de la voix. Le MS-20, avec son processeur de signal externe, et le PS-3300, avec ses résonateurs commandés en tension, permettent des expériences de vocodeur rudimentaire (une bande ou trois), très instructives.

10.5 Le sifflement

Un sifflement humain, c'est presque une sinusoïde pure, avec un léger souffle et des glissements d'une note à l'autre. Recette : filtre auto-oscillant (résonance maximale, suivi 100 %) ou sinus en 4' ou 2', un soupçon de bruit, un portamento de 60 à 100 ms en jeu lié, un vibrato irrégulier (LFO à 5 Hz légèrement modulé par un S&H lent) et une attaque de 30 ms. On pense aussitôt aux génériques de westerns.

Chapitre 11 – Les sons « de synthétiseur »

Ici, on n'imité plus rien. Ce chapitre rassemble les sons que le synthétiseur a imposés comme instruments à part entière, ceux qu'un musicien s'attend à trouver sur n'importe quel clavier. S'il y a un son vers lequel mes doigts reviennent toujours par pure gourmandise, c'est bien ce lead tranchant, légèrement saturé et nourri au portamento, sculpté sur un gros mono-synthé analogique. Il y a ce moment magique où le filtre s'ouvre sous la main, transformant une simple onde carrée en un chant presque humain, capable de porter un solo avec autant de rage qu'un guitariste. C'est le son qui a sa propre personnalité, celui qu'on ne cherche plus à faire ressembler à autre chose qu'à lui-même.

11.1 Les leads (solos)

Le lead classique

Le son de solo des années 1970. Deux ou trois oscillateurs en dent de scie et en carré, légèrement désaccordés, un filtre 24 dB moyennement ouvert, un portamento léger, et un vibrato à la molette. Le Minimoog reste la référence.

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	carré 8', désaccord 5 cents (ou dent de scie 4' pour plus de brillance)
VCO 3 (si disponible)	dent de scie 16', discret
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 5 ; résonance 3 ; suivi 60 %
Enveloppe filtre	A 0 ; D 500 ms ; S 6 ; quantité 3
Enveloppe ampli	A 5 ms ; S 10 ; R 150 ms
Portamento	50 à 100 ms (en jeu lié seulement, si possible)
Vibrato	5,5 Hz, molette
Mode	monophonique, déclenchement simple

Tout repose sur le pitch-bend (un ton, ou une tierce) et le vibrato à la molette. Un lead se joue comme une guitare ou comme une voix.

Le lead carré « chiptune »

Un carré ou une impulsion de 25 % (ou de 12,5 %) sans filtre, une enveloppe d'orgue, un vibrato rapide (6-7 Hz) qui arrive après un court délai, et des arpèges très rapides (l'arpégiateur du Jupiter-8 monte jusqu'à 20 Hz). On retrouve le son des consoles de jeux 8 bits, dont les puces sonores ne produisaient justement que des impulsions de quelques largeurs fixes, un triangle et du bruit.

Le lead synchronisé

Voir la synchronisation dans la première partie, et la basse 2.5. VCO-2 est synchronisé sur VCO-1 et accordé haut ; une enveloppe (A 0, D 400 ms, S 3) balaie son accord, éventuellement aidée par la molette ou la pression. Le résultat hurle. Sur le **Jupiter-8**, *Sync*, *Cross Mod* et mode *Unison* réunis donnent un lead d'une puissance considérable.

Le lead sinusoïdal à portamento

Un sinus (ou un triangle très filtré), un portamento assez long (150 à 300 ms), un vibrato lent et profond à la molette. Le lead est fluide et chantant ; il est devenu la signature du G-funk de la côte ouest américaine au début des années 1990, où il était souvent joué sur des Minimoog. Le filtre auto-oscillant convient aussi.

Le lead « Unison »

Toutes les voix d'un polyphonique sur une seule note, en dent de scie, désaccordées entre elles. Un mur de son. Le **Jupiter-8** en mode *Unison* (seize VCO) en est l'exemple type. Le Matrix-12 propose plusieurs modes d'unisson, avec priorité à la note la plus grave, la plus aiguë ou la dernière jouée ; grâce à sa multitimbralité, on peut réserver ce lead épais à une zone du clavier.

Avec les logiciels gratuits – Le lead synchronisé

Surge XT. En mode *Classic*, la synchronisation est intégrée à l'oscillateur : le curseur *Sync* accorde l'oscillateur « esclave » au-dessus de la note, sans qu'il soit besoin d'un second oscillateur. Réglez *Sync* vers +12 demi-tons, puis routez *Filter EG* (décroissance de 400 ms, soutenu de 30 %) vers *Sync* avec une profondeur de +24 demi-tons : chaque note commence par le balayage caractéristique. *Play Mode* sur *Mono*, un *Portamento* de 30 ms, et la molette vers *Sync* pour jouer le balayage à la main.

TAL-NoiseMaker. Activez *SYNC* dans *MASTER*, accordez *OSC 2* haut avec *TUNE*, et confiez le balayage de sa hauteur à la petite enveloppe de la section *AMP* (*DEST* sur *Osc2*).

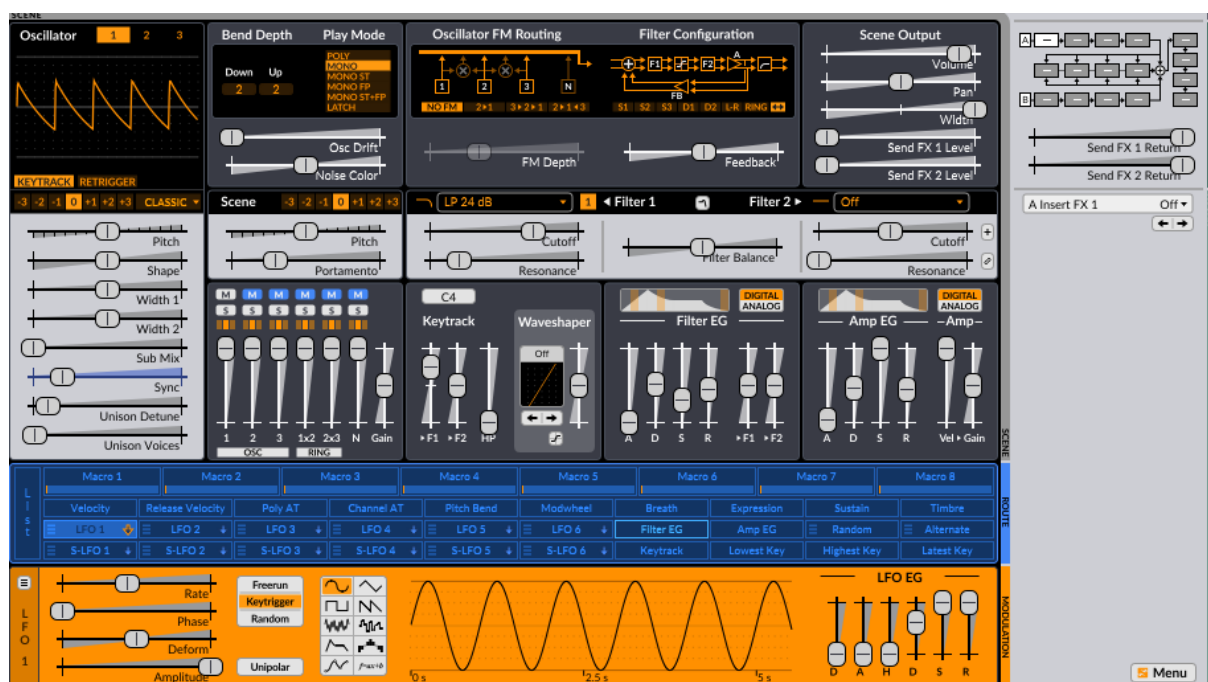


Figure 82 – Surge XT : lead synchronisé (11.1), la synchronisation balayée par l'enveloppe.

11.2 Les nappes (pads)

Les nappes sont ces sons tenus qui forment le fond harmonique d'un morceau. Quelques principes valent pour toutes : attaques et relâchements lents, mouvement permanent mais discret, peu de grave, brillance contenue.

La nappe chaude

Module	Réglage
VCO 1	dent de scie 8'
VCO 2	dent de scie 8', désaccord 7 cents
Filtre	passé-bas 24 dB ; coupure 3,5 ; résonance 1 ; suivi 40 %
Enveloppe filtre	A 1 s ; D 2 s ; S 6 ; R 2 s ; quantité 2
Enveloppe ampli	A 600 ms ; S 10 ; R 2 s
LFO	triangle 0,2 Hz – coupure, quantité 1

La nappe PWM

C'est la nappe analogique par excellence. Une seule onde à impulsion, modulée en largeur par un LFO lent, plus un chorus. **Juno-106** : impulsion seule, PWM par LFO vers 0,5 Hz avec une profondeur moyenne, sous-oscillateur discret, filtre à mi-course, chorus I ou II. **Jupiter-8** : VCO-1 et VCO-2 en impulsion, PWM en position *LFO*, LFO en sinus lent, *Fine Tune* légèrement décalé ; sans même de chorus, le son est déjà très ample. **PS-3300** : deux sections en impulsion, modulées par des MG à des vitesses voisines (0,4 et 0,55 Hz, par exemple), et la troisième en dent de scie 16' pour l'assise.

La nappe à balayage (*sweep pad*)

Un filtre résonant (résonance 5 à 6) dont la coupure est balayée lentement, par une enveloppe très longue (A 4 s, D 6 s) ou par un LFO très lent (0,05 à 0,1 Hz). On entend défiler les harmoniques. Les musiques électroniques planantes en ont fait l'un de leurs sons fétiches. Sur le **PS-3300**, on peut balayer aussi les résonateurs avec un autre MG pour obtenir un double balayage.

La nappe « de verre »

Une nappe brillante, cristalline. Deux oscillateurs en 4' et 8', dont l'un en impulsion étroite, avec une légère modulation croisée (Jupiter-8) ou une FM faible (Matrix-12) pour ajouter quelques partiels inharmoniques. Filtre ouvert, passé-haut assez haut, attaque de 50 ms, relâchement long, réverbération.

La nappe évolutive (Matrix-12)

Voici le terrain où le Matrix-12 montre vraiment ce qu'il sait faire. Un exemple de programmation :

- VCO-1 en dent de scie, VCO-2 en impulsion, désaccordés ;
- filtre en mode coupe-bande + passé-bas, coupure moyenne ;
- LFO 1 (0,13 Hz) – coupure ; LFO 2 (0,21 Hz) – largeur d'impulsion de VCO-2 ; LFO 3 (0,08 Hz) – niveau de VCO-1 ;
- ENV 3 (délai 2 s, attaque 4 s) – quantité de LFO 1 : le balayage n'apparaît qu'après quelques secondes de tenue ;
- un *tracking generator* courbe le suivi de clavier du filtre pour que l'aigu reste doux ;
- vitesse – attaque d'ENV 2 (VCA), en négatif : jouée fort, la nappe apparaît plus vite.

Comme les vitesses des trois LFO (0,13, 0,21 et 0,08 Hz) n'ont pas de rapport simple entre elles, le son ne se répète jamais exactement. On parle de **polyrythmes de LFO**.

Avec les logiciels gratuits – La nappe PWM

Surge XT. Oscillateur 1 en carré (*Shape* tout à droite) avec deux voix d'unisson très légèrement désaccordées. *LFO 1* en triangle à 0,5 Hz, routé vers *Width 1* avec une profondeur d'environ 35 % : c'est la modulation de largeur d'impulsion. Filtre *LP 12 dB* vers 900 Hz, *Amp EG* avec une attaque de 800 ms et un relâchement de 1,5 s. Un *Chorus* dans les effets complète le son, à la manière du Juno-106.

TAL-NoiseMaker. OSC 1 en impulsion, *LFO 1* en triangle lent avec la destination *PW* et un *AMOUNT* bien positif, *FILTER* en *LP 12dB* adouci, attaque et relâchement d'*AMP* lents, *VOICES* sur 6, et les deux *CHORUS*. C'est l'un des sons pour lesquels TAL-NoiseMaker est le plus convaincant.

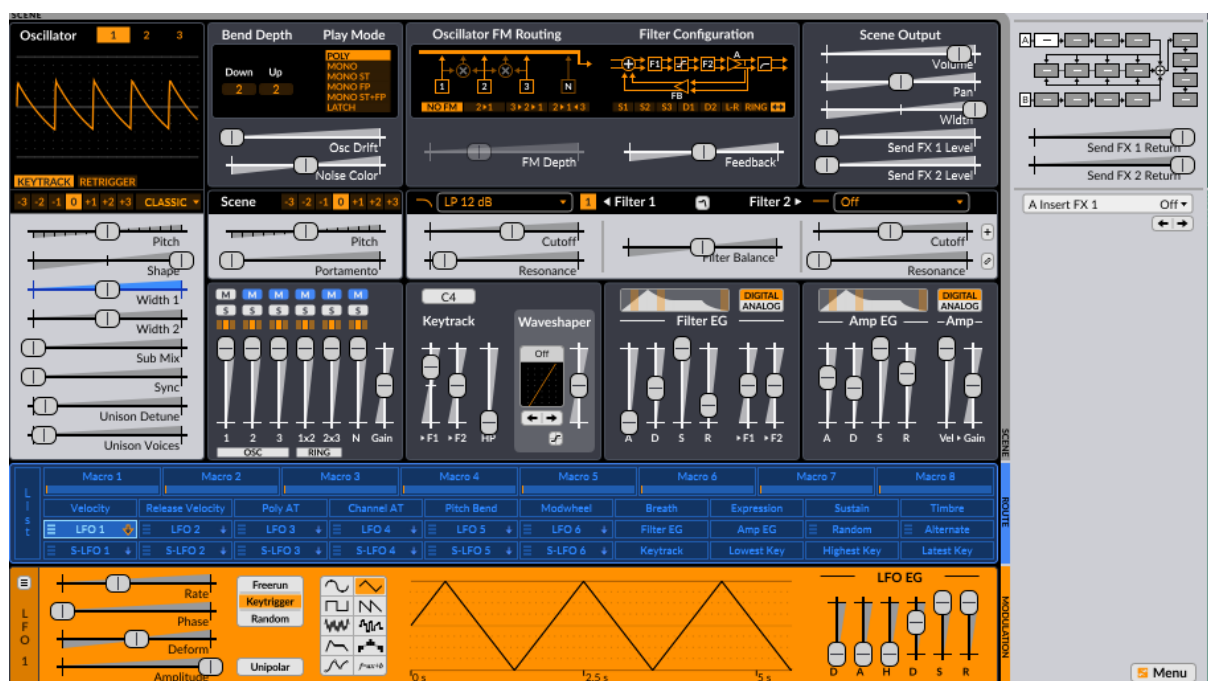


Figure 83 – Surge XT : la nappe PWM (11.2), LFO 1 vers Width 1.



