

Henri d'ARMANCOURT
Ecole Nationale Supérieure Louis Lumière 2011
Promotion SON-2011



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Étude qualitative et perceptive de préamplificateurs audio

Directeur Interne : Philippe SIMONET
Directeur Externe : Antoine MALNATI (Areitec)
Rapporteur : Laurent MILLOT



Résumé

Ce mémoire est une étude sur la qualité métrologique et perçue des préamplificateurs audio. Dans la chaîne audio, le préamplificateur intervient juste après le microphone et serait d'une importance capitale dans la couleur du son et l'orientation esthétique d'un projet audio.

Au terme de mesures objectives et de tests perceptifs (subjectifs) sur une population d'ingénieurs du son, nous tenterons de voir si cette hypothèse est justifiée ou non. À la suite de ces études, nous avons l'intention d'émettre des propositions pour un meilleur préamplificateur théorique, puis pour le préamplificateur favori des ingénieurs du son. Pour finir, nous essayerons de voir quels sont les liens entre ces deux résultats et s'ils sont probants.

Abstract

This dissertation is a study on the metrological and perceptive quality of audio preamplifiers. In the audio chain, the preamplifier comes right after the microphone and is supposed to have a significant importance in the color of the sound and the esthetic orientation of an audio project.

After achieving objective measures and perceptive tests on a population of sound engineers, we will attempt to see if that statement is justified or not. In the end of these studies, one of our goals is to be able to give the best theoretical preamplifier, then the one sound engineers like the most. In the end, we will try to see what are the bounds between these two results and if they likely to mean anything.

Introduction

Quelque soit le support d'enregistrement (analogique ou numérique), lors de l'utilisation d'un microphone classique, nous aurons toujours à faire à une partie analogique dans le traitement du signal : avec les préamplificateurs – plus communément appelés *préamps* ou *préamplis*. Or cet étage serait d'une importance capitale dans la qualité du son et de sa coloration. Il interviendrait d'un point de vue purement technologique mais aurait aussi une incidence esthétique sur l'enregistrement.

D'un côté, nous avons des constructeurs qui fournissent des caractéristiques techniques (normes). De l'autre côté, l'usage a montré que certains préamplis sont plus appréciés. Il est clair qu'on ne choisit pas un préamplificateur ou même un micro en fonction de sa fiche technique. Les tests constructeurs sont faits dans un environnement contrôlé (chambre anéchoïque) alors que l'utilisation réelle de ces outils (préamplificateurs, microphones) est toujours en milieu non réverbéré : studio d'enregistrement, scène, tournage, dans la nature. Pour autant, on n'arrive jamais à établir de corrélation entre les paramètres objectifs et subjectifs. Des publications manquent à ce sujet et le choix d'un préamplificateur se repose rapidement sur la réputation du constructeur ou sur des caractéristiques techniques qui n'ont pas de corrélation avec la qualité sonore perçue.

Dès lors, quelles sont les caractéristiques qui pourraient guider le choix d'un préamplificateur ? Y a-t-il une différence audible entre des préamplificateurs de marque réputé *haut de gamme* et ceux dit *moyen de gamme*, voir *bas de gamme* ? Si c'est le cas, cette différence est-elle quantifiable ?

Dans ce contexte, il semblait intéressant d'aborder ce sujet le plus objectivement possible, en tentant de répondre à la question "*perçoit-on des différences entre deux signaux préamplifiés par deux systèmes que parfois tout oppose ?*" : technologie (lampe, transistor), prix (bas de gamme, haut de gamme), réputation (fabriqué main aux USA ou à la chaîne en Chine). Dans ce cas, la perception auditive omet toute notion d'objectivité, car l'écoute contient indubitablement une part subjective, notamment culturelle et d'expérience de l'ingénieur du son.

Devant la complexité du système auditif humain et son irréductibilité à des lois simples, il est intéressant de se pencher sur l'intérêt que présente tel ou tel préamplificateur sur la perception en fonction de la source enregistrée. Il est donc préférable de se fier à l'écoute elle-même et d'étayer les différences et les convergences observées lors des écoutes par des considérations d'ordre technique et métrologique. La confrontation écoute et mesures objectives sera donc la finalité de notre étude.

Ainsi une étude expérimentale destinée à mettre en lumière les différences ou similitudes entre différents préamplificateurs a été menée. Elle consistait à soumettre des extraits musicaux, provenant de sources différentes, à un panel d'individus rattachés au domaine de l'audio professionnel. Ces sources étaient enregistrées avec le même microphone et la seule différence dans la chaîne technologique était le préamplificateur.

En amont, une réflexion théorique, concrétisée par des séries de mesures sur ces préamplificateurs, a été réalisée. Elle sera utile pour caractériser technologiquement les différents préamplificateurs et aussi pour comparer les mesures aux informations données par les constructeurs.

Ce mémoire se structure ainsi : dans une première partie, nous ferons un rappel rapide sur la préamplification et des études liées à cet élément de la chaîne d'enregistrement.

Dans une deuxième partie, nous ferons une série de tests sur une batterie de préamplificateurs afin de tenter d'identifier les différences majeures mesurées entre eux-ci. La procédure et les outils qui ont permis la réalisation des expériences sont décrits et les différences observées lors des mesures sont mises en évidence.

Enfin, après avoir présenté un préambule à l'expérimentation détaillant l'élaboration d'un test perceptif, les données recueillies à l'issue des écoutes sont présentées, puis analysées dans le but de caractériser les différences perçues.

Si dans un premier temps nous retracerons brièvement le paysage passé sur les recherches qui ont essayé de proposer des méthodes de mesures objectives de la qualité sur les préamplificateurs, les objectifs de ce mémoire sont d'approfondir essentiellement le sujet et, au fil de nos recherches et expériences, essayer de détecter un lien entre ce qui vient de la métrologie à ce qui vient de la subjectivité. Dans l'idéal, si des paramètres se corrélaient, nous arriverons à faire des conclusions probantes (voir surprenantes) sur la prétendue qualité de certains préamplificateurs.

SOMMAIRE

RESUME.....	3
ABSTRACT	3
INTRODUCTION.....	4
SOMMAIRE	6
1- LE PREAMPLIFICATEUR : CONTEXTE, FONCTION ET ETUDES.....	11
1.1- RAPPELS SUR LES PREAMPLIFICATEURS.....	11
1.1.1- FONCTION DU PREAMPLIFICATEUR	11
1.1.2- LES TYPES D'AMPLIFICATIONS.....	12
1.1.3- LES TECHNOLOGIES UTILISEES.....	12
1.1.3.1- Les préamplificateurs à transistors.....	12
1.1.3.2- Les préamplificateurs à lampes	13
1.1.3.3- Le transformateur à l'entrée	13
1.2- ÉTUDES FAITES SUR LES PREAMPLIFICATEURS.....	14
1.2.1- ÉTUDE INA	15
1.2.2- ÉTUDE HAL AUDIO	16
1.2.2.1- Conditions du test.....	16
1.2.2.2- Déroulement des écoutes	17
1.2.2.3- Résultats obtenus	17
1.2.4- LE MEMOIRE DE PIERRE HENRY (ENSL 2001).....	19
1.2.4.1- Présentation du sujet.....	19
1.2.4.2- Étude perceptive.....	19
1.2.4.3- Étude métrologique.....	20
1.2.4.4- Conclusion de l'étude.....	21
1.3- CONCLUSION.....	21
2- MESURES OBJECTIVES	22
2.1- TYPES DE MESURE.....	23
2.1.1- BANDE PASSANTE	23
2.1.2- TAUX DE DISTORSION HARMONIQUE.....	24
2.1.3- RAPPORT SIGNAL SUR BRUIT	24
2.1.4- TEMPS DE REPONSE/MONTEE.....	25
2.2- MESURES DES PREAMPLIFICATEURS.....	27
2.2.1- PRESONUS FIREPOD.....	27
2.2.1.1- Bande passante.....	27
2.2.1.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)	27
2.2.1.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit	28
2.2.1.4- Temps de montée.....	28
2.2.1.5- Conclusions sur le Presonus Firepod.....	29
2.2.2- FOCUSRITE OCTOPRE MK-II	30

2.2.2.1- Bande passante.....	30
2.2.2.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	30
2.2.2.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	30
2.2.2.4- Temps de montée.....	31
2.2.2.5- Conclusions sur le Focusrite Octopre Mk-II.....	31
2.2.3- RME MICSTASY.....	32
2.2.3.1- Bande passante.....	32
2.2.3.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	33
2.2.3.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	33
2.2.3.4- Temps de montée.....	33
2.2.3.5- Conclusions sur le RME Micstasy.....	34
2.2.4- NEVE AMEK 9098 EQ DUAL MIC AMP.....	35
2.2.4.1- Bande passante.....	35
2.2.4.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	36
2.2.4.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	36
2.2.4.4- Temps de montée.....	36
2.2.4.5- Conclusions sur le Neve Amek 9098 EQ.....	37
2.2.5- MILLENNIA HV-3B.....	38
2.2.5.1- Bande passante.....	38
2.2.5.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	38
2.2.5.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	39
2.2.5.4- Temps de montée.....	39
2.2.5.5- Conclusions sur le Millennia HV-3B.....	39
2.2.6- AVALON VT-737 SP.....	40
2.2.6.1- Bande passante.....	40
2.2.6.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	41
2.2.6.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	41
2.2.6.4- Temps de montée.....	41
2.2.6.5- Conclusions sur l'Avalon VT-737 SP.....	42
2.2.7- DAD AX24.....	43
2.2.7.1- Bande passante.....	44
2.2.7.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	44
2.2.7.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	44
2.2.7.4- Temps de montée.....	45
2.2.7.5- Conclusions sur le DAD AX24.....	45
2.2.8- SONOSAX SX-ST8D.....	46
2.2.8.1- Bande passante.....	46
2.2.8.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD).....	47
2.2.8.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit.....	47
2.2.8.4- Temps de montée.....	47
2.2.8.5- Conclusions sur la Sonosax SX-ST8D.....	48

2.2.9- NAGRA VI	49
2.2.9.1- Bande passante	49
2.2.9.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)	50
2.2.9.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit	50
2.2.9.4- Temps de montée	50
2.2.9.5- Conclusions sur le Nagra VI	50
2.2.10- NAGRA IV-S	51
2.2.10.1- Bande passante	51
2.2.10.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)	52
2.2.10.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit	52
2.2.10.4- Temps de montée	52
2.2.10.5- Conclusions sur le Nagra IV-S	52
2.3- CONCLUSIONS SUR LA PARTIE MESURE	53
2.3.1- RECAPITULATIF DES MESURES ET COMPARAISON THEORIQUE DES PREAMPLIFICATEURS SUR LES TERMES PUREMENT METROLOGIQUES	53
2.3.2- SELECTION DES PREAMPLIFICATEURS POUR LA PARTIE PERCEPTIVE	56
3- TESTS PERCEPTIFS	57
3.1- ÉLABORATION DU TEST	57
3.1.1- CHOIX DU MATERIEL UTILISE	58
3.1.1.1- Le studio et le placement du microphone	58
3.1.1.2- Le microphone	58
3.1.1.3- Le "splitter"	59
3.1.1.4- Les préamplificateurs	59
3.1.1.5- Les convertisseurs	59
3.1.2- SOURCES RETENUES ET TECHNIQUE D'ENREGISTREMENT	60
3.1.2.1- Caisse claire	61
3.1.2.2- Chant	62
3.1.2.3- Trompette	63
3.1.2.4- Guitare	64
3.1.2.5- Violoncelle	65
3.1.3- MISE EN PLACE DU PROTOCOLE ET ORGANISATION DU TEST D'ECOUTE	66
3.1.3.1- Le type de test	66
3.1.3.2- Les testeurs	66
3.1.3.3- Préparation et présentation du test	67
3.2- RESULTATS DES TESTS ET EXPLOITATION DES DONNEES	71
3.2.1- RASSEMBLEMENT DES DONNEES	71
3.2.1.1- Nombre de testeurs	71
3.2.1.2- Validité d'un test	71
3.2.1.3- Gestion de la préférence	71
3.2.1.4- Prise en compte du couple de préamplificateurs comparés	72
3.2.2- REMARQUES GENERALES	73
3.2.2.1- Difficulté du test	73
3.2.2.2- La stratégie d'écoute	73

3.2.2.3- Qualité des extraits	73
3.2.2.4- Fatigue et impact psychologique.....	73
3.2.2.5- Influence du type d'écoute	74
3.2.2.6- Résultats chiffrés	74
3.2.3- RESULTATS PAR TYPE DE SOURCE	75
3.2.3.1- La caisse claire	75
3.2.3.2- Le chant.....	77
3.2.3.3- La trompette	78
3.2.3.4- La guitare.....	79
3.2.3.5- Le violoncelle.....	80
3.2.3.6- Général et conclusion sur la comparaison par source.....	82
3.2.4- RESULTATS PAR COUPLES DE PREAMPLIFICATEURS.....	84
3.2.5- PREFERENCES	85
<u>3.3- ETUDE IDS.....</u>	<u>87</u>
3.3.1- CALCULS DES PORTRAITS IDS ET POSSIBILITES D'ANALYSES	87
3.3.2- ANALYSE DES PROFILS IDS	88
<u>3.4- CONCLUSIONS ET ENSEIGNEMENTS</u>	<u>89</u>
3.4.1- CONCLUSIONS SUR LES TESTS PERCEPTIFS	89
3.4.2- LIMITES DU TEST ET AMELIORATIONS POSSIBLES	89
3.4.3- LIENS AVEC L'ETUDE METROLOGIQUE.....	90
<u>CONCLUSION</u>	<u>91</u>
<u>BIBLIOGRAPHIE.....</u>	<u>92</u>
<u>REMERCIEMENTS.....</u>	<u>93</u>
<u>ANNEXES.....</u>	<u>94</u>
<u>ANNEXE 1 – SPECIFICATIONS DES PREAMPLIFICATEURS MESURES.....</u>	<u>94</u>
PRESONUS FIREPOD	94
FOCUSRITE OCTOPRE MK-II.....	95
RME MICSTASY	96
NEVE AMEK 9098 EQ.....	97
MILLENNIA HV-3B	98
AVALON VT-737 SP	99
DAD AX24	100
SONOSAX SX-ST8D	101
NAGRA VI	102
NAGRA IV-S	102
<u>ANNEXE 2 : RELEVES DES MESURES REALISEES CHEZ AREITEC</u>	<u>103</u>
PRESONUS	104
FOCUSRITE OCTOPRE MK-II.....	109

RME MICSTASY	114
NEVE AMEK 9098 EQ.....	119
MILLENNIA HV-3B.....	124
AVALON VT-737 SP.....	129
DAD AX24.....	134
SONOSAX SX-ST8D.....	140
NAGRA VI.....	146
NAGRA IV-S.....	151
<u>ANNEXE 3 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES OBJECTIVES</u>	156
<u>ANNEXE 4 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES SCHÖEPS MK-5.....</u>	157
<u>ANNEXE 5 : CALCUL DE L'ADAPTATION D'IMPEDANCE LORS DE NOTRE ENREGISTREMENT.....</u>	158
<u>ANNEXE 6 : FORMULAIRE DU TEST PERCEPTIF.....</u>	159
<u>ANNEXE 7 : SPECIFICATIONS TECHNIQUES TANNOY SUPER RED MONITOR</u>	162
<u>ANNEXE 8 : TABLEAUX DES RESULTATS DES TESTS</u>	163
CAISSE CLAIRE.....	163
CHANT.....	164
TROMPETTE.....	165
GUITARE.....	166
VIOLONCELLE.....	167
GENERAL.....	168
<u>ANNEXE 9 : TABLEAU RECAPITULATIF DES TESTS PERCEPTIFS.....</u>	171
<u>ANNEXE 10 : RESULTATS DES COUPLES DE PREAMPLIFICATEURS PAR SOURCE</u>	172
<u>ANNEXE 11 : ANALYSE IDS DES FICHIERS SONS DES TESTS PERCEPTIFS</u>	177
<u>PROFILS IDS.....</u>	177
CAISSE CLAIRE	177
CHANT.....	180
TROMPETTE.....	183
GUITARE.....	186
VIOLONCELLE	189
<u>QUELQUES COMPARAISONS DES PROFILS IDS</u>	192
CAISSE CLAIRE (AVALON – PRESONUS)	192
CHANT (AVALON – MILLENNIA).....	192
TROMPETTE (AVALON – NEVE).....	193
GUITARE (AVALON – RME).....	193
VIOLONCELLE (AVALON – FOCUSRITE).....	194

1- Le préamplificateur : contexte, fonction et études

1.1- Rappels sur les préamplificateurs

1.1.1- Fonction du préamplificateur

Une chaîne audio se constitue de la manière suivante :

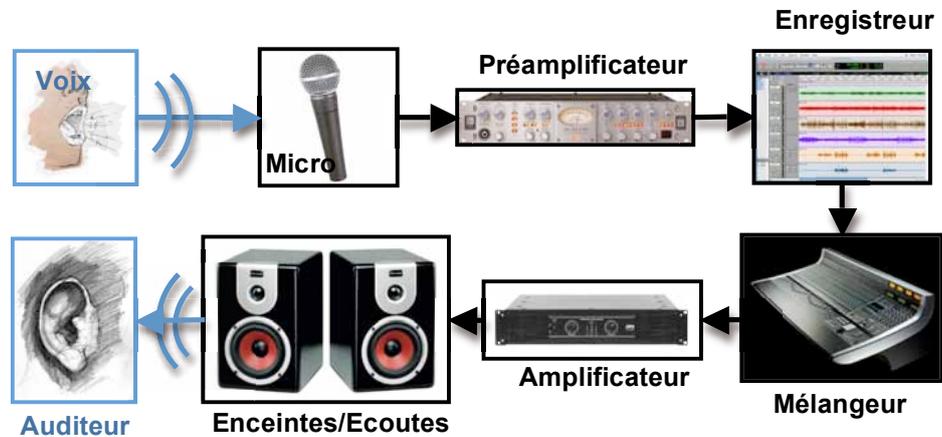


Figure 1 : chaîne audio

Si le microphone produit le son, le préamplificateur se charge de le rendre utilisable. Un microphone de studio transforme une onde acoustique en signal électrique. Sauf pour certains microphones à électrets, le niveau de sortie d'un micro est de l'ordre de quelques millivolts. Comme ce niveau est très faible, il est indiqué en décibels par analogie au gain qu'il faudrait pour ramener le signal à 0 dB (0.775 volts). En règle générale, les microphones ont un niveau de sortie de l'ordre de -40 à -60 dB volts, que le préampli se charge de rehausser.

Le préamplificateur joue le rôle de premier étage d'amplification situé au plus près de la source de signal. C'est lui qui est le garant d'un rapport signal sur bruit en sortie du système puisqu'il doit réussir à extraire un très faible signal électrique. Grâce à sa proximité à la source du signal, il permet de limiter les dégradations de celui-ci par des bruits parasites, ou par l'atténuation des interférences lors du transport.

La différence principale entre le préamplificateur et l'amplificateur est la suivante : le préamplificateur s'occupe d'une amplification en tension (de 10mV à 1V par exemple) mais pas d'une amplification en courant alors que l'amplificateur se doit de fournir un plus grand courant nécessaire pour attaquer les enceintes (qui peuvent délivrer des puissances de plusieurs centaines de watt). Leurs fonctions sont donc bien différentes.

Cet équipement indispensable est la plupart du temps déjà présent sur les tables de mixages ou cartes sons d'acquisition mais il existe aussi des préamplificateurs à part entière qui proposent des fonctionnalités avancées : ils ne s'occupent pas seulement d'amplifier le signal issu du micro, ils le transforment également. Sur le préampli à lampes Avalon VT-737 SP par exemple, l'intégration de compresseurs, d'équaliseurs peuvent rendre le son plus clair ou plus "chaud" en fonction des réglages ou du niveau du gain d'entrée faisant saturer les lampes.

1.1.2- Les types d'amplifications

Les amplificateurs sont constitués de circuits amplificateurs, souvent nommés "étage d'amplification". Ces circuits amplificateurs sont classés dans les catégories A, B, AB et C pour les amplificateurs analogiques, et D ou E pour les amplificateurs à découpage. Dans le contexte des préamplificateurs audio, il s'agit d'amplificateurs de classe A et parfois de classe AB. Nous ne nous attarderons pas plus longtemps sur les autres.

- **Classe A** : il utilise 1 seul transistor (polarisé) ou tube pour amplifier le signal ; il est très fidèle mais utilisé surtout dans le cas d'amplifications de faibles puissances, nécessitant de la précision et peu de bruit (préamplis, lecteurs CD, etc.). On utilise rarement un étage classe A pour générer de la puissance, car il a tendance à chauffer et consomme même lorsque son signal d'entrée est nul.

- **Classe B** : il utilise 2 transistors en « push-pull » : l'un pour traiter l'alternance positive, l'autre l'alternance négative du signal. Il a l'avantage de beaucoup moins chauffer. Ces amplis ont l'avantage de très peu consommer lorsque le signal d'entrée est nul et l'inconvénient de distordre le signal à faible intensité.

- **Classe AB** : il fonctionne comme un Classe A à faible puissance (augmentation du temps de conduction des transistors) et bascule sur le fonctionnement de Classe B à des puissances plus élevées.

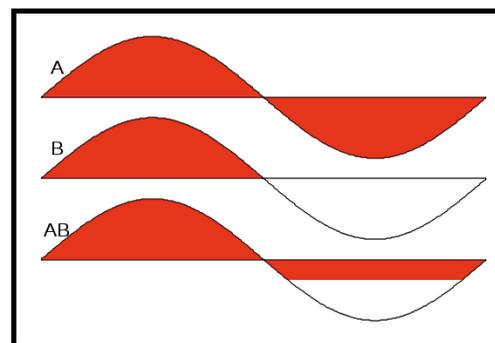


Figure 2 : types d'amplification audio

1.1.3- Les technologies utilisées

Les préamplificateurs se divisent en deux grandes familles :

- **Les préamplis à transistors** (JFET ou MOSFET), une technologie récente et robuste. Soit disant fidèles et transparents.
- **Les préamplis à lampe** : soit disant au son chaud et vintage (recherché parfois).

Nous ne rentrerons pas dans les détails électroniques et propriétés physiques des composants ici, n'étant pas l'intérêt principal de ce mémoire.

1.1.3.1- Les préamplificateurs à transistors

Le transistor a été découvert dans les années 1950. C'est un composant qui fait appel à la technologie des semi-conducteurs dopés (le silicium par exemple). Sous certaines conditions, le transistor permet d'amplifier un signal. Il est généralement très petit, et très simple à mettre en œuvre : c'est donc le composant idéal des préamplificateurs intégrés aux consoles et racks de cartes sons. Dans le cas de cartes sons on parle même parfois de composants discrets (qui incluent des transistors).

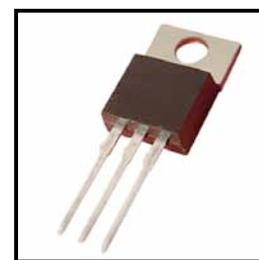


Figure 3 : un transistor

On retrouve les deux modes d'amplification cité ci-dessus : classe A et AB. La première est plus difficile à concevoir, mais offre un son d'une grande pureté dans tous les sens du terme, et principalement au niveau de la distorsion. La classe AB par contre, est plus facile à produire, c'est donc elle qui possède le meilleur rapport qualité/prix.

On reproche principalement aux préamplificateurs à transistor une certaine froideur. Le son sorti est clair, mais donne une impression "chirurgicale" : il est trop propre.

1.1.3.2- Les préamplificateurs à lampes

Ce composant doit son nom à un filament de chauffe placé au centre du tube et légèrement incandescent. C'est l'ancêtre du transistor, son fonctionnement est similaire, mais en lieu et place du silicium, il y a du vide.

