

testeur audio bon marché

Avec logiciel sur PC et interface audio USB

Alfred Rosenkranzer (Allemagne)

L'équipement professionnel pour caractériser et développer un appareil audio est généralement hors de portée d'un laboratoire amateur. Un logiciel de mesure et une interface audio de haute qualité peuvent toutefois être relativement bon marché. Associés à un PC, ils peuvent fournir une solution plus qu'adéquate pour les mesures sur les appareils Hi-Fi et autres matériels audio. Cet article examine en détail une solution pratique.

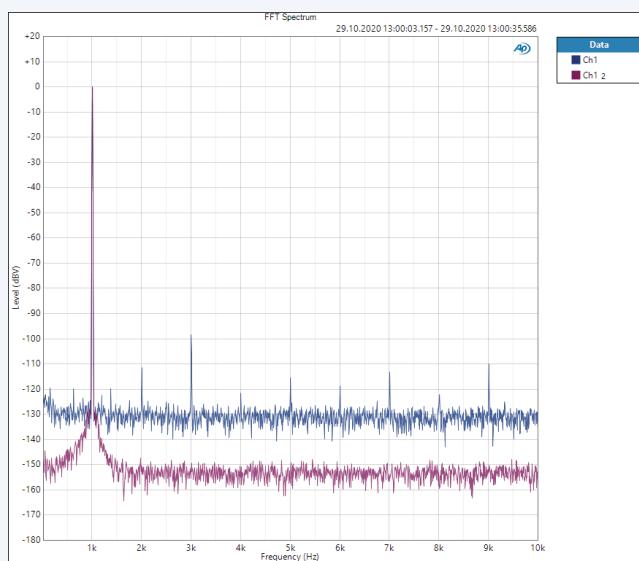


Figure 1. Spectre d'une onde sinusoïdale à 1 kHz, 1 V_{eff} (0 dBV), produite et mesurée avec l'Audio Precision APx555.

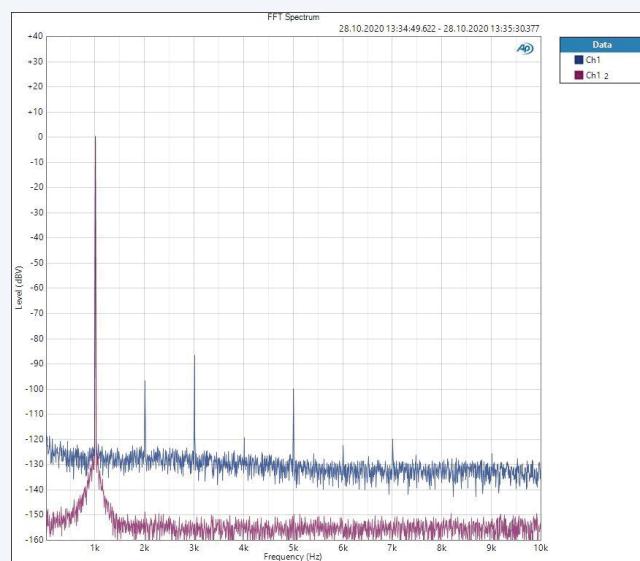


Figure 2. Comparez avec la figure 1. Spectre d'une onde sinusoïdale, 1 kHz, 1 V_{eff} avec le Steinberg UR22.

Je suis resté plus de 20 ans chez un concepteur high-tech, entouré d'équipements de test et de mesure de pointe, notamment pour l'audio. Toutefois cette période a pris fin d'un coup et réaliser rapidement un essai ou des mesures est devenu hors de portée immédiate : j'étais séparé du matériel professionnel auquel j'étais habitué, non seulement par la distance entre mon domicile et mon lieu

de travail, mais aussi par les effets du coronavirus. De là est née cette envie de réaliser un projet tel que celui-ci.

Considérations

Une recherche d'appareils de test professionnels d'occasion sur eBay m'a vite appris la triste réalité : les appareils de plus de dix ans, sans SAV du fabricant depuis longtemps,

valent plus de 1 000 €. Les appareils neufs dotés de caractéristiques professionnelles démarrent à un peu moins de 10 000 €, c'est hors de proportion par rapport à ce que je veux en faire. J'ai donc dû essayer de trouver une solution différente, et surtout plus abordable.

En général les équipements de test professionnels de ce début de 3^e millénaire ne sont



Figure 3. Face avant de l'UR22C de Steinberg.