Figure 84 – TAL-NoiseMaker : la nappe PWM (11.2), LFO 1 vers PW.

11.3 Les sons polyphoniques percussifs

- **Poly-pluck** : voir 7.1.
- **Stabs** : voir 4.3 ; version house : deux dents de scie à l'octave, filtre 24 dB fermé, enveloppe de filtre très courte et profonde, accords mineurs septième.
- **Piano synthétique « house »** : impulsion + dent de scie, enveloppe de filtre moyenne, ampli A 0, D 1 s, S 2, accords plaqués.
- **Orgue synthétique** : enveloppe d'orgue, deux carrés à l'octave, filtre ouvert.

11.4 Arpèges et séquences

L'arpégiateur joue une à une les notes d'un accord tenu. Celui du **Jupiter-8** a quatre modes (*Up*, *Down*, *Up & Down*, *Random*), une étendue d'une à quatre octaves et une vitesse de 1 à 20 Hz, et il se synchronise sur une horloge externe. Un bon son d'arpège est court et précis : enveloppe d'ampli A 0, D 200-400 ms, S 0 à 3, filtre à enveloppe brève, que l'on ouvre et referme à la main en jouant. En mode *Split*, on peut arpéger à gauche et jouer une mélodie à droite.

Les **séquences** de l'école dite « de Berlin » (Tangerine Dream, Klaus Schulze, années 1970) sortaient de séquenceurs analogiques à pas, 8 ou 16 pas réglés chacun par un bouton de tension, qui pilotaient des modulaires Moog. Il faut une basse ou un son pincé très court qui tourne en boucle, un filtre résonant que l'on fait évoluer lentement, à la main ou par un LFO très lent, et un écho synchronisé. Sans séquenceur, un S&H alimenté par un LFO en dent de scie lente et cadencé par une horloge produit des motifs répétitifs en escalier. Alimenté par du bruit, il produit des séquences aléatoires.

Avec les logiciels gratuits – Séquences et notes aléatoires

VCV Rack. C'est l'outil idéal pour les séquences « de Berlin » : le module *SEQ-3* de Fundamental est un séquenceur analogique à huit pas, avec un bouton de tension par pas. Pour des notes aléatoires (figure suivante), la sortie carrée (SQR) d'un LFO déclenche le module *RANDOM* (entrée TRIG), qui fait office d'échantillonneur-bloqueur ; sa sortie STEP passe par le *Quantizer* (QNT), qui ramène les tensions sur les notes d'une gamme, avant d'atteindre l'entrée V/OCT du VCO. La même sortie du LFO déclenche l'*ADSR EG* : chaque nouvelle note est aussi une nouvelle attaque. La vitesse du LFO fixe le tempo ; sans Quantizer, on retrouve les hauteurs « libres » des bruitages de science-fiction.

Surge XT. Le LFO de forme *Step Seq* fait un séquenceur de seize pas ; routé vers le *Pitch*, il joue des motifs. La forme *S&H* produit, elle, des hauteurs aléatoires. Sur TAL-NoiseMaker, un LFO de forme échantillonnée-bloquée dirigé vers *Osc1 & 2* joue le même rôle.



Figure 85 – VCV Rack : notes aléatoires quantifiées (11.4 et 13.5).

11.5 Le « supersaw » analogique et le son « hoover »

- **Supersaw** : le terme désigne à l'origine une forme d'onde du Roland JP-8000 (1996, virtuel analogique), qui empile sept dents de scie désaccordées. En analogique, on s'en approche avec le mode *Unison* d'un polyphonique (Jupiter-8 : seize dents de scie) et un chorus.
- **Hoover** : le son de « l'aspirateur » des débuts de la techno et du hardcore, tiré d'un préréglage du Roland Alpha Juno (1985, un polyphonique analogique à DCO). Ses ingrédients : une impulsion modulée en largeur très rapidement, des oscillateurs désaccordés, un fort chorus, et une petite enveloppe de hauteur qui fait plonger puis remonter chaque note ; on le joue avec un portamento.

11.6 La basse « wobble »

Une basse dont le filtre (résonance moyenne) est modulé par un LFO calé sur le tempo (croche, croche pointée, triolet), et dont on change la vitesse en cours de jeu. Le dubstep s'est construit là-dessus. Un LFO en dent de scie ou en sinus donne des « wob » différents. Sur un analogique sans synchronisation au tempo (Jupiter-8), on règle la vitesse du LFO à l'oreille. Sur le Matrix-12, un levier peut commander la vitesse du LFO, ce qui permet de changer le rythme du « wobble » en jouant.

11.7 Cloches, verres et sons métalliques mélodiques

Ce sont, en somme, les sons « FM » que l'analogique sait produire. La méthode générale tient en cinq étapes.

1. deux oscillateurs en sinus ou triangle ;
2. le second accordé selon un rapport non entier ($\times 1,41$, $\times 2,76$, $\times 3,5...$) ;
3. modulation croisée ou FM de dose moyenne, idéalement pilotée par une enveloppe courte ;
4. ampli : A 0, D longue, S 0, R longue ;
5. suivi de clavier des deux oscillateurs (sinon le timbre change radicalement d'une note à l'autre).

En variant le rapport et la dose, on passe de la cloche tubulaire au gamelan, au vibraphone électrique ou au « verre » frappé.

À retenir pour les sons de synthétiseur

- Lead : monophonique, portamento léger, vibrato et bend à la main.
- Nappe : attaques et relâchements lents, mouvement permanent (désaccord, PWM, LFO lents), peu de grave.
- Arpège et séquence : sons courts, filtre joué en temps réel.
- Les LFO aux vitesses sans rapport simple créent des sons qui ne se répètent jamais.

Chapitre 12 – Effets spéciaux et bruitages

Dès les années 1950-1970, le synthétiseur analogique est devenu l'outil préféré des bruiteurs de la radio, de la télévision et du cinéma. Les modules sont les mêmes que pour la musique, mais on y fait une bien plus large place au bruit, aux modulations extrêmes, aux oscillateurs détachés du clavier et aux enveloppes longues. Un semi-modulaire (ARP 2600, MS-20, PS-3300) est ici dans son élément ; un polyphonique y arrive aussi, avec un peu d'astuce. À s'amuser à triturer un semi-modulaire pour fabriquer des effets sonores, du vrombissement de vaisseau spatial aux craquements organiques d'une tempête, on réalise vite que le territoire du bruitage est le plus grand terrain de jeu d'un synthétiseur. Il suffit de découpler le clavier, de router un générateur de bruit blanc à travers un filtre résonant au bord de l'oscillation et de laisser courir une enveloppe de modulation interminable pour voir naître des textures de films de science-fiction ou d'horreur de la grande époque.

En règle générale, un bruitage n'est **pas accordé**. Il faut donc souvent couper le suivi de clavier des oscillateurs. Sur un modulaire, il suffit de ne pas brancher le clavier ; sur un synthétiseur câblé, on joue une seule touche, on passe un oscillateur en mode *Low Freq*, ou l'on utilise le filtre auto-oscillant avec un suivi nul.

12.1 Les éléments naturels

Le vent

Module	Réglage
Source	bruit blanc (ou rose)
Filtre	pas-bande ou passe-bas résonant (5 à 7) ; coupure moyenne ; suivi nul
Modulation	LFO très lent (0,1-0,3 Hz) → coupure, quantité 5 ; un second LFO ou un S&H lissé, plus rapide (0,7 Hz), → coupure, quantité 2, pour les rafales
Ampli	A 2 s ; S 10 ; R 3 s

C'est la résonance qui fait « siffler » le vent, et plus elle est forte, plus il hurle. En jouant la coupure à la main ou au levier, on crée des bourrasques. Sur le **PS-3300**, on injecte le bruit par le panneau de connexions dans deux sections dont les filtres et les résonateurs sont modulés par des MG à des vitesses différentes, ce qui donne un vent stéréo très réaliste.

Les vagues et le ressac

Du bruit blanc dans un passe-bas (coupure 3). Un LFO triangle, ou en rampe montante, très lent, vers 0,1 Hz (une vague toutes les 8 à 12 secondes), module à la fois le volume (quantité 6) et la coupure (quantité 4). La vague monte en s'éclaircissant, puis se retire. Une rampe asymétrique, lente à monter et plus rapide à retomber, imite mieux le déferlement. Un léger passe-haut ajoute le chuintement de l'écume.

La pluie

Pour le bruit continu de la pluie, un bruit rose dans un passe-bande large vers 3-5 kHz, à volume constant. Pour les gouttes, un S&H cadencé par une horloge rapide et irrégulière déclenche des « pings » de filtre résonant à des hauteurs aléatoires (voir plus bas les gouttes d'eau), mélangés en arrière-plan.

Le tonnerre

Module	Réglage
Source	bruit blanc + bruit filtré très bas (rose ou brun)
Filtre	passe-bas 24 dB ; coupure 1 à 2 ; enveloppe A 0 / D 300 ms / quantité 5 (le « crac » initial)
Ampli	A 5 ms ; D 6-10 s ; S 0 ; R 6 s
Modulation	S&H lent lissé (ou LFO aléatoire lent) → volume et coupure, pour les roulements

Pour un coup de tonnerre tout proche, on superpose un claquement bref et brillant (bruit passe-haut, D 100 ms), puis une longue réverbération.

Le feu

Un bruit filtré passe-bas (coupure 3) en continu donne le souffle des flammes. On y ajoute des crépitements, de brèves impulsions de bruit passe-haut déclenchées au hasard (S&H sur bruit, ou LFO aléatoire rapide → VCA à travers un seuil). Sur un modulaire, un comparateur ou un déclencheur à seuil transforme directement le bruit en déclenchements aléatoires.

Les gouttes d'eau et les bulles

Une goutte qui tombe dans l'eau fait un petit « ploc », une sinusoïde dont la hauteur monte très vite.

Module	Réglage
Source	filtre auto-oscillant ou sinus
Hauteur	enveloppe montante très brève : A 0, D 40-80 ms, quantité forte, polarité inversée (la hauteur part du grave et monte) ; ou LFO rampe montante
Ampli	A 0 ; D 80 ms ; S 0
Déclenchement	aléatoire (S&H + horloge) pour une série de gouttes

Les bulles (un ruisseau, un aquarium, une marmite) suivent le même principe. Un LFO en rampe montante rapide (4 à 10 Hz) agit sur la hauteur d'un oscillateur sinusoïdal ou d'un filtre résonant, et un S&H change la hauteur de départ à chaque bulle. Le **Jupiter-8** fait cela très bien : LFO en dent de scie vers 6 Hz → *VCO Modulator* fort, *VCO-2* en sinus, filtre résonant. La vitesse du LFO règle le débit des bulles.

Avec les logiciels gratuits – Le vent

Surge XT. Coupez l'oscillateur 1 (bouton M du mixeur) et activez le bruit (N) à fond. Filtre *BP 12 dB* vers 900 Hz, *Resonance* vers 70 %, suivi de clavier nul. Deux LFO font souffler le vent : *LFO 1* en sinus à 0,2 Hz vers *Cutoff* (profondeur forte, environ 18 demi-tons) pour les grandes vagues, et *LFO 2* de forme *Noise* à 0,7 Hz, plus discret, pour les rafales. Attaque et relâchement de l'*Amp EG* longs (1 et 2 s). En jouant la coupure à la main par-dessus, on crée des bourrasques.

TAL-NoiseMaker. OSC 1 en bruit, FILTER en *BP 12dB* résonant avec *KEY* à zéro. *LFO 1* en sinus lent vers *Filter*, avec un *AMOUNT* fort, pour les vagues ; *LFO 2* de forme échantillonnée-bloquée (marches d'escalier), lent et plus discret, également vers *Filter*, pour les rafales. Attaque et relâchement longs, et un peu de *REVERB*.

VCV Rack. Module *Noise* vers un VCF dont la fréquence est modulée par deux LFO à des vitesses sans rapport simple ; en doublant le patch avec des réglages légèrement différents à gauche et à droite, le vent devient stéréo, comme avec le PS-3300.



Figure 86 – Surge XT : le vent (12.1), bruit filtré et deux LFO.



Figure 87 – TAL-NoiseMaker : le vent (12.1), bruit dans un passe-bande modulé par deux LFO.

12.2 Les animaux

- Gazouillis d'oiseau** : sinus ou filtre auto-oscillant très aigu (2 à 5 kHz) ; LFO rapide (10 à 20 Hz) – hauteur, quantité forte (plusieurs demi-tons), dont la profondeur est commandée par une enveloppe courte ; enveloppe d'ampli brève (D 150 ms) ; répétition aléatoire. En variant le LFO (carré pour des trilles, dent de scie pour des glissandos), on obtient des chants différents. Le S&H sur la hauteur, cadencé vite, donne des « pépiements » de moineau.

- **Grillons** : impulsion très aiguë (4 à 5 kHz), modulée en volume par un LFO carré rapide (30 à 40 Hz) dont la profondeur est elle-même hachée par un second LFO lent (2 Hz) : des salves de stridulations.
- **Grenouilles** : impulsion grave (100-200 Hz), passe-bande résonant, enveloppe A 0 / D 150 ms, avec un LFO rapide (15 Hz) sur la coupure pendant la note (le « croâ »).
- **Baleine** : sinus grave, portamento très lent (1 à 3 s), vibrato lent et profond, réverbération immense ; joué à la main en glissandos.
- **Abeille, mouche** : dent de scie grave (150-250 Hz), filtre passe-bande, petites variations de hauteur aléatoires et un panoramique qui suit les déplacements.

