

Les cahiers de

L'AUDIOPHILE

THEORIE ■ ACOUSTIQUE ■ ELECTRONIQUE ■ RECHERCHE ■ REALISATIONS PERSONNELLES

RÉALISATION PERSONNELLE

Un Expanseur de Dynamique pour la FM et autre source...



SPECIFICATIONS

- **TENSION D'ENTRÉE**
50 mV à 1,6 V RMS en 2 gammes.
- **TENSION DE SORTIE MAX**
10 V RMS. Autres caractéristiques pour expansion 20 dB et sortie 5 V RMS.
- **DHT** 0,03 %.
- **TEMPS DE MONTÉE** 1 μ Sec.
- **BANDE PASSANTE**
10 Hz à 100 kHz à -1 dB.
- **BRUIT**
(entrée à la masse) - 95 dB.
- **DIMENSIONS BOITIER**
225 x 150 x 60 mm.
- **POIDS** 1,6 Kg
Transfo extérieur.
- **PRIX DE LANCEMENT**
595€. Possibilité de kit complet ou partiel.

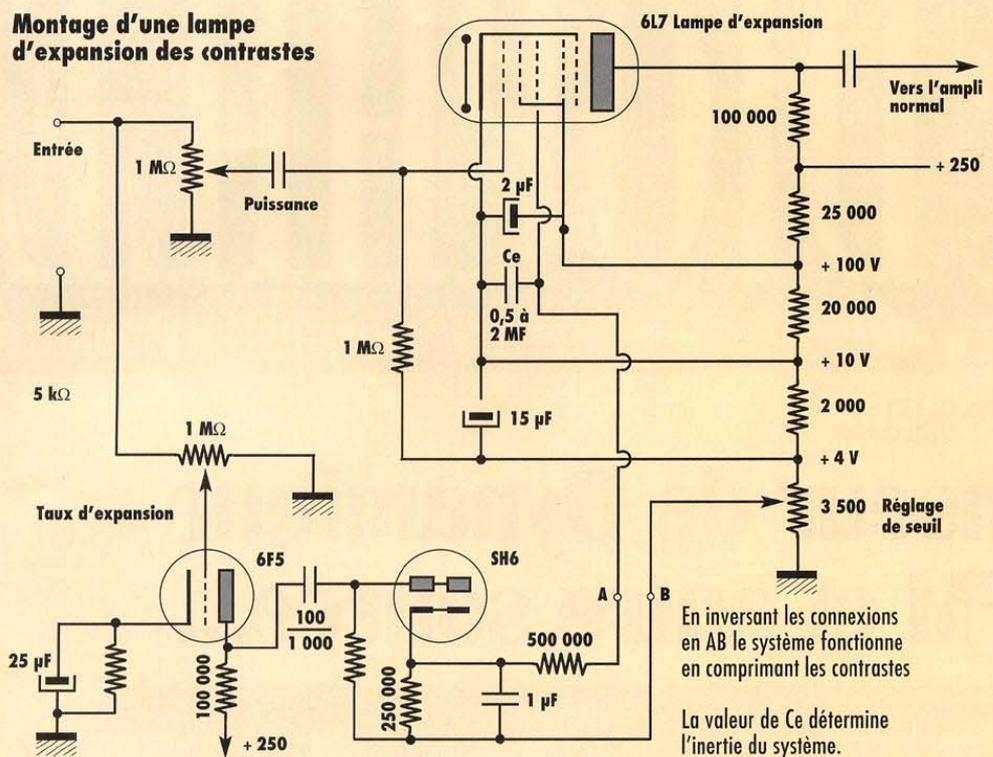
C'est à la suite de plusieurs suggestions et constatations que nous avons élaboré un circuit d'expansion de dynamique (ou de contrastes sonores). L'utilisation de 3 circuits hybrides spécialisés "Maison" facilite la réalisation et la mise au point.