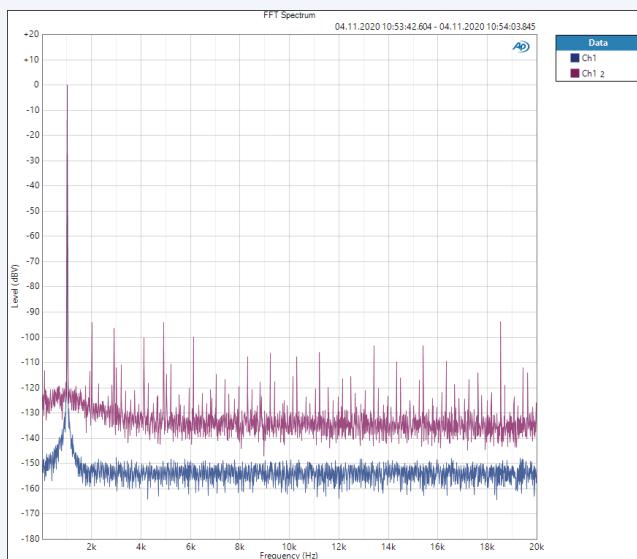


Figure 4. Comparez avec les figures 1 et 2. Spectre d'une onde sinusoïdale, 1 kHz, 1 V_{eff} en utilisant le Steinberg UR22C.

qu'une boîte noire, sans commande manuelle. Un logiciel fonctionnant sur PC commande ladite boîte et traite les résultats. Pourquoi devrait-il en être autrement pour les amateurs ? J'ai donc d'abord cherché un logiciel approprié pour effectuer des mesures audio. Un tel logiciel doit fonctionner à la fois avec le matériel intégré au PC et avec du matériel externe connecté par USB. Il doit

pouvoir mesurer la distorsion harmonique totale (THD), le rapport signal/bruit (SNR) et la réponse en fréquence. De plus, la partie « générateur de signaux » du système doit au minimum produire des signaux sinusoïdaux, carrés et de bruit. La sortie sinusoïdale doit pouvoir être balayée en fréquence. Sans être indispensables, d'autres formes d'onde (triangle, impulsions) sont d'un certain

confort. Ces options sont simples à mettre en œuvre par logiciel et n'ajoutent que peu à sa complexité et à son coût.

Le logiciel doit être capable d'acquérir un signal sur l'entrée audio et de l'afficher. La gamme de fréquences doit couvrir au moins la bande audio de 20 Hz à 20 kHz, mais une bande plus large est souhaitable. La numérisation doit être possible à des fréquences d'échantillonnage de 44,1 kHz, 48 kHz et leurs multiples jusqu'à 192 kHz au moins.

Logiciel

Pendant mes recherches, le progiciel AudioTester V3.0 m'a attiré l'œil. Il fonctionne sous Windows XP et versions ultérieures, et peut être téléchargé gratuitement [1] avec un manuel disponible en anglais et en allemand. Pendant un mois, la version d'essai gratuite offre toutes les fonctions du logiciel payant. La seule restriction est que la mesure s'arrête au bout de dix minutes. Pour continuer, il faut redémarrer le logiciel. Comme les derniers réglages sont enregistrés, il reprend immédiatement là où il s'est arrêté.

La licence est au prix modique de 39 €. Après quelques jours d'expérimentation, j'ai acheté une licence auprès du développeur et reçu un fichier de clé de déverrouillage. À ce stade, ma recherche d'un logiciel approprié était terminée. Peut-être trouverez-vous d'autres programmes appropriés ? Si oui, n'hésitez pas à me contacter par courriel.

Matériel

Pour mes premiers essais, j'ai utilisé le matériel audio interne de mon PC en boucle : j'ai connecté un simple câble mini-jack entre la sortie audio et l'entrée ligne (et non l'entrée micro). Comme j'utilisais le circuit audio intégré à la carte mère du PC, mes attentes n'étaient pas très élevées. Les résultats, n'étaient pas trop mauvais, bien qu'insuffisants pour mes besoins.