Il existe plusieurs types de lampes, seules deux sont utilisées dans la préamplification : la triode et la pentode. Toutefois, la raison du développement de la pentode est due à la recherche d'une plus grande puissance et cette technologie est peu usitée dans la préamplification car introduisant des modifications notables du signal. Les pentodes, lorsqu'elles sont utilisées, le sont sous forme de triodes. C'est pourquoi, nous nous intéresserons qu'au fonctionnement des triodes.

La triode est un tube électronique à trois électrodes : une cathode, une plaque ou anode et entre elles une grille, voisine de la cathode qui constitue un écran électrostatique parfait.



Figure 4 : une lampe

1.1.3.3- Le transformateur à l'entrée

Un autre composant qui peut avoir une incidence sur le son et changer la qualité d'un préamplificateur est le transformateur à l'entrée que l'on retrouve sur les préamplis de meilleure qualité. Le transformateur est alors utilisé, non seulement pour adapter l'impédance et le niveau de sortie des appareils (synthétiseurs, basse électrique, etc.) aux entrées micro de la console de mixage mais en outre pour symétriser la sortie des appareils connectés. Il permet d'assurer une isolation galvanique (le courant ne peut circuler directement entre les deux circuits) et d'accroître le gain : le rapport tension sur courant est changé. L'ajout d'un transformateur à l'entrée change la courbe de réponse et ralentit le temps de montée (ou temps de réponse) de l'ampli. Mais souvent, même ces inconvénients sont bien vus et plutôt appréciés dans la couleur du son.

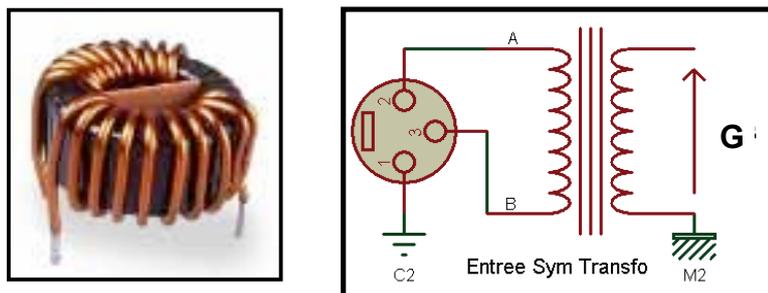


Figure 5 : Transformateur audio symétrique et son schéma électrique

1.2- Études faites sur les préamplificateurs

Dans les années 1990, des organismes cherchant à définir la qualité auditive métrologiquement ont vu le jour. Le principal souci rencontré était le coté multidimensionnel du problème : forcément, dans un domaine subjectif, il n'y a pas d'absolu. Il y a eu le PEAQ (Perceptual Evaluation of Audio Quality) et le CCETT (Centre Commun d'Études de Télévision et Télécommunication) qui ont répondu à un appel d'offre de simulation d'oreille humaine. Le CCETT, avec un algorithme appelé POM (Perceptual Objective Measurement), avait pour but d'évaluer la perte de qualité d'un son suite à son passage par plusieurs machines – ou transmissions – soit de quantifier la dégradation du signal sonore. La norme PEAQ visait à imiter l'audition : ils avaient créé un simulateur qui prend en compte l'effet de masque, un model d'excitation coqueléaire et qui marchait par comparaison avec le son originel (mais avec des sons "outils" et donnait des notes par rapport à ce qui avait été qualifié avant).

Malheureusement, aucun de ces organismes n'a réalisé de recherche sur les différences de perceptivité entre préamplificateurs. De plus l'utilisation de leurs algorithmes ne correspondrait pas aux objectifs de ce mémoire : accomplir une différence auditive entre des sources réelles (instruments de musique, voix) et pas des sons "outils" (sinusoïdes, bruit blanc, bruit rose, sweeps). Ces machines sont fondées sur des estimations subjectives et nécessitent un "référentiel", pour pouvoir estimer une dégradation, ce dont je ne pouvais pas avoir puisque mon souhait est de comparer les préamplificateurs entre eux.

Plus récemment, Laurent Millot a développé dans le système HD la caractérisation des outils audio en utilisant des logiciels d'analyse IDS (en partant des principes de création d'oreille artificielle d'Emile Leip). L'IDS ne cherche pas à reproduire les mécanismes de l'audition mais les effets de l'audition. S'il ne propose pas de reconnaissance ou de notation, l'intérêt de l'IDS repose sur la possibilité d'analyser des signaux réels.

Toutefois, pour moi, l'intérêt de mes mesures était qu'elles correspondaient à ce que les constructeurs donnent dans leurs brochures : c'est-à-dire ce dont l'utilisateur possède comme information pour faire son choix lorsqu'il achète un préamplificateur. Par ailleurs, il me paraissait essentiel que les études réalisées incluent un test auditif avec des auditeurs experts (ingénieurs du son entre autres) afin de déterminer s'ils entendaient réellement une différence entre des préamplificateurs.

Ici, je me suis heurté au manque de publications sur le sujet et les études évoquées ci-dessous sont souvent des études officieuses, non financées et dont les résultats sont flous. Ceci reste toutefois intéressant car l'absence de résultats peut aussi mener à la conclusion qu'il n'y a pas de différence réellement perceptible entre différents préamplificateurs.

1.2.1- Étude INA

Lors de ce mémoire, je suis entré en contact avec Delphine Hannotin (diplômé de Louis Lumière en 1993), responsable sonorisation à l'INA. Apparemment, lorsqu'ils n'ont pas de projet en cours, Mme Hannotin et ses collègues prennent le temps de faire des écoutes comparatives sur les différents appareils disponibles dans les studios de l'INA : micros, préamplis, enceintes...



L'année passée, à la demande de Radio France, l'équipe de Mme Hannotin a mis en place un dispositif en vue de réaliser un test perceptif entre les différents préamplis mis à sa disposition.

- **Microphones utilisés** : Neumann U87 (grosse membrane), Rode Classic (grosse membrane) et Schoeps MK-5 (petite membrane en réglage omni et cardioïde).
- **Source** : voix en proximité, une personne parlait en direct sur le plateau du studio.
- **Préamplificateurs en jeu** : DAD AX24, Avalon VT-737 SP, Focusrite Voice Master, console Digidesign Venue Profile, console Yamaha DM2000. Soit cinq préamplificateurs différents.
- **Enregistrement** : les sources étaient écoutées en direct mais aussi enregistrées sur Protools à travers le même convertisseur.
- **Conditions d'écoute** : les différents préamplificateurs entraient sur les différentes voies d'une console sur laquelle les niveaux étaient égalisés au faders de la console et permettaient aux auditeurs de passer d'un préamplificateur à l'autre à la volée grâce aux boutons de solo de la console. Les enceintes étaient les ATC du studio.



Focusrite Voice Master

Figure 6 : Certains éléments des tests INA

Il semblerait que la cinquantaine d'ingénieurs du son ayant réalisé les *blind tests* arrivaient à faire la différence entre les préamplificateurs. Leurs préférences étaient variées et dépendaient fortement de leurs goûts ou leur secteur d'activité (musique, radio, cinéma). Mais une grosse majorité s'accordaient sur deux observations : le préamplificateur le plus "neutre" était celui de la DM2000 et le préamplificateur le plus mal considéré ("son cheap, très mauvais") était le Focusrite Voice Master.

L'utilisation de plusieurs micros n'a pas semblé influencer les résultats du test.

1.2.2- Étude HAL Audio

HAL est une sociétés de professionnels du son (preneurs de son, monteurs et mixeurs cinéma) qui se sont rassemblés dans un but commun : rassembler du matériel, des compétences techniques mais aussi aller un peu plus loin en profitant des compétences et du matériel de chacun de ses membres pour aussi proposer une composante recherche à leur organisme. HAL comprend, entre autres, Cyril Holtz (mixeur pour *Gainsbourg, Le Transporteur II, Paris*) et Guillaume Bouchateau (monteur son de Luc Besson, Mathieu Kassovitz). Cette étude a principalement été conduite par Cyril Holtz et Niels Barletta (promo ENSLL 2010) à l'hiver 2011.

1.2.2.1- Conditions du test

- **Microphone utilisé** : DPA 4041 (microphone de mesure omnidirectionnel, petite membrane).



Figure 7 : Certains éléments des tests HAL

- **Source** : une musique ou des sons préenregistrés étaient diffusés au travers d'une enceinte Genelec 1037 dans le studio de bruitage Audit 7 de Joinville (bruit de fond quasi inexistant). Le microphone était dans l'axe du haut-parleur à un mètre de la source. Les extraits étaient lus à partir d'un ordinateur (musiques de CD). Les préamplificateurs étaient réglés à 0,1 dB près lors de l'enregistrement à l'aide de signaux tests.

- **Préamplificateurs en jeu** : RME Micstasy, Neve 8801, API 3124+, Neve 1073 DPA, Aphex 1788A, Little Labs Lmnopre, Millennia STT-1 tube, Millennia STT-1 transistor, Focusrite RED1, Avalon VT-737 SP, GML 8302, LavryBlue MicPre et Aaton Cantar-X. Soit 12 préamplificateurs différents.

- **Enregistrement** : Wav 96kHz/24bits sur Pyramix en passant par des convertisseurs Lavry Blue, excellente référence dans le milieu (sauf le Cantar-X qui utilisait ses propres convertisseurs).

- **Conditions d'écoute** : Un quarantaine d'ingénieurs du son (principalement du monde du cinéma) étaient invités à choisir un morceau de musique (donc un source déjà masterisée) parmi huit allant de la musique électronique chargée en transitoires (Aphex Twin) au classique (Rachmaninov) en passant par le rock (Tom Waits, Jeff Buckley) et le jazz (Patricia Barber). Ces sources avaient été enregistrées en sous-modulation et modulation normale. Plus tard dans le test, les ingénieurs du son pouvaient aussi avoir à écouter des percussions (instruments de musique), des grondements continus (moteurs, bruitages) et du chant pur (voix féminine) enregistrés en sur-modulation avec un signal écrété.

L'écoute proposée était soit les enceintes de l'audit de mixage (ATC 150 – trois canaux), soit un casque (Sennheiser HD650 ou Denon D5000) passant par un préamplificateur casque Grace Design M-902 (réputé pour être un excellent préamplificateur casque). A chaque fois, les ingénieurs du son optaient pour l'écoute au casque qu'ils estimaient plus précise et plus à même de les aider à percevoir les différences précises qu'il peut exister entre deux préamplificateurs.

1.2.2.2- Déroulement des écoutes

Les ingénieurs réalisaient trois séries d'écoutes : la musique choisie en sous modulation avec une première paire de préamplificateurs pour la première étape, la musique choisie en modulation normale sur une deuxième paire différente et enfin les sons saturés sur une troisième paire pour la dernière étape.

Quatre familles de tests étaient présentes :

A- PRIX : il s'agissait à chaque paire d'un préampli moyen de gamme (RME Micstasy, API 3124+, Aphex 1788A) face à un préampli haut de gamme très cher (Neve 8801, Neve 1073 DPA, Little Labs Lmnopre).

B- TECHNOLOGIE : un préamplificateur à tubes/lampes (Avalon VT-737 SP ou Millennia STT-1 Tube) contre un préamplificateur à transistors (Focusrite RED1, GML 8302, Millennia STT-1 Transistor).

C- COLORE vs NEUTRE : un préamplificateur soit disant reconnu pour sa coloration (Neve 1073 DPA, Avalon VT-737 SP, Focusrite RED 1) vis à vis d'un préampli réputé transparent (LavryBlue MicPre, GML 8302).

D- TOURNAGE vs POST-PRODUCTION : un enregistreur de tournage cinéma et son préamplificateur (Aaton Cantar-X) contre un préamplificateur utilisé en post-production de technologie, prix ou coloration différente (Avalon VT-737 SP, RME Micstasy, Focusrite RED1).

Sur l'écoute en écrêtage, il s'agissait toujours d'une écoute comparative technologique (donc mêmes paires que la famille B).

Pour chacune des trois étapes, la même paire de préamplificateurs était diffusée 10 fois et, à travers un test ABX (A est connu, B est connu, X est inconnu et varie), l'ingénieur du son devait identifier le préampli X dix fois de suite comme étant soit A ou B. Donc l'ingénieur du son passait en tout 30 tests ABX et pouvait faire part de ses observations pour chaque paire de préamplificateurs.

1.2.2.3- Résultats obtenus

En partant du principe qu'une différence était perceptible à partir de 70% de réussite pour chaque paire, HAL Audio est arrivé à la conclusion qu'on n'entendait pas, ou peu de différences entre les préamplificateurs. Les observations suivantes ont été notées :

- **La différence de technologie ne s'est pas entendue** : le son "chaud" des lampes tant attendu est resté discret. Ceci était valable en sous-modulation et modulation normale.

- **La différence de prix ne s'est pas entendue non plus.**

- **Des idées reçus se sont inversées** : le préamplificateur GML 8302, réputé neutre face au Neve 1073 DPA réputé coloré, s'avérait en fait doux et le Neve dur – soit l'effet inverse attendu!

- **L'Aaton Cantar-X, en plus de passer par ses propres convertisseurs, était indissociable de ses rivaux de post-production.**

- **Les seules différences notables étaient dans les écoutes en saturation**, pendant lesquelles le grain du préamplificateur devenait caractéristique : notamment entre les préamplificateurs à lampes et à transistors.

Les testeurs ont trouvé l'expérience extrêmement difficile et ont souvent passé plus de temps que prévu sur les écoutes, cherchant absolument à entendre une différence qu'ils n'ont pas réussi à détecter dans une majorité des cas. Certains n'ont pas atteint la fin des tests, ayant passé trop de temps sur les premières écoutes.

Ces tests présentent, bien entendu, leurs limites :

- Les sources sont des musiques ou sons déjà enregistrés, déjà modifiées (compressées, égalisées).

- Elles sont enregistrées à travers une enceinte qui présente elle aussi des caractéristiques et élève le taux de distorsion harmonique de l'extrait (ne serait-ce à cause du haut-parleur). L'enceinte change la dynamique mais enregistrer une source naturelle simultanément à travers les douze préamplificateurs était tout bonnement impossible à réaliser.

- Le microphone est un microphone de mesure.

- Il n'y a pas de préampli bas de gamme.

Toutefois cette étude est tout à fait valable et a assuré tout au long de son déroulement des conditions d'enregistrement et d'écoute optimales pour tous. Le protocole était strict et identique pour chacun des préamplificateurs testés. Ceux-ci étaient de qualité, de marques, de prix, de technologies et de réputation diverses et variées. Malgré ces possibilités, seuls le Neve 1073 DPA et le RME Micstasy se sont démarqués (positivement). Les autres se sont confondus sans qu'une différence soit apparemment perçue.

L'idée de tester ces préamplis dans leur dernier retranchement (en saturation) était aussi une excellente idée même si cela a confirmé ce que tout le monde pensait : les préamplificateurs à lampe ont une saturation "plus belle", moins agressive que celle entendu sur leurs équivalents à transistors. Le grain donné par les lampes est plus doux.

Proposer aux ingénieurs du son le type d'écoute (enceinte de studio ou casque haut de gamme) était aussi un plus, permettant soit l'écoute habituelle et connue du studio ou l'écoute précise du casque – même si au final, tous les ingénieurs du son ont opté pour le casque sur ce type d'exercice.

1.2.4- Le mémoire de Pierre Henry (ENSL 2001)

1.2.4.1- Présentation du sujet

Le sujet du mémoire était "*Différences perceptives entre des microphones à lampes et des microphones à transistors dans la prise de son musicale*". Pierre Henry, à travers cette étude, a cherché à déterminer les différences perçues et mesurées lorsqu'une même capsule d'un microphone était "préamplifié" par un système à lampes ou à transistor. En effet, dans chaque micro, il existe un système de "préamplification" : en fait, la notion de préamplification propre à un microphone est un abus de langage. Toutefois, Pierre Henry précise que dans le cadre de son mémoire "*nous regrouperons dans le terme "préamplification", inhérente au corps même du microphone, l'amplification du signal en sortie de capsule et l'adaptation d'impédance qui en résulte*". Nous ferons de même dans ce paragraphe.

Ce mémoire a conduit deux études : l'une perceptive, l'autre métrologique, afin d'arriver à qualifier les disparités des signaux.

1.2.4.2- Étude perceptive

Pierre Henry a disposé de 3 paires de microphones pour réaliser ses enregistrements et comparaisons :

- **le B&K 4040** : il constituait l'outil d'analyse parfait puisque ce microphone est le seul qui possède une double préamplification contenue dans le même corps. Le signal issu de la capsule est traité simultanément deux fois, l'un par un dispositif à lampe, l'autre par un dispositif à transistor.

- **un Neumann U67 (lampe) et un Neumann U87 (transistor)** : deux microphones classiques de chez Neumann, à grande membrane, qui sont des références dans la prise de son studio.

- **un Schoeps CMC5 (transistor) et un Schoeps M222 (lampe)** : les deux étaient équipés de la même capsule (une MK2S d'un demi pouce).

L'enregistrement des différentes sources a été faste ! Certaines ont été réalisées dans le studio de la maison de la radio, mais la plupart ont été faite dans le studio musique de l'ENSL Louis Lumière. La liste des stimuli est longue : un violon (cordes frottées), une guitare (cordes pincées), une guitare électrique (source issue d'un haut parleur), une trompette (source tonale à forts transitoires, un cuivre), une batterie (source non tonale à forts transitoires), une flûte (source résonnante entretenue, un bois) et une chanteuse lyrique (une voix).

Les enregistrements étaient au format Wav 44.1kHz/16bits. Les morceaux joués étaient des œuvres connues du public mais respectaient une diversité recherchée et plusieurs styles étaient proposés, avec un rapport un peu cliché vis-à-vis de l'instrument (du jazz pour la trompette par exemple).

Le test était présenté sous la forme d'un questionnaire pendant lequel l'auditeur entendait les deux extraits correspondant à la paire de microphones pour chacune des sources. Une liste de mots (rondeur, agressivité, etc.) était proposée et les testeurs quantifiaient chacune des caractéristiques plutôt pour un microphone ou pour l'autre. Les extraits étaient diffusés sur une seule enceinte (une Yamaha NS-10 ou une Tannoy Super Red Monitor). Les testeurs étaient principalement des étudiants en son de Louis Lumière mais comptait aussi quelques enseignants et des professionnels de la maison ERATO.

Au final, le test était jugé trop long, compliqué et surtout que les différences perçues étaient très subtiles. Les préférences entre les deux types de préamplifications étaient le plus souvent des choix orientés par le style de musique joué. En effet, la "couleur lampe" pouvait être porteuse d'un référent culturel : les gens écoutant la trompette jouer du jazz aimaient retrouver le timbre "vintage" (ancienne école) des disques référence des années 1960.

La conclusion de l'étude perceptive était qu'il existait bien des différences entre des microphones préamplifiés par un dispositif à transistor et ceux utilisant une préamplification à lampes. En résumant, la préamplification à lampes indiquerait un léger renfort de basses, une certaine rondeur, une restitution nasale, une perception de la distance et de la réverbération accrue. La finesse et le naturel du timbre, la fidélité à la source, les restitutions des attaques et l'agressivité seraient l'apanage de la préamplification à transistor.

Cependant, l'appréciation de la qualité des préamplifications varie énormément en fonction de la nature des sources. Il a été admis que la technologie (surtout lampe) modifie la nature du signal en fonction de la nature de la source.

Pour le choix de la préamplification à lampes ou transistor, la lampe serait un microphone générateur d'effets alors que le transistor serait fidèle à la source. Mais, comme l'a écrit si bien Pierre Henry, la problématique est éminemment plus complexe et elle est évidemment liée aux conditions d'utilisation d'un microphone, à commencer par le placement : face à une source, le rendu du signal du microphone dépend de son positionnement dans l'espace et, si l'on n'est pas content du résultat, on le modifie. En effet, Pierre Henry avait décidé de placer ses microphones différents aux mêmes endroits en pensant amener des points de comparaison fiables (les microphones à transistor servant de référentiel). Mais dans l'objectif d'une exploitation ultérieure, ce choix est biaisé, car à chaque micro correspond un placement inhérent à la source. Il a aussi été montré qu'une grande partie des caractéristiques de chaque microphone était liée à la nature de sa capsule et c'est, selon Pierre Henry, ce critère qui doit guider le choix d'utilisation d'un microphone avant tout (et ce, au regard de la nature de la source). C'est une fois ce paramètre établi qu'il peut être amené d'envisager le choix d'un type de préamplification.

1.2.4.3- Étude métrologique

Une étude métrologique avait été menée à la suite des tests perceptifs : mesures d'amplitude/fréquence, de distorsion harmonique, de distorsion d'intermodulation, d'évaluation de bruit, des analyses informatiques (observation des formes d'onde pour les attaques, analyse spectrale sous Matlab). Ces mesures ont ensuite été mises en parallèle des différences perçues pour tenter d'établir des liens entre les deux études.

La principale différence ressortant des tests d'écoute portait sur la restitution des transitoires des sources. Il semblerait que cette caractéristique soit explicable par la pseudo réduction des attaques que Pierre Henry a remarqué chez le U67, et par le temps de réaction de la lampe au regard de celui du transistor.

La différence de nature spectrale entre les deux restitutions serait le produit conjugué de la distorsion harmonique et de l'intermodulation. La coloration nasale de la lampe serait due aux prédominances des deuxièmes et troisièmes harmoniques de la lampe (octaves immédiatement supérieures aux fondamentales), ainsi qu'à l'absence d'harmoniques dans la zone 5-10kHz comme on l'entend chez le transistor.

La rondeur, elle, serait due à l'intermodulation, car la position des harmoniques n'est pas uniquement supérieure à la fréquence excitatrice dans ce cas de figure.

La sensation d'éloignement perçue dans les restitutions à lampe est sans doute due à cette troncature des attaques, et au renforcement des fréquences médiums, propres ? à l'adjonction d'une réverbération, attribuables aux différentes distorsions.

Il en résulte que le côté naturel, la finesse du timbre soient attribués à la restitution à transistor, le microphone à lampe générant beaucoup d'informations supplémentaires.

1.2.4.4- Conclusion de l'étude

Le travail de Pierre Henry s'est inscrit dans la droite ligne de tout ce qui a pu être écrit et il n'a pas pu trancher en faveur de l'une ou de l'autre technologie de manière flagrante. Mais ceci n'était pas la véritable problématique puisqu'on sait que l'appréciation de la restitution était liée à plusieurs paramètres, tous totalement subjectifs, en fonction de la source, du microphone (soit la capsule), de l'interprétation... Le véritable problème était de savoir si le choix technologique était réellement probant.

Les différences observées n'étaient pas assez flagrantes pour conduire à un choix lors d'une prise de son, uniquement à partir de la nature de la préamplification. C'est ce qui mène à dire que le choix du microphone doit avant tout se faire sur les caractéristiques de la capsule, en regard de la source, et ensuite pourront éventuellement être prises en compte les observations faites précédemment. Il a aussi été vu qu'un paramètre important avant le choix de technologie était la proximité du microphone à la source (son placement).

Concernant la différence d'utilisation de la lampe ou du transistor dans le microphone dans un schéma électrique, il ne s'agit que d'une partie de la problématique pour Pierre Henry. Il estime "*qu'il serait appréciable de se pencher sur de véritables amplifications (et non sur une adaptation d'impédance de gain quasi-unitaire) comme on peut en rencontrer sur les préamplificateurs de console, des périphériques ou encore des amplificateurs alimentant des haut parleurs*".

1.3- Conclusion

A la suite de ces recherches, nous pouvons dire que ce mémoire s'inscrit dans la suite de l'étude que propose Pierre Henry : se pencher sur les préamplificateurs situés en aval du microphone. Toutefois, les études perceptives montrent aussi que d'entendre une différence entre les différents types de préamplification et préamplificateurs semble très difficile et mènent souvent à des résultats confondants : les aprioris sont bouleversés, les différences sont subtiles, infimes voir inexistantes entre deux gammes de prix...