Les compresseurs de dynamique sont très largement utilisés dans l'industrie de l'enregistrement sonore. Il serait quasiment impossible de produire des enregistrements destinés au grand public sans réduire sensiblement la dynamique de la modulation. Il n'y a probablement que quelques preneurs de son audiophiles qui ne compressent par leurs enregistrements.

Des instruments de musique comme le piano ou la grosse caisse peuvent présenter des variations de leur volume sonore atteignant 80 dB. Le rapport dynamique d'un orchestre classique est de l'ordre de 60 à 70 dB. L'intensité totale produite par ce même orchestre ou un jeu de batteries peut atteindre 120 à 130 dBA. La dynamique utilisable enregistrement/lecture des magnétophones à bandes se situe

entre 50 et 80 dB environ pour les meilleurs appareils. Les supports numériques sont en principe beaucoup plus performants avec par exemple près de 96 dB pour le système CD (16 bits) mais ils se trouvent affectés par les limites de dynamique maximale des meilleurs microphones (70 à 80 dB). Enfin, un enregistrement sur CD à -60 dB est déjà quelque peu entaché de bruits et de distorsions.

Montage d'une lampe d'expansion des contrastes



gissement ou dans un salon très paisible de campagne que l'on peut profiter du maximum de dynamique vraiment utilisable de 60 dB. Par contre qu'en est-il lorsque l'on se trouve dans un lieu public (jusqu'à 60 dBA), dans un véhicule utilitaire ou dans une voiture roulant à vive allure (80 dBA et plus)?

Diverses formes ou méthodes de compression

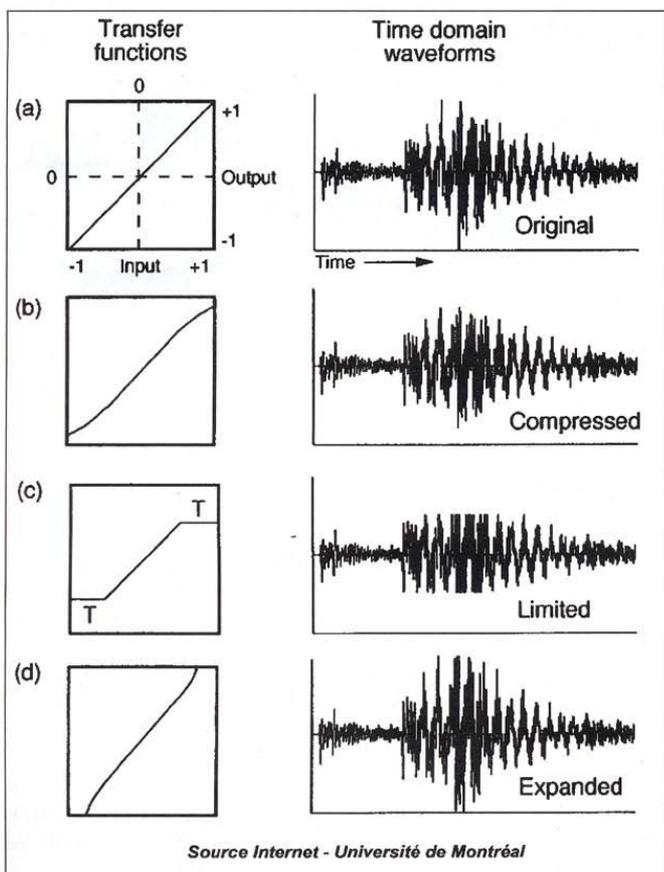
Elles seront utilisées au moment de la prise de son ou du montage:

- 1 - Par voies ou pistes.
- 2 - Par bandes de fréquences (- 3 ou plus).
- 3 - Globale.
- 4 - D'allure linéaire; le niveau maximum déterminant la droite ou rapport de compression en dB par dB, inférieur à 1.
- 5 - D'allure logarithmique avec ou sans relèvement progressif des niveaux bas puis à nouveau, compression progressive des niveaux élevés.