J'ai ensuite commencé à chercher une interface audio externe de meilleure qualité avec une liaison USB. Je voulais un appareil doté de connecteurs *XLR* pour les signaux différentiels (« équilibrés ») et de prises *phono* ou *jack* pour les signaux asymétriques (référencés à la masse). Les connecteurs *BNC* que l'on trouve d'ordinaire en instrumentation sont rares sur ce type d'interface. Ce n'est toutefois pas bloquant, car des adaptateurs appropriés existent. Une sortie casque permet de vérifier facilement le signal audio. Il faut pouvoir commander les niveaux d'entrée et de sortie soit sur l'interface elle-même, soit au minimum par le logiciel qui l'accompagne. C'est là que l'on voit d'emblée le plus gros inconvénient de ce type de solution par rapport à des matériels professionnels, dont les niveaux d'entrée et de sortie sont calibrés en *V* ou en *dBV*. Si nous définissons un niveau donné dans le logiciel, c'est ce niveau qui sort du générateur. Le logiciel pilote l'appareil pour produire le niveau souhaité avec la meilleure qualité possible. L'entrée peut être configurée soit automatiquement, soit en fonction du niveau d'entrée attendu.

Niveaux

Le logiciel *AudioTester* permet de régler le niveau de sortie en *dBFS* (dB full scale), c'est-à-dire en décibels par rapport au niveau de sortie maximal du *CN/A*. Le niveau réel en sortie d'interface doit ensuite être réglé soit sur l'interface même, soit à l'aide du logiciel qui l'accompagne. Cela implique un moyen



Figure 5. RME Babyface Pro (Photo : RME).

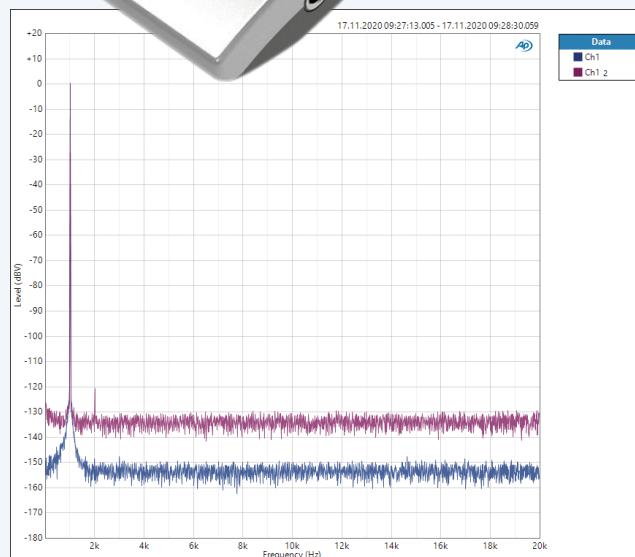


Figure 6. Comparez avec les figures 1, 2 et 3. Spectre d'une onde sinusoïdale à 1 kHz, 1 V_{eff} en utilisant le RME Baby Face Pro.

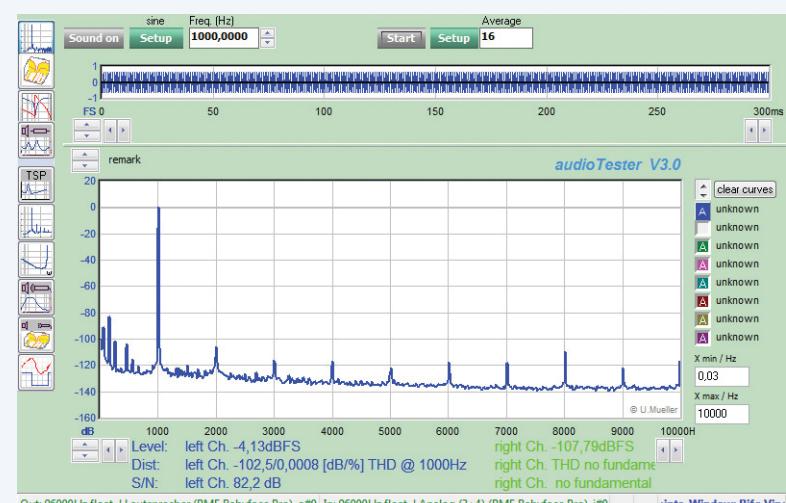


Figure 7. Onde sinusoïdale à 1 kHz, 1 V_{eff} générée par l'APx555, mesurée par le logiciel AudioTester, via l'entrée de l'interface RME. Vers le haut de la fenêtre se trouve l'indicateur de niveau de commande pour le *CA/N*.