2- Mesures objectives

La première idée qui a lancé ce mémoire était de comparer des mesures purement objectives face aux appréciations des auditeurs. Mais il apparaît déjà improbable que cela soit possible et essayer de lier des caractéristiques techniques objectives à la qualité perceptive subjective semble être une chimère. Ces mesures ont quand même été réalisées dans le but d'y déceler les différences technologiques qui pourraient influencer sur le son des préamplificateurs. L'autre but était d'effectuer une présélection des préamplificateurs pour les enregistrements.

Les mesures objectives ont aussi la qualité d'être reproductibles et robustes : c'est-à-dire que les résultats, quelque-soit le moment ou l'ordre de réalisation des tests, devraient être relativement proches. Ces tests donneront des informations purement techniques : distorsion harmonique, rapport signal sur bruit (bruit ramené à l'entrée et le niveau de sortie maximal avant saturation), bande passante (réponse en fréquence), temps de réponse/monté.

Ces résultats seront confrontés et comparés à ceux donnés par les constructeurs qui réalisent leurs mesures dans un milieu contrôlé (chambre anéchoïque). D'ailleurs, leurs résultats sont-ils vraiment représentatifs de l'utilisation des préamplis dans un environnement réel (et réverbéré) ? Sans forcément chercher à répondre à cette question, nous pensons que ces premiers résultats objectifs permettront de dresser un premier bilan des nombreux préamplis sur le banc d'essai et de tirer des conclusions sur ce qui s'avérerait être le "meilleur préamplificateur théorique".

Les données des constructeurs pour chaque préamplificateur sont disponibles en annexe 1.

Cette batterie de tests, effectués sur dix préamplificateurs, permettra une présélection pour les tests subjectifs. Ce choix se limitera à cinq préamplificateurs maximums.



Figure 8 : Laboratoire de mesures chez AREITEC

2.1- Types de mesure

Ces tests ont été conduits avec l'aide d'Antoine Malnati dans les locaux d'AREITEC. La société AREITEC, créée en 1984, est un agent exclusif de fabricants de matériels Audio-professionnels haut de gamme. Ils s'occupent aussi du service après vente et de l'entretien des produits qu'ils vendent. Grâce à la participation de cette société, cette étude a pu s'enrichir du parc de matériel majoritairement haut de gamme proposé par Areitec.

Mis à part pour le temps de montée, mesuré grâce à un GBF et un oscilloscope, les autres mesures ont été réalisées grâce à l'Audio Precision SYSTEME ONE. Le Systeme One est une station de test audio qui génère et analyse les signaux analogiques ou numériques via une interface hardware. Ses applications sont variées : il mesure l'amplitude, le niveau, la diaphonie, la bande passante, la réponse en fréquence, phase, le taux de distorsion harmonique, le niveau de bruit... C'est un outil très puissant qui nécessite un ordinateur pour gérer la plupart des commandes (IHM).

Les relevés de ces mesures sont disponibles en annexe 2, classés par préamplificateur.

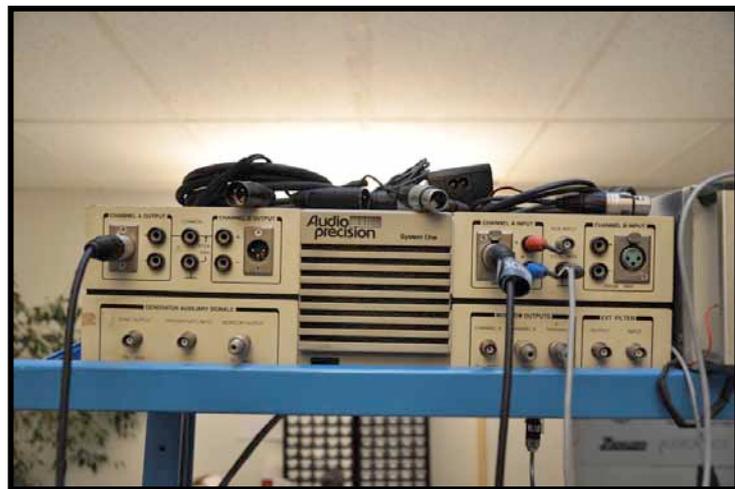
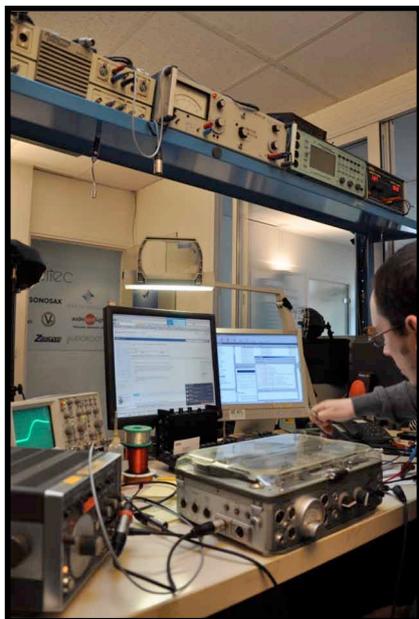


Figure 9 : Le banc de mesures et l'Audio Précision SYSTEME ONE

2.1.1- Bande passante

La bande passante traduit l'étendue du spectre de fréquences que peut reproduire le préamplificateur. Aujourd'hui, toutes les électroniques sont en mesure de restituer la totalité du spectre audible (20Hz à 20kHz) sans atténuation de niveau. Cependant, une bande passante plus étendue traduit en général un parfait respect de la phase sur la totalité du spectre audible. En effet, une réponse en fréquence qui chute vers 30 kHz, par exemple, s'accompagne en général d'une rotation de phase dont on peut percevoir les effets négatifs dès 15 kHz. De même, avec une réponse "tronquée" dans le grave en dessous 20 Hz, la phase du signal n'est pas linéaire à 40 Hz et risque fort d'être perturbée jusqu'à 80, 120 Hz et même au-delà.

En branchant l'entrée et la sortie du préamplificateur à l'Audio Précision, celui-ci balaie les fréquences de 200kHz à 10Hz. L'intérêt d'analyser la bande passante jusqu'à des

fréquences sortant du domaine audible porte aussi sur les transitoires. Les signaux inaudibles complexes sont formés de signaux simples (cf. Fourier) donc il semblerait que plus la bande passante est grande, plus les transitoires et hautes fréquences vont être respectées.

La bande passante a été mesurée à différents niveaux car plus on monte le gain d'un préamplificateur, plus sa bande passante se réduit. Nous avons mesurée celle-ci à 20dB, 40dB, 60dB et le maximum du préamplificateur.

2.1.2- Taux de distorsion harmonique

Le taux de distorsion harmonique (THD) d'un préamplificateur indique le "degré" de déformation du signal audio pour une puissance de sortie donnée. La valeur exprimée en pourcents représente la quantité d'informations indésirables qui s'ajoutent au signal en sortie de l'appareil. Ces informations sont des fréquences harmoniques du signal, du bruit, des parasites, etc. (en général, la mesure de distorsion harmonique totale prend en compte le bruit de fond).

Il est intéressant de mesurer le taux de distorsion harmonique (THD) à plusieurs fréquences et à des niveaux de gain du préamplificateur différents.

Le THD à différents niveaux peut aussi révéler la présence d'un transformateur dans le montage électronique du préamplificateur : un transformateur ne supporte pas les fréquences basses à fort niveau et va rajouter de la distorsion dans les graves. Plus un signal est fort en entrée, plus le transformateur est sollicité : il a plus de courant dans la bobine et on risque de saturer le transformateur.

Donc quand on diminue le niveau d'entrée, pour avoir le même niveau en sortie, on augmente le gain du préamplificateur et on introduit de la distorsion. Un signal avec peu de distorsion verra alors son taux augmenter conséquemment dans les graves alors qu'un signal avec plus de distorsion verra son taux augmenter aussi, mais plus modérément. D'où un croisement du niveau de distorsion dans les graves lorsqu'on augmente le gain du préampli qui s'observe par un croisement des courbes de réponse à différents niveaux de gain.

Nous avons estimé intéressant de mesurer le taux de distorsion harmonique de 10Hz à 20kHz et ce à +10dB, +40 dB et +60dB de gain.

A la fin de notre expérience, nous avons remarqué que les mesures obtenues avec un gain de 60dB étaient souvent inexploitables : elles présentaient un côté extrêmement aléatoire sans rapport avec les autres courbes à plus faible gain. Il s'agissait en fait du bruit du signal généré par l'Audio Precision : la distorsion harmonique ramené par le préamplificateur était alors inférieur et noyé dans le bruit du System One ! Ceci rendait la mesure du THD à 60dB de gain impossible. Pour nos mesures sur les derniers préamplificateurs, nous avons alors revu notre plage de mesures du THD à +10dB, +20dB et +40dB de gain (Presonus Firepod et Focusrite Octopre)

2.1.3- Rapport signal sur bruit

Le rapport signal/bruit indique l'écart de niveau qui existe entre un signal d'amplitude maximale (à la puissance RMS) et le bruit de fond généré par les circuits de l'amplificateur, mesuré quand on court-circuite l'entrée correspondante à la mesure. Si le niveau du signal de référence n'est pas la puissance maximale, la valeur de ce niveau doit être indiquée (par exemple, rapport signal/ bruit à 1 W).

Plus le rapport signal/bruit est élevé, plus le bruit de fond est reculé, donc négligeable. Un rapport signal/bruit élevé est toujours une qualité pour une électronique. Il traduit un

grand silence de fonctionnement qui garantit une bonne restitution des petits signaux (ils ne sont pas "noyés" dans le bruit de fond), une absence de bruit parasite ("ronflette secteur" par exemple), etc.

Cette valeur est calculée en fonction de plusieurs mesures pour un gain donné : le bruit rapporté à l'entrée (BRE = EIN = Equivalent Input Noise) et le niveau de sortie maximal (Ns max).

$$\mathbf{R\ S/B\ (dB) = Ns\ Max(dBu) - Niveau\ de\ bruit\ de\ fond(dBu)}$$

Sachant que le niveau de bruit de fond se calcule à partir de la valeur de gain de préamplificateur (G) et de l'EIN (qui dépend lui aussi de la valeur de G), on trouve alors l'équation suivante :

$$\mathbf{R\ S/B\ (dB) = Ns\ Max(dBu) - [G(dB) + EIN@G(dBu)]}$$

L'EIN dépend aussi du niveau de gain et varie avec celui-ci : nous l'avons mesuré à 20dB de gain, 40dB et le gain maximal de chaque préamplificateur. Il était intéressant de mesurer l'EIN à 40dB car, tous les préamplificateurs pouvant assurer ce gain, cela était un bon point de comparaison. Le protocole de mesure de l'EIN est aussi particulier.

On commence par mesurer le gain maximal du préamplificateur car le meilleur EIN est pour le gain maximal (mais on peut aussi choisir un autre gain). Ensuite on branche une résistance sur l'entrée du préamplificateur. La charge et le bruit de la résistance sont connus : pour notre résistance de 180 Ohm(Ω), le bruit intrinsèque (ou dit de Nyquist) de la résistance est de -130dBu (ce qui est moins que de ne rien brancher sur l'entrée !). On mesure alors le niveau du bruit en sortie et en résulte le bruit ramené à l'entrée :

$$\mathbf{EIN(@GdB) = Bruit\ de\ la\ résistance\ en\ sortie\ (dBu) - Gain\ du\ préamplificateur\ (dB)}$$

Le niveau de sortie maximal est trouvé en injectant un signal sinusoïdal ($f = 1000\text{Hz}$) à l'entrée dont on augmente le niveau jusqu'à cela sature en sortie. Une fois la saturation atteinte ($\text{THD} \leq 1\%$) on a notre niveau de sortie maximal. Certains constructeurs considèrent une distorsion à partir du moment où la distorsion est visible ("visible clipping" c'est-à-dire $\text{THD} \approx 10\%$) ce qui, en terme audible, est inimaginable car jamais on utiliserait un préamplificateur dans ces conditions là ! L'idéal étant de réaliser cette mesure sur la bande audible de fréquence 20Hz – 20kHz. Malheureusement, nous n'avons pas pu aller jusqu'à ce niveau de précision et nous nous contenterons d'une simple mesure à une fréquence de 1000Hz.

Le rapport signal sur bruit (R S/B) est plus représentatif que l'EIN car il prend en compte le niveau maximal de sortie du préampli.

2.1.4- Temps de réponse/montée

Le temps de montée indique le temps nécessaire à un préamplificateur pour restituer le front d'onde vertical d'un signal carré. En général, plus le temps de montée est bref pour un préamplificateur, plus l'appareil est en mesure de restituer parfaitement les signaux transitoires les plus rapides. La musique est essentiellement composée de sons transitoires. Un préamplificateur rapide doit être en mesure de restituer les brèves impulsions d'un signal audio avec autant de niveau sonore qu'un son prolongé dans le temps. Les instruments à percussions mettent très bien en évidence le comportement d'un préamplificateur sur les sons transitoires. Avec un préamplificateur rapide, toutes les fréquences qui composent le timbre d'un instrument ont le temps de s'établir sur un signal impulsif bref.

Cette mesure est réalisée en branchant un GBF en entrée du préamplificateur et un oscilloscope en sortie.

Nous avons mesuré notre temps de montée en injectant un signal carré d'une amplitude 1Vpp à une fréquence de 15kHz à l'entrée du préampli. Le temps de montée d'un préamplificateur est le temps que met le préamplificateur pour passer de 10% à 90% de l'amplitude d'un front montant envoyé à son entrée. Dans un souci d'équité entre préamplificateurs et pour avoir des résultats comparables, le gain du préamplificateur mesuré était réglé en sorte d'avoir un signal de sortie d'une amplitude de 12,2V.

Parfois, on parle aussi de sensibilité d'un préamplificateur que l'on exprime en V/μS.

Pour les préamplificateurs ayant été sélectionnés pour les enregistrements, cette mesure a été réalisée deux fois : la première lors de nos mesures chez Areitec avec l'oscilloscope analogique disponible là-bas, la deuxième à l'ENS Louis Lumière avec les oscilloscopes numériques du laboratoire d'électronique (plus précis pour ce type de mesure) juste après les enregistrements réalisés pour la partie perceptive.

Enfin, avant de faire ces mesures, nous avons mesuré le temps de montée du GBF : passant de 0 à 25V en 0,2μs on estime sa sensibilité à 125 V/μs ce qui est largement suffisant ! La documentation annonce un *rise time* de 25ns ce qui est assez rapide pour nos mesures.

2.2- Mesures des préamplificateurs

Nous rappelons que les relevés des différentes mesures sont disponibles en annexe 2, classées par préamplificateurs.

2.2.1- Presonus Firepod

La Presonus Firepod est une carte son pour ordinateur comprenant 8 préamplificateurs class A et un convertisseur analogique-numérique pouvant aller jusqu'à 96kHz/24bits. Les préamplificateurs utilisent des composants discrets (transistors, résistances, condensateurs) et non des amplificateurs-opérationnels. Ce, dans un souci d'assurer un niveau de bruit au plus bas et un son transparent (non coloré) selon le constructeur. Il est possible de passer seulement par l'étage de préamplification, ce que nous avons fait pour ne pas avoir le convertisseur impliqué dans nos mesures.

Pour son prix à 375€, elles défie toute concurrence et se situe dans le "bas de gamme" à 47€ le préamplificateur. On peut considérer cet appareil comme étant du matériel semi-professionnel.

2.2.1.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 10Hz – 50kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 10Hz – 50kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +56,8dB de gain = 10Hz – 50kHz, +0/-0,5dB.

Avec une fluctuation d'amplitude inférieure à 0/-0,1dB sur la plage 10Hz – 40kHz, et inférieure à +0/-3dB sur la plage 10Hz – 150kHz (et ce même au réglage de gain maximal de +56,8dB) on peut estimer que la bande passante est excellente et ne présente rien de particulier : pas de coloration spectrale du moins.

Dans sa documentation, Presonus signale une bande passante de 10Hz à 50kHz (qu'on imagine à +0/-0,5dB) ce qui est largement respecté.

Par la suite, dans son utilisation normale et en passant à travers le convertisseur, le filtre anti-repliement réduira cette bande passante en fonction de la fréquence d'échantillonnage utilisée.

2.2.1.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,005%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,008%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +20dB de gain ;
- THD < 0,01%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +40dB de gain.

On constate aisément que le THD augmente avec le gain, ce qui est logique, mais reste très acceptable (inférieur à 0,01%). Toutefois, en dessous de 50Hz on remarque toujours une remontée du THD. Ceci n'est pas inhabituel non plus et le croisement des courbes pourrait être signe d'un transformateur mais vu le prix, la taille et la qualité de l'appareil, on justifierait plutôt la cause de la remontée dans les graves avec des condensateurs de découplage sous-dimensionnés : les condensateurs amèneraient de la distorsion harmonique car il n'y a pas de transformateur.

Le constructeur, lui, signale paresseusement $\text{THD} < 0,005\%$ sans parler du niveau de référence, ni de la fréquence ou de la bande de fréquence ou le gain auquel le THD a été mesuré. Nous pourrions valider ce chiffre pour un gain de +10dB (ce qui doit sûrement arranger les chiffres du constructeurs puisqu'ils réalisent et diffusent les résultats de leurs mesures comme ils le souhaitent), toutefois nos mesures à des gains plus élevé ont estimé que le THD était plus important.

Nos mesures du THD se révèlent très satisfaisantes pour cet appareil.

2.2.1.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +56,8dB ;
EIN = -124,3 dBu @ 56,8dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 89,5 dB ;
EIN = -120,5 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 102,5 dB ;
EIN = -102,5 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 104,5 dB ;
Niveau max de sortie = +22dBu (9,75V).

Le bruit rapporté à l'entrée donné dans la documentation est de -125dB. Cette information manque de professionnalisme (d'où l'appellation d'un matériel *semi-professionnel* utilisé précédemment) puisqu'elle ne précise ni la fréquence, ni la charge d'autant plus qu'elle n'est pas tout-à-fait juste vis-à-vis de nos mesures. Il est connu de tous que les constructeurs ont tendance à donner le résultat qui les arrange le plus. Dans le cas du bruit rapporté à l'entrée, il correspond le plus souvent au réglage de préamplification au gain maximal. Pour cette mesure, on pourra admettre que le résultat donné par le constructeur est relativement justifié.

Le résultat mesuré par nos soins reste néanmoins très bon.

Par ailleurs le constructeur précise un gain maximal inférieur à celui mesuré (+54dB contre +56,8 dB).

Au final, le rapport signal sur bruit calculé est satisfaisant sachant qu'un CD codé sur 16 bits à un rapport signal sur bruit de 96,3dB. Il n'est par contre, pas détaillé dans la documentation.

2.2.1.4- Temps de montée

Nous mesurons un temps de montée de 3 μ s ce qui est un très bon temps de réponse du Presonus et devrait lui permettre une très bonne réactivité face aux transitoires. Sa sensibilité est alors de 3,66 V/ μ s.

2.2.1.5- Conclusions sur le Presonus Firepod

Sur le papier, le Presonus Firepod est un très bon produit. Malgré une documentation manquant de précision, les mesures effectuées sont assez surprenantes au premier abord compte tenu du prix. Il a tout d'un préamplificateur transparent : bande passante plate, temps de montée court, THD faible, rapport S/B satisfaisant. Il est par contre limité par son gain maximal qui reste convenable dans un environnement studio.



Figure 10 : Le Presonus Firepod (en bas) et le Focusrite Octopre Mk-II (en haut)

2.2.2- Focusrite Octopre mk-II

Le Focusrite Octopre mk-II est une unité de huit préamplificateurs transistor class A pour ajouter des entrées à une interface audio ou une console de mixage (par exemple). Il inclut un convertisseur pouvant aller jusqu'à 96kHz/24bits.

Il présente globalement les mêmes caractéristiques que le Presonus Firepod (moins le côté carte son/interface son) et se situe dans la même gamme : 388€ pour huit préamplificateurs soit 48,5€ par tranche. Ce modèle est aussi considéré comme du matériel semi-professionnel.

2.2.2.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 10Hz – 50kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 10Hz – 50kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +58,4dB de gain = 40Hz – 18kHz, +0/-0,5dB.

Aux gains plus faibles, le Focusrite propose une très bonne bande passante de 10Hz – 150kHz, +0/-3dB. Par contre, pour un gain maximal (G = 58dB), la bande passante s'amointrit dramatiquement pour le Focusrite. En comparaison avec les réglages de gain plus faible, le Focusrite propose une bande passante de 10Hz à 50kHz, +0/-3dB (avec une forte atténuation dans la basses fréquences). On estime que la bande passante est bonne et ne présente rien de particulier : pas de coloration spectrale du moins.

Dans sa documentation, Focusrite signale une bande passante de 20Hz à 20kHz, +/- 0,1dB (sans préciser pour quelle valeur de gain) qui est respectée pour les gains faible et moyen. En effet, au gain maximal, avec cette tolérance, la bande passante ne devient valable que sur la plage 150Hz – 6kHz, +/-0,1dB ce qui ne correspond plus du tout au critère donné par le constructeur !

2.2.2.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,003%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,004%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +20dB de gain ;
- THD < 0,008%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +40dB de gain.

Ici aussi, on constate que le THD augmente avec le gain mais reste très bon (inférieur à 0,008%) et comparables à ceux affichés par le constructeur (THD < 0,001%, 0dBFS, 20Hz – 22kHz). Ces résultats sont excellents et globalement meilleurs que ceux du Presonus Firepod.

2.2.2.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +58,4dB ;

EIN = -124,4 dBu @ 58,4dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 85,5 dB ;

EIN = -122,1 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 101,6 dB ;

EIN = -110,1 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 109,6 dB ;

Niveau max de sortie = +19,5dBu (7,3V).

Le bruit rapporté à l'entrée donné dans la documentation semble être de -125dBu @ 60dB de gain (charge = 150 Ω). Comme le Presonus, l'information manque de professionnalisme (sachant que le préamplificateur affiche un gain maximal de +55dB dans la documentation il paraît absurde que le constructeur se permette des mesures à +60dB de gain !) et les observations sont les mêmes qu'au paragraphe 2.2.1.3. Pour cette mesure, on pourra admettre que le résultat donné par le constructeur est acceptable.

Le résultat mesuré par nos soins reste néanmoins très bon.

Par ailleurs le constructeur précise un gain maximal inférieur à celui mesuré (+55dB contre +58,4 dB).

Le rapport signal sur bruit résultant est satisfaisant et du même ordre de grandeur que celui de la Presonus Firepod. Il n'est pas précisé dans la documentation non plus.

2.2.2.4- Temps de montée

Nous mesurons un temps de montée de 3,68 μ s ce qui est un très bon temps de réponse du Focusrite et devrait lui permettre une très bonne réactivité face aux transitoires. Ceci nous donne une sensibilité de 2,98 V/ μ s.

2.2.2.5- Conclusions sur le Focusrite Octopre Mk-II

Mis à part pour la bande passante, le Focusrite Octopre mk-II est en tout point comparable au Presonus: même gamme, même prix, THD faible, temps de réponse court, rapport S/B satisfaisant, gain un peu limité. Il présente lui aussi les atouts d'un préamplificateur transparent.

2.2.3- RME Micstasy

Le RME Micstasy propose huit préamplificateurs transistor (class A) et un convertisseur analogique numérique haut de gamme (jusqu'à 192kHz/24bits) combinant de nombreuses fonctions propres aux produits RME. Il peut être utilisé en analogique (entrées micro/ligne vers sorties ligne) et en numérique (entrées micro/ligne vers sorties numériques) simultanément. Le concept innovant du Micstasy permet l'amplification et la numérisation de toutes les sources analogiques qu'il s'agisse de signaux lignes, instrument à haute impédance, micro dynamique, micro statique ou micro à ruban.

Le coût d'une RME Micstasy est de 3179€ (soit presque 400€ par tranche) mais ceci inclus le convertisseur haut de gamme, ce pourquoi il est réellement prisé. Il serait plus correct de comparer le prix avec celui du RME QuadMic qui ne comprend que les préamplis RME. Celui-ci coûte 358€ pour 4 préamplis, soit 89,5 euros par tranche. On considèrera que les préamplis RME sont situés en milieu de gamme.