- 6 - A courbe fractionnée pouvant se rapprocher d'une allure logarithmique mais plus brutale.
- 7 - Par limitation "dure" des niveaux élevés à un plafond déterminé. Les niveaux bas et moyens peuvent aussi être relevés; avec éventuellement fonction "Noise Gate" pour éliminer le bruit de fond. Les points 1 à 5 peuvent être employés principalement dans les phases enregistrement et mastérisation.

Émissions de radiodiffusion FM

Il y a d'abord les radios qui ajoutent une compression "appropriée" aux enregistrements diffusés en ramenant la dynamique à moins de 40 dB. Bon nombre de radios privées, quant à elles, appliquent généralement des compressions beaucoup plus dures de types 6, 7, ou plus spécifiques ramenant la dynamique autour de 6 à 10 dB pour obtenir la plus grande efficacité du

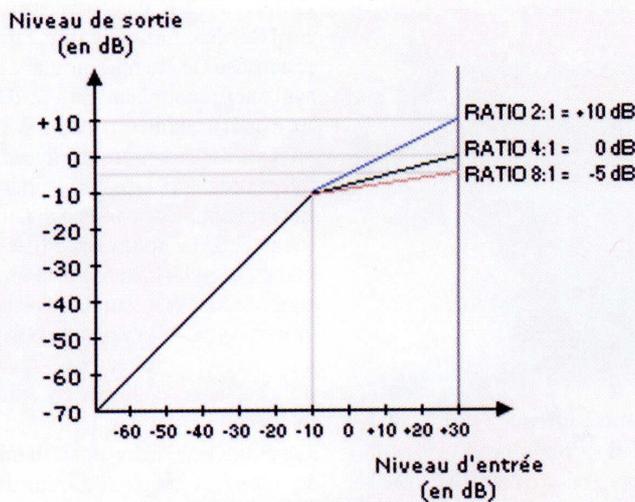


Autres motifs de compression

Côté écoute, on peut déjà prendre en compte l'évolution du seuil d'audition et le durcissement de l'oreille humaine en fonction de l'âge. Ce seuil est de 1 dBA environ à 1000 Hz à 20 ans et de quelque 20 dBA vers 60 ans voire bien avant, avec une perte supplémentaire beaucoup plus importante en fonction de l'augmentation de la fréquence.

La compression des niveaux sonores tend ainsi à uniformiser la perception des timbres, fonction des niveaux perçus et de leurs fréquences (diagrammes de Fletcher et Munson accentués par les effets de la loi Weber - Fechner liés à l'âge de l'auditeur).

D'autres considérations, les plus importantes, concernent les conditions d'écoute. Dans un salon silencieux, jusqu'à 40 dBA en ville, avec un niveau maximum tolérable de 93 dBA (!), il ne reste qu'une cinquantaine de dB de dynamique disponible. Ce n'est guère que dans un studio d'enre-



Courbes de compressions simples pour un threshold fixé à -10 dB

(Source Internet - Université de Montréal)

message sonore en milieu très bruyant. Il ne reste en effet que 10 à 15 dB disponibles par rapport au niveau maximum sonore normalement supportable par les auditeurs. L'aspect "efficacité" de la modulation est très souvent le critère de choix final d'écoute d'une station. Dans ces conditions les messages parlés tendent souvent à ressembler au son des reportages sportifs des années 60 utilisant des micros de type de "moustachophone".

À toutes ces manipulations de dynamique s'ajoutent des égalisations graphiques, paramétriques et autres nouvelles compressions par bandes de fréquences destinées à donner une sonorité caractéristique de chaque chaîne de radiodiffusion.

Expansion des contrastes sonores

L'utilisation des circuits expanseurs de dynamique remonte aux années 30 dans les récepteurs radio ou combinés radio-phonos de luxe comme l'appareil RCA Victor U109.

Cela permettait une "réduction" des bruits de fond de la radio ou de surface des disques 78 tours. Un circuit expanseur intéressant,

convertible en compresseur, datant des années 40 est proposé dans l'ouvrage "Théorie et Pratique de la Radioélectricité" - édition complète de 1951 par M. Lucien Chrétien.