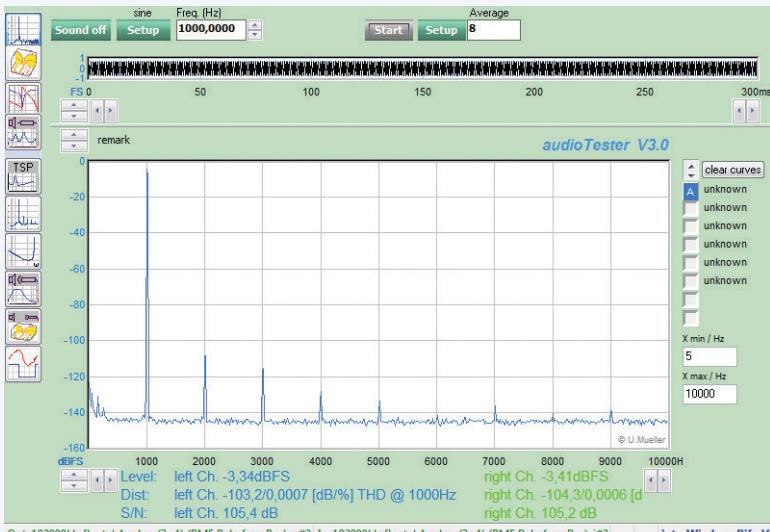


Figure 8. Bouclage du RME Babyface Pro à 192 kiloéch/s.

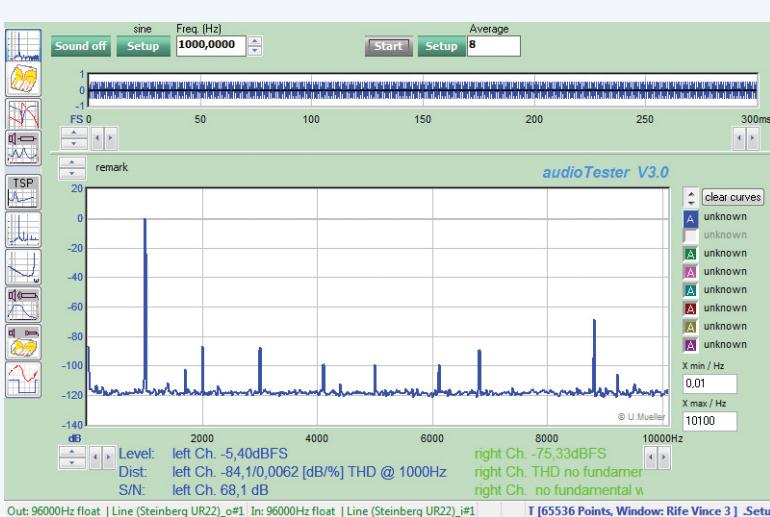


Figure 9. Bouclage du Steinberg UR22 à 48 kiloéch/s.

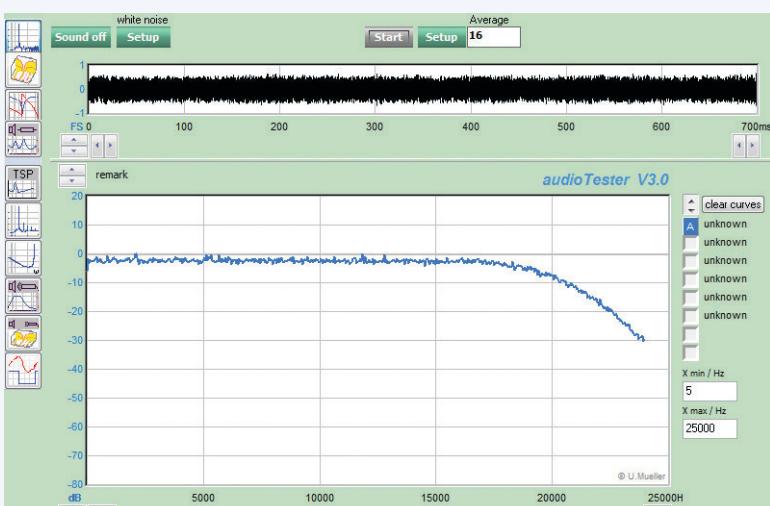


Figure 10. Réponse en fréquence du RME Babyface Pro à 48 kiloéch/s.

de mesurer le niveau en externe (par ex. avec un oscilloscope). Malheureusement, le logiciel AudioTester ne peut pas régler le gain de sortie de l'interface.

Cette difficulté affecte également l'entrée. En haut de la fenêtre, une sorte d'indicateur montre le niveau de commande du CA/N. En ajustant le gain sur l'interface ou dans son logiciel, on peut s'assurer que le CA/N reçoit assez de signal, mais ne sature pas.