12.3 Les machines et les véhicules

L'hélicoptère

Module	Réglage
Source	bruit blanc + impulsion grave
Filtre	passe-bas coupure 3
Modulation	LFO carré ou rampe à 6-12 Hz – volume, quantité 8 (le battement des pales)
Ampli	enveloppe longue ou volume manuel

Pour un hélicoptère qui passe, voir l'effet Doppler (12.4).

L'avion à réaction et le décollage

Du bruit blanc dans un passe-bande résonant dont la coupure monte lentement (enveloppe A 8 s), un oscillateur aigu pour la turbine, dont la hauteur monte au même rythme, et un volume qui croît. Pour l'atterrissage ou un passage, on fait l'inverse, en y ajoutant l'effet Doppler.

Le train à vapeur

- **Le « tchou-tchou »** : bruit blanc, passe-bande vers 1 kHz, modulé en volume par un LFO carré (ou une enveloppe redéclenchée) à 2 à 4 Hz qui accélère progressivement (la vitesse du LFO commandée par une enveloppe ou un levier : facile sur le Matrix-12).
- **Le sifflet** : trois oscillateurs (ou les trois sections du PS-3300) accordés de manière à former un accord (par exemple un accord mineur de septième), avec une attaque de 100 ms et une légère montée de hauteur ; un peu de bruit pour le souffle de vapeur.
- **Le roulement sur les rails** : clic double (deux impulsions de bruit filtré à 80 ms d'intervalle), répété à intervalles réguliers.

Le moteur

Une impulsion ou une dent de scie très grave (20 à 60 Hz), filtrée, dont une enveloppe ou un levier règle la hauteur, comme le régime d'un moteur. Un peu de bruit modulé au même rythme, et un LFO aléatoire très léger sur la hauteur pour l'irrégularité. Pour une moto, on monte dans l'aigu et l'on ouvre le filtre.

L'horloge et le tic-tac

Un filtre auto-oscillant « frappé » (comme pour les claves, 9.8) à 2 kHz, déclenché à 1 Hz par un LFO carré ou par l'arpégiateur sur une seule note. Pour alterner le « tic » et le « tac », un LFO carré à 0,5 Hz déplace la coupure entre deux hauteurs.

Les sonneries, les téléphones, les signaux

Son	Recette
Sonnerie de téléphone ancienne	deux carrés aigus (environ 1 et 1,3 kHz) en modulation croisée ou en anneau, hachés par un LFO carré à 20-25 Hz (le marteau sur les cloches), en salves
Tonalité de téléphone	sinus à 440 Hz (tonalité française ; elle varie selon les pays), ou combinaison de deux fréquences pour les signaux de numérotation
Sonar	sinus à 1 à 2 kHz, attaque nulle, décroissance 1,5 s, écho long et réverbération ; le « ping » est répété toutes les 3 à 4 s
Morse	sinus ou carré à 600-800 Hz, enveloppe d'orgue, joué en points et traits
Compteur Geiger	bruit passe-haut très bref (D 3 ms), déclenché par un S&H sur bruit avec un seuil (déclenchements aléatoires) ; densité selon la « radioactivité »
Battement de cœur	double coup sourd (« boum-boum ») : sinus 50 Hz avec enveloppe percussive, déclenché par paires à 60-80 battements par minute

Les sirènes

- **Sirène « deux tons »** (le « pin-pon » des véhicules d'urgence français) : un oscillateur carré ou dent de scie filtrée, modulé en hauteur par un LFO **carré** à environ 0,4-0,5 Hz (une seconde par ton), avec une profondeur réglée sur l'intervalle voulu (environ une quarte). Sur le Jupiter-8, LFO carré → *VCO Modulator*, et l'intervalle se règle à l'oreille avec *LFO Mod*.
- **Sirène « montante-descendante »** (la sirène d'alerte, ou celle des véhicules américains) : même chose avec un LFO **triangle** ou sinus, lent (0,1 à 0,3 Hz) pour l'alerte, plus rapide (2 à 6 Hz) pour le « yelp » américain.
- **Alarme rouge** de vaisseau spatial : dent de scie modulée par un LFO en rampe montante (1 à 2 Hz), profondeur d'une octave, en salves.

Avec les logiciels gratuits – La sirène deux tons

Surge XT. Oscillateur 1 en carré, filtre *LP 12 dB* assez ouvert. *LFO 1* de forme carrée (*Square*) à 0,45 Hz, routé vers le *Pitch* avec une profondeur de $\pm 2,5$ demi-tons : la hauteur alterne entre deux notes séparées d'une quarte. Avec une forme triangle à 0,2 Hz et une profondeur plus forte, on obtient la sirène d'alerte montante et descendante.

TAL-NoiseMaker. OSC 1 en impulsion ; *LFO 1* de forme carrée, destination *Osc1*, *RATE* lent, *TRIG* activé pour que chaque note commence sur le même ton, et un *AMOUNT* réglé à l'oreille sur l'intervalle voulu.

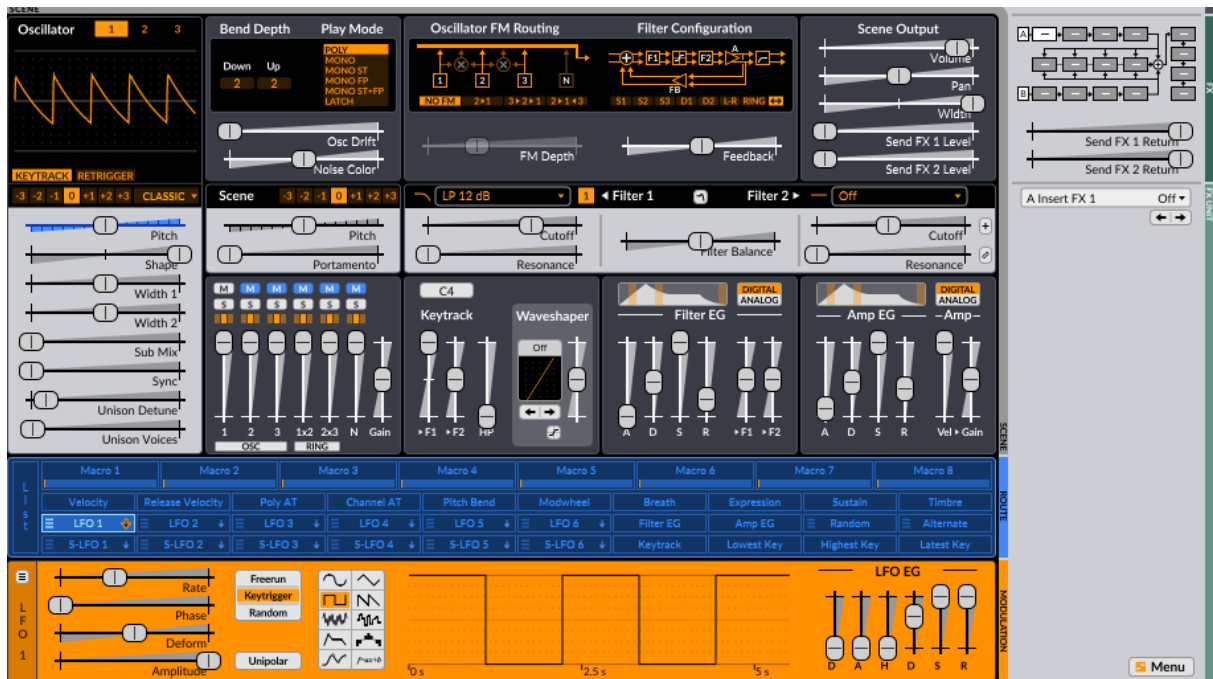


Figure 88 – Surge XT : la sirène deux tons (12.3).



Figure 89 – TAL-NoiseMaker : la sirène deux tons (12.3).

12.4 L'effet Doppler : un véhicule qui passe

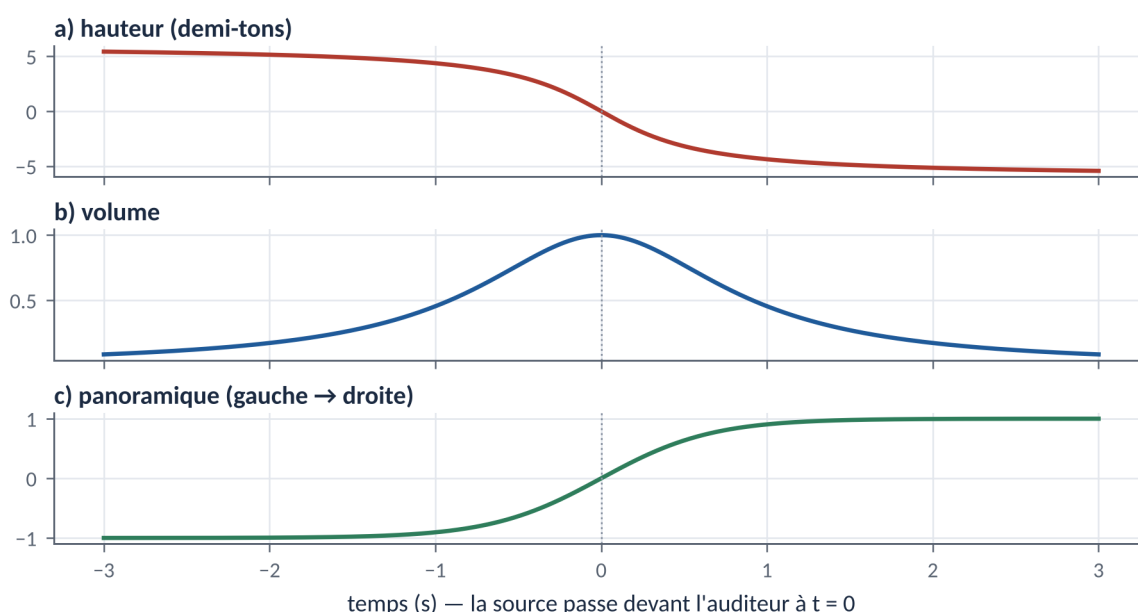


Figure 90 – Effet Doppler : en passant devant l'auditeur, la source baisse de hauteur, son volume culmine et elle traverse l'image stéréo.

Une source sonore qui s'approche paraît plus aiguë, et plus grave quand elle s'éloigne. Quand elle passe devant l'auditeur, la hauteur chute (d'un ou deux demi-tons pour une voiture en ville, bien davantage pour un avion ou un vaisseau de science-fiction), le volume et la brillance culminent, et le son traverse l'image stéréo.

Programmation (Matrix-12, idéal pour ce genre d'automation) :

- ENV 1 (A 2 s, D 2 s, S 0) → VCA : le volume monte puis redescend ;
- la même enveloppe → coupure du filtre : la source est plus brillante quand elle est proche ;
- ENV 3 (délai 2 s, attaque 300 ms) → hauteur des deux VCO, quantité négative : la hauteur chute au moment du passage ;
- une rampe → panoramique (si l'on utilise deux sorties ou un mixage externe).

Sur le **Jupiter-8**, plus limité, on combine ENV-2 pour le volume et ENV-1 inversée vers la hauteur (VCO *Modulator ENV Mod*), avec une attaque longue. Le panoramique se fait sur la table de mixage.

12.5 La science-fiction

Des années 1950 aux années 1980, la science-fiction s'est forgé un vocabulaire sonore qui doit presque tout aux synthétiseurs analogiques. En voici quelques classiques.

Effet	Recette
Tir laser (« piou »)	sinus ou dent de scie aiguë, enveloppe de hauteur descendante très rapide (A 0, D 150-300 ms, départ deux à trois octaves au-dessus) ; ampli D 300 ms ; un peu de résonance. Avec une rampe descendante de LFO rapide à la place de l'enveloppe, on obtient une rafale
Zap électrique	bruit + impulsion étroite modulée en hauteur par un LFO aléatoire très rapide (30-40 Hz), D 200 ms
Ordinateur qui « réfléchit »	S&H sur bruit, cadencé à 8-15 Hz, - hauteur d'un oscillateur carré ou d'un filtre auto-oscillant ; enveloppe d'orgue ; c'est le cliché le plus célèbre du genre
Soucoupe volante	sinus ou triangle aigu, vibrato lent et très profond (LFO 3-5 Hz, ± 3 à 5 demi-tons), plus un trémolo ; un modulateur en

	anneau rend le son plus « extraterrestre »
Téléportation	bruit + oscillateurs en nappe, filtre résonant balayé vers le haut par une enveloppe de 2 à 3 s, trémolo rapide (20 Hz) dont la profondeur augmente, puis coupure du volume
Montée en puissance (<i>power-up</i>)	dent de scie dont la hauteur et la coupure montent ensemble pendant 2 à 5 s (enveloppe à attaque longue), avec un LFO dont la vitesse accélère
Arrêt d'une machine (<i>power-down</i>)	l'inverse, avec une chute de hauteur sur plusieurs octaves
Vaisseau en orbite (<i>drone</i>)	deux oscillateurs graves désaccordés de quelques hertz, filtre lent, bruit léger, LFO très lents ; voir 13.6
Robot qui parle	voir 10.4
Explosion	bruit blanc + bruit filtré grave ; filtre passe-bas qui se referme (A 0, D 2-3 s, quantité forte) ; ampli A 0, D 4 s ; un « crac » initial très bref et brillant ; réverbération

Dans la saga *Star Wars*, la plupart des voix et des bruits de robots sont l'œuvre du concepteur sonore Ben Burtt, qui a mêlé un ARP 2600 à sa propre voix et à des enregistrements. Les bruitages les plus réussis mélangent d'ailleurs souvent synthèse et sons réels.

12.6 Les effets de production musicale

- **Riser** (montée de tension avant un refrain) : bruit blanc dans un passe-bande résonant dont la coupure monte sur 4 à 16 mesures, plus un oscillateur dont la hauteur monte d'une octave ou deux ; le volume croît. Sur un analogique sans synchronisation, la montée se joue à la main.
- **Downlifter** : l'inverse, après un temps fort.
- **Impact** : grosse caisse grave très longue + bruit filtré + réverbération immense.
- **Swell inversé** : son à enveloppe « reverse » (attaque de 1 à 2 s, coupure nette), placé juste avant le temps.
- **Balayage de bruit blanc** : bruit + passe-haut dont la coupure descend ou monte sur plusieurs mesures, très utilisé en transition.