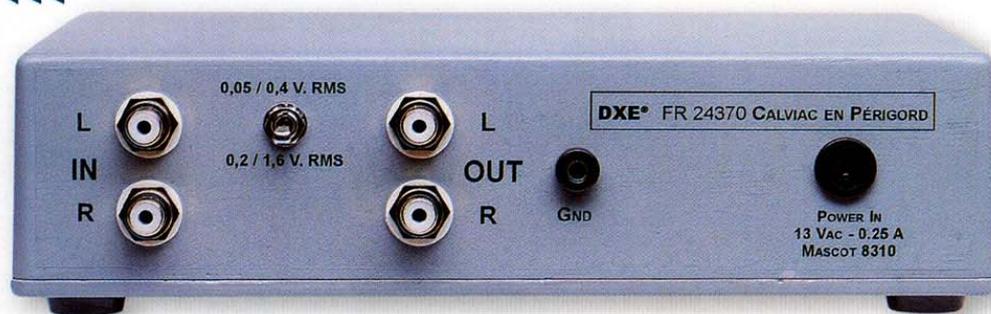
Dans les deux cas, ces circuits sont basés sur l'utilisation du tube octal 6L7, changeur de fréquence de type heptode ou pentagride. Il semble que depuis l'apparition des disques microsillons et de la radio FM, l'expansion de dynamique "domestique" soit tombée dans l'oubli.

Décompression ou ré-expansion - Généralités

En mode compression, le taux d'amplification du circuit considéré diminue jusqu'à devenir négatif en fonction de l'augmentation du signal d'entrée. Il y a donc effet de régulation de niveau très prononcé.

En mode expansion, le taux d'amplification augmente en fonction de l'élévation du signal d'entrée. Le processus n'est soumis à aucun auto contrôle et a naturellement tendance à "sortir du cadre". Il faut donc prévoir un dispositif d'arrêt de l'expansion au-delà de la plage normale d'utilisation.

RÉALISATION PERSONNELLE



Les modes et taux de compression des diverses sources sonores n'étant pas connus et de toute façon très variables, ne facilitent pas le choix de la loi d'expansion qui sera la mieux adaptée. Après de longs essais avec diverses sources de modulations, il a été retenu deux lois d'expansion :

- 1) D'allure linéaire, réglable de 0 à +20 dB pour les radios nationales et autres sources "normalement" enregistrées.
- 2) D'allure exponentielle, réglable de 0 à 20 dB pour les radios utilisant des modes de compressions sévères.

Commandes disponibles sur l'appareil

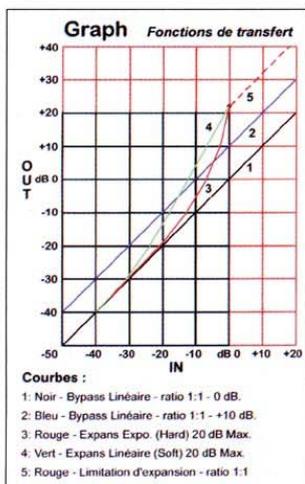
En face avant, de la gauche vers la droite.

- 1) Interrupteur Marche - Arrêt.
- 2) Tumbler 3 positions soit :
- Neutral: Gain fixe (+10 dB)
- Hard: Expansion exponentielle - Soft: Expansion linéaire (il comporte 3 circuits: CT1 - CT2 - CT3).
- 3) Gain: Tarage pleine échelle du galvanomètre (20 dB).
- 4) Taux d'expansion dB/20: Réglage de 0 à 20 dB.
- 5) Galvanomètre de contrôle: Graduation linéaire en dB de 0 à 20.
- 6) LED de contrôle s'éclairant en limite d'expansion.
- 7) Réglage du délai d'attaque de l'expansion.
- 8) Réglage du délai de relâchement.