Générateurs de signaux

J'ai d'abord mesuré la sortie de la carte son interne avec un instrument professionnel (un *Audio Precision APx555*). La **figure 1** montre en violet la sortie de l'APx555 : on ne voit pas d'harmoniques et le plancher de bruit est à environ -150 dBV. Le graphique bleu montre la sortie de la carte son. L'harmonique la plus forte est à 3 kHz avec une amplitude de -98 dBV. Le plancher de bruit est environ 20 dB au-dessus de celui de l'APx555. Ces résultats sont remarquables pour une carte son interne.

Cette affirmation est particulièrement vraie par comparaison avec l'interface externe *UR22* de *Steinberg*. Comme le montre la **figure 2**, l'harmonique à 3 kHz de cet appareil a une amplitude plus élevée, à -87 dBV.

J'ai emprunté la version la plus récente de cette interface, l'*UR22C*, pour refaire une comparaison. La **figure 3** montre sa face avant et les résultats de la mesure peuvent être admirés à la **figure 4**. Le motif d'harmoniques observé dépend de la fréquence d'échantillonnage choisie pour le CA/N. D'autres essais, notamment sur une interface *Zoom R16*, ont donné des spectres similaires.

La principale conclusion qui s'en dégage est que les résultats des interfaces externes ne sont pas vraiment convaincants. J'ai donc consulté des amis techniciens et ils m'ont recommandé la *RME Babyface Pro FS* [2]. L'appareil de Steinberg coûte environ 150 €. L'interface RME est beaucoup plus chère, à 709 €. La **figure 5** montre l'apparence de cette interface ; pour de plus amples informations, voir par ex. le site web de *Thomann* [3]. La **figure 6** montre ce que vous obtenez pour votre argent : la deuxième harmonique est à -120 dBV ! À un niveau de sortie réduit de 0,25 V_{eff}, elle disparaît dans le bruit.

Entrées audio

La 2^e étape a consisté à relier les sorties de haute qualité de l'APx555 aux entrées audio de l'interface RME, en affichant le résultat à l'aide d'AudioTester (fig. 7). Les spectres obtenus par le même test sur la carte son interne et sur l'interface Steinberg sont moins bons et ne sont pas illustrés ici.

Ensuite, quelques mesures en bouclage entre sorties et entrées ont été effectuées sur la même interface. Voici le résultat des deux interfaces : Babyface de RME (fig. 8) et UR22 de Steinberg (fig. 9). Par souci d'équité, il faut noter que les spectres sont liés à la fréquence d'échantillonnage et au niveau de commande du CA/N, mais une chose reste constante : l'interface RME est plus performante dans tous les cas.

Pour tester la réponse en fréquence, on peut soit utiliser un signal de bruit blanc et examiner le spectre résultant, soit utiliser un balayage de fréquence sinusoïdal. Les figures 10, 11 et 12 montrent la réponse de l'interface RME à des taux d'échantillonnage de 48, 96 et 192 kHz (toutes mesures en bruit blanc). Sur la figure 12, nous voyons que la réponse est plate jusqu'à environ 90 kHz, nous pouvons donc faire des mesures bien au-delà de la gamme audio normale.

Procédure

L'interface RME peut être en partie pilotée à l'aide de ses boutons et de sa commande rotative. Malheureusement, cela ne permet pas d'activer l'alimentation fantôme de 48 V ni l'atténuateur des entrées.

Pour un contrôle total de l'interface, il faut installer le logiciel *RME TotalMix*. Ce logiciel se lance automatiquement à la connexion de l'interface au PC. Il permet de régler les niveaux, mais comprend également un égaliseur paramétrique et d'autres fonctions. Il est essentiel de lire le manuel, et sur YouTube, il y a un certain nombre de vidéos expliquant les finesse de l'interface.