Chapitre 13 – Les sons que seul un synthétiseur peut produire

Ce dernier chapitre de programmation s'intéresse à ce qui rend le synthétiseur singulier. Des sons qui n'imitent rien, qui n'existent pas dans le monde acoustique, et qu'on ne peut obtenir qu'avec les techniques de la première partie. C'est aussi là que chaque instrument laisse voir sa personnalité. Et c'est précisément là que l'instrument cesse d'être un simple outil de reproduction pour devenir un collaborateur à part entière. Quand on pousse les curseurs hors des sentiers battus, en croisant des modulations en anneau, en faisant auto-osciller le filtre ou en créant des textures évolutives qui vivent sous les doigts. On oublie alors toute notion de réalisme. Il n'y a plus de « faux » violon ou de « substitut » de cuivre : il y a juste la voix brute de la machine, unique, inclassable, et capable de faire naître des émotions qu'aucun instrument traditionnel n'aurait pu imaginer.

13.1 Le filtre comme instrument

Poussé jusqu'à l'auto-oscillation, un filtre devient un oscillateur sinusoïdal, mais un oscillateur bien particulier.

- **avec une source en entrée**, il « chante » sur la source : une dent de scie dans un filtre presque auto-oscillant fait entendre à la fois la note et le sifflement du filtre, et les deux interfèrent ;
- **avec du bruit en entrée**, il produit un sifflement accordé, mi-souffle, mi-note, très expressif (flûtes « fantômes », vents chantants) ;
- **frappé par une enveloppe brève**, il produit des percussions accordées (8.1) ;
- **balayé lentement**, il produit des glissandos purs, que la quantité de résonance rend plus ou moins « liquides ».

Les filtres du **Minimoog** et du **Jupiter-8** sont très musicaux dans ce rôle. Celui du **MS-20** devient agressif, criard. Celui du Matrix-12, en mode passe-bande, donne des sifflements très purs.

13.2 La synchronisation extrême

Si l'on pousse la synchronisation au-delà des réglages « musicaux », avec un esclave accordé trois ou quatre octaves au-dessus du maître et balayé par un LFO lent ou par la pression, on obtient des timbres d'une agressivité et d'une richesse rares, traversés de résonances qui défilent comme des voyelles. En combinant **synchronisation et modulation croisée** (sur le Jupiter-8, *Sync* et *Cross Mod* ensemble), le spectre devient chaotique tout en restant parfaitement accordé sur la note du maître. Les leads du Jupiter-8 doivent beaucoup à ce réglage.

13.3 La modulation à fréquence audio

Remplacer un LFO par un oscillateur audio comme source de modulation change complètement le résultat.

- **sur la hauteur** (FM, modulation croisée) : partiels nouveaux, harmoniques ou inharmoniques selon le rapport (première partie) ;
- **sur la coupure du filtre** : un grain rugueux, granuleux, typique des filtres « sales » ; le Matrix-12 l'offre explicitement (FM de VCO-2 vers le filtre) ;

- **sur le volume** : modulation d'amplitude, qui produit des bandes latérales comme le modulateur en anneau, mais en conservant la porteuse ;
- **sur la largeur d'impulsion** : un timbre « déchiré », très dense.

Si l'oscillateur modulant ne suit pas le clavier, chaque note sort avec un timbre différent. C'est injouable en mélodie, mais idéal pour les effets et les textures. S'il suit le clavier, le timbre reste le même sur toute l'étendue, et l'on tient un nouvel « instrument ».

13.4 Les timbres inharmoniques jouables

Associez un modulateur en anneau (ou une FM) à deux oscillateurs qui suivent tous deux le clavier dans un rapport fixe non entier, et vous obtenez des instruments imaginaires : des cloches jouables mélodiquement, des métaux accordés, des gamelans venus d'ailleurs. Avec un filtre et des enveloppes différentes pour chaque oscillateur (Matrix-12), le timbre peut même passer de l'inharmonique à l'harmonique au cours de la note.

13.5 L'aléatoire

Le hasard est un ingrédient que le synthétiseur sait doser mieux que tout autre instrument.

- S&H sur bruit – hauteur : séquences aléatoires (12.5) ;
- S&H – coupure : chaque note a une brillance différente ;
- S&H – panoramique : les notes s'éparpillent dans l'espace stéréo ;
- S&H lissé (*lag*) – hauteur, quantité très faible : instabilité « organique », l'inverse de la précision numérique ;
- S&H cadencé par un oscillateur audio : le signal est « échantillonné » à basse résolution, d'où un son granuleux et métallique (crênelage).

Sur le **PS-3300**, la sortie du S&H peut être envoyée, par le panneau de connexions, vers les filtres ou les résonateurs d'une section. Chaque note tenue change alors de couleur au rythme de l'horloge, indépendamment des autres.

13.6 Les drones et les textures évolutives

Un drone est un son tenu très longtemps, qui évolue lentement. Ici, le synthétiseur analogique n'a aucun équivalent acoustique. Il faut :

- plusieurs oscillateurs graves, accordés en quinte, en octave, ou désaccordés de quelques hertz (battements lents) ;
- des filtres résonants balayés par des LFO très lents (0,01 à 0,1 Hz, soit des cycles de 10 à 100 s), à des vitesses sans rapport simple ;
- du bruit filtré, très discret, pour une texture « d'air » ;
- un écho long et une réverbération immense.

Sur le PS-3300, on accorde les trois sections en 16', 8' (+7 demi-tons) et 4', chacune avec ses MG, ses résonateurs et son niveau modulés différemment. Les textures évoluent sans cesse, et d'autant plus richement qu'on peut tenir un cluster, puisque chaque note a son propre filtre. **Sur le Matrix-12**, les cinq LFO par voix, les rampes et les générateurs de suivi permettent de construire un drone dont chaque note évolue pour son compte ; un générateur de suivi qui déforme un LFO lent en courbe irrégulière donne des évolutions non périodiques.

13.7 Les sons « impossibles »

Le son de Shepard

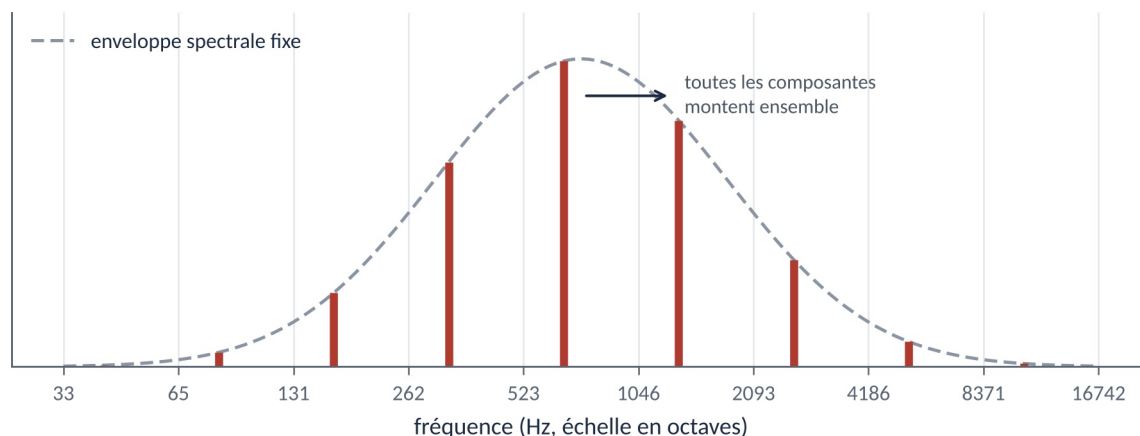


Figure 91 – Son de Shepard : des composantes espacées d'une octave montent ensemble sous une enveloppe spectrale fixe ; celles qui sortent par le haut s'éteignent pendant que d'autres apparaissent par le bas.

Principe. On forme un son de plusieurs composantes espacées d'une octave, dont l'amplitude suit une enveloppe fixe en cloche sur l'axe des fréquences, fortes au milieu du spectre et faibles aux extrémités. Quand toutes montent ensemble, celles qui atteignent l'aigu s'éteignent pendant que de nouvelles apparaissent dans le grave, et le son semble monter sans fin. Cette illusion auditive a été décrite par le psychologue Roger Shepard en 1964, puis rendue continue, en glissando sans fin, par Jean-Claude Risset.

En analogique. Sur un polyphonique, on joue un accord d'octaves (do1, do2, do3, do4, do5) avec un son sinusoïdal, à travers un passe-bande large et fixe (suivi de clavier nul) qui tient lieu d'enveloppe en cloche. On monte ensuite l'accord pas à pas, une note de la gamme à la fois, en ajoutant une octave en bas et en retirant la plus haute. Avec sa polyphonie intégrale et ses résonateurs fixes, le **PS-3300** se prête particulièrement bien à la démonstration. Pour un glissando continu, il faut un modulaire, avec plusieurs VCO en octaves commandés par la même rampe et des VCA pilotés selon la hauteur.

Le timbre qui se transforme (*morphing*)

On place deux sons complètement différents dans les deux couches d'une même voix (VCO-1 et VCO-2 sur le Matrix-12, chacun avec son niveau), avec deux enveloppes croisées, de sorte que la première couche s'efface pendant que la seconde apparaît. Une voix de chœur qui devient lentement un cuivre, par exemple, ou une cloche qui se fond en nappe.

Le microtonal

Le **PS-3300** permet d'accorder séparément chacune des douze notes de la gamme. On peut jouer dans des tempéraments anciens, dans des gammes non occidentales (gammes arabes avec quarts de ton approchés, gamelan javanais), ou dans des gammes de son invention. Sur un instrument à VCO qui n'a pas cette fonction, un désaccord volontaire et fixe entre oscillateurs, ou un suivi de clavier réglé à autre chose que 100 % (sur le Jupiter-8, le suivi du filtre en auto-oscillation décalé de sa valeur juste), produit des gammes « étirées » ou « compressées », assez troublantes.

La rétroaction

Sur un modulaire ou un semi-modulaire, renvoyer la sortie d'un module vers sa propre entrée, ou vers celle d'un module précédent, crée des systèmes instables. Les sons s'emballent, les oscillations

deviennent chaotiques, les timbres se mettent à « respirer » d'eux-mêmes. Une sortie de VCA renvoyée dans l'entrée du mixeur, avant le filtre, sature et colore le son (c'est la « boucle » du Minimoog dont on a déjà parlé) ; un LFO qui module sa propre vitesse produit des formes d'onde irrégulières. Le résultat est imprévisible, et c'est tout l'intérêt pour les sons expérimentaux.

13.8 Les polyrythmes de modulation

Si l'on envoie vers différentes destinations des LFO dont les vitesses sont dans des rapports complexes (3:4:5, ou sans rapport simple du tout), le son se répète selon des cycles très longs, voire jamais. Avec un séquenceur ou un arpégiateur, un LFO calé sur un autre rythme que les notes (un cycle de filtre sur 3 temps contre une séquence de 4 temps, par exemple) crée un motif qui se décale à chaque mesure. La musique électronique en use beaucoup, à la frontière entre composition et programmation.

À retenir pour les sons synthétiques

- Ce qui n'existe pas dans la nature : auto-oscillation, synchronisation, modulation à fréquence audio, aléatoire, rétroaction.
- Les LFO lents et désynchronisés font vivre les textures.
- La polyphonie intégrale (PS-3300) et les modulations par voix (Matrix-12) permettent que chaque note ait sa propre vie.

Chapitre 14 – Trois instruments, trois méthodes

Toute cette partie s'est appuyée sur trois instruments, et chacun se programme à sa manière. Ce chapitre revient sur ce que l'on apprend avec chacun d'eux, et sur les réflexes qu'il demande. Avoir passé des heures les mains sur les flancs en bois d'un vrai mono-synthé analogique — ou à jongler avec les subtilités de routage d'un semi-modulaire — change radicalement la façon d'aborder la programmation : on n'ajuste plus des paramètres en aveugle sur un écran, on développe ce réflexe tactile où l'oreille guide instantanément les doigts vers le bon équilibre de filtre et de modulation.

14.1 Le Roland Jupiter-8 : la puissance par la simplicité

Le Jupiter-8 est l'archétype du polyphonique « à boutons ». Une voix simple (deux VCO, un passe-haut, un filtre, un amplificateur, deux enveloppes, un LFO), dupliquée huit fois, et un panneau où chaque fonction a sa commande. Sa force tient à la qualité de chacun de ces éléments, et à quelques fonctions qui multiplient ses possibilités.

Réflexes de programmation :

- **Utiliser le passe-haut.** Presque tous les bons sons polyphoniques du Jupiter-8 en mettent un peu. Les accords y gagnent en clarté, avec cette brillance aérée propre à l'instrument.
- **Choisir la pente.** -24 dB pour les basses et les sons ronds, -12 dB pour les cuivres, les claviers et tout ce qui doit « parler ».
- **Répartir les deux enveloppes.** ENV-2 est liée à l'amplificateur ; ENV-1 est libre pour le filtre, la hauteur ou la largeur d'impulsion (avec sa polarité inversable). Décider dès le départ quelle enveloppe pilote le filtre.
- **Exploiter VCO-2.** Sa sinusoïde (sous-basse, flûte, cloche), son bruit (souffle, percussions), son réglage par demi-tons (quintes, octaves, intervalles de cloche), sa synchronisation et son mode *Low Freq* en font l'élément le plus polyvalent de la voix.
- **Penser en modes de jeu.** *Unison* pour les basses et les leads, *Dual* pour superposer deux sons (cordes + cuivres, orgue + percussion), *Split* pour une basse à gauche et un son à droite, l'arpégiateur pour les motifs, *Poly-1* ou *Poly-2* selon que l'on veut ou non superposer les relâchements.
- **Accepter ses limites.** Un seul LFO (commun à toutes les voix), pas de clavier dynamique d'origine, pas de modulateur en anneau, pas d'enveloppe dédiée à la hauteur : il faut parfois choisir.

14.2 L'Oberheim Matrix-12 : la profondeur par la matrice

Le Matrix-12 prend le contre-pied. Son panneau ne montre pas les paramètres ; il donne accès à des pages où tout se règle par valeurs. Il est moins immédiat, mais il permet ce que presque aucun autre analogique ne permet, faire évoluer chaque voix indépendamment des autres, avec une grande finesse.