En face arrière: 1 tumbler, 2 positions de sensibilité d'entrée.

Les fonctions actives spécifiques du circuit de l'expandeur

Les amplificateurs d'expansion utilisés (VCA) sont 2 circuits intégrés hybrides "maison" très performants, référencés EXP20. Ils sont dérivés d'un circuit monolithique et spécialement configurés pour cette application. Ils intègrent plusieurs interconnexions et composants passifs. Ils sont assemblés dans un boîtier spécial avec connexion standard DIL 16 broches dont 6 seulement seront connectées au circuit. La tension de commande d'expansion VC de -30 millivolts par dB est appliquée entre broche 11 et masse. La loi d'expansion est donc exponentielle.



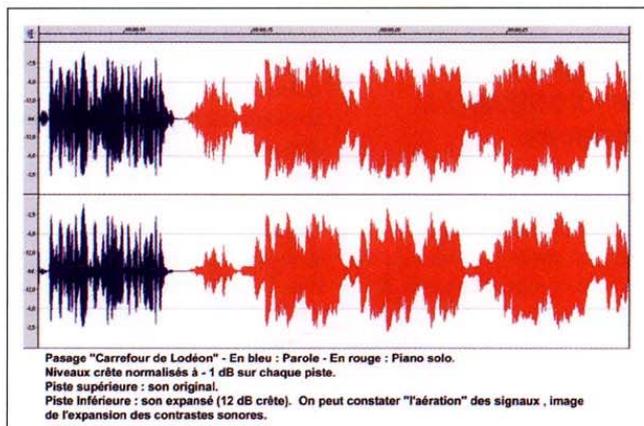
Un autre circuit hybride DIL 14 broches référencé LG58 assure la correction d'amplitude d'allure logarithmique de la tension de commande d'expansion en position "Soft". Ce composant s'auto-alimente à partir de la tension dont il assure la correction.

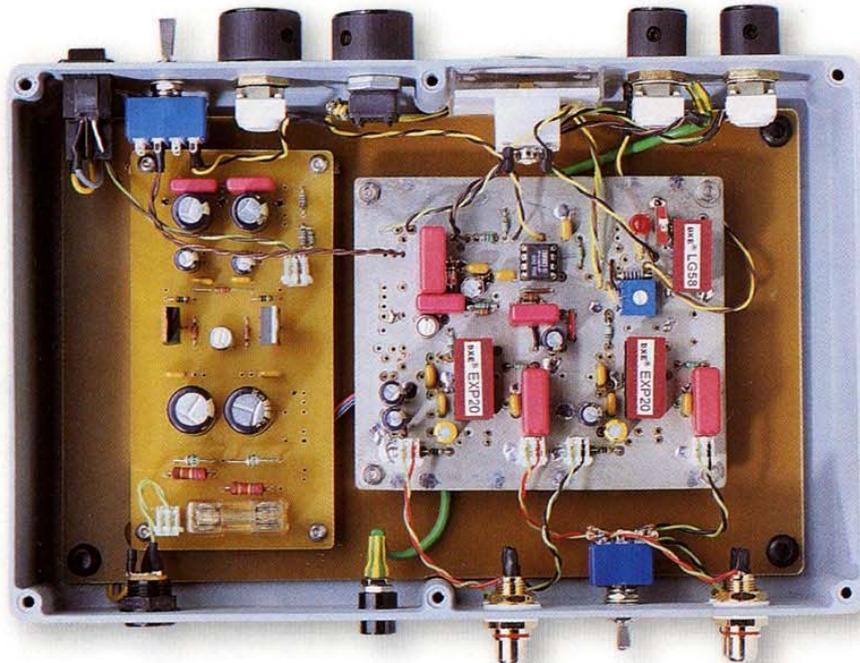
Le circuit

L'arrivée des signaux se fait en In L et In R. La commande d'expansion étant commune aux 2 voies, par la suite, seul le fonctionnement de la voie L (gauche) sera détaillé (la voie droite étant identique à la voie gauche). L'entrée du signal a lieu au travers de R1 schuntée par la résistance de fuite R2 et le condensateur facultatif Cb de 22 à 100 pF. Le circuit intégré EXP20 est attaqué sur la broche 8 par le signal d'entrée, en commande par courant au travers de R7 (entrée directe) augmentée de R3 de 54 k lorsque le signal d'entrée est atténué de 12 dB. Selon les réalisations, les