Figure 11 : le RME Micstasy

2.2.3.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 10Hz – 70kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 10Hz – 70kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +60dB de gain = 10Hz – 70kHz, +0/-0,5dB.

Si on étend la tolérance à +0/-1dB, la bande passante du RME est valide de 10Hz à 200kHz ! Ce résultat est excellent : il est constant, la réponse est plate tout au long du spectre et ce quelque soit la valeur de gain utilisé. Sur chacune des courbes on peut observer un léger creux à 75kHz mais celui-ci est relativement faible et ne devrait pas avoir une incidence sur le son. Nous ne saurons expliquer ce qui peut causer de phénomène.

RME donne deux informations sur la bande passante :

- Frequency response -0,1dB : 20Hz – 100kHz ;
- Frequency response -0,3dB : 10Hz – 150kHz.

Ces données ne sont pas tout-à-fait justes mais pas complètement fantaisistes non plus. Sans ce creux de -1dB caractéristique à 75kHz, les résultats donnés par RME seraient totalement validés.

On estime que la bande passante est excellente et ne présente rien de particulier (pas de coloration spectrale).

2.2.3.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,005%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,006%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,045%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +60dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

Le THD augmente avec le gain du préamplificateur et reste excellent (inférieur à 0,006%). Le THD mesuré pour +60dB de gain n'est pas exploitable car, comme nous l'avons expliqué en 2.1.2, à un niveau aussi faible nous mesurons le bruit généré par l'Audio Précision plutôt que celui du RME !

Les valeurs de THD donné par le constructeur sont THD < 0,0003% @ 30dB Gain ce qui nous apparaît totalement faux et très curieux. Le THD du RME reste néanmoins le meilleur mesuré jusqu'ici.

2.2.3.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +80dB ;
 EIN = -126,9 dBu @ 80dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 75,1dB ;
 EIN = -125,9 dBu @ 60dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 94,1dB ;
 EIN = -120,7 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 108,9dB ;
 EIN = -98,7 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 106,9dB ;
 Niveau max de sortie = +28,2dBu (19,9V).

Ici encore, RME fournit beaucoup de données qui semble bien flatteuses :
 EIN = -127,2dBu @ 50/60/70dB de gain (charge = 150 Ω) ;
 EIN = -126,1dBu @ 40dB de gain (charge = 150 Ω) ;
 EIN = -122dBu @ 30dB de gain (charge = 150 Ω) ;
 Gain maximal : +85,5dB.

Les informations données sont précises et tout ce qu'il y a de professionnel mais varient vraiment fortement avec les valeurs que nous avons mesurées. La différence de charge de 30 Ω ne devrait pas avoir une incidence aussi dramatique sur les résultats mesurés.

Les résultats mesurés par nos soins restent néanmoins très bons.

Par ailleurs le constructeur précise un gain maximal supérieur à celui mesuré (5,5dB de différence) : RME serait-il un peu laxiste sur sa manière de mesurer son matériel ? Par contre, avec +80dB de gain RME est largement au dessus de tout ce que l'on a mesuré jusqu'ici.

Pour finir, le rapport signal sur bruit calculé est excellent. Celui donné par la documentation est de 112,4 dB pour 0dB de gain et n'est pas comparable à celui que nous avons mesuré.

2.2.3.4- Temps de montée

Nous mesurons un temps de montée de 2,26µs ce qui est un très bon temps de réponse du RME et devrait lui permettre une très bonne réactivité face aux transitoires. Soit une sensibilité de 4,85 V/µs.

2.2.3.5- Conclusions sur le RME Micstasy

Malgré des données constructeurs bien au delà de la réalité, RME Micstasy ne devrait pas à avoir à rougir de ses résultats et présente les caractéristiques d'un très bon préampli : THD très faible, temps de réponse court, rapport S/B excellent, plage de gain énorme, bande passante plate et constante. Il présente lui aussi les atouts d'un préamplificateur transparent.

2.2.4- Neve Amek 9098 EQ Dual Mic Amp

Le Neve Amek 9098 EQ est un préamplificateur class A haut de gamme incluant un étage d'équalisation (de class B ingénieusement conçu de plusieurs étages pour simuler un class A sans les inconvénients). Après être parti de la société Neve, Rupert Neve a désigné ce nouveau préampli chez Amek dans la continuité et la tradition Neve de proposer un préamplificateur combiné à un égaliseur analogique haut de gamme inspiré des circuits de la console Neve 9098. La technologie utilisée est à base de transistor. Souvent le design des circuits et les composants de ces préamplificateurs sont simplifiés au maximum, l'idée étant que moins un outil a de composants, plus il est susceptible de retranscrire un bon son et moins il risque d'être affecté par les différents composants.

Aujourd'hui, on ne trouve plus de Neve Amek 9098 EQ neuf. Sur le marché de l'occasion, le prix moyen d'un préamplificateur (donc une seule tranche) est d'environ 1000€ situant ce préamplificateur dans le haut de gamme.

Le réglage de gain du Neve se faisant par crans, celui-ci est ajusté au mieux pour s'approcher des valeurs de gain des autres préamplificateurs.

2.2.4.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +18dB de gain = 10Hz – 40kHz, +0,5/0dB ;
- BP @ +42dB de gain = 10Hz – 40kHz, +0,5/0dB ;
- BP @ +66dB de gain = 30Hz – 30kHz, +0/-0,5dB.

Aux gains plus faibles, le Neve propose une bonne bande passante de 10Hz – 40kHz, +0,5/0B. Par contre, pour un gain maximal ($G = 66\text{dB}$), la bande passante s'amointrit conséquemment. On signalera qu'avec une tolérance de $\pm 3\text{dB}$ le Neve présente une bande passante de 10Hz à 200kHz (sauf pour +66dB de gain où elle se réduit à 10Hz – 130kHz) ce qui est bon signe.

On estime que la bande passante est très bonne et ne présente rien de particulier : pas de coloration spectrale dans le domaine audible.

On observera un phénomène particulier par une remontée d'amplitude au delà de 40kHz pour les gains faibles alors qu'elle chute drastiquement au delà de 30kHz lorsque le gain est au maximum. Nous ne saurons expliquer cette inversion de tendance ici.

Dans sa documentation, Neve ne donne pas de détails sur la bande passante mais plutôt la réponse en fréquences à deux gains donnés (0dB et 66dB de gain) pour diverses fréquences (10Hz, 20Hz, 20kHz, 110kHz, etc). En comparant avec le document officiel et nos graphiques en annexe, le lecteur pourra se rendre compte que le constructeur s'est montré bien plus sévère que nous sur ses mesures. C'est tout à son honneur mais, malheureusement, pas aussi bien détaillé.

Notre conclusion sur la bande passante commence à devenir récurrente : encore une fois, elle est très bonne et ne présente rien de particulier (pas de coloration spectrale).

2.2.4.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,0025%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,004%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +42dB de gain ;
- THD < 0,03%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +66dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

Le THD augmente évidemment avec le gain du préamplificateur et est excellent : en ne prenant en compte que les fréquences au delà de 100Hz on mesure même un THD < 0,0005% @ +10dB et un THD < 0,003% @ +40dB !

Les valeurs de THD donné par le constructeur sont :

- THD < 0,01% @ 0dB Gain @ 20Hz et 20kHz ;
- THD < 0,03% @ 66dB Gain @ 20Hz ;
- THD < 0,06% @ 66dB Gain @ 20kHz.

Encore une fois, la brochure de Neve est bien au delà des mesures réelles et desserviraient presque les vraies spécifications. Nous ne pouvons que nous incliner face à d'aussi bon résultats – le design, la simplicité des composants et le savoir faire de Rupert Neve ne devant pas y être pour rien. Le THD du Neve est excellent. Le croisement des courbes laisse envisager qu'il y aurait un transformateur en sortie.

2.2.4.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +66dB ;

EIN = -128,7 dBu @ 66dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 89,2dB ;

EIN = -128 dBu @ 42dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 112,1dB ;

EIN = -120,7 dBu @ 18dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 129,2dB ;

Niveau max de sortie = +26,5dBu (16V).

Mis à part un gain maximal de 66dB respecté et un EIN = -128dBu @ 66dB (là aussi respecté), Neve ne donne aucune autre information.

2.2.4.4- Temps de montée

Le temps de montée de 1,76μs du Neve montre une excellente réactivité aux signaux très rapides. La courbe de réponse manifeste aussi un phénomène assez particulier : la réponse, si elle est très rapide, met un peu plus de temps avant d'atteindre un régime permanent. Avant d'arriver à ce régime permanent, la réponse du préamplificateur est démesurée et atteint parfois le double du niveau recherché, et ce sur un temps très court (1 à 2 μs). On peut se demander si ceci sera audible et caractéristique du préamplificateur (notamment sur les signaux à fortes transitoires comme une caisse claire) : on peut imaginer que les attaques "pulseront" plus.

Sa sensibilité est alors de 6,24 V/μs.

On peut aussi se poser la question si cette "pulse" du signal correspond à l'accentuation observée vers 180kHz sur la bande passante.

2.2.4.5- Conclusions sur le Neve Amek 9098 EQ

Le Neve Amek 9098 EQ présente d'excellentes caractéristiques en tout point : THD infime, temps de réponse ultra-court avec un phénomène de "pulse", rapport R/S excellent, bonne plage de gain, bande passante plate et constante. Il présente lui aussi les atouts d'un préamplificateur transparent (contrairement à l'image qu'on donne à Neve) particulièrement efficace pour capter les transitoires.



Figure 12 : Le Neve Amek 9098 EQ (en haut) et le Millennia HV-3B (en bas)

2.2.5- Millennia HV-3B

Le Millennia HV-3B est le grand frère du Millennia HV-3C : ce dernier est quasiment le même préamplificateur étant donné qu'il s'agit d'une mise à jour du vieux modèle qui a rencontré un certain succès. Il s'agit d'un préamplificateur stéréo proposant deux préamplis. Comme chez Neve, un grand soin à la simplicité du design et des performances est pensé pour ce préamplificateur à transistor. Il a la particularité de pouvoir alimenter des microphones haute-tension en 130V (en plus des microphones statiques nécessitant l'alimentation phantom 48V habituel), nécessaire pour certains microphones : les B&K (DPA) modèles 4003, 4004, 4009 et 4012 pour en citer quelques-uns.

Aujourd'hui, il arrive de trouver d'occasion des Millennia HV-3B pour 1100€ environ mais ceux-ci ont arrêté d'être fabriqués, remplacés au profit du Millennia HV-3C que l'on trouve neuf à pour 1800€, soit 900 euros la tranche. On considérera ce préamplificateur dans le haut de gamme.

Le Millennia HV-3B, comme le Neve Amek 9098 EQ, présente un réglage de gain à crans.

2.2.5.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 10Hz – 200kHz, +0,5/0dB ;
- BP @ +40dB de gain = 10Hz – 200kHz, +0,5/0dB ;
- BP @ +65dB de gain = 35Hz – 60kHz, +0/-0,5dB.

Aux gains plus faibles, le Millennia propose une bande passante phénoménale. Même au réglage de gain maximal, la bande passante est excellente et en augmentant un peu notre marge de tolérance à ± 3 dB on atteint une bande passante de 10Hz à 200kHz @ 65dB ! On peut aisément affirmer que la bande passante est excellente : elle reste plate bien au delà de tout ce qu'on attend d'un préamplificateur et ne présente pas de coloration spectrale dans le domaine audible.

La seule particularité que l'on peut trouver un très léger creux toujours situé à 75kHz, mais celui-ci est toujours négligeable.

Dans sa documentation, Millennia donne une bande passante de 2Hz jusqu'au delà de 500kHz à +0/-3dB ! Nous n'avons pas été en mesure d'aller jusqu'à ces extrêmes mais ce que nous avons pu voir jusqu'ici était largement cohérent avec les spécifications du constructeur.

2.2.5.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,0015%, +4dBu, 20Hz-4kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,005%, +4dBu, 20Hz-20kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,03%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +60dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

Le THD du Millennia HV-3B est excellent : même en dessous de 50Hz, le THD reste stable et n'augmente que de quelques 0,001%. Même à +10dB de gain (ou l'on n'a précisé le THD que jusqu'à 4kHz), la bosse de THD mesurée à 10kHz reste en deçà de 0,004% !

La valeur de THD+N donné par le constructeur est :
THD < 0,0007% typ. 0,002% max +27dBu out @ 35dB Gain @ 20Hz et 30kHz.

Le THD+N correspond au taux de distorsion harmonique + bruit. Il est similaire au THD mis à part qu'il inclut tous les sons parasites ajoutés par le préamplificateur au signal : harmoniques mais aussi buzz, bruit, ronflette... Il est censé être moins flatteur que le THD et est aussi un intéressant point de comparaison. Toutefois, même si on ne peut comparer exactement nos valeurs à celles données par le constructeur, il nous semble déjà que Millennia a peut-être été un peu trop poussif dans ce qu'il communique : le THD+N devrait être, de toute manière, supérieur à ce que nous avons mesuré ce qui n'est pas le cas. Pour ces valeurs de THD, on estime que c'est être un peu trop tatillon et gourmand de leur part de donner de telles valeurs sachant que les résultats restent excellents.

On pourra conclure en rappelant que, de toute manière, les constructeurs réalisent leurs mesures dans les conditions qui les intéressent et les arrangent avec des machines différentes des nôtres. Le principal étant que nos mesures aient toutes été réalisées dans les mêmes conditions avec les mêmes machines pour pouvoir établir des comparaisons par la suite.

2.2.5.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +65,3dB ;
EIN = -127,3 dBu @ 65,3dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 88,5 dB ;
EIN = -124,8 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 111,3 dB ;
EIN = -117,1 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 123,6 dB ;
Niveau max de sortie = +26,5dBu (16V).

Les données du constructeur sont :
EIN = -128dBu @ 60dB de gain (charge = 150 Ω) ;
Gain maximal : +65dB.
Niveau max de sortie = +32dBu.
Le rapport signal sur bruit n'est pas donné.

Toutes ces mesures semblent cohérentes et très bonnes mis à part le niveau maximum de sortie : il se pourrait que Millennia ait mesuré celui-ci comme nous l'avons décrit dans la partie 2.1.3. afin d'afficher un résultat, certes inaudible, mais meilleur.

2.2.5.4- Temps de montée

Le temps de montée du Millennia HV-3B est le meilleur de tout notre banc d'essai : 440ns. Il est excellent et permettra de restituer les signaux les plus rapides (et éventuellement inaudibles pour le commun des mortels). Sa stabilisation est aussi très rapide à l'inverse de ce qui a été observé sur le Neve Amek 9098 EQ.

Sa sensibilité est de 24,95 V/ μ s.

2.2.5.5- Conclusions sur le Millennia HV-3B

Avec une bande passante parfaite, un très bon gain maximal, un rapport S/B excellent, un THD loin d'affecter en quoique ce soit le son et un temps de montée exemplaire, le Millennia HV-3B apparaît comme un excellent préamplificateur sur tous les points. Sur le papier, il promet une restitution transparente et précise des sources.

2.2.6- Avalon VT-737 SP

L'Avalon VT-737 SP est un préamplificateur class A à lampes qui propose de nombreuses fonctionnalités notamment un opto-compresseur et un égaliseur à lampes.

Cette marque réputée propose ce préamplificateur (soit une tranche) pour 1890€, ce qui le place dans le haut de gamme. Il s'agira du seul préamplificateur à lampes de nos mesures et tests. Les résultats différents de ceux-ci ne devraient pas nous étonner : la technologie étant différente, nous devrions avoir des mesures assez dissemblables.



Figure 13 : l'Avalon VT-737 SP

2.2.6.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 10Hz – 35kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 10Hz – 30kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +57dB de gain = 15Hz – 25kHz, +0/-0,5dB.

La bande passante se réduit naturellement quand on augmente le gain de la machine. Toutefois, on observe aisément que pour chaque valeur de gain, on a rapidement une chute de la réponse au delà de 30kHz menant à une mesure de -3dB à 50kHz (et cela s'empire par la suite jusqu'au delà de -20dB à 150kHz).

Les valeurs d'Avalon, en comparaison avec les nôtres, semblent légèrement présomptueuses (et ne précisent pas le niveau de gain appliqué) :

- BP = 10Hz – 120kHz, +0/-0,5dB (input filter included) ;
- BP = 1Hz – 200kHz, +0/-3dB.

En plus de donner des informations flatteuses, il s'avère que la bande passante de l'Avalon VT-737 SP laisse à désirer : elle reste bonne en assurant une réponse fréquentielle plate et en ne faisant apparaître aucune coloration sur le spectre audible.

2.2.6.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,015%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,02%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,11%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +57dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

La présentation de THD donné par le constructeur n'est pas digne d'un matériel professionnel : THD = 0,5% (pas de précision sur le réglage de gain, la plage de fréquence, ou le niveau du signal en entrée).

On remarque alors plusieurs choses :

- Les deux courbes se croisent dans les basses fréquences vers 18Hz : caractéristique de la présence d'un transformateur en entrée comme décrit précédemment en 2.1.2.
- Le THD du constructeur est bien supérieur à celui mesuré.
- Le THD apparaît comme énorme comparé à ceux mesurés jusqu'ici : de 2 à 10 fois supérieur. Toutefois, ceci est caractéristique des préamplificateurs à lampes et si cette distorsion est plus audible, elle est acceptée en tant que telle car elle n'est pas de la même nature que la distorsion des transistors (plus agressive et désagréable que celle des lampes). Il faut savoir que cette distorsion est parfois l'effet recherché avec ce type d'appareil.
- Un creux à 100Hz qui correspondrait à du 50Hz redressé : pas considéré comme important dans notre cas.

2.2.6.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +56,6dB (bouton *High Gain* enclenché) ;
 EIN = -114,3 dBu @ 56,6dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 86,9 dB;
 EIN = -113,4 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 102,9 dB;
 EIN = -103,6 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 113,1 dB;
 Niveau max de sortie = +29,5dBu (23V).

Les données du constructeur sont minces et sont assez cohérentes avec celles mesurées :

EIN = -116dBu;
 Gain maximal : +58dB;
 Niveau max de sortie = +30dBu.

La valeur du bruit rapporté à l'entrée est la plus mauvaise mesurée. Cela revient à dire que, dans le meilleur des cas, le facteur de bruit (bruit ramené par l'Avalon) est de 15,7dB. Le gain maximal n'est pas satisfaisant non plus comparé aux autres préamplificateurs professionnels. Par contre, son alimentation en 23V permet à l'Avalon de présenter le plus grand niveau maximal de sortie et du coup, de ramener le rapport signal sur bruit à un niveau acceptable.

2.2.6.4- Temps de montée

Ici encore, les lampes ont un impact assez significatif puisque l'Avalon affiche le plus grand temps de montée avec 8,1μs soit une sensibilité de 1,35V/μs (presque 19 fois inférieur à celle du Millennia). La réponse est plus molle que ce que nous avons vu jusqu'à présent. Ceci devrait grandement affecter les impacts et les transitoires, les rendant moins précises que ce qu'on pourrait entendre sur le Millennia ou le Neve par exemple.

2.2.6.5- Conclusions sur l'Avalon VT-737 SP

En choisissant ce préamplificateur, nous savions que nous allions tabler sur quelque chose de totalement différent d'un point de vu métrologique. L'Avalon VT-737 SP étant aussi une référence dans le milieu professionnel, il était d'autant plus attrayant de le mesurer aux autres préamplificateurs. L'Avalon présente une bande passante passable, un THD acceptable (mais incomparable aux autres pour des raisons technologiques comme nous avons pu le voir), un rapport S/B satisfaisant, un gain adapté pour un environnement studio et un temps de montée très mou.

Mais encore une fois, ce sont les caractéristiques attendues et recherchées pour un tel appareil ; c'est pour cette raison que la technologie lampes existe encore.

2.2.7- DAD AX24

Le DAD AX24 comprend huit préamplificateurs et convertisseurs (montant jusqu'à 384kHz/24bits). Ses préamplificateurs présentent la particularité de combiner gain analogique (jusqu'à +35,4dB par pas de 3dB) et gain numérique (jusqu'à +87dB) assuré par un DSP. Cette caractéristique est rendue possible par la numérisation du signal à travers le convertisseur devenu indispensable et fonctionnant de pair avec le préamplificateur. Le DAD AX24 est contrôlable par un ordinateur via USB ou Ethernet et permet des réglages très fins à partir de cette interface.

Lors de nos mesures nous avons réglé le convertisseur sur 192kHz/24bits, les fréquences d'échantillonnages ou supérieures présentant des particularités propres au DAD (convertisseur sigma-delta nécessitant une reconversion des fichiers son par la suite dans tous les cas).

Areitec est le seul importateur de DAD en France et propose la version huit voies pour 8340€, soit 1042,5€ par tranche (CAN/CNA inclut puisque le préampli fonctionne nécessairement avec le convertisseur). Ce préamplificateur se situe dans le haut de gamme.



Figure 14 : le DAD AX24

2.2.7.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 10Hz – 55kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 10Hz – 55kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +60dB de gain = 10Hz – 55kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +80dB de gain = 10Hz – 55kHz, +0/-0,5dB.

La bande passante du DAD est extrêmement plate et quasiment identique d'une valeur de gain à l'autre. Bien entendu, au delà de 80kHz, la réponse chute à cause du filtre anti-repliement du convertisseur (réglé sur une fréquence d'échantillonnage de 192kHz). Cette bande passante n'en demeure pas moins excellente et, comme tous les préamplificateurs mesurés dans ces tests, ne présente aucune coloration

Dans sa documentation, DAD donne une bande passante de 20Hz – 40kHz +/-0,1dB qui est correspond exactement à nos mesures.

2.2.7.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,003%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,006%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,055%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +60dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

La présentation de THD donné par le constructeur n'est pas digne d'un matériel professionnel : THD < 0,00018% (pas de précision sur le réglage de gain, la plage de fréquence, ou le niveau du signal en entrée). De plus, il ne correspond pas aux valeurs mesurées par nos soins même si celles-ci sont excellentes.

2.2.7.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +87dB;

EIN = -126,9 dBu @ 87dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 57,7 dB ;

EIN = -125,9 dBu @ 60dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 84,7 dB ;

EIN = -120,7 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 103,8 dB ;

EIN = -98,7 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 111,8 dB ;

Niveau max de sortie = +18,2dBu (6,3V).

Vis-à-vis du niveau de sortie maximal, les convertisseurs analogiques-numérique haut de gamme marchant à 5V maximum, cela ne sert à rien d'amplifier la tension de sortie pour attaquer des convertisseurs qui sont bridés à $\pm 2,5V$.

Les données du constructeur sont relativement complexes à déchiffrer :

EIN = -131dBu @ au delà de 24dB de gain (charge = 0 Ω) ;

EIN = -129dBu @ 21dB de gain (charge = 0 Ω) ;

Gain maximal : +90dB.

Les mesures de bruit rapporté à l'entrée données par le constructeur sont inexploitable pour nous puisqu'elles ont été faites avec une charge de 0 Ω . Le gain maximal donné est gonflé de 3dB par rapport à la réalité.

Les résultats mesurés par nos soins restent néanmoins très bons et avec un gain maximal pouvant monter jusqu'à +87dB le DAD AX24 assure même de pouvoir enregistrer les sources les plus faibles.

Le rapport signal sur bruit est satisfaisant malgré de très bon EIN. Ceci est dû au faible niveau maximal de sortie.

2.2.7.4- Temps de montée

Avec un temps de montée mesuré à 6 μ s, le DAD AX24 propose un temps de réponse relativement décevant compte tenu de la technologie et du prix de la machine.