La figure 13 montre l'interface utilisateur du logiciel RME. La fenêtre de la figure 14 permet de configurer les paramètres de

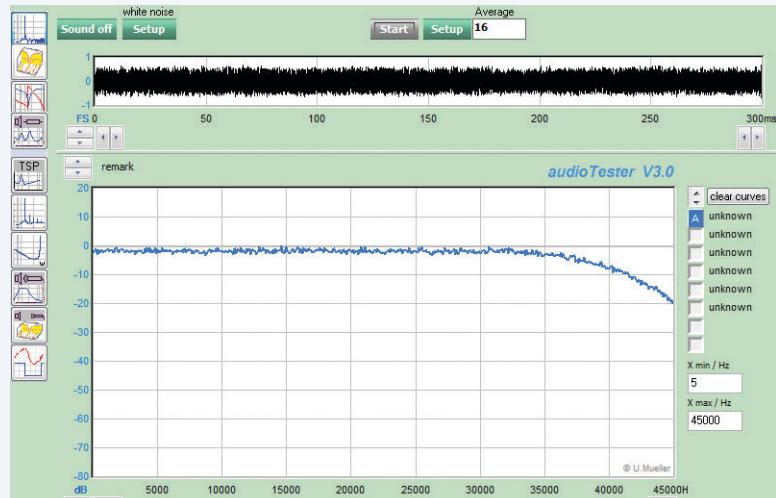


Figure 11. Réponse en fréquence du RME Babyface Pro à 96 kiloéch/s.



Figure 12. Réponse en fréquence du RME Babyface Pro à 192 kiloéch/s.

base comme l'entrée, la fréquence d'échantillonnage, etc. Cette dernière valeur doit être la même que celle configurée dans le logiciel AudioTester, sous peine d'erreurs ou éventuellement de bruits indésirables apparaissant dans le spectre.

L'interface RME peut s'alimenter par USB ou à l'aide d'un adaptateur externe fournissant 12 V. La consommation sur USB étant d'environ 500 mA, l'utilisation d'une alimentation externe est recommandée avec un ordinateur portable pour la charge sur la connexion USB.



Figure 13. Capture d'écran de l'interface utilisateur du logiciel RME Babyface Pro.

Avec une alimentation externe à découpage, vérifiez que la fréquence de commutation est au-delà de la gamme audio.

Utilisation du logiciel Audio Tester

Une fois le logiciel installé et lancé, sélectionner le 1^{er} mode 2D FFT de mesure (bouton du haut de la barre verticale d'icônes de mesure à gauche de l'écran). L'écran devrait ressembler à la figure 8. La rubrique de menu *Options* permet de sélectionner l'interface à utiliser pour l'entrée et la sortie. Si la carte son interne du PC n'apparaît pas, tentez de brancher des câbles dans les prises correspondantes. Si plusieurs interfaces sont disponibles, on peut en choisir deux différentes pour l'entrée et la sortie.

Enfin, *Options* permet, par ex., de configurer la fréquence d'échantillonnage et le nombre de canaux d'entrée et de sortie. Le bouton *Setup*, juste à droite de *Sound on*, permet de choisir la forme d'onde, le niveau d'attaque du CN/A, la fréquence et, selon le cas, d'autres paramètres. *Sound on* active la sortie. Le

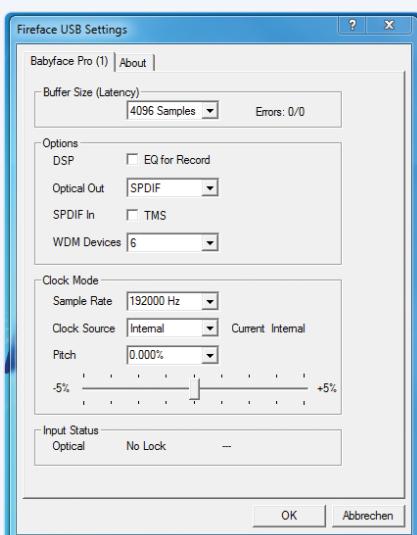


Figure 14. Paramètres de base du RME Babyface Pro.



Figure 15. Réponses d'un filtre passe-bas 1,2 kHz et d'un filtre passe-haut 2 kHz (filtres de Butterworth), échelle log. de fréquence.