Réflexes de programmation :

- **Partir d'un programme d'initialisation propre**, puis ajouter les connexions de la matrice une par une, en notant leur rôle (une feuille de patch est indispensable).
- **Attribuer un rôle à chaque enveloppe et à chaque LFO**, et s'y tenir d'un programme à l'autre (par exemple : ENV 1 = filtre, ENV 2 = volume, ENV 3 = hauteur ou FM, ENV 4 = délai de vibrato, ENV 5 = effets ; LFO 1 = vibrato, LFO 2 = PWM, LFO 3 = filtre...). On s'y retrouve beaucoup plus vite.

- **Utiliser les LFO par voix** pour les ensembles (cordes, chœurs). Les accords y gagnent toute leur vie.
- **Exploiter la vitesse de relâchement** : une note relâchée vite peut s'éteindre vite, une note relâchée doucement peut résonner, ce qui rend les nappes et les pianos très expressifs.
- **Explorer les quinze modes de filtre** avant de chercher ailleurs : un son « presque bon » devient souvent parfait en changeant de mode (passe-bas 4 pôles – 2 pôles, ou passe-bas – passe-haut + passe-bas).
- **Utiliser les générateurs de suivi** pour corriger ce qui ne va pas d'un bout à l'autre du clavier (filtre trop sombre dans l'aigu, vibrato trop fort dans le grave...).
- **Profiter de la multitimbralité** pour construire des sons composites (deux programmes superposés) ou des configurations de scène.

14.3 Le Korg PS-3300 : la polyphonie intégrale et le patch

Le PS-3300 vient d'une autre époque et suit une autre logique. Pas de mémoire, mais un panneau couvert de boutons et de prises, trois synthétiseurs complets superposés, et une polyphonie sans limite de voix. On le programme comme un modulaire et on le joue comme un orgue.

Réflexes de programmation :

- **Penser en couches.** Chaque son se construit sur une, deux ou trois sections, chacune avec un rôle : le corps, la brillance, le grave, l'attaque, le mouvement.
- **Utiliser les résonateurs**, qui font la signature de l'instrument. Ils donnent à un son de synthétiseur une allure « acoustique » (formants de cordes, de cuivres, de voix), ou le changent en texture mouvante dès qu'on les module.
- **Moduler différemment chaque section.** Avec deux MG par section, les trois couches bougent à des vitesses différentes. L'ampleur du PS-3300, que Bob Moog lui-même admirait, vient en grande partie de là.
- **Utiliser le module utilitaire** (PSU-3302) : enveloppe générale (avec ses sorties normale, inversée et décalée), échantillonneur-bloqueur, processeurs de tension, et mixage des trois sections.
- **Exploiter le tempérament réglable** pour les musiques anciennes, extra-européennes ou expérimentales.
- **Noter chaque réglage** : sans mémoire, une feuille de patch détaillée (y compris les câbles) est le seul moyen de retrouver un son. Les émulations logicielles (Cherry Audio, Korg Collection, ou la version gratuite FB-3300 de Full Bucket) et la réédition PS-3300 FS ajoutent des mémoires.
- **Se souvenir de ce qu'il ne fait pas** : pas de portamento, pas de modulation par voix des oscillateurs (division de fréquence), pas de synchronisation.

Chapitre 15 – Du son à la musique

15.1 L'expression

Je le répète, car c'est ce qui sépare un son « de démonstration » d'un son musical : tout tient à l'expression. Avant de sauvegarder un programme, vérifiez :

- que la **vélocité** agit sur quelque chose (le plus souvent la quantité d'enveloppe de filtre, et un peu le volume) ;
- que la **molette** fait quelque chose d'utile (vibrato, en général) ;
- que la **pression**, si elle existe, ajoute du vibrato, de la brillance ou du volume ;
- que le **pitch-bend** a une étendue adaptée (un ton pour les cordes et les cuivres, une quinte ou une octave pour certains leads et effets) ;
- que le son répond à la **façon de jouer** : legato, staccato, notes répétées.

15.2 Superposer et partager

- **Superposer** deux sons complémentaires (un son d'attaque et un son de corps, ou un son brillant et un son rond) donne souvent un résultat plus riche qu'un seul son très élaboré. Exemples classiques : cordes + cuivres, piano électrique + nappe, basse ronde + basse mordante, pluck + nappe.
- **Partager le clavier** permet de jouer seul une basse et une partie harmonique ou mélodique.
- **Doubler à l'octave** un lead ou une basse, avec une couche discrète, renforce la présence sans épaissir.

15.3 Les effets externes

Les analogiques sans effets intégrés (Jupiter-8, Matrix-12, PS-3300, Minimoog) ont toujours été utilisés avec des effets externes. Trois d'entre eux sont presque indispensables.

- **le chorus** (ou l'ensemble), pour les nappes, les cordes, les pianos électriques ;
- **l'écho** (*delay*), de préférence synchronisé au tempo, pour les leads, les arpèges et les séquences ; un écho à bande ou à transfert de charges (« bucket brigade »), qui assombrit les répétitions, se marie particulièrement bien avec l'analogique ;
- **la réverbération**, qui place le son dans un espace : courte pour les sons rythmiques, longue pour les nappes, les cordes, les cloches.

Une **saturation** légère (préampli, pédale, console) épaissit les basses et les leads. Un **égaliseur** permet de corriger ce que le filtre ne peut pas faire (couper l'extrême grave, creuser une zone qui masque la voix).

15.4 Le synthétiseur dans le mixage

- **Couper le grave inutile.** Une nappe n'a pas besoin de fréquences sous 150-200 Hz quand il y a une basse.
- **Limiter la brillance.** Les synthétiseurs produisent beaucoup d'aigus ; les sons d'accompagnement doivent rester en retrait.

- **Penser stéréo.** Deux voix légèrement différentes à gauche et à droite (mode *Dual* avec panoramique, ou deux passes enregistrées séparément) donnent une largeur naturelle ; l'unisson et le chorus aussi.
- **Laisser de la place.** Un son très épais (unisson, trois oscillateurs, chorus) est spectaculaire seul, mais encombre un arrangement ; souvent, un son plus simple sonne mieux dans le morceau.

15.5 Garder la trace de ses sons

Même sur un instrument à mémoires, il est bon de noter ses réglages. Les mémoires se perdent quand la pile de sauvegarde s'use, les instruments changent, et une feuille de patch permet de retrouver un son sur une autre machine. Une feuille vierge est proposée en annexe.

Chapitre 16 – Recueil de fiches complètes

Ce recueil rassemble, sous forme de feuilles de patch complètes, des réglages pour les trois instruments de référence. Chaque fiche renvoie au paragraphe qui explique le son. Les valeurs sont données sur une échelle de 0 à 10 pour les boutons du Jupiter-8 et du PS-3300 (0 = minimum), et sur l'échelle de 0 à 63 (ou de -63 à +63 pour les quantités de modulation) pour le Matrix-12.

Pour le Jupiter-8, les réglages d'enveloppe sont indiqués en position de curseur (0 à 10) : rappelons que les temps d'attaque vont de 1 ms à 5 s et les temps de décroissance et de relâchement de 1 ms à 10 s, avec une course non linéaire (position 2 ≈ quelques dizaines de millisecondes, position 5 ≈ quelques centaines de millisecondes, position 8 ≈ plusieurs secondes).

16.1 Fiches pour le Roland Jupiter-8

J1 – Basse ronde « Moog » (voir 2.1)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Solo (ou Unison) ; Whole
VCO-1	dent de scie ; 16' ; Cross Mod 0
VCO-2	impulsion ; 16' ; Fine Tune +4 cents ; Sync off
VCO Modulator	LFO 0 ; ENV 0
PWM (quantité ; source)	Manual ; 3
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	5 (centre)
HPF	0
VCF	Cutoff 3 ; Res 3 ; -24 dB ; ENV Mod 5 (ENV-1) ; LFO 0 ; Key Follow 5
VCA	Level 7 ; LFO 0
ENV-1	A 0 ; D 3 ; S 2 ; R 2 ; KF off ; normal
ENV-2	A 0 ; D 6 ; S 8 ; R 2 ; KF off
LFO	sinus ; Rate 5 ; Delay 0
Jeu / remarques	Portamento court en Solo ; levier : VCO-1 et VCO-2

J2 – Basse synchronisée (voir 2.5)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Solo ou Unison
VCO-1	dent de scie ; 16'
VCO-2	dent de scie ; 16' + 7 demi-tons ; Sync on
VCO Modulator	LFO 0 ; ENV 4 ; cible VCO-2
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	9 (vers VCO-2)
HPF	0
VCF	Cutoff 5 ; Res 2 ; -24 dB ; ENV Mod 3 (ENV-2) ; Key Follow 5
VCA	Level 7
ENV-1	A 0 ; D 4 ; S 2 ; R 2 ; normal (— hauteur VCO-2)
ENV-2	A 0 ; D 5 ; S 7 ; R 2
LFO	—
Jeu / remarques	Réduire ENV Mod du VCO Modulator pour un grain plus discret

J3 – Cordes « Jupiter » (voir 3.3)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-2 ; Whole (ou <i>Dual</i> avec la nappe PWM)
VCO-1	dent de scie ; 8'
VCO-2	dent de scie ; 8' ; Fine Tune +7 cents
VCO Modulator	LFO 1 ; ENV 0 ; cible les deux
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	5
HPF	3
VCF	Cutoff 6 ; Res 1 ; -12 dB ; ENV Mod 2 (ENV-1) ; LFO 0 ; Key Follow 6
VCA	Level 6 ; LFO 0
ENV-1	A 5 ; D 6 ; S 7 ; R 6 ; normal
ENV-2	A 4 ; D 0 ; S 10 ; R 6
LFO	sinus ; Rate 5 (≈ 5 Hz) ; Delay 4 (≈ 1 s)
Jeu / remarques	Levier vers l'avant pour accentuer le vibrato

J4 – Nappe PWM (voir 11.2)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-2
VCO-1	impulsion ; 8'
VCO-2	impulsion ; 8' ; Fine Tune +5 cents
VCO Modulator	LFO 0
PWM (quantité ; source)	LFO ; 5
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	5
HPF	2
VCF	Cutoff 5 ; Res 1 ; -24 dB ; ENV Mod 1 (ENV-1) ; LFO 1 ; Key Follow 5
VCA	Level 6
ENV-1	A 6 ; D 6 ; S 8 ; R 6
ENV-2	A 5 ; D 0 ; S 10 ; R 7
LFO	sinus ; Rate 2 (≈ 0,5 Hz) ; Delay 0
Jeu / remarques	Superposer en Dual aux cordes pour un son très large

J5 – Cuivres de section (voir 4.2)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-1
VCO-1	dent de scie ; 8'
VCO-2	dent de scie ; 8' ; Fine Tune +6 cents
VCO Modulator	LFO 0 ; ENV 0
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	5
HPF	2
VCF	Cutoff 3 ; Res 2 ; -24 dB ; ENV Mod 6 (ENV-1) ; Key Follow 6
VCA	Level 7
ENV-1	A 2 ; D 5 ; S 5 ; R 3 ; normal
ENV-2	A 1 ; D 4 ; S 8 ; R 3
LFO	sinus ; Rate 5 ; Delay 5
Jeu / remarques	Accords plaqués courts ; variante -12 dB pour un son plus « ouvert »

J6 – Lead synchronisé « Unison » (voir 11.1)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Unison
VCO-1	dent de scie ; 8' ; Cross Mod 2
VCO-2	dent de scie ; 8' + 12 demi-tons ; Sync on
VCO Modulator	LFO 0 ; ENV 5 ; cible VCO-2
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	8
HPF	1
VCF	Cutoff 6 ; Res 2 ; -24 dB ; ENV Mod 2 (ENV-2) ; Key Follow 6
VCA	Level 7
ENV-1	A 0 ; D 5 ; S 3 ; R 3 ; normal
ENV-2	A 0 ; D 0 ; S 10 ; R 3
LFO	sinus ; Rate 5 ; Delay 3
Jeu / remarques	Portamento court ; levier pour le vibrato et le bend

J7 – Piano électrique « cloche » (voir 6.4)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-1
VCO-1	triangle ; 8' ; Cross Mod 2
VCO-2	impulsion ; 8' + 19 demi-tons (2 2/3')
VCO Modulator	LFO 0
PWM (quantité ; source)	Manual ; 6
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	3 (surtout VCO-1)
HPF	1
VCF	Cutoff 4 ; Res 1 ; -24 dB ; ENV Mod 3 (ENV-2) ; Key Follow 7
VCA	Level 7 ; LFO 1 (trémolo)
ENV-1	—
ENV-2	A 0 ; D 7 ; S 3 ; R 4 ; KF on
LFO	sinus ; Rate 4 ; Delay 0
Jeu / remarques	Le trémolo au VCA donne l'effet « suitcase »

J8 – Clavinet (voir 6.5)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-1
VCO-1	impulsion ; 8'
VCO-2	impulsion ; 8' ; Fine Tune +2 cents
VCO Modulator	0
PWM (quantité ; source)	Manual ; 8 (impulsion étroite)
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	5
HPF	4
VCF	Cutoff 4 ; Res 4 ; -12 dB ; ENV Mod 6 (ENV-1) ; Key Follow 8
VCA	Level 7
ENV-1	A 0 ; D 4 ; S 2 ; R 1 ; KF on
ENV-2	A 0 ; D 6 ; S 3 ; R 1 ; KF on
LFO	—
Jeu / remarques	Jeu staccato ; levier sur le filtre pour un « wah » manuel

J9 – Flûte (voir 5.1)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Solo
VCO-1	triangle ; 8'
VCO-2	bruit
VCO Modulator	LFO 1 ; cible VCO-1
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	1 (souffle discret)
HPF	1
VCF	Cutoff 4 ; Res 1 ; -12 dB ; ENV Mod 2 (ENV-1) ; Key Follow 10
VCA	Level 7
ENV-1	A 3 ; D 4 ; S 6 ; R 2
ENV-2	A 3 ; D 0 ; S 10 ; R 2
LFO	sinus ; Rate 5 ; Delay 3
Jeu / remarques	Portamento très court en jeu lié

J10 – Hautbois (voir 5.4)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Solo
VCO-1	impulsion ; 8'
VCO-2	dent de scie ; 8' (niveau faible)
VCO Modulator	LFO 1
PWM (quantité ; source)	Manual ; 8
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	2
HPF	5
VCF	Cutoff 5 ; Res 4 ; -12 dB ; ENV Mod 1 ; Key Follow 2
VCA	Level 7
ENV-1	A 2 ; D 4 ; S 8 ; R 2
ENV-2	A 2 ; D 0 ; S 10 ; R 2
LFO	sinus ; Rate 5 ; Delay 4
Jeu / remarques	HPF + VCF résonant = passe-bande fixe (le formant)