2.2.7.5- Conclusions sur le DAD AX24

Le DAD AX24 est réputé pour être un excellent convertisseur dans le domaine de l'audio professionnel. Quant à ce qui nous intéresse, le côté préamplification sera qualifié de très bon par nos mesures : très bonne bande passante, THD excellent, bon rapport S/B, le gain maximal est excellent aussi. Seul le temps de montée pêche un peu ce qui est dommage pour une machine avec une finition aussi poussée. Avec des telles caractéristiques on serait susceptible de voir dans le DAD un préamplificateur transparent, précis et respectueux des sources enregistrées.

2.2.8- Sonosax SX-ST8D

La Sonosax SX-ST8D est une console de mixage huit voies (micro/ligne), comportant des entrées et sorties numériques très pratiques dans un cadre de tournage pour enregistrer directement les pistes séparées en numérique sur l'enregistreur par exemple. Cette console jouit d'une excellente réputation dans le milieu du cinéma et présente l'inconvénient – pour les revendeurs – d'être extrêmement robuste.

Les préamplificateurs micro sont à très faible bruit, utilisant une technologie "semi discrets" et n'utilisent pas de transformateur qui, selon Sonosax : *"évite d'introduire de la rotation de phase inutile, élimine les risques de saturation du transformateur aux basses fréquences, offre un meilleur temps d'attaque et permet d'avoir une très large bande passante avec une réponse en fréquence la plus plate possible, comme requis par le SACD."*

Areitec est le seul importateur de Sonosax en France et propose cette console (version sans le CAN de sortie) pour 17500€, soit 2187,5€ par tranche. On pourra aisément considérer cette console comme étant située dans le haut de gamme.



Figure 15 :
La Sonosax SX-ST8D

2.2.8.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 40Hz – 200kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 40Hz – 200kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +60dB de gain = 40Hz – 150kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +80dB de gain = 50Hz – 120kHz, +0/-0,5dB.

La Sonosax SX-ST8D présente un coupe bas à 15Hz dans son circuit ce qui réduit forcément la bande passante dans les basses fréquences (-3dB à 15Hz). Mais même sans considérer cela, la bande passante est excellente et avec le gain maximal on dépasse à peine -1dB à 200kHz !

Par contre, Sonosax donne la bande passante suivante pour sa gamme SX-ST : 10Hz à 200kHz \pm 0,5dB. Cette mesure ne prend pas en compte le gain du préamplificateur et n'est pas celui mesuré.

Toutefois, on considérera la bande passante de la Sonosax SX-ST8D excellente : elle reste plate et quasiment inchangée même en augmentant le gain à sa limite. La perte des infra-graves n'est pas dramatique compte tenu du domaine d'utilisation de cette console (configuration cinéma ou l'on enclenche quasi-systématiquement un coupe bas sur les microphones servant à la captation).

2.2.8.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,005%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,007%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,038%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +60dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

La valeur de THD donné par le constructeur est :

THD < 0,005% @ +4dBu, 22Hz - 22kHz.

Cette valeur correspondrait à celle mesurée pour un gain de 10dB. D'une manière générale, le THD de cette console est excellent – même avec la présence de bosses montant jusqu'à 0,012% à 20Hz.

2.2.8.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +80,2dB ;

EIN = -127,2 dBu @ 80,2dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 71,5 dB ;

EIN = -127 dBu @ 60dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 91,5 dB ;

EIN = -126,4 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 110,9 dB ;

EIN = -114 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 118,5 dB ;

Niveau max de sortie = +24,5dBu (12V).

Les données du constructeur sont bien renseignées dans un tableau, bien qu'un peu optimistes :

EIN = -128 dBu @ 60dB de gain (charge = 150 Ω) ;

EIN = -127,8 dBu @ 48dB de gain (charge = 150 Ω) ;

EIN = -126,4 dBu @ 36dB de gain (charge = 150 Ω) ;

EIN = -120,9 dBu @ 24dB de gain (charge = 150 Ω) ;

Gain max = 80dB.

Les résultats mesurés sont relativement cohérents à ceux donnés par le constructeur. Par ailleurs, les résultats de la Sonosax SX-ST8D sont excellents en tout point.

2.2.8.4- Temps de montée

Le temps de montée mesuré pour le préamplificateur de cette console est de 400ns (le régime permanent est quand même atteint pour 4,3 μ s) ce qui garantit une excellente réponse au niveau des sources chargées de transitoires.

2.2.8.5- Conclusions sur la Sonosax SX-ST8D

Il semblerait que le préamplificateur de la Sonosax SX-ST8D soit excellent en tout point : énorme plage de gain, très faible THD, excellente bande passante, excellent temps de montée. On s'attend à un préamplificateur extrêmement transparent, efficace et précis à la suite de ces mesures.

2.2.9- Nagra VI

Le Nagra VI est le dernier enregistreur numérique sorti chez Nagra et comprend quatre préamplificateurs micro/ligne en plus de deux entrées AES. Il inclut des convertisseurs qui lui permettent d'enregistrer en 96kHz/24bits. Pour ses préamplificateurs il continue d'utiliser la même technologie qui existait derrière le Nagra V et le Nagra-D. Il présente aussi des transformateurs en entrée.

Pour un prix de 6550€, le Nagra VI est considéré comme un enregistreur haut de gamme professionnel. Il apparaît absurde d'essayer de traduire le prix par tranche sur cette machine.

Lors des tests, le Nagra VI n'ayant pas de sortie directe après l'étage préamplificateur et passant nécessairement par les convertisseurs de la machine, nous l'avons réglé sur le format 44.1kHz/24bits. Sauf pour le temps de montée pour lequel il était plus aisé d'effectuer les mesures à une fréquence d'échantillonnage de 96kHz.



Figure 16 : le Nagra VI

2.2.9.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 25Hz – 18kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 25Hz – 18kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +60dB de gain = 25Hz – 18kHz, +0/-0,5dB.

Ces mesures sont limitées par le filtre anti-repliement du convertisseur qui coupe forcément toutes les fréquences au delà de 22kHz et commence à se sentir dès 18kHz. Pour la bande allouée, les résultats de Nagra VI sont très bon : la bande passante reste plate et inchangée d'une valeur de gain à une autre ce qui laisse entendre une bonne marge au delà des 22kHz observés ici.

Le constructeur, lui, annonce une bande passante de 20Hz à 43kHz, +0,5/-1 dB. Ce que nous validons – dans la plage que nous avons mesurée.

La bande passante du Nagra VI est bonne et ne présente aucune coloration spectrale.

2.2.9.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Le filtre anti-repliement faisant des siennes, voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,025%, +4dBu, 20Hz-5kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,06%, +4dBu, 20Hz-5kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,05%, +4dBu, 50Hz-20kHz @ +60dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

La mesure du THD n'est pas excellente et est étonnamment linéaire pour un appareil qui comprend des transformateurs sur l'entrée de ses préamplificateurs.

La valeur de THD donné par le constructeur à 1kHz est THD < 0,1%. En prenant une telle marge, Nagra est sûr de respecter la valeur mesurée chez Areitec.

2.2.9.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +60,4dB ;

EIN = -125,6 dBu @ 60,4dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 85,2 dB ;

EIN = -124,5 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 104,5 dB ;

EIN = -112 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 112 dB ;

Les données du constructeur sont un peu limité et manquent de précision :

EIN = -119 dBu ;

Gain max = 60dB.

Les mesures de EIN que nous avons réalisées ont donné de très bons résultats, comparables à ceux des préamplificateurs du RME Micstasy et du DAD AX24. Le gain maximal est aussi très bon.

2.2.9.4- Temps de montée

Ici, le bas blesse puisque nous avons mesuré un temps de montée de 10 μ s chez Areitec.

2.2.9.5- Conclusions sur le Nagra VI

Sur le papier, les performances des préamplificateurs du Nagra VI sont simplement bonnes... mais pour une machine à qui l'on demande de réaliser des enregistrements dans des lieux dont l'humidité peut aller jusqu'à 99%, on consentira à y trouver un intérêt. Dans ce sens, en comparaison avec les préamplificateurs prévu pour le studio, on ne choisira pas le Nagra VI pour enregistrer de la musique. Par contre, ses 3kg seront sûrement plus simples à transporter que les 10kg de l'Avalon VT-737 SP.

2.2.10- Nagra IV-S

Le NAGRA IV-S a été introduit sur le marché en 1971. C'est un magnétophone portatif analogique qui utilise les bandes magnétiques 6.35mm (1/4 pouce). Il a été conçu pour l'enregistrement musical de haute qualité, ainsi que les applications cinéma et télévisuel. Depuis, il a subi quelques évolutions : insertion de la piste de time-code sur la partie centrale de la bande. A l'époque, et aujourd'hui encore, on entend parler de la qualité de ses préamplificateurs et certains s'en servent parfois comme préamplificateur pour enregistrer en numérique derrière.

Aujourd'hui, il est possible de trouver le Nagra IV-S d'occasion pour environ 1750€. Ce qui revient à 875€ le préampli, le reste de l'appareil étant jugé quasi-obsolète aujourd'hui. A l'époque de l'analogique et de la bande magnétique, le Nagra IV-S était considéré comme haut de gamme et était le fer de lance des preneurs de son cinéma. Qu'en est-il maintenant ? Cela vaut-il encore le coup de véhiculer le mythe des préamplificateurs du Nagra IV-S ?



Figure 17 :
Le Nagra IV-S

2.2.10.1- Bande passante

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- BP @ +20dB de gain = 28Hz – 18kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +40dB de gain = 28Hz – 18kHz, +0/-0,5dB ;
- BP @ +57dB de gain = 28Hz – 18kHz, +0/-0,5dB.

La bande passante mesurée pour le Nagra IV-S est honorable et ne présente aucune coloration dans le domaine audible. Par contre, il est fortement limité au delà des 22kHz. Ce résultat n'est pas étonnant compte tenu du support d'enregistrement de l'époque (bande magnétique) et des moyens de diffusion que l'on retrouvait dans les salles de cinéma.

Dans la dernière doc mise à jour du janvier 2003, Nagra donne les précisions suivantes sur sa réponse en fréquence : 30 – 20kHz +/- 1dB (enregistré à -20dB 38cm/s).

2.2.10.2- Taux de Distorsion Harmonique (THD)

Voici les mesures obtenues aux différentes valeurs de gain :

- THD < 0,02%, +4dBu, 170Hz-20kHz @ +10dB de gain ;
- THD < 0,025%, +4dBu, 170Hz-20kHz @ +40dB de gain ;
- THD < 0,085%, +4dBu, 100Hz-20kHz @ +60dB de gain. (PAS REPRESENTATIF)

Nagra n'a pas communiqué le taux de distorsion harmonique pour le Nagra IV-S.

Le THD mesuré est assez élevée et limité dans les basses fréquences où il s'envole complètement dès que l'on passe en dessous de 100Hz – environ 0,1% pour 50Hz et au delà de 1% une fois passé sous 20Hz! Le croisement des courbes confirme bien la présence des transformateurs sur l'entrée. Ceux-ci, comme nous avons pu l'expliquer, ne supportent pas les fréquences basses à fort niveau.

2.2.10.3- Bruit rapporté à l'entrée, niveau maximal de sortie et rapport signal sur bruit

Gain max mesuré = +57,6dB ;
EIN = -120,4 dBu @ 57,6dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 73,6 dB ;
EIN = -115,6 dBu @ 40dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 86,6 dB ;
EIN = -99 dBu @ 20dB de gain (charge = 180 Ω), R S/B = 90 dB ;
Niveau max de sortie = +11dBu (2,7V).

Les résultats sont honorables et presque comparables à certains préamplificateurs conçus pour l'enregistrement numérique. Mais dès qu'on calcule le rapport signal sur bruit, le bas blesse puisque, aujourd'hui, il ne serait plus du tout adapté au support d'enregistrement numérique offert par nos plateformes.

Ici aussi, les données du constructeur manquent à l'appel. On peut imaginer qu'à l'époque, vu le choix qu'il y avait dans le domaine de l'enregistrement portatif, les tests n'étaient pas aussi poussés puisque le bouche-à-oreille faisait plus rapidement la réputation de l'appareil que les spécificités techniques.

2.2.10.4- Temps de montée

Le temps de montée est long puisque nous avons mesuré 7 μ s et une stabilisation du signal après 24 μ s ce qui donne au Nagra IV-S un temps de réponse assez mou en comparaison des autres préamplificateurs à transistors. Mais peut-être cette mollesse peut-elle être flatteuse pour le son et atténuer les signaux agressifs.

2.2.10.5- Conclusions sur le Nagra IV-S

Les résultats des préamplificateurs du Nagra IV-S sont honorables et devaient sûrement être à la pointe à sa sortie il y a 40 ans. Mais les utiliser en vue d'enregistrer en numérique derrière apparaît inadéquat : le THD est dramatique, la bande passante bien en deçà de ce qu'il se fait aujourd'hui, le temps de montée est long. Quant au bruit et le souffle généré par le préamplificateur, s'il était suffisamment bas pour être masqué par le souffle de la bande analogique à l'époque, avec la technologie actuelle il deviendrait largement audible. Nous n'avons pas parlé de la connectique ici, mais celle du Nagra IV-S n'est pas non plus adaptée aux normes actuelles et oblige l'utilisateur à prévoir des câbles bien spécifiques.

2.3- Conclusions sur la partie mesure

2.3.1- Récapitulatif des mesures et comparaison théorique des préamplificateurs sur les termes purement métrologiques

Après avoir mesuré les différents paramètres des préamplificateurs et les avoir confronté aux spécifications techniques des constructeurs, il est intéressant de comparer ces mesures entre elles et déterminer le meilleur préamplificateur théorique.

Comme un graphique vaut mieux qu'un long discours, nous avons créé pour chaque préamplificateur un graphique "radar" qui permet en un coup d'œil de juger des qualités de celui-ci suivant les six axes mesurés dans cette partie :

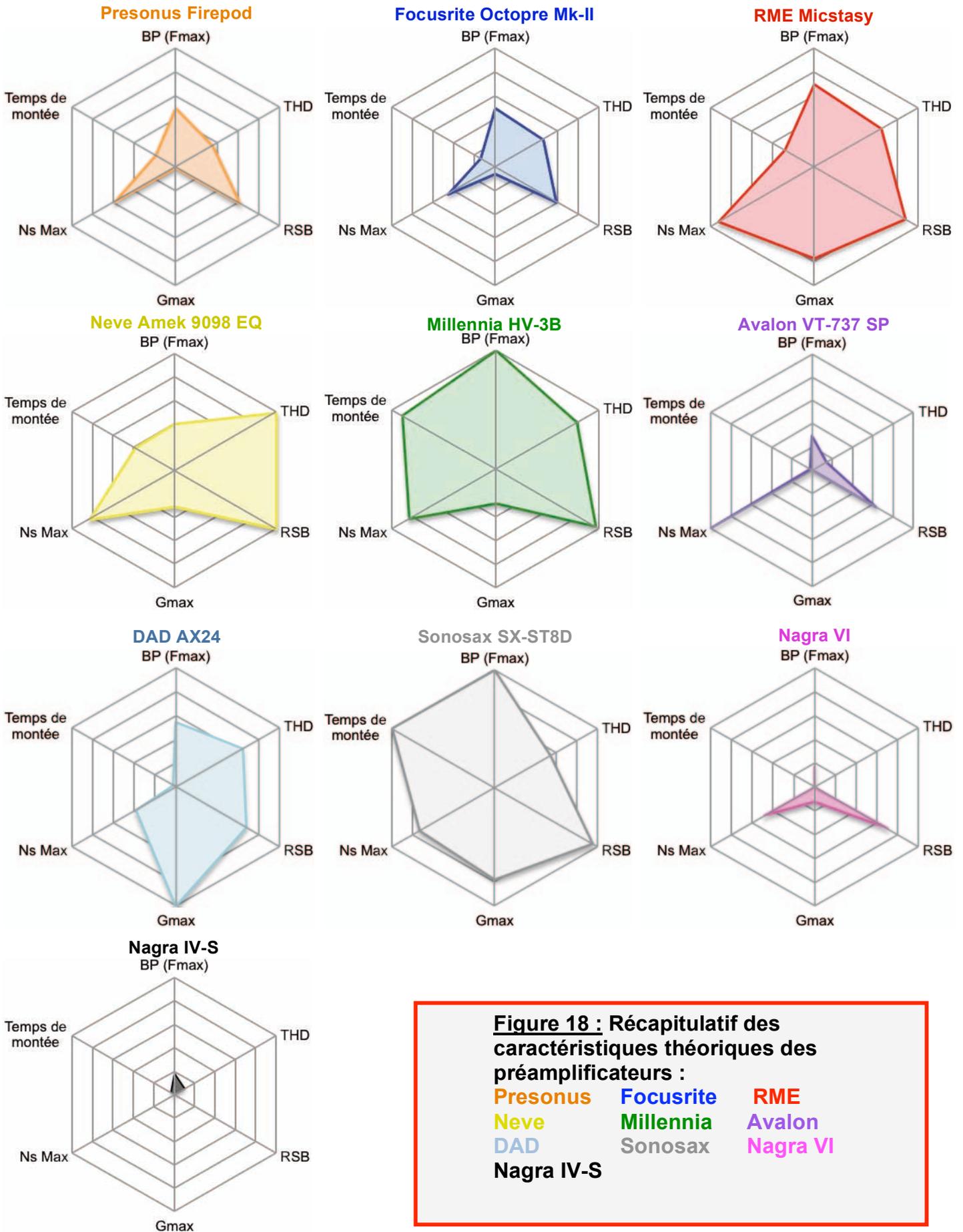
- Fréquence maximale de la bande passante à +40dB de gain et une tolérance de +0/-0,5dB ;
- Taux de distorsion harmonique (THD) à +40dB de gain à 1kHz ;
- Rapport signal sur bruit (RSB) à +40dB de gain ;
- Gain maximal ;
- Niveau de sortie maximal avant saturation ;
- Temps de montée.

Pour la bande passante, le THD et le RSB, nous avons pris les valeurs à +40dB de gain puisque cette valeur de gain peut être atteinte par tous les préamplificateurs et permet un bon point de comparaison. De plus, le facteur "gain maximal possible délivré par le préamplificateur" est aussi pris en compte à un autre endroit du graphique.

Pour plus de clarté au niveau des graphiques, j'ai inversé les grandeurs pour le THD et le temps de montée : plus l'aire occupée est étendue (ou le radar est "rempli"), meilleur est le préamplificateur – d'un point de vue purement théorique bien entendu.

On considèrera:

- **la partie supérieur gauche** (bande passante et temps de montée) comme étant la composante "*réponse fréquentielle*" du graphique ;
- **la partie droite** (THD et RSB) comme la composante "*bruit*" du graphique;
- **la partie inférieur gauche** (Gain max et niveau de sortie max) comme la composante "*niveau/gain*" du graphique.



Un rapide coup d'œil permet de se rendre compte que :

- **le Nagra IV-S, le Nagra VI et l'Avalon VT-737 SP ont de piètres résultats théoriques:** que ce soit dans le domaine *réponse fréquentiel*, d'un point de vue de la gestion du *bruit* ou du *niveau/gain*;

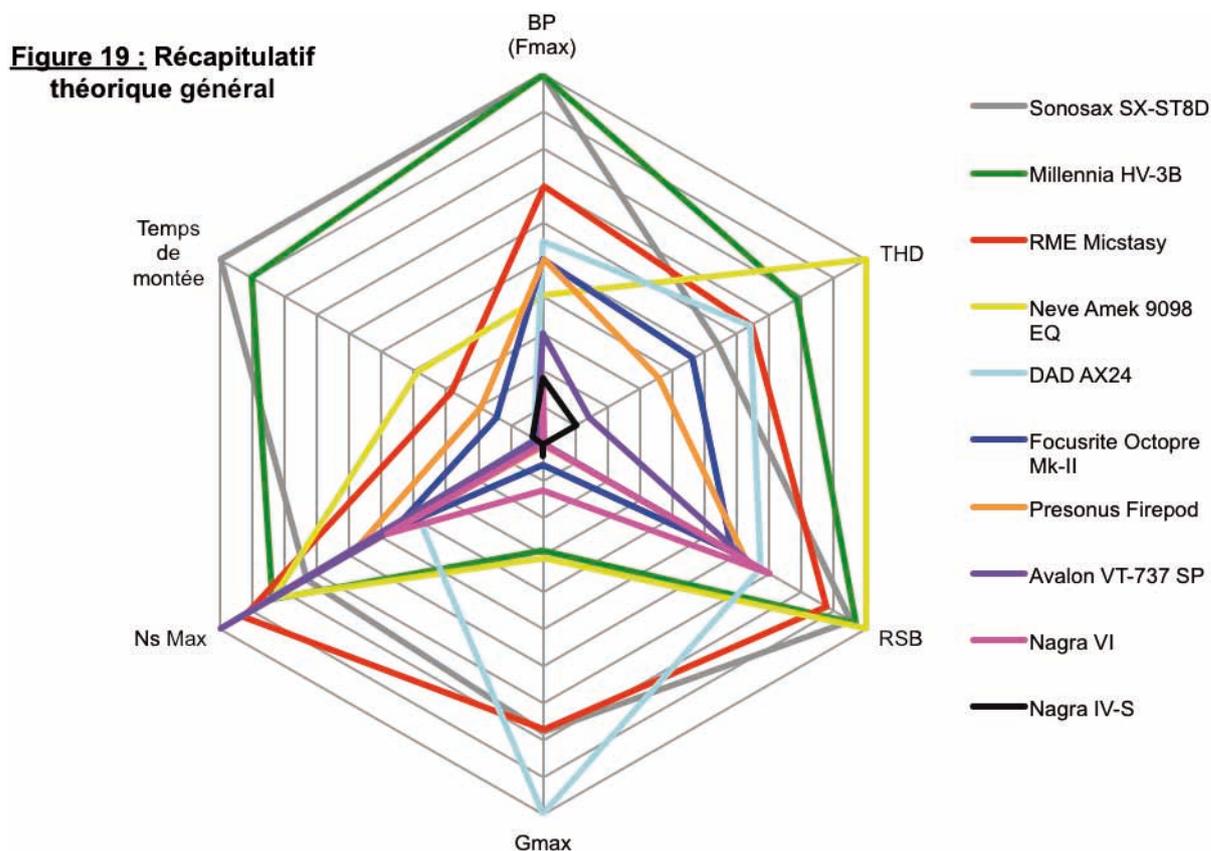
- **le Presonus Firepod et le Focusrite Octopre Mk-II présentent des résultats similaires et sont assez faibles par comparaison aux autres préamplificateurs:** les composantes *réponse fréquentielle* et *bruit* sont passables, mais l'insuffisance du côté *niveau/gain* met en avant la part "bas de gamme" de ces appareils;

- **le DAD AX24, le RME Micstasy et le Neve Amek 9098 EQ ont de bons résultats mais de natures différentes:** le DAD assure une moyenne honorable alors que le Neve excelle dans la gestion du *bruit* et présente de bons résultats d'un point de vu *réponse fréquentielle* et *niveau/gain*. Le RME se défend très bien aussi dans le côté *réponse fréquentielle* et gestion du *bruit* mais excelle sur le plan *niveau/gain*;

- **le Millennia HV-3B et la Sonosax SX-ST8D tiennent la dragée haute à notre sélection :** le Millennia en proposant d'excellents résultats partout sauf pour un très bon gain max de +65,3dB, la Sonosax en ayant d'excellents résultats sauf pour le THD qui plafonne à une très bonne valeur de 0,007%.

Il convient de préciser que ces résultats tiennent parfois dans un mouchoir de poche et que les grandeurs affichées le sont dans un souci de comparaison et non pas de valeur absolue : le "zéro" (centre de l'hexagone) correspond à la plus mauvaise valeur mesurée sur les dix préamplificateurs et le périmètre extérieur au meilleur résultat donné par un préamplificateur pour le critère défini.

Un graphique récapitulatif permet de comparer en un coup d'œil tous les préamplificateurs entre eux. Le tableau en [annexe 3](#), lui, donne les valeurs exactes pour chaque préampli (avec en gras, le meilleur résultat pour chaque critère).