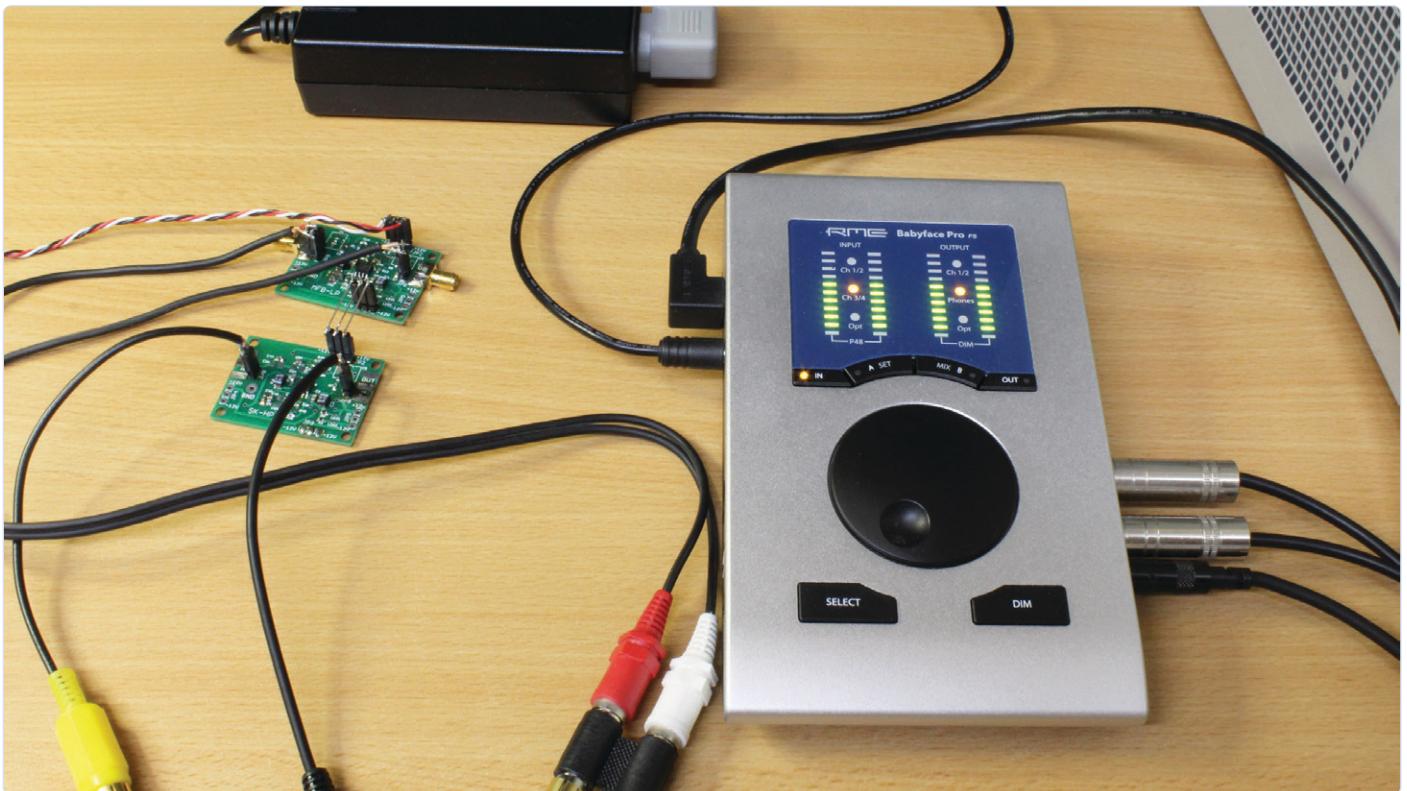


Figure 16. Configuration de test utilisant l'interface RME avec une alimentation externe de 12 V et les deux cartes filtres.

niveau de sortie peut alors être vérifié à l'aide d'un oscilloscope et les niveaux sur l'interface ajustés à volonté.

Le bouton *Start* démarre une mesure. Le bouton *Setup* adjacent permet de choisir une fonction de fenêtre et une longueur de FFT. En augmentant *Averages* (Moyennes), le bruit diminue, mais le temps de mesure augmente. La boîte *Analyze Dialog*, sous *Analyze*, permet de configurer des mesures automatiques. On peut par ex. définir le nombre d'harmoniques pris en compte dans le calcul du THD. Les résultats de mesure sont affichés sous le graphique.

Je n'aborderai pas ici le 2^e mode *Courbes FFT 3D*. Le 3^e mode permet d'activer les *Mesures en balayage* (par ex. pour mesurer la réponse en fréquence), les paramètres étant configu-

rés sous *Setup*. Un clic droit sur le graphique permet de modifier l'affichage.