J11 – Grosse caisse (voir 9.2)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Solo
VCO-1	—
VCO-2	sinus ; 16'
VCO Modulator	LFO 0 ; ENV 8 ; cible VCO-2
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	10 (VCO-2)
HPF	0
VCF	Cutoff 4 ; Res 0 ; -24 dB ; ENV Mod 0 ; Key Follow 0
VCA	Level 9
ENV-1	A 0 ; D 2 ; S 0 ; R 0 ; normal (→ hauteur)
ENV-2	A 0 ; D 5 ; S 0 ; R 4
LFO	—
Jeu / remarques	Jouer une note grave ; D d'ENV-1 = « punch »

J12 – Cloche (voir 8.3)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-2
VCO-1	triangle ; 8' ; Cross Mod 4
VCO-2	sinus ; 8' + 3 demi-tons ; Fine Tune +30 cents
VCO Modulator	0
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	3
HPF	2
VCF	Cutoff 7 ; Res 1 ; -12 dB ; ENV Mod 3 (ENV-1) ; Key Follow 10
VCA	Level 7
ENV-1	A 0 ; D 7 ; S 0 ; R 6
ENV-2	A 0 ; D 9 ; S 0 ; R 9 ; KF on
LFO	—
Jeu / remarques	Varier VCO-2 et Cross Mod pour d'autres « métaux »

J13 – Bulles (voir 12.1)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Poly-2
VCO-1	—
VCO-2	sinus ; 4'
VCO Modulator	LFO 8 ; ENV 0 ; cible VCO-2
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	10 (VCO-2)
HPF	2
VCF	Cutoff 6 ; Res 5 ; -12 dB ; LFO 2 ; Key Follow 5
VCA	Level 6
ENV-1	—
ENV-2	A 1 ; D 0 ; S 10 ; R 5
LFO	dent de scie ; Rate 6 ; Delay 0
Jeu / remarques	Changer Rate pendant la note pour faire varier le débit

J14 – Sirène deux tons (voir 12.3)

Section	Réglages
Mode (Assigner / Key)	Solo
VCO-1	dent de scie ; 8'
VCO-2	—
VCO Modulator	LFO 4 (réglé à l'oreille sur une quarte) ; cible VCO-1
PWM (quantité ; source)	—
Source Mix (0 = VCO-1, 10 = VCO-2)	0 (VCO-1)
HPF	2
VCF	Cutoff 6 ; Res 2 ; -12 dB ; Key Follow 5
VCA	Level 7
ENV-1	—
ENV-2	A 1 ; D 0 ; S 10 ; R 3
LFO	carré ; Rate 1 (≈ 0,5 Hz) ; Delay 0
Jeu / remarques	LFO en sinus lent pour une sirène d'alerte

16.2 Fiches pour l'Oberheim Matrix-12

Sur le Matrix-12, une fiche décrit les pages de paramètres de la voix et les connexions de la matrice (en plus des connexions fixes de l'instrument). Les enveloppes sont notées D (délai), A, D, S, R lorsque le délai est utilisé. Les noms des sources et destinations sont ceux, abrégés, que l'on retrouve dans les pages de modulation.

M1 – Cordes d'ensemble à LFO par voix (voir 3.3)

Page / module	Réglages
Mode de voix	Rotate
VCO-1	dent de scie ; accord 0
VCO-2	impulsion 40 % ; accord 0, Detune +6
Niveaux	VCO-1 50 ; VCO-2 40
VCF	passe-bas 2 pôles ; Freq 70 ; Res 5 ; Keyboard 40
ENV 1 (filtre)	D 0 ; A 30 ; D 40 ; S 45 ; R 35
ENV 2 (VCA)	D 0 ; A 25 ; D 0 ; S 63 ; R 35
ENV 3 (délai de vibrato)	D 25 ; A 30 ; D 0 ; S 63 ; R 30
LFO 1	triangle ; Speed ≈ 5,5 Hz ; Retrig on
LFO 2	triangle ; lent (≈ 0,4 Hz) ; libre
Matrice	ENV 1 → VCF Freq : +20 ; ENV 3 → LFO 1 Amp : +40 ; LFO 1 → VCO-1 et VCO-2 Freq : +3 ; LFO 2 → VCO-2 PW : +15 ; Velocity → ENV 2 Attack : -10 ; Lever 2 → LFO 1 Amp : +20
Remarques	Chaque note de l'accord vibre à sa propre phase

M2 – Cuivres expressifs (voir 4.2)

Page / module	Réglages
Mode de voix	Reassign
VCO-1	dent de scie
VCO-2	dent de scie ; Detune +5
VCF	passe-bas 4 pôles ; Freq 35 ; Res 10 ; Keyboard 45
ENV 1 (filtre)	A 12 ; D 30 ; S 35 ; R 20
ENV 2 (VCA)	A 6 ; D 20 ; S 55 ; R 20
ENV 3 (hauteur)	A 0 ; D 10 ; S 0 ; R 0
Matrice	ENV 1 → VCF Freq : +45 ; Velocity → ENV 1 Amp : +30 ; Velocity → ENV 1 Attack : -15 ; ENV 3 → VCO-1 et VCO-2 Freq : -4 ; Pressure → VCF Freq : +10
Remarques	Plus on joue fort, plus le son s'ouvre vite et loin

M3 – Piano électrique FM (voir 6.4)

Page / module	Réglages
Mode de voix	Reassign
VCO-1	triangle
VCO-2	triangle ; accord +19 demi-tons
Niveaux	VCO-1 60 ; VCO-2 0 (sert seulement de modulateur)
FM	VCO-2 → VCO-1 ; niveau de base 0
VCF	passe-bas 4 pôles ; Freq 40 ; Keyboard 50
ENV 1 (filtre)	A 0 ; D 40 ; S 15 ; R 25
ENV 2 (VCA)	A 0 ; D 50 ; S 15 ; R 25
ENV 3 (FM)	A 0 ; D 18 ; S 0 ; R 10
LFO 1	sinus ≈ 4,5 Hz (trémolo)
Matrice	ENV 3 → FM Amp : +35 ; Velocity → FM Amp : +20 ; Velocity

	– ENV 1 Amp : +25 ; Lever 2 – LFO 1 Amp : +20 ; LFO 1 – VCA 2 : +8 ; Keyboard – ENV 2 Decay : –15
Remarques	La cloche d'attaque s'efface plus vite que le son

M4 – Nappe évolutive (voir 11.2)

Page / module	Réglages
Mode de voix	Rotate
VCO-1	dent de scie
VCO-2	impulsion ; Detune +8
VCF	coupe-bande + passe-bas 1 pôle ; Freq 55 ; Res 20
ENV 2 (VCA)	A 40 ; S 63 ; R 45
ENV 3	délai 50 ; A 50 ; S 63
LFO 1, 2, 3	triangle ; $\approx 0,13$ Hz / 0,21 Hz / 0,08 Hz ; libres
Tracking 1	Keyboard – courbe qui s'aplatit dans l'aigu
Matrice	LFO 1 – VCF Freq : +15 ; ENV 3 – LFO 1 Amp : +40 ; LFO 2 – VCO-2 PW : +20 ; LFO 3 – VCO-1 Amp : +12 ; Track 1 – VCF Freq : +25 ; Velocity – ENV 2 Attack : –12
Remarques	Vitesses de LFO sans rapport simple : le son ne se répète pas

M5 – Basse acide (voir 2.4)

Page / module	Réglages
Mode de voix	Unison (priorité dernière note)
VCO-1	dent de scie
VCO-2	niveau 0
VCF	passe-bas 4 pôles ; Freq 20 ; Res 50 ; Keyboard 30
ENV 1 (filtre)	A 0 ; D 20 ; S 0 ; R 5 ; déclenchement multiple
ENV 2 (VCA)	A 0 ; D 40 ; S 45 ; R 3
Lag (portamento)	court ; legato seulement
Matrice	ENV 1 – VCF Freq : +40 ; Velocity – ENV 1 Amp : +25 (accent) ; Velocity – VCA 1 : +15 ; Lever 1 – VCF Freq : +30 ; Pedal 1 – ENV 1 Decay : +30
Remarques	Jouer coupure et décroissance en permanence

M6 – Chœur passe-bande (voir 10.2)

Page / module	Réglages
Mode de voix	Rotate
VCO-1	dent de scie
VCO-2	impulsion 35 % ; Detune +7
VCF	passe-bande 2 pôles ; Freq ≈ 900 Hz ; Res 25 ; Keyboard 0
ENV 2 (VCA)	A 35 ; S 63 ; R 40
LFO 1	triangle ≈ 5 Hz ; retrig
LFO 2	sinus $\approx 0,1$ Hz
Matrice	LFO 1 – VCO-1 et VCO-2 Freq : +2 ; ENV 4 (délai 30) – LFO 1 Amp : +30 ; LFO 2 – VCF Freq : +6 (la voyelle bouge)
Remarques	Ajouter chorus et réverbération

16.3 Fiches pour le Korg PS-3300

Sur le PS-3300, une fiche décrit les trois sections (PSU-3301) côte à côte, ainsi que les câbles et le module utilitaire (PSU-3302). Pour le relâchement des enveloppes de section, « amorti » signifie sans relâchement, « demi-amorti » un relâchement court, et « release » un relâchement égal à la décroissance.

P1 – Ensemble de cordes (voir 3.2)

Paramètre	Section I	Section II	Section III
Onde	dent de scie	impulsion + PWM	dent de scie
Octave / accord	8' ; 0	8' ; +4 cents	16' ; -4 cents
VCF coupure / rés.	5 / 1	6 / 1	4 / 0
Intensité EG → VCF	2	2	1
Suivi clavier VCF	5	5	5
Résonateur (3 pics)	300 Hz, 600 Hz, 2,5 kHz ; bande moyenne	idem, décalé de 10 %	neutre
EG : A / D / S / relâchement	4 / 0 / 10 / release (D = 6)	5 / 0 / 10 / release (D = 7)	3 / 0 / 10 / release (D = 6)
MG 1 / MG 2	vibrato 5,5 Hz faible	PWM 0,5 Hz ; résonateur 0,1 Hz	—
Niveau (PSU-3302)	7	6	5

P2 – Chœur « aah » → « ooh » (voir 10.2)

Paramètre	Section I	Section II	Section III
Onde	dent de scie	impulsion 30 %	dent de scie
Octave / accord	8' ; 0	8' ; +6 cents	16' ; 0
VCF coupure / rés.	7 / 0	7 / 0	5 / 0
Résonateur (3 pics)	730 Hz, 1,1 kHz, 2,5 kHz ; bande étroite	idem	600 Hz, 1 kHz, 2,4 kHz
Modulation des résonateurs	enveloppe générale (A lente) → fréquence, vers « ooh »	MG lent (0,08 Hz)	—
EG : A / D / S / relâchement	5 / 0 / 10 / release (D = 7)	6 / 0 / 10 / release (D = 7)	5 / 0 / 10 / release (D = 7)
MG	vibrato 5 Hz très faible	vibrato 4,7 Hz très faible	—
Niveau	7	7	4

P3 – Cuivres à formant (voir 4.2)

Paramètre	Section I	Section II	Section III
Onde	dent de scie	dent de scie	—
Octave / accord	8' ; 0	8' ; +5 cents	section coupée
VCF coupure / rés.	3 / 2	4 / 2	—
Intensité EG → VCF	6	5	—
Résonateur	neutre	1,2 kHz dominant ; bande moyenne	—
EG : A / D / S / relâchement	1 / 4 / 8 / demi-amorti	1 / 4 / 8 / demi-amorti	—
Enveloppe générale (PSU-3302)	délai 0 ; A 2 ; R 3 → coupure des sections I et II (câble)		
Niveau	7	6	0

P4 – Cloches à trois partiels (voir 8.3)

Paramètre	Section I	Section II	Section III
-----------	-----------	------------	-------------

Onde	triangle	triangle	triangle
Octave / accord	8' ; 0	4' + 3 demi-tons (tempérament affiné)	16' ; 0 (bourdon)
VCF coupure / rés.	8 / 0	8 / 0	6 / 0
EG : A / D / S / relâchement	0 / 8 / 0 / release	0 / 5 / 0 / release	0 / 10 / 0 / release
Niveau	7	5	6
Remarque	les partiels aigus s'éteignent plus vite		

P5 – Vent stéréo (voir 12.1)

Paramètre	Section I	Section II	Section III
Source	bruit (par le panneau de connexions)	bruit	—
VCF coupure / rés.	5 / 7	4 / 6	—
Modulation du VCF	MG 0,15 Hz fort	MG 0,23 Hz fort	—
Résonateur	un pic à 1,5 kHz, modulé par S&H lissé	un pic à 900 Hz	—
EG	orgue	orgue	—
Sortie	canal gauche (sortie séparée)	canal droit	—

P6 – Drone évolutif (voir 13.6)

Paramètre	Section I	Section II	Section III
Onde	dent de scie	impulsion + PWM	triangle
Octave / accord	16' ; 0	8' ; +7 demi-tons	4' ; +3 cents
VCF coupure / rés.	3 / 5	4 / 4	6 / 2
Modulation VCF	MG 0,03 Hz	MG 0,05 Hz	S&H lent (câble)
Résonateur	balayé par MG 0,02 Hz	fixe	balayé par l'enveloppe générale
EG	A 8 ; S 10 ; release long	A 9 ; S 10 ; release long	A 7 ; S 10 ; release long
Niveau	6	5	4
Jeu	tenir un cluster grave ; chaque note évolue séparément		

Conclusion – Le mot de la fin (et de la note)

Nous voici arrivés au bout du voyage. Si vous avez tout lu dans l'ordre, vous savez désormais pourquoi une dent de scie sonne comme une dent de scie, pourquoi un filtre résonant finit toujours par siffler, et pourquoi un synthétiseur analogique se désaccorde dès que quelqu'un ouvre la fenêtre. Si vous avez sauté directement à la conclusion, je ne vous en veux pas : c'est exactement ce que je faisais avec les manuels de mes synthétiseurs. Retournez quand même voir le chapitre sur les enveloppes, il en vaut la peine.