2.3.2- Sélection des préamplificateurs pour la partie perceptive

Pour nos enregistrements, nous voulions mettre sur le banc d'essai six préamplificateurs. Ceux retenus sont les suivants :

- Presonus Firepod ;
- Focusrite Octopre Mk-II ;
- RME Micstasy ;
- Neve Amek 9098 EQ ;
- Millennia HV-3B ;
- Avalon VT-737 SP.

Nous avons privilégié les préamplificateurs qui étaient utilisés principalement en studio musique : exit donc les Nagra et la console Sonosax. De plus, ceux-ci auraient été plus durs à obtenir pour nos enregistrements, comme le DAD, nécessitant un prêt d'Areitec. De même, nous voulions pouvoir passer par le même convertisseur pour chacun des préamplificateurs (impossible avec le Nagra VI et le DAD AX24).

Le Nagra IV-S était surtout une curiosité et bien trop vieux pour être comparable aux autres préamplificateurs qui sont tous encore utilisés en studio de nos jours.

La sélection des six préamplificateurs est aussi intéressante pour les points suivants :

- **gamme de prix très large** : on a du bas de gamme (Presonus, Focusrite), du moyen (RME) et du haut de gamme (Neve, Millennia, Avalon);

- **différentes technologies** : technologie transistor discrète (Presonus, Focusrite, RME), technologie à transistor et au design poussé, simplifié avec des composants simples (Neve, Millennia), technologie à lampes (Avalon);

- **qualité théorique variée** : comme nous avons pu le voir précédemment avec les graphiques en 2.3.1., les quatre catégories théoriques (mauvais, passable, très bon, excellent) sont représentées et les préamplificateurs proposent des caractéristiques assez différentes.

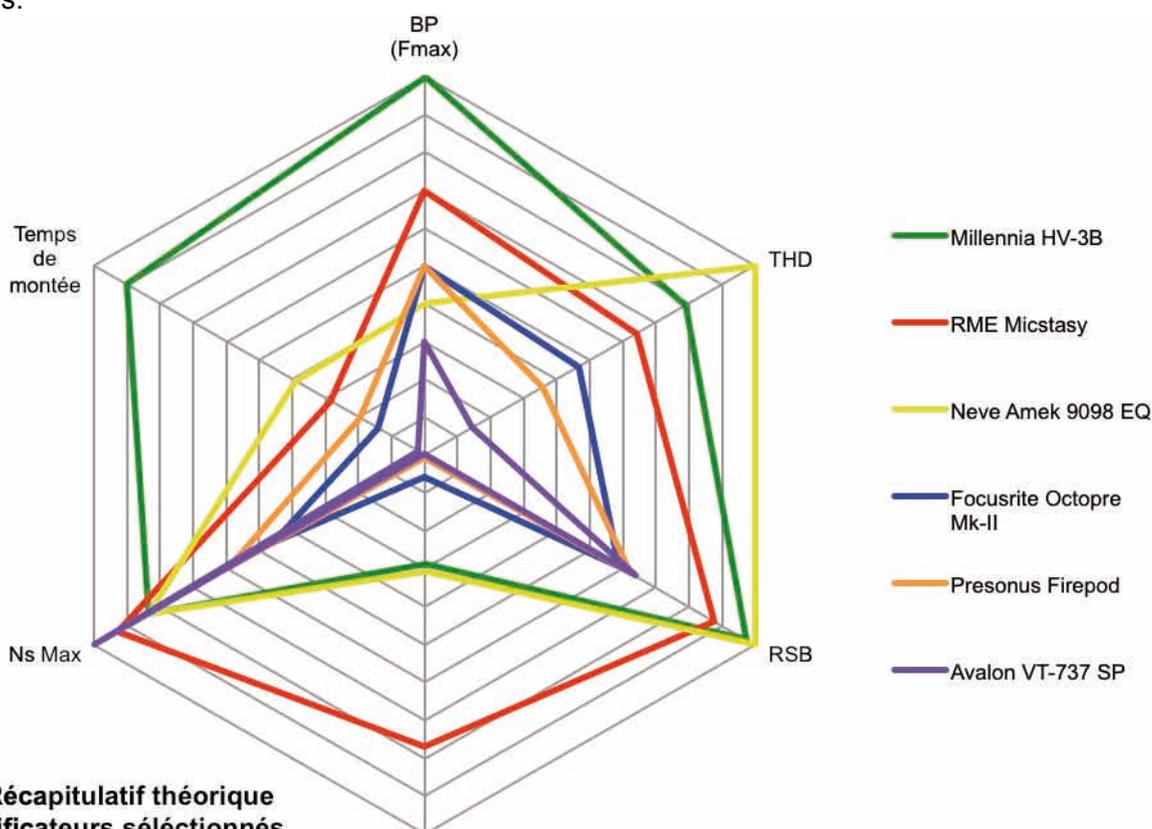


Figure 20: Récapitulatif théorique des préamplificateurs sélectionnés

3- Tests perceptifs

Les caractéristiques principales d'un test subjectif sont qu'il n'est pas falsifiable mais pas reproductible non plus – contrairement au test objectif. Le test subjectif est long et nécessite des moyens suffisants (budget, matériel, studio à disposition, etc.) pour le réaliser de manière adéquate. Dans cette partie nous allons décrire comment nous avons procédé pour réaliser les tests subjectifs dans le cadre de ce mémoire.

Par ailleurs, sur le tard, nous avons été capable d'inclure l'analyse IDS de Laurent Millot pour compléter notre analyse perceptive. Celle-ci apparaît à la fin de cette partie.

3.1- Élaboration du test

L'idée principale est d'enregistrer différents types de sources sur chaque préamplificateur et, par le biais d'écoutes comparatives deux à deux, d'essayer d'y déceler les trois points suivants :

- Arrive-t-on à différencier d'un point de vu purement sonore les préamplificateurs entre eux ?
- Est-on capable d'émettre une préférence envers un préamplificateur à la suite de ces écoutes ?
- Arrive-t-on à qualifier et quantifier les différences entendues et à justifier notre préférence si on arrive bel et bien à discerner les préamplificateurs entre eux ?

Pour l'élaboration du test, je me suis beaucoup inspiré de l'étude perceptive de Pierre Henry dans son mémoire "*Différence perceptives entre des microphones à lampes et des microphones à transistors dans la prise de son musicale*" (ENSL 2001) en essayant de ne pas reproduire les mêmes erreurs rencontrées.

3.1.1- Choix du matériel utilisé

3.1.1.1- Le studio et le placement du microphone

L'idéal pour mener ces tests aurait été d'enregistrer les différentes sources dans une chambre sourde. Ne disposant pas de chambre anéchoïque à l'ENS Louis Lumière et les structures en possédant une n'étant pas disponibles pour m'allouer une telle salle, j'ai opté pour un enregistrement dans le studio musique C24 de Louis Lumière en plaçant des panneaux absorbant autour des sources. Le but était d'avoir un environnement le plus mat possible pour éviter que réponse (réverbe naturelle) de la salle n'interfère trop dans le test.

Les options de la prise de son limitant les différences perçues, le choix du placement du microphone est déterminant. Il fut décidé, avant toute prise, que le microphone serait situé dans une zone acoustique dite "de première réflexion", s'affranchissant ainsi de la perception du champ diffus et délimitant assez clairement une zone acoustique de captation, et ce, quelque soit la source. Toutes ces considérations m'ont mené à réaliser des prises de son de proximité, avec le microphone à moins d'un mètre des sources dans la plupart des cas.

3.1.1.2- Le microphone

Pour nos enregistrements nous avons utilisé le Schœps MK-5 (spécifications techniques en annexe 4). C'est un microphone d'excellente qualité, reconnu dans le milieu du son et souvent utilisé en studio musique. Il présente un excellent rapport signal sur bruit, une bande passante de 40Hz à 20kHz en directivité cardioïde (le mode dans lequel nous l'avons utilisé) et possède une légère bosse de +2dB à 10kHz. Les spécificités techniques sont disponibles en annexe.



Figure 21 :
Schœps MK-5

Il a la particularité intéressante dans notre cas d'avoir une très faible impédance (35 Ω). Ceci est capital dans le cas où l'on a l'intention de brancher un même microphone sur plusieurs préamplificateurs en même temps à l'aide d'un "Y" et éviter un problème d'adaptation d'impédance dans notre circuit : un problème d'adaptation d'impédance aurait lieu si l'impédance d'entrée totale des préamplificateurs disposés en parallèle "vu par le microphone" serait inférieur à 350 Ω . Ceci engendrerait un baisse significative du niveau et affecterait le son enregistré. En branchant le micro sur trois préamplificateurs en même temps, j'ai calculé (en fonction des impédances d'entrée des différents préamplificateurs) qu'il n'y avait pas de problème d'adaptation d'impédance (démonstration disponible en annexe 5).

Pour enregistrer sur six préamplificateurs en même temps, nous avons en fait utilisé deux microphones Schœps MK-5 appairés (prêtés par Areitec) que nous avons placé côte à côte et que nous avons chacun splitté sur trois préamplificateurs. On estime qu'au vu des distances aux sources et de leur placement de manière symétrique, des capsules placées aussi près l'une de l'autre captent le même son.

Il était nécessaire d'enregistrer simultanément sur les six préamplificateurs afin de proposer le même extrait pour chaque appareil lors des tests perceptifs et d'avoir un stimulus comparable entre deux écoutes.

3.1.1.3- Le "splitter"

Notre splitter n'en est pas vraiment un puisqu'il s'agit d'un câble en "Y" : une extrémité avec un embout XLR femelle pour être branché au microphone, et l'autre extrémité avec trois embouts XLR mâles pour être connectés à trois préamplificateurs en même temps. Il a été spécialement réalisé chez Areitec avec du câble de très bonne qualité et de la connectique Neutrik.

Le choix d'un "vrai" splitter a été écarté car ceux-ci contiennent des transformateurs qui, nous l'avons vu précédemment, ont une incidence non négligeable sur le son.

Le souci d'adaptation d'impédance a été écarté par les calculs (disponibles en [annexe 5](#)).

La solution du splitter a été préférée à celle d'enregistrer préalablement un son (avec un premier microphone et préamplificateur) et le diffuser dans les mêmes conditions à travers une enceinte car, justement, l'enceinte est un énorme point faible dans la chaîne : elle amène une distorsion due au haut-parleur et ne restitue pas les attaques et le spectre exactement comme une source réelle les émettrait. Ce protocole fait entrer en jeu d'autres paramètres gênants : le choix du microphone et du préamplificateur pour réaliser le premier enregistrement auront aussi une influence sur le son restitué par l'enceinte.

3.1.1.4- Les préamplificateurs

Le gain des préamplificateurs était réglé pour que le son enregistré soit à niveau confortable, en modulation normale et d'éviter toute saturation au moment de la prise de son. Les gains des préamplificateurs entre eux étaient réglés afin d'avoir le même niveau en sortie dans la mesure du possible (le réglage du gain du Neve et du Millennia étant par cran). Ce réglage a été rendu possible en grande partie avec l'aide visuelle des VU mètres de la console. En conséquent, tous les préamplificateurs fonctionnaient sur la même plage d'amplification.



3.1.1.5- Les convertisseurs

L'enregistrement a été effectué sur la plateforme Protools HD8 en wav 44.1kHz/24bits et le signal était converti par les CAN de la Digidesign 192 I/O qui ont la réputation d'être de bons convertisseurs (mais ceci pourrait faire l'objet d'un mémoire !). Dans l'idéal, nous aurions aimé enregistrer à une fréquence d'échantillonnage de 88.2kHz mais des problèmes de synchronisation avec la console du studio (une Yamaha DM2000) nous ont forcés à choisir ce format.

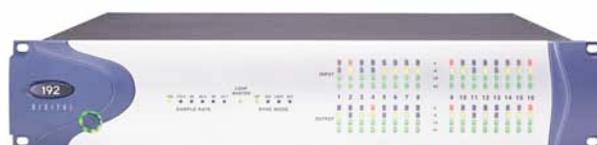


Figure 23 : Digidesign 192 I/O

3.1.2- Sources retenues et technique d'enregistrement

Les sources ont été choisies dans un souci de diversité au niveau de la fonction (rythmique, harmonique, mélodique), la tessiture, le timbre et la famille d'instruments.

Ainsi, nous avons enregistré :

- **Une caisse claire** : soit une source non tonale à forts transitoires. Jouée en frappe normale, rim-shot (en frappant à la fois le cerclage et la peau) et roulements.
- **Une chanteuse lyrique** : soit une voix, située dans un registre aigu.
- **Une trompette** : soit une source tonale à forts transitoires, un cuivre. Situé dans un registre haut-médium. Des notes courtes ont été jouées, ainsi que des notes plus longues.
- **Une guitare électrique** : soit une source à cordes pincées, passant par un amplificateur à lampes et issue d'un haut parleur. Situé dans un registre médium. Joué en arpèges, en accords et en *cocottes*.
- **Un violoncelle** : soit une source à cordes frottées, situé dans un registre grave. Montée et descentes sur une ou plusieurs cordes (accords), jeu avec les harmoniques. Celui-ci n'a pas été joué en pizzicato car nous avons choisi de ne juger que la composante cordes frottées sur cet instrument, laissant la composante cordes pincées pour la guitare.

Pour éviter toute influence culturelle des stimuli (une des erreurs commises dans le mémoire de Pierre Henry), les morceaux choisis étaient soit des improvisations, soit des morceaux situés dans un registre classique moderne (contemporain) et probablement inconnu du public. Dans ces extraits, nous avons essayé de proposer plusieurs styles de jeu et d'explorer tout le registre de l'instrument. Nous nous sommes souciés de proposer beaucoup de variations dans le jeu au niveau de la dynamique (*fortissimo*, *piano*), la hauteur des notes (graves, médium, aigus), le type de jeu (mélodique, accords) et la longueur des notes (*staccato*, *legato*).

Le placement du microphone a été effectué en accord avec les techniques conseillées par Pascal Spitz (professeur de prise de son musicale à l'ENS Louis lumière) et sous la supervision de Philippe Simonet. Aucune incompatibilité majeure n'a été formulée dans le couple microphone/type de source pour ces enregistrements (même s'il aurait été préférable d'avoir un microphone grosse capsule pour une prise de voix en ultra-proximité, le Schoeps, situé à une distance raisonnable, est aussi adéquat pour une prise de son de musique classique).

Bien entendu, la qualité de l'instrument et de l'instrumentiste est important aussi et nous avons veillé à avoir des musiciens compétents et impliqués au point d'avoir un bel instrument (et réputé de bonne qualité) : des musiciens professionnels, des membres du conservatoire ou faisant partie de groupes de musique expérimentés.

3.1.2.1- Caisse claire

Les microphones étaient situés à une vingtaine de centimètres de la peau de frappe, inclinés et pointant vers une zone entre le centre de la peau et le cerclage de manière à avoir une bonne restitution de la dynamique de la frappe et une captation des harmoniques (pour avoir un son assez claquant).

Malgré ces précautions, il est clair que d'un point de vue mixage, il aurait été nécessaire de traiter cette source par la suite (compresseurs et égaliseur) pour avoir le son adéquat.

La caisse claire était enfermée dans un petit volume créé au C24 par des panneaux absorbant et en tapissant le sol d'une épaisse moquette.



Figure 24 :
Photos du placement
microphonique lors
de la prise de son de
la caisse claire.



3.1.2.2- Chant

En prenant en compte le fait qu'on enregistrait avec un microphone à petite capsule, pour éviter les problèmes de plosive, le microphone était situé à un mètre cinquante de la source, légèrement en hauteur, dans l'axe et pointant vers la bouche de la chanteuse (comme lorsqu'on "perche" au cinéma par exemple).

La chanteuse était isolée dans un petit volume créé à l'aide des panneaux absorbants du studio et d'un tapis.



Figure 25 :
Photos du placement
microphonique lors
de la prise de son de
la chanteuse.



3.1.2.3- Trompette

Le microphone est situé à environ un mètre cinquante de la source et à la hauteur du trompettiste. Le microphone pointe vers l'extrémité de la trompette sans être directement dans l'axe du pavillon pour éviter de capter un son trop agressif.

Ici encore, le traitement acoustique est absorbant et des panneaux sont disposés autour de l'instrumentiste.



Figure 26 : Photos du placement microphonique lors de la prise de son de la trompette.

3.1.2.4- Guitare

Ici, le microphone est situé à une dizaine de centimètres de la membrane du haut parleur. Un compromis a été trouvé par rapport à l'axe où il pointe : entre le centre du cône et le bord de la membrane. Le réglage de l'amplificateur a été fait de manière à proposer un son "clean" (non saturé) avec un spectre fréquentiel équilibré.

L'amplificateur a aussi été isolé dans un volume absorbant (panneaux, tapis).

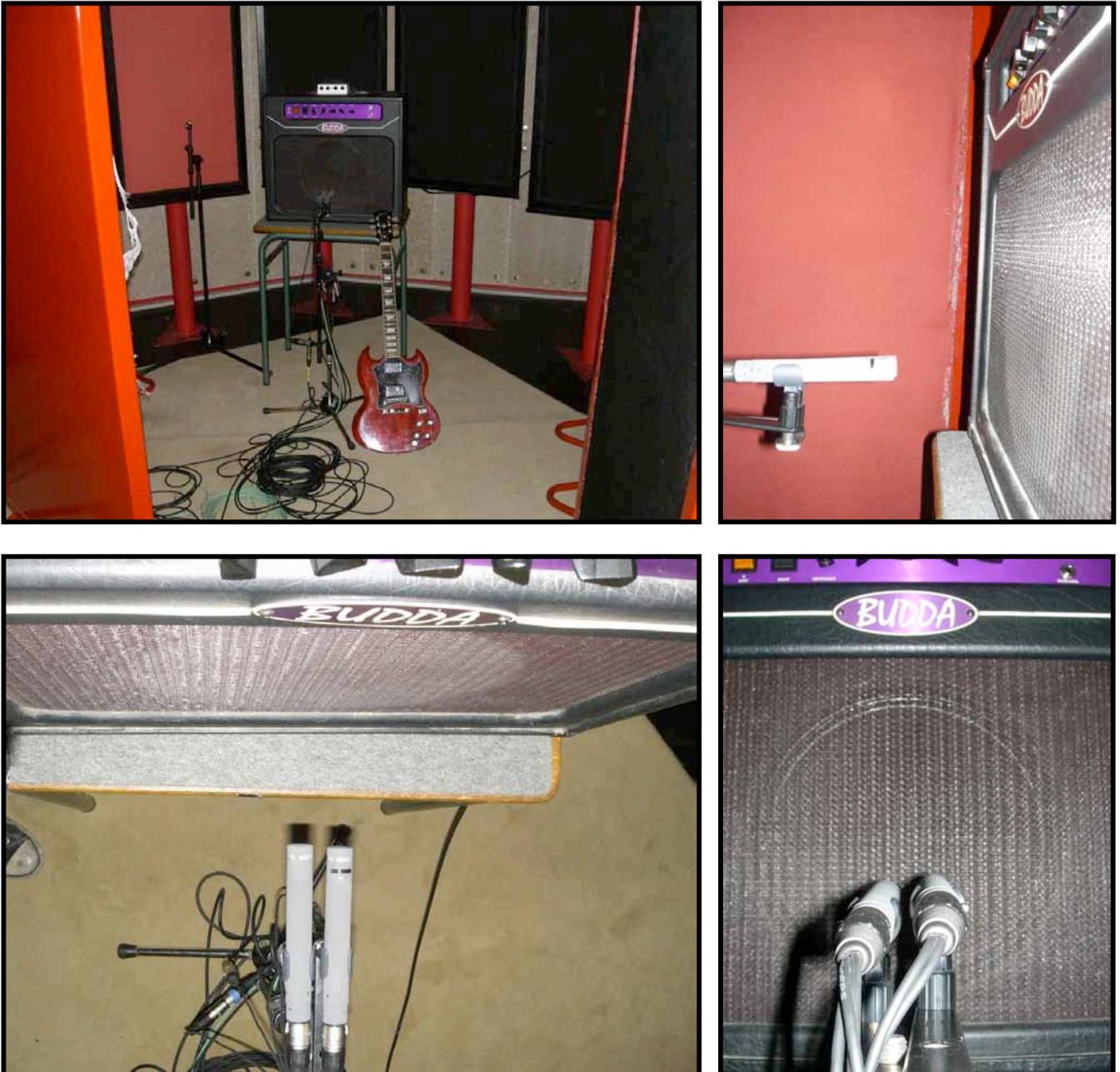


Figure 26 : Photos du placement microphonique lors de la prise de son de la guitare électrique.

3.1.2.5- Violoncelle

Le microphone était situé entre quarante et cinquante centimètres des cordes, quasiment perpendiculaire à la table d'harmonie du violoncelle, pointant vers la zone frottée par l'archet située entre le chevalet et le manche.

Le violoncelliste était isolé dans un petit volume absorbant à l'aide des panneaux du studio, encore une fois.



Figure 28 :
Photos du placement
microphonique lors
de la prise de son du
violoncelle.



3.1.3- Mise en place du protocole et organisation du test d'écoute

3.1.3.1- Le type de test

Le type de test retenu est de type double aveugle. Trois sons sont proposés mais il n'y en a que deux différents :

- **En A**, une référence non altéré, connu;
- **En B**, la référence ou le test, non connu;
- **En C**, le test ou la référence, non connu.

Dans un premier temps, après écoute, l'auditeur essaie de détecter quels sont les deux sons identiques : $A = B$ ou $A = C$. Puis, dans un deuxième temps, donne une préférence quant aux deux préamplificateurs écoutés (préfère-t-il le premier préamplificateur détecté, le second ou n'a pas d'avis/préférence? Pourquoi?). Ceci laisse la possibilité de faire une post sélection (c'est-à-dire d'éliminer les auditeurs ne faisant pas la différence entre les préamplificateurs) et de déterminer les préamplificateurs préférés en fonction de la source enregistrée.

Enfin, dans un dernier temps, l'auditeur à le champ libre pour faire part de ses observations l'idée étant qu'il essaye de qualifier et quantifier ce qu'il croit entendre : quel type de différence s'agit-il ? Est-elle marquée ou légère ?

En annexe 6, on trouvera une copie du formulaire donné aux testeurs lors des tests d'écoute. On verra qu'il existait cinq tests : un par source (caisse claire, chant, trompette, guitare électrique et violoncelle).

3.1.3.2- Les testeurs

Le groupe de testeurs sélectionnés était composé de gens avertis, étant sensibles à la qualité d'un son (qui "ont une oreille" ou "ont fait leurs preuves") et connaissant le principe d'un préamplificateur : principalement des élèves en section son à l'ENS Louis Lumière mais aussi des professeurs et des ingénieurs du son déjà implantés dans le milieu.

Le nombre de sujets visé était de vingt par test (soit un total de cent tests) ce qui a presque été atteint. Rares sont les auditeurs qui ont eu le temps de réaliser les cinq tests avec toutes les sources.

Je pense avoir réduit les différents biais du test de la manière suivante :

- **Biais perceptif** : en appliquant le même protocole pour chacun et limiter le plus possible l'influence du milieu d'écoute. Dans la mesure du possible, la phase d'écoute s'est effectuée dans un studio, avec les mêmes enceintes à la même position pour chacun des testeurs.

- **Biais interprétatif** : la présence de différents types de sources permet de réduire ce biais.

- **Biais descriptif** : les questions et le protocole est toujours resté le même. En choisissant un critère simple on peut réduire les erreurs.

Afin d'élargir le nombre de testeurs possibles, j'ai contacté des ingénieurs du son exerçant le métier en dehors de l'école (INA, radio classique, production). Malheureusement, ne pouvant se déplacer à l'ENS Louis Lumière les jours des tests, je leur ai proposé de réaliser ces écoutes en "télétravail", soit à domicile ou dans le studio auquel ils étaient habitués. Pour cela, j'ai préparé les sons et des sessions Protocols prêtes à l'emploi et je les ai rendues disponibles en téléchargement sur un serveur. N'ayant pas forcément la possibilité d'être présent chez les différentes personnes pendant les tests et dans un souci

du bon respect du protocole, j'ai du ajouter des consignes et préciser au maximum les conditions dans un mail supplémentaire destinés à ces testeurs particuliers.