groupes L et R des composants R1, R2, R3, C6, pourront être montés sur le circuit imprimé ou sur l'interrupteur 2 circuits - 12 dB. Le condensateur C1 de 3,3 MF affecte très peu la transmission des fréquences les plus basses. Il pourrait être remplacé par un condensateur de 33 µF non polarisé Black Gate "BG - N". La tension de sortie est récupérée sur la broche 13 à travers C4 de 47 µF non polarisé "NITAI" ou mieux BG - N 33 de µF comme ci-dessus en série avec R8.

Les points de jonction de C1 et R7 sont reliés aux grilles de 2 Jfets N de type J 309. Les sorties à basse impédance sur les sources des Jfets sont appliquées à travers 2 réseaux C2 + R5 à l'entrée négative de la section A de l'OPA 2604 fonctionnant en étage sommateur et amplificateur. La capacitance de C2 réduit intentionnellement l'amplification aux fréquences les plus basses. Les étages expandeurs doivent obligatoirement être commandés par une tension (enveloppe) correspondant à la somme des signaux Droite plus Gauche pour ne pas altérer la stabilité de l'image stéréo. Dans les deux positions "expansion" de la commutation CT1, la mise en parallèle de PT1 (1M log.) et R15 de 680K en série avec R10 1,5 K permet un réglage du gain variant environ de -15 à +34 dB. La bande passante de l'étage au gain maximum reste supérieure à 30 KHz à -3 dB. En position "Neutral" de CT1





Vue intérieure du prototype.

l'ensemble R10, R15 et PT1 est court-circuité supprimant toute amplification. A nouveau en position expansion, la tension amplifiée à la sortie de la section A de l'OPA2604 est redressée par la diode au germanium à faible tension de seuil de type AA119. La résistance R11, le potentiomètre PT3 et le condensateur C6 définissent une constante de temps ajustable d'environ 5 à 22 millisecondes déterminant le délai d'attaque. La tension redressée et ainsi filtrée est négative par rapport à la masse.

Le condensateur C5 dérive les composantes à fréquences élevées. L'ensemble R12 + PT4 permet le réglage du délai de relâchement entre environ 150 mS et 1,7 seconde.

Cette composante négative est appliquée à l'entrée + de la section B de l'OPA 2604. Elle est appliquée à la broche d'entrée 1 du correcteur d'amplitude LG58. La sortie sur sa broche 13 est limitée à -3,3 Volts par 2 leds rouges faible consommation montées en série. La led reliée à la masse est placée en façade. Elle indique le maximum possible d'expansion de 20 dB lorsqu'elle se trouve juste en dessous du seuil d'éclairnement. Lorsqu'elle est éclairée, l'expansion maximale possible atteint 22 dB. Lorsque CT3, par ailleurs couplé à CT1/CT2, est ouvert (position médiane Hard) le LG58 amène une réduction linéaire de la commande d'expansion. Cela se traduit par une expansion exponentielle (pour modulation très