Ce guide a mis vingt ans à grandir. Il est né en 2006 sur le forum AudioKeys, sous la forme modeste d'un didacticiel, et il a pris son temps, un peu comme un VCO qui chauffe avant de tenir l'accord. Entre-temps, les synthétiseurs analogiques sont passés du statut de vieilleries encombrantes à celui d'objets de culte, puis de rééditions à prix raisonnable, puis de logiciels gratuits. Aujourd'hui, un PS-3300 tient dans un ordinateur portable, et l'on n'a plus besoin de déménager une armoire de câbles pour faire sonner un modulaire. Le progrès a du bon. Les déménageurs, en revanche, y ont perdu.

Si je devais résumer une soixantaine de pages de théorie et près d'une centaine de pages de recettes en une seule phrase, ce serait celle-ci : écoutez d'abord, tournez les boutons ensuite. Un synthétiseur ne punit jamais la curiosité, il punit seulement l'impatience. La plupart des sons ratés que j'ai fabriqués, et j'en ai fabriqué un nombre que la décence m'interdit de révéler, venaient d'un bouton tourné trop vite, trop loin, ou les deux à la fois. Le bouton de résonance, en particulier, a sur la conscience davantage de tympan fatigués que n'importe quel ampli de guitare.

Vous aurez aussi remarqué qu'un synthétiseur imite très mal un violon, assez mal une trompette et à peu près correctement une flûte. C'est une excellente nouvelle. Le jour où il imitera parfaitement un Stradivarius, il n'aura plus aucun intérêt, et les luthiers pourront fermer boutique. Ce qui fait la valeur de ces machines, c'est justement ce qu'elles font mieux que tout le monde : la basse qui fait trembler les vitres, la nappe qui transforme un accord banal en paysage, le balayage de filtre qui ressemble à un lever de soleil, et ce petit son de sirène que tous les lecteurs ont programmé en premier, avant de faire sursauter le chat.

Quelques conseils, pour finir, que vous ne trouverez dans aucune fiche technique. Notez vos réglages, même quand vous êtes certain de vous en souvenir : vous ne vous en souviendrez pas. Gardez toujours un patch d'initialisation sous la main, c'est le bouton « retour à la maison » du synthétiste. Méfiez-vous des sons qui impressionnent seuls et disparaissent dans un morceau ; l'inverse est souvent vrai aussi. Et quand un son vous résiste depuis une heure, éteignez la machine, allez boire un café, puis recommencez avec un patch vierge. Neuf fois sur dix, la solution tenait en un seul bouton, et c'était le premier que vous aviez touché.

Enfin, n'oubliez pas que la meilleure façon d'apprendre reste d'échanger. Les patches fournis avec ce livre ne demandent qu'à être modifiés, détournés, abîmés et améliorés. Partagez vos versions, racontez vos échecs (ce sont souvent les plus instructifs), et venez les comparer à ceux des autres sur AudioKeys. C'est là que tout a commencé, et c'est un peu grâce à ses membres que ce texte a fini par exister.

Merci de m'avoir lu jusqu'ici. Il ne vous reste plus qu'à allumer votre synthétiseur, matériel ou logiciel, à tourner le bouton de coupure tout doucement, et à écouter. Le reste viendra tout seul. Ou presque.

ANNEXES

Annexe A – Glossaire bilingue

Terme anglais	Terme français	Définition courte
Aftertouch (<i>pressure</i>)	pression	Force exercée sur une touche déjà enfoncée, utilisée comme source de modulation.
Aliasing	repliement, crénelage	Fréquences parasites apparaissant quand un signal est échantillonné trop lentement.
All-pass filter	filtre passe-tout, déphaseur	Filtre qui ne change que la phase ; mélangé au signal, il produit un phasing.
Amount, depth, intensity	quantité, profondeur	Importance d'une modulation.
Amplitude	amplitude	Écart entre le zéro et la crête d'une onde ; détermine le volume.
Arpeggiator	arpégiateur	Module qui joue automatiquement les notes d'un accord tenu, une par une.
Attack	attaque	Durée de montée de l'enveloppe.
Band-pass filter (BPF)	filtre passe-bande	Ne laisse passer qu'une bande de fréquences.
Band-reject / notch filter (BRF)	filtre coupe-bande	Supprime une bande de fréquences.
Bend, pitch bend	glissement de hauteur	Variation manuelle de la hauteur par une molette ou un levier.
Cent	cent	Centième de demi-ton tempéré.
Chorus	chorus	Effet de doublement obtenu par un retard court modulé.
Clock	horloge	Signal d'impulsions régulières servant à cadencer.
Comb filter	filtre en peigne	Filtre à retard court produisant des crêtes régulièrement espacées.
Control voltage (CV)	tension de commande	Tension continue variable qui pilote un paramètre.
Cross modulation	modulation croisée	Modulation de la fréquence d'un oscillateur par un autre, à fréquence audio.
Cutoff frequency	fréquence de coupure	Fréquence à -3 dB d'un filtre.
DCO	oscillateur à commande numérique	Oscillateur analogique dont la fréquence est imposée par une horloge numérique.
Decay	décroissance	Durée de descente de l'enveloppe du maximum au niveau de soutenu.
Delay	délai, retard	Temps d'attente avant le début d'une enveloppe ou d'un LFO ; ou effet d'écho.
Detune	désaccord	Léger écart d'accord entre deux oscillateurs.
Divide-down	division de fréquence	Technique où toutes les notes sont dérivées de douze oscillateurs maîtres.
Duty cycle	rapport cyclique	Fraction du cycle pendant laquelle une onde à impulsion est en position haute.
Envelope follower	suiveur d'enveloppe	Convertit le niveau d'un signal audio en tension de commande.
Envelope generator (EG)	générateur d'enveloppe	Produit une tension qui évolue dans le temps à chaque note (ADSR...).
Emphasis, resonance, Q, peak	résonance	Accentuation des fréquences voisines

		de la coupure.
Feedback	rétroaction, réinjection	Renvoi d'une partie de la sortie vers l'entrée.
Footage (16', 8'...)	hauteur en pieds	Registre d'un oscillateur, hérité de l'orgue.
Formant	formant	Zone de fréquences renforcée de façon fixe par la caisse d'un instrument ou par le conduit vocal.
Gate	porte	Signal haut tant que la touche est enfoncée.
Glide, portamento	portamento	Glissement automatique de hauteur d'une note à l'autre.
Hard sync	synchronisation	Remise à zéro forcée d'un oscillateur esclave par un maître.
Harmonic	harmonique	Partiel de fréquence multiple entière de la fondamentale.
High-pass filter (HPF)	filtre passe-haut	Atténue les fréquences graves.
Inverter	inverseur	Change le signe d'une tension.
Key follow, keyboard tracking	suivi de clavier	Part de la tension de clavier appliquée à un paramètre.
Lag, slew limiter	limiteur de pente	Ralentit les variations d'une tension.
Legato	lié	Jeu où la note suivante commence avant la fin de la précédente.
LFO	oscillateur basse fréquence	Oscillateur lent servant de source de modulation.
Low-pass filter (LPF)	filtre passe-bas	Atténue les fréquences aiguës.
Mixer	mixeur, mélangeur	Additionne plusieurs signaux.
Modulation matrix	matrice de modulation	Système d'affectation libre des sources aux destinations.
Noise (<i>white, pink, brown</i>)	bruit (blanc, rose, brun)	Signal aléatoire ; sa couleur décrit sa pente spectrale.
Normalled	normalisé	Se dit d'une connexion précâblée qu'un câble peut remplacer.
One-shot	à déroulement complet	Enveloppe qui se déroule entièrement quelle que soit la durée de la note.
Overtone	harmonique supérieur	Partiel au-dessus de la fondamentale (le 1er overtone est le 2e harmonique).
Paraphonic	paraphonique	Plusieurs notes partageant un même filtre et/ou une même enveloppe.
Partial	partiel	Toute composante sinusoïdale d'un son, harmonique ou non.
Patch	patch, programme	Configuration d'un synthétiseur produisant un son donné.
Pole	pôle	Unité de pente d'un filtre : 6 dB/oct par pôle.
Pulse width (PW, PWM)	largeur d'impulsion (modulation de la largeur)	Réglage du rapport cyclique, et sa modulation.
Ramp	rampe	Montée simple à vitesse réglable.
Release	relâchement	Durée d'extinction après le relâchement de la touche.
Retrigger, single/multiple trigger	redéclenchement	Comportement d'une enveloppe lors d'un jeu lié.
Ring modulator	modulateur en anneau	Multiplie deux signaux ; produit leur somme et leur différence.
Roll-off, slope	pente d'atténuation	Vitesse de décroissance d'un filtre en dB/oct.
Sample & hold (S&H)	échantillonneur-bloqueur	Mémoire la valeur d'un signal à chaque impulsion d'horloge.
Sawtooth	dent de scie	Onde contenant tous les harmoniques en 1/n.
Self-oscillation	auto-oscillation	Filtre qui produit lui-même une

		sinusoïde à résonance maximale.
Sidebands	bandes latérales	Partiels créés par une modulation d'amplitude ou de fréquence.
Sine	sinusoïde	Onde pure à une seule fréquence.
Split / dual (<i>layer</i>)	partage / superposition	Division du clavier en zones / empilement de deux sons.
Square	carré	Onde à impulsion de rapport cyclique 50 % ; harmoniques impairs en 1/n.
Sub-oscillator	sous-oscillateur	Oscillateur dérivé, une ou deux octaves sous l'oscillateur principal.
Sustain	soutenu, tenue	Niveau de l'enveloppe tant que la touche est maintenue.
Sweep	balayage	Déplacement progressif d'un paramètre, en général la coupure.
Timbre, tone, color	timbre	Qualité qui distingue deux sons de même hauteur et de même intensité.
Tracking generator	générateur de suivi	Module du Matrix-12 qui transforme une tension selon une courbe dessinée.
Trigger	déclencheur	Impulsion brève marquant le début d'une note.
Triangle	triangle	Onde à harmoniques impairs en $1/n^2$; son doux.
Unison	unisson	Toutes les voix jouent la même note, légèrement désaccordées.
VCA, VCF, VCO	amplificateur, filtre, oscillateur commandés en tension	Les trois modules de base de la voix analogique.
Velocity	vitesse	Vitesse d'enfoncement d'une touche.
Voice	voix	Ensemble des circuits produisant une note.
Waveform	forme d'onde	Profil d'un cycle d'oscillation.

Annexe B – Notes, fréquences et conventions de nommage

Trois conventions de numérotation des octaves coexistent, ce qui est une source permanente de confusion dans les manuels :

- la **notation française** (do, ré, mi...) numérote le do central do3 et le la de référence la3 ;
- la **notation scientifique** (ou ASA, utilisée en acoustique et dans la plupart des ouvrages anglo-saxons) nomme le do central C4 et le la de référence A4 ;
- de nombreux fabricants (Yamaha, et certains manuels Roland) décalent d'une octave et nomment le do central C3.

En MIDI, le do central porte le numéro de note 60, quelle que soit la convention de nommage.

Note MIDI	Notation française	Notation scientifique	Convention Yamaha	Fréquence (la = 440 Hz)
24	do0	C1	C0	32,70 Hz
36	do1	C2	C1	65,41 Hz
48	do2	C3	C2	130,81 Hz
60	do3 (do central)	C4	C3	261,63 Hz
69	la3 (la de référence)	A4	A3	440,00 Hz
72	do4	C5	C4	523,25 Hz
84	do5	C6	C5	1 046,50 Hz
96	do6	C7	C6	2 093,00 Hz
108	do7	C8	C7	4 186,01 Hz

Pour passer d'une note à la suivante (un demi-ton plus haut), on multiplie la fréquence par $2^{(1/12)}$, soit environ 1,0595 ; pour monter d'une octave, on la double. Un cent correspond à un rapport de $2^{(1/1200)}$, soit environ 1,000578.

Intervalle	Demi-tons	Rapport tempéré	Rapport juste (naturel)	Écart (cents)
Unisson	0	1,000	1/1	0
Seconde mineure	1	1,059	16/15	-12
Seconde majeure	2	1,122	9/8	-4
Tierce mineure	3	1,189	6/5	-16
Tierce majeure	4	1,260	5/4	+14
Quarte	5	1,335	4/3	+2
Triton	6	1,414	45/32	+10
Quinte	7	1,498	3/2	-2
Sixte mineure	8	1,587	8/5	-14
Sixte majeure	9	1,682	5/3	+16
Septième mineure	10	1,782	9/5 (ou 7/4)	-18 (+31 par rapport à 7/4)
Septième majeure	11	1,888	15/8	+12
Octave	12	2,000	2/1	0

La dernière colonne indique de combien l'intervalle tempéré s'écarte de l'intervalle naturel : c'est ce qui explique qu'une quinte réglée au clavier entre deux oscillateurs batte très légèrement, alors qu'une tierce majeure bat franchement.