3.1.3.3- Préparation et présentation du test

♦Normalisation des extraits

Après l'enregistrement des sources, nous avons choisi les passages les plus appropriés pour chacune des sources : l'objectif étant de proposer des extraits entre dix et quinze secondes représentatifs des différents types de jeu de l'instrument joué (comme décrit en 3.1.2.). Les extraits ont ensuite été normalisés à un niveau perçu équivalent pour éviter toute reconnaissance grâce au volume.

♦Réduction du nombre de préamplificateurs

La comparaison de six préamplificateurs étant trop longue à mettre en place, nous avons décidé d'en écarter un. Avec six préamplificateurs les tests auraient été beaucoup trop longs et auraient induit quinze écoutes successives au lieu de dix, fatiguant les auditeurs et rendant la fin des tests caduques. Le préamplificateur enlevé de l'analyse perceptive était le Focusrite Octopre Mk-II : sa similarité théorique (comparaison des diagrammes en radars) avec le Presonus Firepod et les différences perçues au moment de l'élaboration du test étant quasi nulles, il nous a semblé adéquat de retirer ce préamplificateur plus qu'un autre pour nos écoutes comparatives. De plus, en comparant les préamplificateurs deux à deux dont un avec un inverseur de phase, le son résultant du couple Presonus-Focusrite était presque inaudible (et ce, quelque-soit la source).

♦Préparation des sessions d'écoute sous Protocols HD 8

Le test a été préparé sous Protocols 8 : en plus d'être déjà présent au C24 (lieu où nous avons réalisé nos écoutes comparatives), il permettait une grande liberté de manipulation à l'auditeur. En effet, il était important pour nous de laisser la possibilité au testeur de faire des boucles comme il le souhaitait et de passer à la volée, sans interruption de son, d'un préamplificateur à l'autre afin d'y détecter les différences (subtiles sur ce genre de matériel).

Il existait cinq tests : un par source. Cinq sessions Protocols ont été élaborées. Chaque test présentait onze étapes :

- **une étape préliminaire servant d'exemple** pour que le testeur s'habitue au protocole de test. A chaque fois cette étape ("*Exemple 00*" comme elle était labélisée) présentait une différence évidente entre les deux sons proposés : il s'agissait en fait du même préamplificateur mais avec une modification d'égalisation qui rendait un des sons plus agressif ou résonnant.

- **dix étapes pour réaliser toutes les combinaisons de couples (ou duels) de préamplificateurs.** Celles-ci étaient labélisées comme "*Etape 01, Etape 02, ..., Etape 10*".

Les sessions présentaient trois pistes : son A (la référence), son B et son C. Chaque session présentait 33 sons (ou régions) en tout, c'est-à-dire trois fois les onze étapes. Chaque étape du test était clairement repérable grâce aux marqueurs que nous avons disposés tout au long de la session de sorte que le testeur ne soit jamais perdu et possède un repère visuel clairement défini.

Dans la configuration du Protools, nous avons imposé certains réglages :

- **Le mode solo était en X-OR (annulation du solo précédent)** : ceci permettait de passer d'une piste (préamplificateur) à l'autre avec l'appui d'un seul bouton sans erreur de manipulation et basculer instantanément d'un son à l'autre.

- **Une seule piste (la piste A, la référence) affichait la forme d'onde** : les deux autres étant en *mode block*, la forme d'onde (ou waveform) n'était pas visible. Ceci pour éviter que le testeur ne tente de repérer des différences visuelles entre les préamplificateurs. L'intérêt de garder une piste avec la forme d'onde était pour permettre au testeur de repérer en un coup d'œil les passages sur lesquels il souhaite réaliser ses boucles.

- **Les régions étaient verrouillées (lockées)** : on ne pouvait pas les déplacer à la suite d'une erreur de manipulation, ce qui garantit le passage d'un préamplificateur à un autre toujours synchrone.

- **Les VU mètres du Protools (et de la console) étaient masqués** : encore une fois, avec le souci que le côté visuel n'interfère pas avec l'auditif.

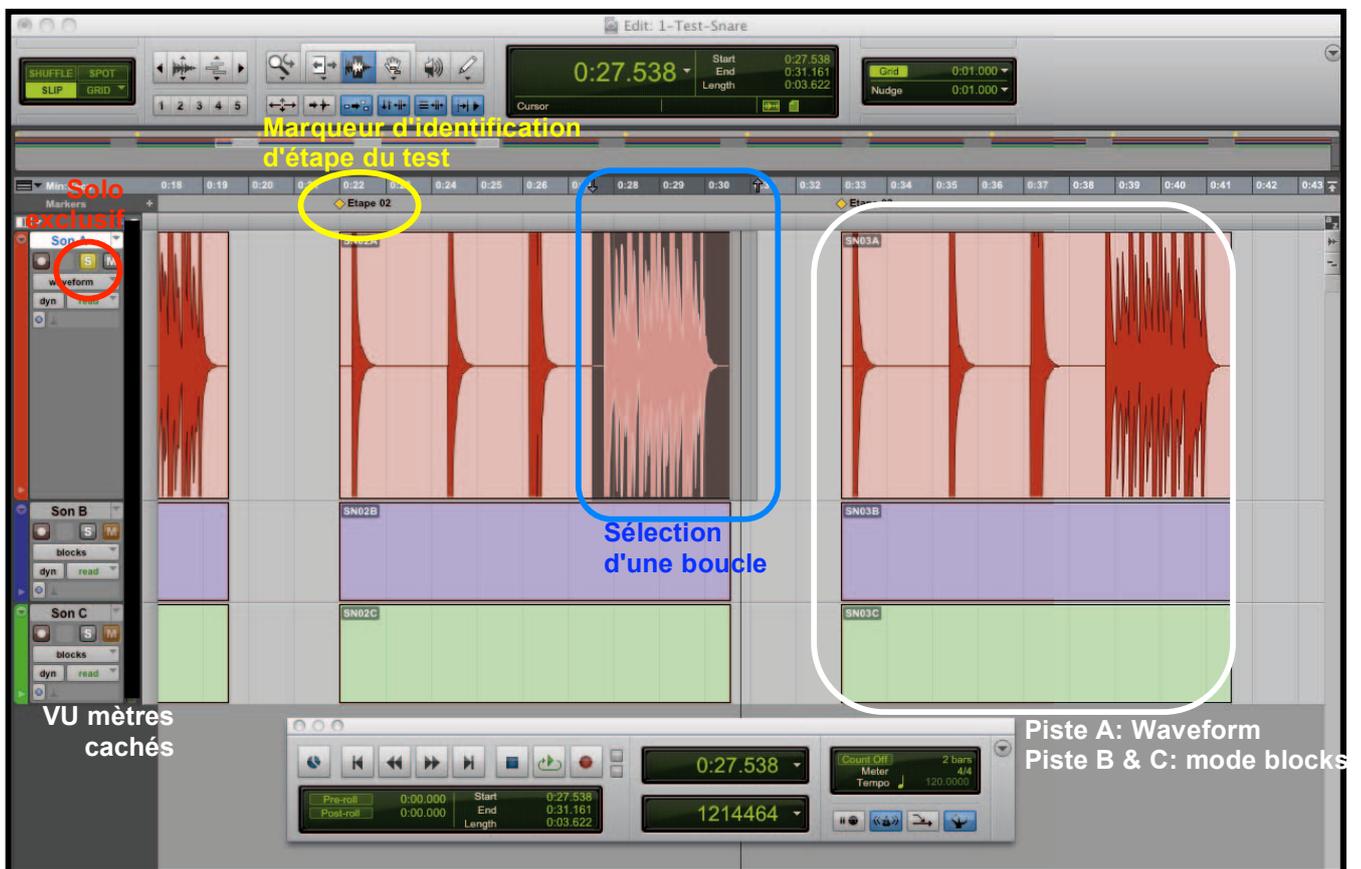


Figure 29 : présentation de la fenêtre Protools telle qu'elle apparaissait lors des tests

♦ Choix du test

La plupart du temps, le testeur était libre de choisir le test/la source. Néanmoins, en fonction de la sensibilité du testeur pour un instrument (s'il le pratiquait ou s'il avait une grande expérience vis-à-vis de celui-ci), des propositions étaient avancées par l'expérimentateur privilégiant la source avec lequel le testeur était plus familier et plus à même de détecter des différences.

Aussi, au fur et à mesure des tests et avec l'objectif d'atteindre un nombre équivalent de testeurs par source, si aucune préférence n'était avancée quant à la nature de la source, l'expérimentateur pouvait proposer un panel réduit de tests (seulement trois des tests parmi les cinq originellement proposé, par exemple). Mais dans tous les cas, jamais un choix n'était imposé contre la volonté du testeur.

♦ Ordre des couples de préamplificateurs aléatoire

D'une source (test) à l'autre, l'ordre de comparaison des préamplificateurs n'était pas le même. Ceci dans un souci d'annuler un effet d'ordre. Dans l'idéal, il aurait été intéressant de changer l'ordre pour une même source d'un testeur à l'autre, mais cela aurait nécessité une réalisation beaucoup plus poussée ce que nous n'avons pas eu le temps de faire. Bien sûr, cette information n'est pas communiquée au testeur : pour lui, l'ordre est aléatoire à chaque fois (ce qui n'est pas totalement faux, puisqu'un testeur ne passe pas deux fois le même test).

♦ Nombre de fois où un préamplificateur apparaît dans un test

Dans un même test, chaque préamplificateur apparaît le même nombre de fois en tant que référence (son A) qu'en son comparé – dans un souci d'équité du nombre de fois où le préamplificateur est entendu. Ceci n'est pas non plus communiqué au testeur.

♦ Durée du test

Chaque test devait durer entre quinze et trente minutes en comptant large. Mais il s'est avéré que certains auditeurs très scrupuleux et cherchant absolument à entendre des différences passaient parfois quarante minutes sur un même test.

♦ Mode de diffusion et d'écoute

Le testeur était aussi libre dans son niveau d'écoute. Par contre, au C24, nous avons imposé aux auditeurs d'exercer les écoutes par le biais des Tannoy Super Red Monitor (spécifications techniques en [annexe 7](#)).

Dans le mémoire de Pierre Henry, il avait décidé de faire écouter les sources (monophoniques) seulement sur une enceinte pour éviter d'avoir affaire à une source fantôme. Toutefois, les testeurs avaient trouvé ce procédé assez gênant. Nous posons alors la question "*est-ce pertinent d'avoir une excitation monaurale avec une écoute binaurale ?*" Dans notre cas, nous avons fait le choix de diffuser la même source sur les deux enceintes à la fois.

Par ailleurs, en marge de ce test, nous avons fait l'expérience suivante afin de déterminer si la diffusion sur plusieurs enceintes pouvait avoir un impact. Sur une piste on a placé un son au centre à un niveau de +3dB. Sur deux autres pistes, on a copié le même son mais que l'on a placé à gauche toute et à droite toute. En passant à la volée de "piste mono au centre" à "deux pistes mono à droite toute et à gauche toute" on ne remarque aucune différence perceptible. Dès lors, dans cette étude, on admet que la diffusion sur deux enceintes (et l'utilisation d'une source fantôme) ne devrait pas avoir un impact sur les différences perçues et laissera l'auditeur dans la condition de confort auquel il est habitué.

Dans tous les cas, l'idée originelle était de se rapprocher d'un moyen de diffusion comme les ingénieurs du son en ont l'habitude en studio. C'est pour cette raison que pour les tests à Louis Lumière, l'utilisation du casque a été écartée (même si pour ce type de test, la plupart des ingénieurs du son m'en ont fait la demande).



Figure 30 : Auditeur passant un test sur le système d'écoute du studio (Tannoy Super Red Monitor). Les VU mètres sont cachés et la fenêtre Protocols centrée par rapport au point d'écoute.

♦Explication détaillée du protocole

À chaque nouveau test, un soin tout particulier était porté à la bonne compréhension du protocole par le testeur. Malgré les explications du formulaire de test, nous nous sommes assurés que le testeur prenait bien en main l'outil d'écoute, la possibilité de faire des boucles et on répétait ce qui était déjà écrit. Enfin, on expliquait aux auditeurs qu'on testait les préamplificateurs et non leurs capacités auditives et que s'ils n'arrivaient pas à percevoir de différences, il ne fallait pas hésiter à le faire savoir et passer au couple de préamplificateurs suivants. En effet, nous nous sommes rendu compte rapidement de la difficulté du test et les efforts qu'exerçaient les testeurs pour entendre les différences (parfois en vain). Il nous est alors devenu important de rassurer les auditeurs sur ce point. De plus, nous avons précisé à l'auditeur qu'il n'y avait pas de piège et que le son B était forcément différent de C.

Sur le début du test, nous faisons savoir au testeur qu'il avait toute notre attention en cas de souci ou s'il estimait rencontrer un problème. C'est pourquoi nous revenions auprès de l'auditeur après quelques minutes de test afin de s'assurer que tout se passait bien pour lui et que nous étions disponibles.

3.2- Résultats des tests et exploitation des données

Dans cette partie, après avoir expliqué comment nous avons recueilli les résultats disposés en annexe 8, nous commencerons par faire part de nos remarques générales sur les tests pour ensuite entrer dans le détail des résultats par source, puis par couple de préamplificateurs. Nous finirons en discutant de la notion de *préférence* que nous avons avancée dans le protocole de ce test.

3.2.1- Rassemblement des données

3.2.1.1- Nombre de testeurs

Au terme de quatre jours et demi de tests d'écoute dans la cabine du studio musique C24 de l'ENS Louis Lumière et de deux semaines de tests envoyé par internet aux ingénieurs du son professionnels, nous sommes parvenus à réaliser 96 tests dont 78 au sein du studio. L'objectif de 20 échantillons par test a presque été atteint :

- Caisse claire : 19 testeurs ;
- Chant : 21 testeurs ;
- Trompette : 18 testeurs ;
- Guitare : 18 testeurs ;
- Violoncelle : 20 testeurs.

Nous aurions aimé avoir plus d'échantillons, mais nous avons eu des désistements de dernière minute, des ingénieurs du son qui n'ont pas pu réaliser les tests chez eux par manque de disponibilité, ainsi que des testeurs qui réalisaient un seul test sur le temps de deux tests prévus (et vu la difficulté de ceux-ci, loin de nous l'idée de les blâmer).

3.2.1.2- Validité d'un test

Les résultats détaillés des tests sont disponibles en annexe. D'une manière générale, nous avons considéré qu'un test était "valide" à partir du moment où un testeur avait au moins 70% de réussite (c'est-à-dire qu'il avait réussi à différencier sept couples de préamplificateurs sur les dix proposés). Lorsqu'un testeur n'arrivait pas à percevoir de différence ou qu'il se trompait dans l'identification du son A, on considérait que la réponse n'était pas valide.

3.2.1.3- Gestion de la préférence

Les préférences entre deux préamplificateurs ne pouvaient être prises en compte que lorsque la différenciation était faite avec succès. Dans le relevé de nos mesures, nous avons différencié les préférences émises par les testeurs ayant plus de 70% au test et ceux ayant 60% ou moins.

A chaque fin de test, un débriefing était réalisé avec l'auditeur afin de noter ses réactions et impressions à chaud. Pendant ce débriefing, on donnait le pourcentage de réussite au testeur et on essayait aussi de déterminer rapidement si ses préférences entre les préamplificateurs étaient cohérentes ou non. Ceci était empiriquement réalisé de la manière suivante : lorsqu'un couple est détecté avec succès et que l'auditeur affiche une préférence nous notions qu'un préamplificateur est supérieur à l'autre. Lorsqu'aucune préférence n'était avancée, nous notions une égalité entre les préamplis.

En rassemblant toutes les égalités et inégalités nous en arrivions aux trois conclusions suivantes :

- **Préférence cohérente (=1)** : les inégalités (préférences) sont cohérentes et ne se mordent pas la queue. Les égalités (non-préférence entre deux préamplis) viennent confirmer les inégalités.

Exemple : Presonus < RME < Millennia = Neve < Avalon

- **Préférence semi-cohérent (=0,5)** : les inégalités (préférences) sont cohérentes et ne se mordent pas la queue. Par contre les égalités (non préférence entre deux préamplis) amènent des contradictions.

Exemple : Presonus < RME=Neve < Millennia = Neve < Avalon

- **Préférence non-cohérent (=0)** : une inégalité n'est pas cohérente ou elles se mordent la queue.

Exemple : Presonus < RME < Millennia < Avalon < Millennia < Neve < Presonus

Quand le testeur ne faisait part d'aucune préférence tout au long du test, nous avons mis l'abréviation N/A qui veut dire "no answer/not applicable".

En procédant ainsi, nous étions conscients que nous agissions de manière simpliste, cette méthode restant une proposition d'observation sur le moment. En effet, il est peu probable que la préférence s'organise en ligne droite : rien qu'en considérant le timbre d'une source, on touche à un paramètre hautement multidimensionnel, pour lequel on donne en général au minimum trois dimensions.

Du coup, on peut par exemple imaginer que le trop de brillance de A par rapport à B (jugé du coup $A < B$), soit bien équilibré par une meilleure clarté de C sur B (jugé $B < C$), et qu'au final on trouve $C < A$. Ce résultat ne serait en fait pas forcément incohérent... Toutefois, nous verrons plus loin en détail notre conclusion sur la notion de préférence dans ce test.

3.2.1.4- Prise en compte du couple de préamplificateurs comparés

Pour chaque test d'écoute, nous avons pris le soin de détailler pour quel couple de préamplificateurs les auditeurs avaient réussi à percevoir la différence. Ceci nous permet, à la fin de tous les tests, d'établir les pourcentages de réussite par source mais aussi par couple de préamplificateurs (par source, mais aussi sur l'ensemble total des tests).

Nous avons aussi trouvé utile de tracer des diagrammes en radars donnant les taux de réussite par couples de préamplificateurs. Visuellement, plus l'aire est grande, plus le taux de réussite de différenciation est grand. Dans le détail, on verra que nous avons jugé utile de répartir les quatre couples ayant des préamplificateurs faisant partis du même ordre de gamme dans la partie supérieure droit. C'est-à-dire :

- **les trois couples haut de gamme** : Avalon – Millennia, Avalon – Neve, Millennia – Neve;
- **le couple bas/moyen de gamme** : RME – Presonus.

Les six autres couples de préamplificateurs (inter-gamme) se partageant la moitié inférieure du radar.

3.2.2- Remarques générales

3.2.2.1- Difficulté du test

Tous les tests perceptifs ont été jugé très difficiles et les différences extrêmement subtiles. Certains ont observé que si on ne les avait pas prévenus que les extraits étaient issus de préamplificateurs différents (et donc, devait présenter des différences), ils n'en n'auraient pas cherché.

3.2.2.2- La stratégie d'écoute

L'écoute appliquée lors de ces tests était chirurgicale : les auditeurs écoutaient rarement les extraits jusqu'au bout (sauf aux premières écoutes) privilégiant trois ou quatre zones "*stratégiques*" dans les extraits plus à même de les permettre de détecter des différences. Les auditeurs y appliquaient alors des boucles de une à deux secondes sur lesquelles ils se concentraient, cherchant une différence audible en passant à la volée entre le son B et le son C. Une fois une différence perçue, l'auditeur basculait alors sur le son A pour essayer de détecter l'égalité son A = son B ou son A = son C. Si cela était infructueux, il passait à sa zone stratégique suivante et ainsi de suite.

Cette écoute a été jugée non naturelle et pas celle appliquée en studio par les ingénieurs du son : aucun n'a jamais eu l'expérience de passer un boucle un fragment de son de quelques secondes pendant quatre minutes à la recherche de différences infimes pendant que le groupe de musique attend dans le studio... L'exercice de détection des différences a parfois poussé le vice des testeurs à réaliser des boucles sur les "queues" de coup de caisse claire, en omettant la frappe et l'attaque qui en résulte. Cette démarche de l'ingénieur du son était moins qualifiée de musicale que d'absurde par les intéressés.

3.2.2.3- Qualité des extraits

Les extraits sonores, à quelques rares exceptions, étaient jugés adéquats et représentatif de l'instrument. Les testeurs ont estimé qu'ils avaient suffisamment d'informations et de type de jeu pour chaque source et que les sources proposées était variées. Pour ce type de test, les prises de son ont été jugées très satisfaisantes et ne laissaient apparaître aucun défaut majeur d'enregistrement. A aucun moment un auditeur de n'est senti frustré par rapport à la matière qu'on lui donnait.

L'influence culturelle des extraits ne s'est pas ressentie non plus.

3.2.2.4- Fatigue et impact psychologique

Sur la fin des tests, les auditeurs ont souvent fait part de l'apparition d'une fatigue auditive et qu'il était de plus en plus difficile de se concentrer à exercer une écoute analytique des sons. Néanmoins, les résultats en fin de test ne montrent pas de baisse significative et les résultats obtenus au long du test ne semblent pas influencés par cette fatigue. Donc, si cette fatigue est apparue, ce n'est pas au détriment des résultats, mais plutôt sur un accroissement de l'énergie requise par le testeur pour garder la même concentration sur les derniers extraits du test.

Un autre facteur souvent cité est l'influence psychologique sur l'écoute des sons. En disant à l'auditeur que les sons sont issus de deux préamplificateurs différents, il va forcément chercher à percevoir des différences, parfois jusqu'à les créer. Par exemple, en réalisant une boucle sur un coup de caisse claire, et en passant du son B et du son C, on

avait l'impression d'entendre un léger changement de hauteur de note d'une boucle à l'autre. Mais, si d'un coup on décidait de rester sur un même son (le son B par exemple), on continuait à entendre la commutation de hauteur de note alors qu'on écoutait le même son en boucle !

Certains justifiaient leur choix non pas au hasard, mais à "*l'instinct*" comme si quelque chose d'inexplicable leur permettait d'entendre une différence.

3.2.2.5- Influence du type d'écoute

Si l'écoute au casque est estimée plus précise et est d'habitude l'écoute de choix pour les ingénieurs du son sur ce type de test, nous n'avons pas assez d'échantillons au casque pour dire si le duel haut-parleur – casque a une influence sur le résultat.

3.2.2.6- Résultats chiffrés

En comptant l'ensemble des 96 tests, sources confondues, seulement 37,5% du nombre total de tests ont eu une note égale ou supérieure à 70% de réussite. Seul 566 couples de préamplificateurs ont été différenciés sur les 960 comparaisons, soit 59%.

Ces mauvais résultats de reconnaissance ne permettent pas de conclure de manière satisfaisante sur les différences perçues entre les préamplificateurs. Il semblerait, qu'à première vue des résultats globaux (toutes sources confondues), on ne perçoive pas de différences entre les différents préamplificateurs. Le détail des résultats par sources et par couples de préamplificateurs sera plus à même de donner des tendances et détailler un peu plus ce résultat.

3.2.3- Résultats par type de source

Une seule source sur les cinq donne des résultats très satisfaisants : la caisse claire.

Pour chaque source nous avons calculé le taux du nombre de testeurs ayant une note égale ou supérieure à 70% de réussite ainsi que le nombre de comparaisons de préamplificateurs achevées avec succès.

3.2.3.1- La caisse claire

Sur 19 tests, 84,2% ont donné des résultats supérieurs ou égaux à 70% de réussite. Les 3 testeurs qui n'ont pas rencontré ce succès ne tombent pas en dessous de 60%. Ceci a garanti la reconnaissance de 148 comparaisons de préamplificateurs sur 190, soit 78% de reconnaissance.