La **figure 15** illustre cette possibilité. Elle montre la réponse en fréquence de deux filtres de Butterworth (passe-bas 1,2 kHz et passe-haut 2 kHz). La **figure 16** montre le montage matériel. On utilise les connexions asymétriques du côté droit de l'interface RME. Le 4^e mode, *Courbes d'impédance*, permet d'afficher l'impédance en fonction de la fréquence, par ex. d'un haut-parleur avec ou sans circuit de filtrage. Les résonances apparaissent très clairement. Pour une telle mesure, il faut bien sûr un amplificateur de puissance, avec ses deux entrées connectées, pour piloter le HP, ainsi qu'une résistance de puissance, selon le schéma de la documentation.

Le 5^e mode *Calcul des paramètres de Thiele/*

petits ne sera pas abordé ici. Le 6^e mode, *Distorsion/fréquence*, affiche la courbe de la distorsion en fonction de la fréquence.

Le 7^e mode *Distorsion/amplitude* affiche la courbe de la distorsion en fonction de l'amplitude. Ici, il faut noter que le logiciel *AudioTester* ne peut contrôler que le niveau de pilotage du CN/A ; il n'a pas accès au contrôle de niveau de l'interface audio. Par conséquent, à faible niveau, la résolution numérique sera réduite, ce qui augmente la distorsion. Avant d'effectuer des mesures sur un circuit, il faut tester le comportement du système en bouclant. On peut aussi régler le niveau manuellement dans l'interface et maintenir constant le niveau de commande numérique du CN/A. Outre l'absence de niveaux de sortie absolus bien définis, l'interface audio omet également

LIENS

- [1] Logiciel *AudioTester* : <http://www.audiotester.de>
- [2] Interface audio : <https://www.rme-audio.de/babyface-pro-fs.html>
- [3] Informations sur l'interface RME : https://www.thomann.de/gb/rme_babyface_pro_fs.htm

un élément important que la plupart des instruments professionnels comprennent : un filtre coupe-bande réglable. Celui-ci permet d'atténuer la fondamentale d'un signal et ainsi d'analyser les autres parties du signal (harmoniques, tonalités non harmoniques et bruit) avec une meilleure précision. Il permet aussi de réduire les harmoniques produites par le CA/N lui-même lorsqu'il est piloté à un niveau élevé. Un filtre coupe-bande externe peut être ajouté si ces avantages sont importants dans votre application.

Dans le cadre de cet article, il est bien sûr impossible de faire plus qu'effleurer les capacités du logiciel AudioTester. Pour en savoir plus, vous pouvez expérimenter ou vous plonger dans la documentation. Vous pouvez d'ailleurs essayer ce dont vous avez besoin pendant un mois. La licence est de toute façon d'un prix modique, il n'y a donc rien à perdre.

Caractéristiques des mesures

Le logiciel AudioTester V3.0 offre toutes les fonctions de mesure dont j'ai besoin, plus

À propos de l'auteur

Alfred Rosenkränzer a travaillé de nombreuses années comme ingénieur concepteur, à l'origine dans les techniques de la télévision professionnelle. Depuis la fin des années 1990, il développe des circuits numériques et analogiques à haut débit pour les testeurs de circuits intégrés. Les techniques audio sont sa passion privée.

Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (alfred_rosenkraenzer@gmx.de) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



PRODUITS

- **Compilation d'articles « The Complete Linear Audio Library » (clé USB, en anglais)**
www.elektor.fr/19672
- **Livre « Designing Audio Power Amplifiers » (2^e édition, en anglais)**
www.elektor.fr/19150

200604-04

- Publicité

KURTH
ELECTRONIC



La société Kurth Electronic GmbH, fondée en 1977 dans le sud de l'Allemagne, est depuis plus de 40 ans un synonyme de technique de mesurer et de tester professionnellement, 100% made in Germany! Dans le monde entier, les opérateurs de réseaux, les entreprises spécialisées et les entreprises d'installation des secteurs des télécommunications, de la technique des réseaux de données et de l'électricité font confiance à nos produits de haute qualité. Notre mission est de simplifier le travail quotidien des utilisateurs et de le rendre plus efficace grâce à l'utilisation de nos appareils. Nos 6 groupes de produits comprennent

des solutions pour la localisation de câbles et de lignes dans presque tous les types d'installation, des instruments pour les réseaux locaux de données (LAN), des instruments de haute qualité pour l'analyse des défauts de câbles et la qualification des lignes ainsi que des plateformes de mesure pour les réseaux à large bande sur la base du cuivre (xDSL), de la fibre optique (xPON/ETH P2P) ou sans fil (WiFi), y compris les services triple-play.

Visitez notre site en web www.kurthelectronic.de, nos canaux de médias sociaux et prenez contact avec nous!