Annexe C – Fiches résumées des instruments cités

Instrument (année)	Voix	Oscillateurs par voix	Filtre	Enveloppes / modulation	Particularités
Moog Minimoog Model D (1970)	1	3 VCO (le 3e utilisable comme LFO), bruit blanc/rose	passe-bas 24 dB en échelle	2 enveloppes ADS (D = R par commutateur)	premier synthétiseur portable à grand succès ; molettes de hauteur et de modulation
ARP 2600 (1971)	1 (duophonique sur certains claviers)	3 VCO, bruit à couleur variable	passe-bas 24 dB	ADSR + AR, S&H, suiveur d'enveloppe, modulateur en anneau, processeurs de tension	semi-modulaire ; réverbération à ressorts
EMS VCS3 (1969)	1	3 oscillateurs	passe-bas à diodes, 18 dB	enveloppe trapézoïdale	matrice à fiches, joystick, modulateur en anneau
Oberheim SEM (1974)	1 (par module)	2 VCO	12 dB à variables d'état (LP-notch-HP continu, BP)	2 enveloppes ADS, 1 LFO	base des Oberheim Two-, Four- et Eight-Voice
Korg PS-3100 / PS-3300 (1977)	48 notes (polyphonie intégrale) ; 3 sections sur le PS-3300	oscillateurs à division de fréquence : triangle, dent de scie, carré, impulsion + PWM	passe-bas résonant par note ; résonateur à 3 pics par section	enveloppe par note (A, D, S, relâchement à 3 modes), enveloppe générale DAR, 2 MG par section, S&H (PS-3300)	semi-modulaire ; tempérament réglable ; environ 30 à 50 PS-3300 fabriqués ; réédition PS-3300 FS (49 notes)
Yamaha CS-80	8	2 couches indépendantes	passe-haut et passe-bas	enveloppes de filtre et	vélocité et pression

(1977)		par voix	résonants par couche	d'amplificateur, modulateur en anneau	polyphonique, ruban
Korg MS-20 (1978)	1	2 VCO	passe-haut et passe-bas 12 dB à résonance (pic)	EG1 (délai, attaque, relâchement), EG2 (maintien, ADSR), S&H	semi-modulaire, Hz/V, processeur de signal externe
Sequential Prophet-5 (1978)	5	2 VCO	passe-bas 24 dB	2 ADSR, LFO, Poly-Mod	mémorisation complète des sons ; réédition rev. 4 (2020)
Roland Jupiter-8 (1981)	8	2 VCO (<i>sync, cross mod</i>)	passe-haut + passe-bas 12/24 dB, suivi 0-120 %	2 ADSR (ENV-1 à polarité réversible), 1 LFO (sinus, carré, dent de scie, aléatoire ; 0,05-40 Hz ; délai 0-4 s)	modes Solo, Unison, Poly-1, Poly-2 ; Whole, Dual, Split ; arpégiateur ; 64 programmes
Roland Juno-106 (1984)	6	1 DCO (dent de scie, impulsion + PWM, sous-oscillateur, bruit)	passe-haut 4 positions + passe-bas 24 dB	1 ADSR (filtre et VCA, ou VCA en mode gate), 1 LFO	chorus I/II ; MIDI
Oberheim Matrix-12 (1985)	12	2 VCO, FM vers VCO-1 ou vers le filtre	filtre à 15 modes	5 DADSR, 5 LFO, 4 rampes, 3 générateurs de suivi, lag ; matrice 27 sources × 47 destinations, 20 routages par programme	multitimbral, vitesse d'attaque et de relâchement ; dérivé de l'Xpander (1984)

Annexe D – Feuille de patch vierge

Rubrique	Réglages
Nom du son, instrument, date	
Mode de jeu (poly, unisson, solo, <i>dual</i> , <i>split</i>)	
VCO 1 : onde, hauteur, largeur d'impulsion	
VCO 2 : onde, hauteur, accord fin, synchronisation, modulation croisée	
Bruit, sous-oscillateur, autres sources	
Mixeur : niveaux	
Passe-haut : coupure	
Filtre : type, pente, coupure, résonance, suivi de clavier	
Enveloppe filtre : A, D, S, R, quantité, polarité	
Enveloppe ampli : A, D, S, R, niveau	
Enveloppes supplémentaires : rôle et réglages	
LFO : onde, vitesse, délai, destinations et quantités	
Modulations (matrice) : source → destination : quantité	
Contrôleurs : vitesse, pression, molettes, pédales	
Portamento : temps, mode	
Connexions (câbles)	
Effets externes	
Remarques (jeu, registre, contexte)	

Annexe E – Tableau récapitulatif des familles de sons

Famille	Onde de départ	Filtre	Enveloppe ampli	Enveloppe filtre	Modulations clés
Basse synthé	dent de scie + carré, 16'	passe-bas 24 dB fermé, résonance moyenne	A 0, S élevé, R court	A 0, D court à moyen	vitesse → filtre
Basse pincée	impulsion, 16'	passe-bas 24 dB fermé	A 0, D moyen, S faible	A 0, D court, S 0	vitesse → filtre
Cordes d'ensemble	dent de scie ×2 désaccordées	passe-bas 12 dB mi-ouvert, passe-haut léger	A lente, R lent	lente, faible	vibrato différé, PWM, chorus
Violon solo	dent de scie + souffle	passe-bas + formants	A 80-150 ms	légère	vibrato différé, legato
Section de cuivres	dent de scie ×2	passe-bas 24 dB fermé	A 10-30 ms, S élevé	A plus lente que l'ampli, quantité forte	vitesse → filtre, inflexion de hauteur
Trompette	dent de scie + impulsion	passe-bas 12 dB + formant 1,2-1,5 kHz	A 15-25 ms	A 30 ms	inflexion de hauteur, vibrato
Flûte	triangle + souffle	passe-bas doux	A 60-100 ms	légère	vibrato différé, souffle à l'attaque
Clarinette	carré	passe-bas 24 dB	A 30-50 ms	légère	peu ou pas de vibrato
Hautbois, basson	impulsion étroite	passe-bande fixe (formant)	A 30-40 ms	—	vibrato
Orgue	sinus / carré en pieds	ouvert	A 0, S 10, R court	—	Leslie (LFO hauteur + volume)
Piano électrique	sinus + cloche (FM, <i>X-mod</i>)	passe-bas	A 0, D longue, S faible	A 0, D moyenne	vitesse, trémolo
Clavinet, clavecin	impulsion étroite	passe-haut + passe-bas	A 0, D moyenne, R court	A 0, D courte	vitesse (clavinet seulement)
Cordes pincées	dent de scie / impulsion	passe-bas	A 0, D longue, S 0	A 0, D courte, S 0	suivi des durées
Marimba, vibraphone	sinus / triangle	passe-bas	A 0, D moyenne à longue	très courte	trémolo (vibraphone)
Cloches	sinus en rapport non entier	passe-bas ouvert	A 0, D très longue	se referme lentement	FM / modulateur en anneau
Grosse caisse	sinus	—	A 0, D 0,3-1,5 s	—	enveloppe de hauteur
Caisse claire	triangle + bruit	passe-haut sur le bruit	A 0, D courte	—	enveloppe de hauteur légère
Charleston, cymbales	bruit / carrés inharmoniques	passe-haut	A 0, D très courte à longue	—	—
Chœur	dent de scie + impulsion	formants (passe-bande ×3)	A lente	—	vibrato par voix, chorus
Lead	dent de scie + carré	passe-bas 24 dB	A courte, S 10	légère	portamento, vibrato, bend
Nappe	dent de scie / impulsion	passe-bas	A et R lents	lente	désaccord, PWM, LFO lents
Effets	bruit, oscillateurs libres	résonant, balayé	variable	variable	S&H, LFO extrêmes, enveloppes longues

Annexe F – Quelques écoutes de référence

Ces enregistrements, parmi des centaines d'autres, illustrent des sons évoqués dans cet ouvrage :

- **Wendy Carlos, *Switched-On Bach* (1968)** : le Moog modulaire au service du répertoire baroque ; imitations d'instruments et sons purement synthétiques.
- **Pink Floyd, *On the Run (The Dark Side of the Moon, 1973)*** : séquence obtenue sur un EMS Synthi AKS (version portable du VCS3).
- **Kraftwerk, *Autobahn* (1974)** : Minimoog, basses, leads et bruitages de voitures.
- **Tangerine Dream, années 1970** : séquences « de Berlin » sur modulaires Moog.
- **Donna Summer, *I Feel Love* (1977)**, production de Giorgio Moroder : basse séquencée sur Moog modulaire.
- **Gary Numan, *Cars* (1979)** : la « Vox Humana » du Polymoog et le Minimoog.
- **Phil Collins, *In the Air Tonight* (1981)** : nappe de Prophet-5.
- **Vangelis, *Blade Runner* (1982)** : le Yamaha CS-80, cordes et cuivres lyriques.
- **Marvin Gaye, *Sexual Healing* (1982)** : la boîte à rythmes TR-808.
- **Van Halen, *Jump* (1984)** : cuivres synthétiques de l'Oberheim OB-Xa.
- **Phuture, *Acid Tracks* (1987)** : le TB-303 et la naissance de l'acid house.

Il est également très instructif d'écouter les démonstrations des émulations logicielles du Jupiter-8 (Roland Cloud, Arturia), du Matrix-12 (Arturia Matrix-12 V) et du PS-3300 (Cherry Audio, Korg Collection, Full Bucket FB-3300), qui reprennent souvent les programmes d'usine des instruments d'origine.

Annexe G – Pour aller plus loin

- **Gordon Reid, *Synth Secrets*** : série de plus de soixante articles publiés dans *Sound On Sound* entre 1999 et 2004, consultables en ligne, qui analysent en profondeur la synthèse de chaque famille d'instruments (cuivres, cordes, percussions, cloches...). C'est la référence la plus proche, par l'esprit, de la deuxième partie.
- **Fred Welsh, *Welsh's Synthesizer Cookbook*** : un recueil de recettes génériques, accompagnées d'analyses spectrales d'instruments.
- **Jim Aikin, *Power Tools for Synthesizer Programming*** : une méthode de programmation complète, indépendante des instruments.
- **Mark Vail, *Vintage Synthesizers*** : l'histoire et la description des grands instruments analogiques.
- **Allen Strange, *Electronic Music: Systems, Techniques and Controls*** : un classique de la synthèse modulaire et de la tension de commande.
- **Les manuels d'origine** des instruments (Jupiter-8, Matrix-12, PS-3300, Minimoog, ARP 2600...), souvent disponibles en ligne, et en particulier le livret *Patch book* de l'ARP 2600, qui est à lui seul un cours de synthèse.

Index

ADSR.....	19, 52, 53
Aftertouch.....	70
Amplificateur.....	17, 18, 19
Amplitude.....	18, 23, 24, 27
ARP 2600.....	16, 17, 22, 33, 49, 66
Arpégiateur.....	111, 128, 132, 138, 146, 147
Auto-oscillation.....	44, 114, 120, 143, 145
Bandes latérales.....	37, 70, 144
Bruit blanc.....	22, 33, 48
Bruit brun.....	33
Bruit rose.....	22, 33, 135
Caisse claire.....	119, 121
Casio CZ.....	53, 57
Cent.....	164
Charleston.....	48, 119, 122
Chœur.....	50, 126, 127
Chorus.....	31, 36, 49
Clarinette.....	28, 104
Clavecin.....	31, 48
Clavier dynamique.....	58, 147
Clavinet.....	31, 108
Cloche.....	24, 53, 57
Coupe-bande.....	40, 43, 49
CS-80.....	17, 21, 41, 58, 62
DCO.....	21, 38, 133
Dent de scie.....	22, 27, 28
Désaccord.....	36, 71, 76, 78, 89
Division de fréquence.....	17, 21, 38, 64, 71
Drone.....	144
DX7.....	17, 37, 72
Échantillonneur-bloqueur.....	60, 65, 70, 148
Effet Doppler.....	138
EMS VCS3.....	16, 17, 41, 70
FB-3300.....	81
.....	92, 115, 126
Filtre en peigne.....	47, 49
Flanger.....	49, 50
Flûte.....	18, 26, 34
FM.....	12, 32, 37, 70
Fondamentale.....	24, 26
Formant.....	75, 96, 99, 105
Fréquence de coupure.....	40, 41, 42, 44, 46
Gate.....	19, 52, 58, 65
Glide.....	64, 65
Gong.....	24, 37, 53, 69, 117
Grosse caisse.....	27, 82, 84
Hammond.....	16, 106, 107
Harmonique.....	18, 19, 24
Harpe.....	110, 112
Hautbois.....	24, 31, 103, 105
Inverseur.....	57, 66, 67
Juno-106.....	16, 17, 21, 22, 31, 38
Jupiter-8.....	15, 16, 17
Largeur d'impulsion.....	30, 31, 62, 71
LFO.....	19, 29
Limiteur de pente.....	70
Matrice de modulation.....	59, 71
Matrix-12.....	16, 17
MiniKORG 700.....	17
Minimoog.....	16, 17, 21, 22, 28
Mixeur.....	21, 33, 44, 59, 65
Modulateur en anneau.....	19, 32, 68, 69
Modulation croisée.....	19, 32, 37, 70, 72, 75
Moog Taurus.....	89
MS-20.....	16, 20, 21, 39, 41
Oberheim SEM.....	39, 41, 42, 43
Onde à impulsion.....	22, 29, 30
Onde carrée.....	29, 30
Onde sinusoïdale.....	60
Onde triangle.....	29
Orgue.....	16, 17
Paraphonique.....	21
Partiel.....	24, 57, 114, 115
Passe-bande.....	40, 42
Passe-bas.....	27, 33
Passe-haut.....	39, 40, 42, 48
Piano électrique.....	21, 76, 149
Pôle.....	33, 40, 41, 93
Polymoog.....	17, 127, 167
Portamento.....	21, 64
PPG.....	73
Prophet-5.....	12, 16, 17, 21, 22, 41
PS-3300.....	12, 16
PWM.....	31, 71, 76, 91
Rapport cyclique.....	30, 31
Résonance.....	27, 36, 42
Résonateur.....	50, 99, 103, 105, 107, 111
Sample & hold.....	34
Sirène.....	61, 62, 139
Sitar.....	112
Son de Shepard.....	11
Sous-basse.....	84, 147
Sous-oscillateur.....	22, 38, 130
Suiveur d'enveloppe.....	67, 68, 127
Suivi de clavier.....	23, 44, 46, 49, 54, 58
Surge XT.....	78
.....	83, 87, 92, 94, 99, 103, 107, 110, 115, 120, 126,
.....	129, 131, 132, 136, 139
Synchronisation.....	21, 38, 62, 71
TAL-NoiseMaker.....	78
.....	83, 87, 92, 94, 99, 103, 107, 110, 115, 120, 126,
.....	129, 131, 136, 139

TB-303.....41, 64, 74, 85, 167
Tension de commande.....19, 52, 59, 64
Tonnerre.....54, 136
TR-808.....27, 56, 74, 119, 121, 122
Trémolo.....19, 59, 62, 67, 69
Trigger.....19, 20, 53, 56, 58
Unisson.....21, 62, 71, 82, 89
VCA.....19, 59
VCF.....19, 60, 63, 66, 67, 82

VCO.....12, 15, 19, 21, 22
VCV Rack.....81
.....87, 120, 132, 136
Vélocité.....46, 48, 58, 59, 70, 71
Vent.....34, 58, 135
Vibraphone.....32, 53
Vibrato.....18, 19, 37, 58, 59, 61
Vocodeur.....68, 127