compressée). Lorsque cet interrupteur est fermé (position haute Soft), la tension subit une correction d'allure logarithmique. Cela se traduit dans ce second cas par une expansion linéaire au vu de la caractéristique d'expansion exponentielle des EXP20 comme mentionné plus haut (pour radios publiques ou autres sources musicales ayant subi quelque compression). La tension de commande VC, corrigée ou non, récupérée sur la broche 13 du LG58 est transmise à travers le galvanomètre G et son trimmer de tarage TR2 puis TR3 vers l'ensemble PT2 + TR4. La résistance totale de PT2 et TR4 doit préalablement être tarée à exactement 2K par l'intermédiaire de TR4. La tension d'expansion prise sur le curseur de PT2 est envoyée vers les entrées de contrôle VC (Broches 11) des EXP20 via de 2 résistances R6 de 0,47 K découplées par 2 condensateurs Cd de 1µF. Cette disposition améliore le filtrage de la tension de contrôle sans influence notable sur les constantes de temps Attack et Release. La tension de commande VC, appliquée aux broches 11, varie entre 0 et - 0,6 volts pour 20 dB et - 0,66 V. pour une limitation totale à 22 dB. Dans la position "Neutral", provenant du curseur de TR1, une tension négative est appliquée à l'entrée + de la section B de l'OPA2604. Cette tension sera réglée pour une déviation à mi-échelle du galvanomètre G (10 dB). Cette disposition évite des sautes de volume trop importantes en passant de non expansion à expansion.

obtenir - 3 V. Ne plus y toucher. Amener par l'intermédiaire de TR3 la tension au point "chaud" de PT2 à - 0,6 V. Régler l'indication du galvanomètre G à sa déviation pleine échelle avec TR2. Retoucher éventuellement TR3 puis TR2 pour satisfaire à ces deux derniers points. Mettre ensuite le tumbler expansion en position basse (Neutral). Amener l'aiguille du galvanomètre à mi-échelle avec le trimmer TR1 (10 dB). L'étalonnage du galvanomètre doit être fait dans tous les cas dans sa position d'utilisation. L'échelle logarithmique d'origine en dB aura de préférence préalablement été remplacée par une échelle linéaire de 0 à 20 dB. Si l'on ne possède pas de générateur BF, on pourra connecter un tuner FM réglé sur une station délivrant une modulation dense. Réglage "Attack" au minimum et "Release" au maximum. Procéder aux réglages comme ci-dessus.

Préambule à la mise en oeuvre

Un signal d'entrée de 0,5 V. après expansion de 20 dB se retrouvera en sortie avec un niveau de 5 V ! Toutefois la saturation n'intervient que vers 10 V. RMS. L'utilisation de ce type d'appareil n'étant pas habituelle, voici la liste des opérations à effectuer avant la première utilisation.

Préréglages:

- 1) Tumbler de sensibilité (face arrière) positionné sur la tension d'entrée la plus élevée.
- 2) Connecter l'appareil entre source ou sortie préampli et entrée ampli.
- 3) Tumbler expansion vers le haut (Soft).
- 4) Potentiomètre "gain" au minimum.
- 5) Potentiomètre Expans. dB/20 au minimum.
- 6) "Attack" et "Release" à mi-course.
- 7) Mettre l'appareil en service avec l'inter M/A.

- 8) Pousser le "Gain" jusqu'à l'obtention de 20 dB sur le galvanomètre avant le début d'illumination de la led 20 dB. Ce réglage pourra être repris plusieurs fois en fonction de la modulation. S'il est nécessaire de pousser le gain pratiquement à fond; il y a lieu de positionner le tumbler de sensibilité sur la tension d'entrée la plus faible.
- 9) Mettre le tumbler expansion sur la position basse (Neutral).
- 10) Régler le potentiomètre Expans. sur 10 dB.
- 11) Régler le niveau sonore de l'installation au niveau habituel.
- 12) Passer ensuite en Expans. Soft (haut).
On constate que les niveaux bas sont diminués, par contre les niveaux hauts sont relevés. C'est l'expansion de dynamique !

Dans ces conditions, l'amplification est de 5 dB (moitié de 10 dB) en position Neutral et de 10 dB (moitié de 20) en position expansion; c'est-à-dire de - 5 à + 5 dB. Le niveau d'expansion le plus intéressant se situe le plus souvent entre 10 et 15 dB pour les radios modérément compressées et autour de 10 dB pour les autres sources. Les réglages Attack et Release à mi-course pour les morceaux de musique "déliés" et au minimum pour les musiques plus "compactes". Pour l'écoute des radios très compressées, on se mettra de préférence en position centrale "Hard" du sélecteur d'expansion. La "demande" d'expansion pourra aller jusqu'à 20 dB; les réglages Attack et Release généralement positionnés au minimum vu l'aspect généralement très compact de la modulation. En position Hard il y a lieu de réduire le "Gain" pour éviter l'illumination de la led 20 dB.

En conclusion

Si l'usage de la compression est d'une façon générale indispensable, son utilisation en cascade, combinée avec d'autres effets en usage dans nombre de radios pri-

COMPOSANTS ET FOURNISSEURS :

● RÉSISTANCES :

0,5 W couche métal 1% 50 ppm
Série E 12 - Type MRS25 Philips (Farnell - DXE)
ou qualité équivalente. A défaut valeurs E 96
immédiatement supérieures.
Résistances 2,7 Ω - 1 W sur alim.

● POTENTIOMETRE :

PT1 log. carbone ou Cermet P11
PT2 - 3 et 4 : lin. Carbone ou Cermet P11

● TRIMMERS :

TR1 - 2 - 3 - 4 Cermet mono tour 6,35 mm

● TUMBLER :

CT1 - 2 - 3 - 4 miniature 3 circuits 3 positions
(marche/arrêt/marche).

● CONDENSATEURS FILMS :

C1 - C2 - C5 - C6 :
Wima MKS4 63 V. ou équivalent.

● CONDENSATEURS DE DÉCOUPLAGE Cd :

1 μ F céramique
50/100 V. - pas 5,08.
Cb : 22 à 82 pF (facultatifs).

● CONDENSATEURS CHIMIQUES TOUTES VALEURS :

Tension 25 V. - Très faible impédance (Farnell - Radiospares)
C4 : 33 ou 47 μ F non polarisés 16 V. ou Black Gate type
"BG-N" 33 μ F (Selectronic).

● COMPOSANTS SPÉCIAUX :

Circuits hybrides - EXP20 - LG58 - Circuits Imprimés (DXE).
Transfo Mascot 8310/13 VAC/3,5VA code 281.3634 (Radiospares - DXE).
Galvanomètre C360 VU - 20 + 6 dB log code 348.8425 (Radiospares - DXE).
Galvanomètre C360 VU avec échelle 0 - 20 dB linéaire (DXE).
Leds Rouges 2 mA : code 180.8495 (Radiospares - DXE).

● INFOS FOURNISSEURS :

Farnell - Radiospares : Pour clients en compte.
Selectronic Paris/Lille.
St Quentin Radio - Paris 10^{ème} - SN Radio Prim - Paris 10^{ème}.

vées, répond surtout à des notions prioritaires d'efficacité. Les considérations de fidélité musicale et de réalisme sonore ne sont pas placées au premier plan.

Après une petite prise en main et en l'utilisant avec discernement, l'expanseur de dynamique présenté ici se révèle très performant. S'il parvient à redonner du relief à des modulations "maltraitées", c'est avec les radios peu compressées qu'il exprime pleinement ses possibilités: il permet de redonner aux commentaires et aux dialogues tout leur naturel et leur spontanéité, notamment en restituant les différences de niveaux entre les interlocuteurs. La musique, quant à elle, devient

plus expressive et offre une plus grande richesse de timbres. Ainsi, les CD's de Mark Curry (It's only time) et de Christian Mc Bride (Gettin' to it), bien connus des lecteurs de la RDS et HC pour leurs qualités, gagnent encore en contrastes et en expressivité, offrant un résultat d'écoute surprenant de réalisme. C'est lorsque l'on supprime la fonction d'expansion que l'on prend pleinement conscience de l'efficacité et des effets bénéfiques de l'expanseur !

Hubert et Julien Dalix - DXE

<http://www.dalixaudio.com>
Email : expanseur@dalixaudio.com