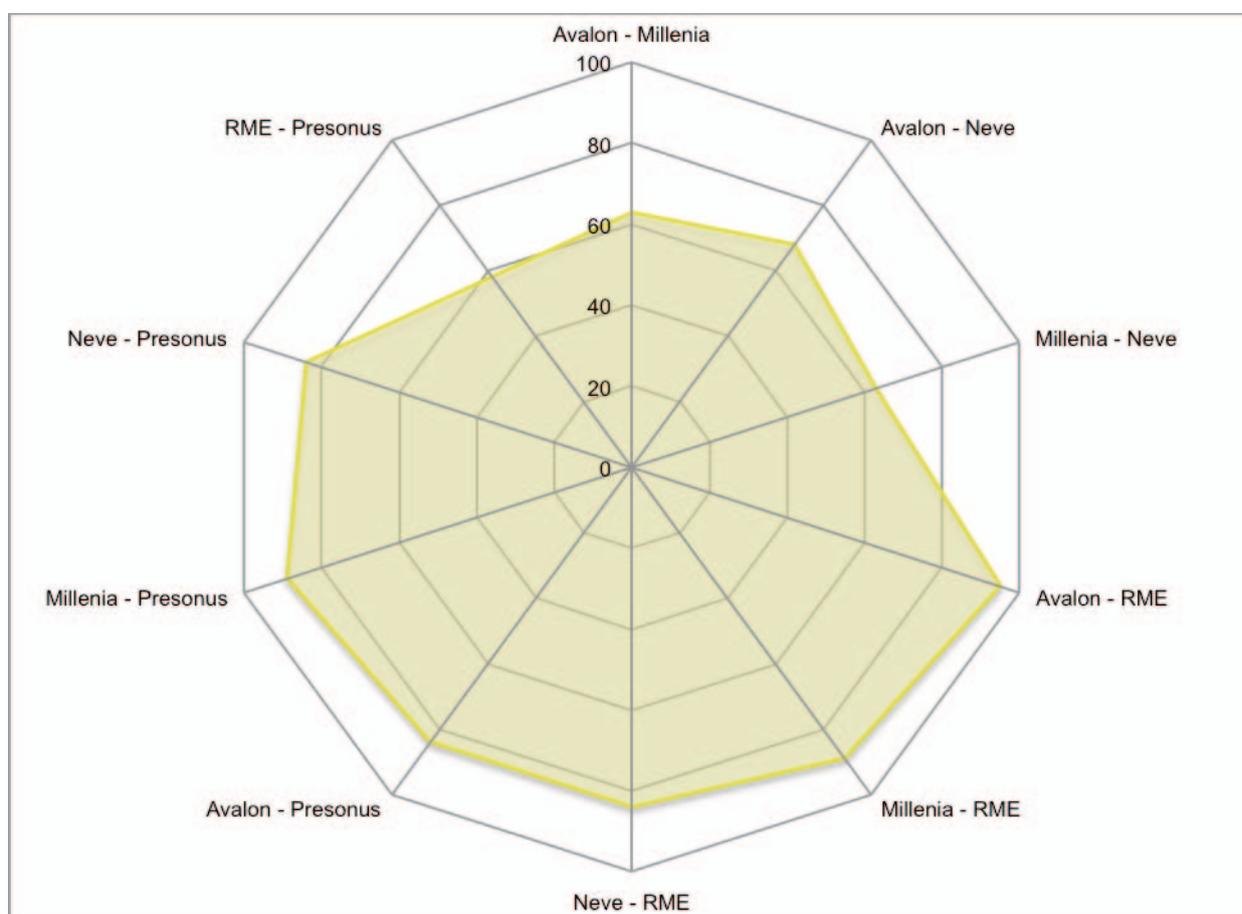


Figure 31 : Diagramme de réussite par couples de préamplis pour la caisse claire.

Le diagramme de réussite par couples de préamplificateurs permet de se rendre compte que certains couples sont plus différenciables que d'autres. Notamment que les résultats sont bien meilleurs sur les couples de préamplificateurs ne faisant pas partie de la même gamme : dès que l'on compare l'Avalon, le Millennia ou le Neve au Presonus ou le RME, les taux dépassent allègrement 80% de réussite. Par contre, pour les couples faisant partie de la même gamme, on tombe rapidement en dessous de 70% de réussite. En moyenne, on a un écart de résultat d'environ 20% entre ces deux groupes.

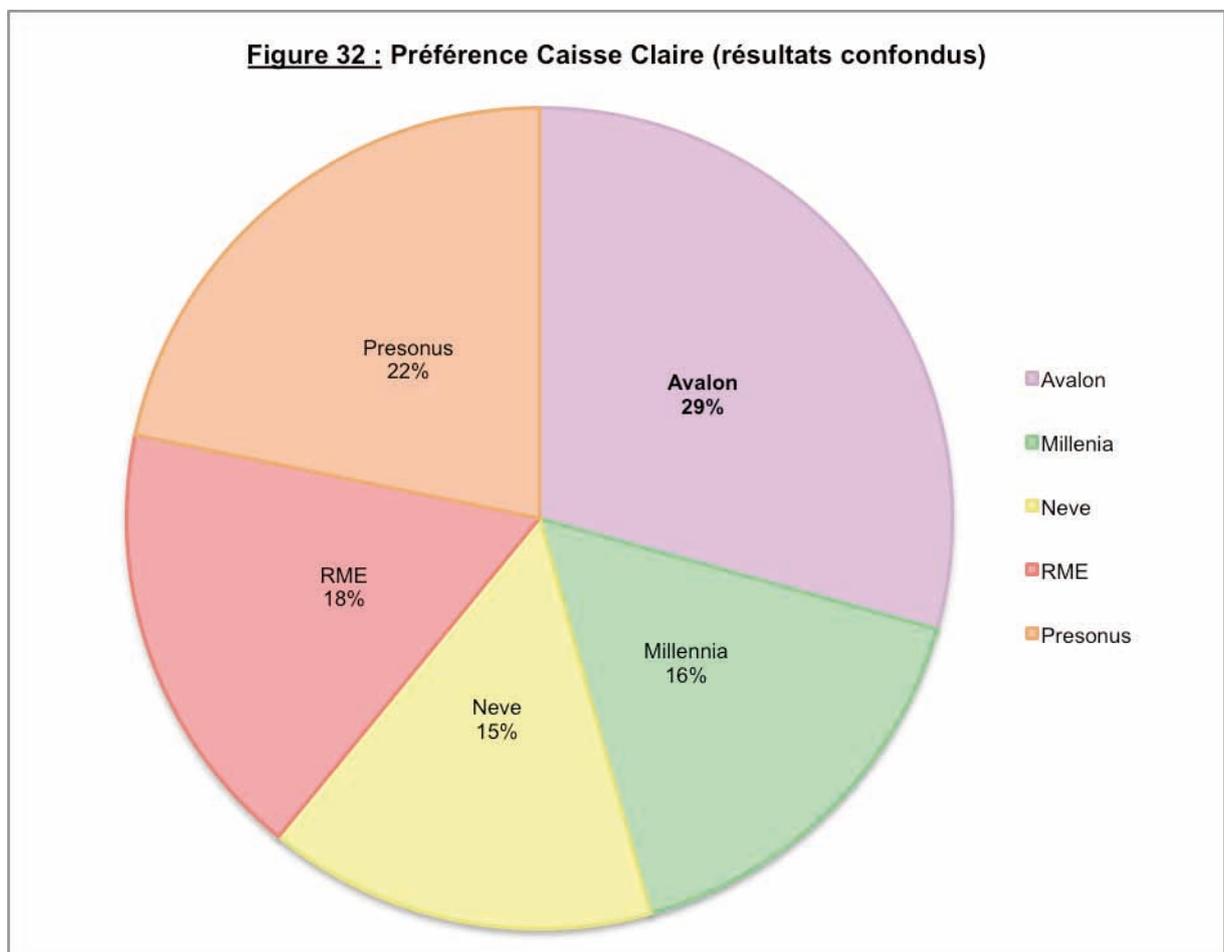
Les différences perçues ont été assez cohérentes d'un testeur à l'autre :

- **elles s'identifiaient au niveau du développement des harmoniques** : le Presonus et le RME semblaient traîner (ou traiter ?) plus d'harmoniques que les trois autres;

- **d'un sentiment plus puissant ressenti avec l'Avalon**: une hypothèse avancée est que le temps de montée de ce préamplificateur étant beaucoup plus long que les quatre autres, sa réponse retarde et "*comprime*" un peu le son, le rendant plus "*compact et puissant*".

Le taux de réussite très satisfaisant sur cette source n'est pas sans rappeler les nombreux travaux réalisés jusqu'ici qui faisaient aussi cette observation : sur les instruments percussifs, la particularité vient de la gestion des transitoires. Le côté rythmique et répétitif de la source est plus à même de permettre la différenciation d'un appareil à un autre.

Le préamplificateur préféré pour ce type de source semble être l'Avalon, qualifié comme étant plus puissant et compact que les autres. Pour ce type de source, il semble que cela soit un gage de qualité. Il est suivi par le Presonus qui, avec l'Avalon réunit la moitié des suffrages laissant au peloton RME, Millennia et Neve se partager péniblement la dernière moitié.



3.2.3.2- Le chant

A l'inverse de la caisse claire, les résultats des tests sur le chant sont "catastrophiques". Sur 21 tests, seul un testeur (soit 4,76%) a réussi à obtenir un score de 70% de réussite. Sur 210 comparaisons, seulement 94 ont été réussies – soit 45%. On en déduit que, sur ce type de source (voix aigue) les différences ne sont pas perceptibles.

Le diagramme de réussite par couples de préamplificateurs ne fait que renforcer la perplexité des mauvais résultats. Les pourcentages de réussite sont trop faibles pour en tirer quoique ce soit, mis à part que les bons résultats sont plus l'œuvre du hasard que d'une réelle différence perçue.

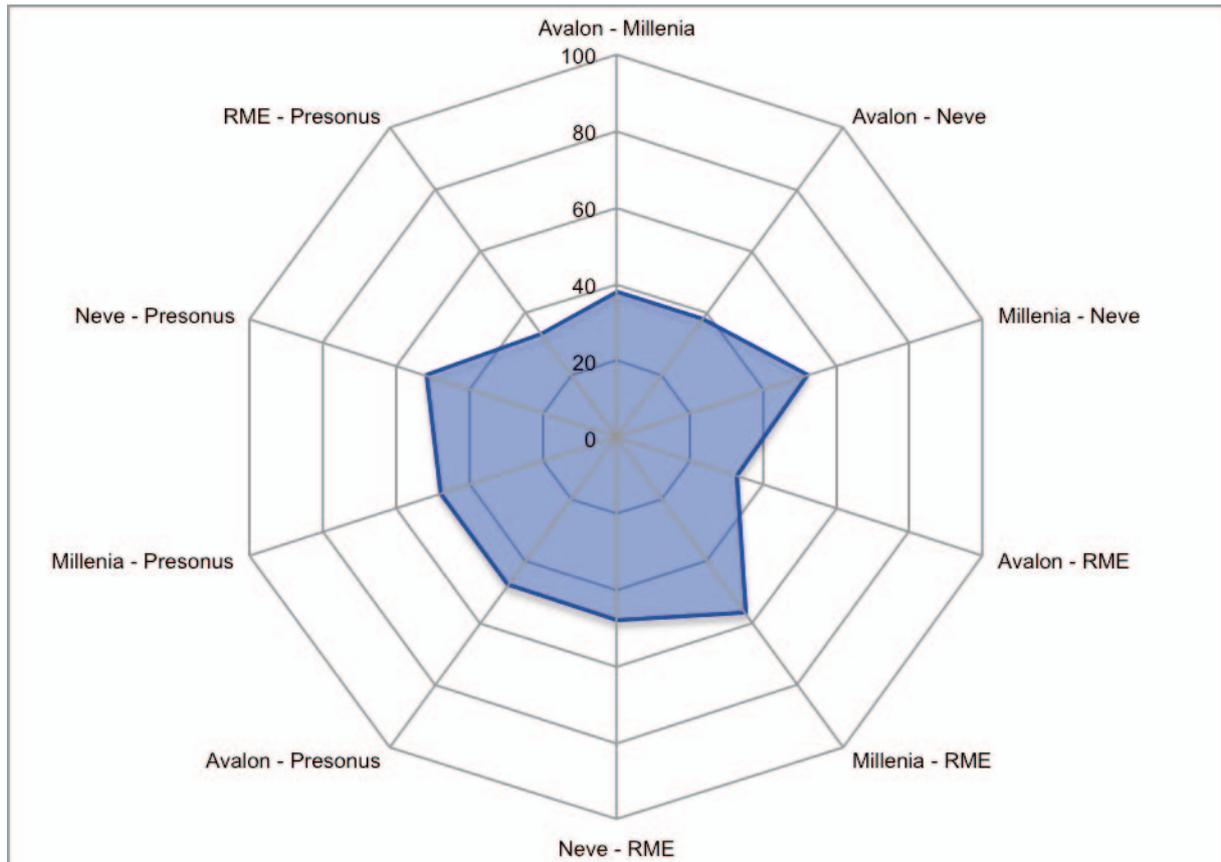


Figure 33 : Diagramme de réussite par couples de préamplis pour le chant.

Les préférences relevées donnent une nette avance au Millennia et le RME sur cette source. Le Presonus est tout en bas du classement cette fois-ci. Toutefois, en réalité, ces données sont caduques puisqu'issues des testeurs ayant eu un résultat inférieur à 60% et ne sont pas fiables.

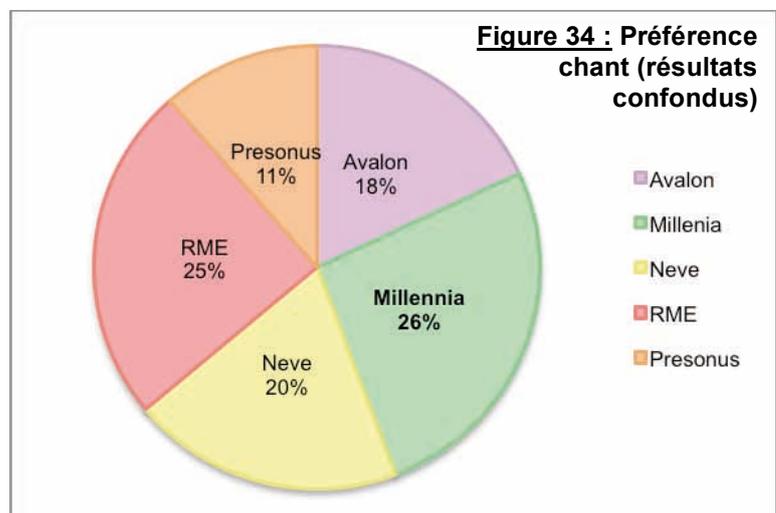


Figure 34 : Préférence chant (résultats confondus)

3.2.3.3- La trompette

La trompette donne des résultats très mitigés aussi avec 22% de réussite sur les 18 testeurs. 99 comparaisons réussies sur 180 (55%) et le diagramme de réussite par couples démontrent qu'aucune tendance ne se dégage de ce test et que les gens ne parviennent pas à faire de différences entre les préamplificateurs avec cette source pourtant censée être aussi chargée en transitoires.



Figure 35 : Diagramme de réussite par couples de préamplis pour la trompette.

Le diagramme des préférences, s'il n'est pas fiable non plus au vu des résultats, montre quand même une nette préférence pour le Presonus, suivi de l'Avalon bien devant le trio RME, Millennia et Neve.

On considère que les résultats sont aléatoires et ne permettent pas de dire qu'une différence est audible entre ces préamplificateurs avec cette source.

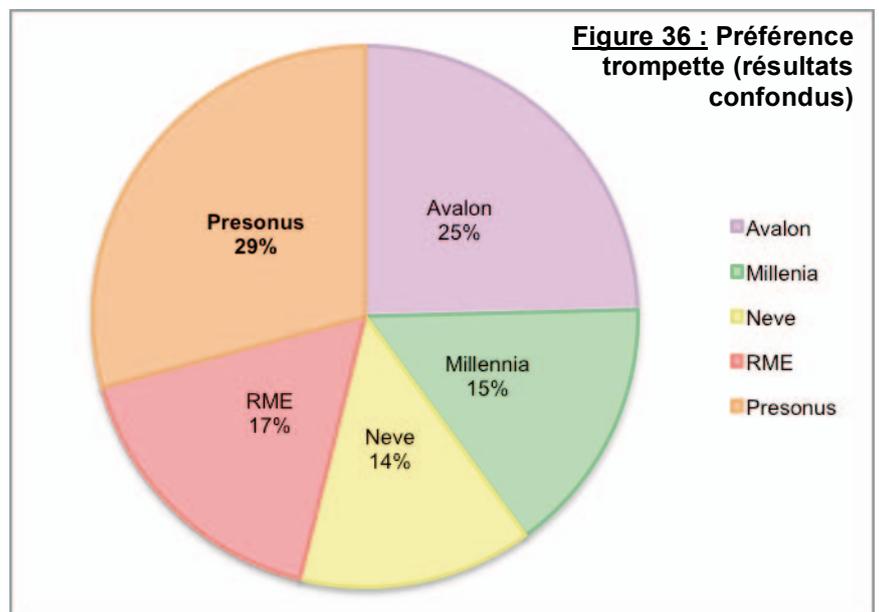


Figure 36 : Préférence trompette (résultats confondus)

3.2.3.4- La guitare

Si la guitare donne des résultats aussi mitigés que la trompette (28% de réussite sur les 18 testeurs. 99 comparaisons réussies sur 180 soit 55%), on remarque que dans une très grande majorité des cas, la comparaison du Presonus avec un préamplificateur haut de gamme a donné un bon taux de différenciation (72% avec l'Avalon ou le Millennia, et 83% avec le Neve). Le diagramme de réussite par couples vient renforcer cette observation puisque toute la partie gauche (qui rassemble les trois comparaisons Neve – Presonus, Millennia – Presonus et Avalon – Presonus) est étendue.

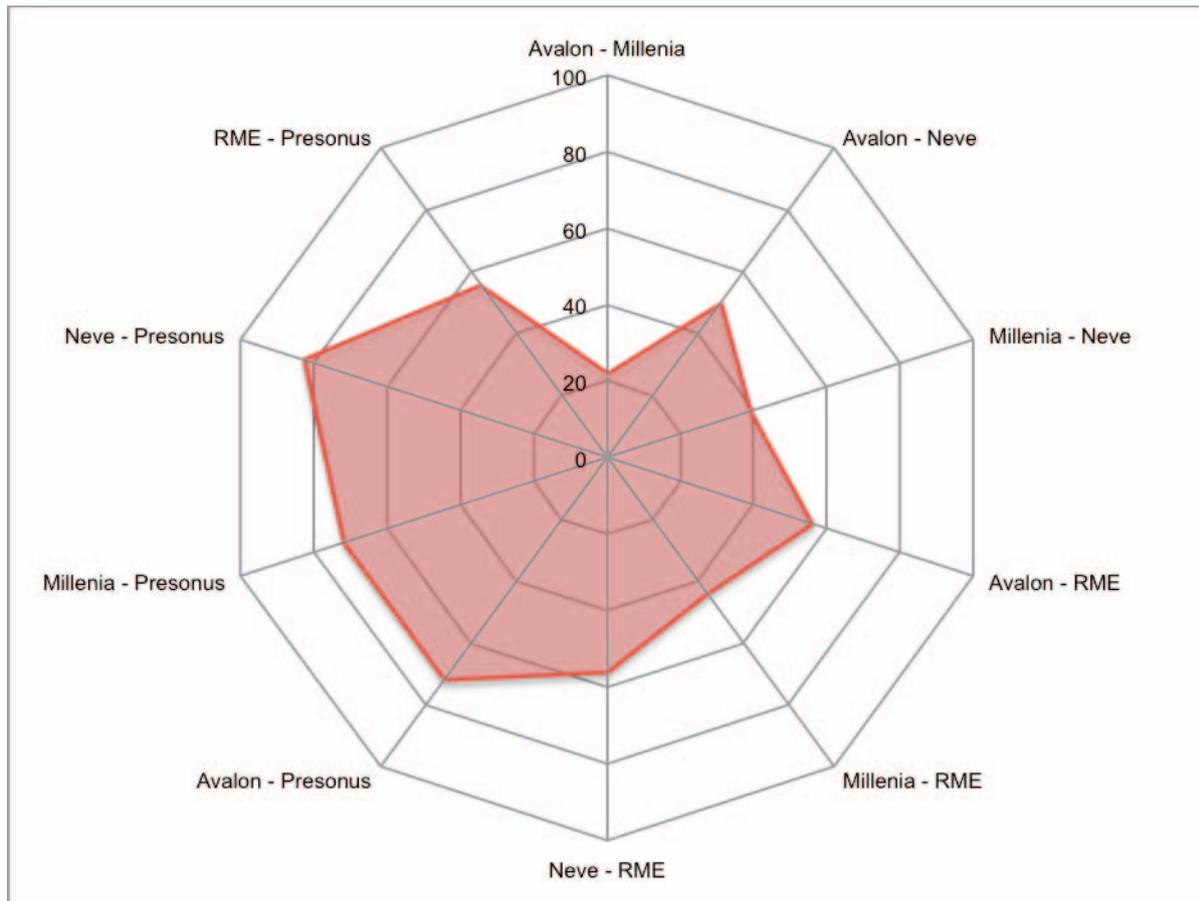


Figure 37 : Diagramme de réussite par couples de préamplis pour la guitare.

Nous pouvons conclure que pour la guitare, le Presonus se démarque des autres préamplificateurs qui se confondent. Et en bien puisqu'il affiche une préférence de 32% par rapport aux autres préamplificateurs ! Ces derniers se partagent le reste des préférences à hauteur de 20% pour le Millennia et le RME et tombent à 15% pour le Neve et 13% pour l'Avalon.

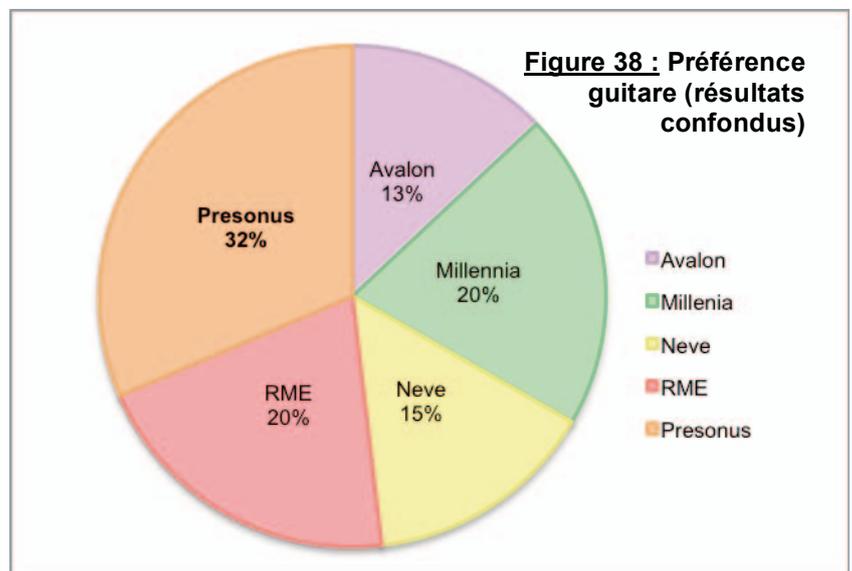


Figure 38 : Préférence guitare (résultats confondus)

3.2.3.5- Le violoncelle

Le violoncelle présente des résultats moyens: 50% des 20 testeurs ont un résultat égal ou supérieur à 70% et avec 126 couples reconnus sur 200, cela fait un résultat de 63% de reconnaissance. Ceci n'est pas suffisant pour dire que les différences des préamplificateurs s'entendent avec le violoncelle. Toutefois, comme pour la guitare, on remarque que la comparaison du Presonus avec des préamplificateurs haut de gamme donne d'excellents résultats (90% de reconnaissance avec l'Avalon et 80% avec le Millennia). Ceci devient facilement observable avec le diagramme de réussite par couples.

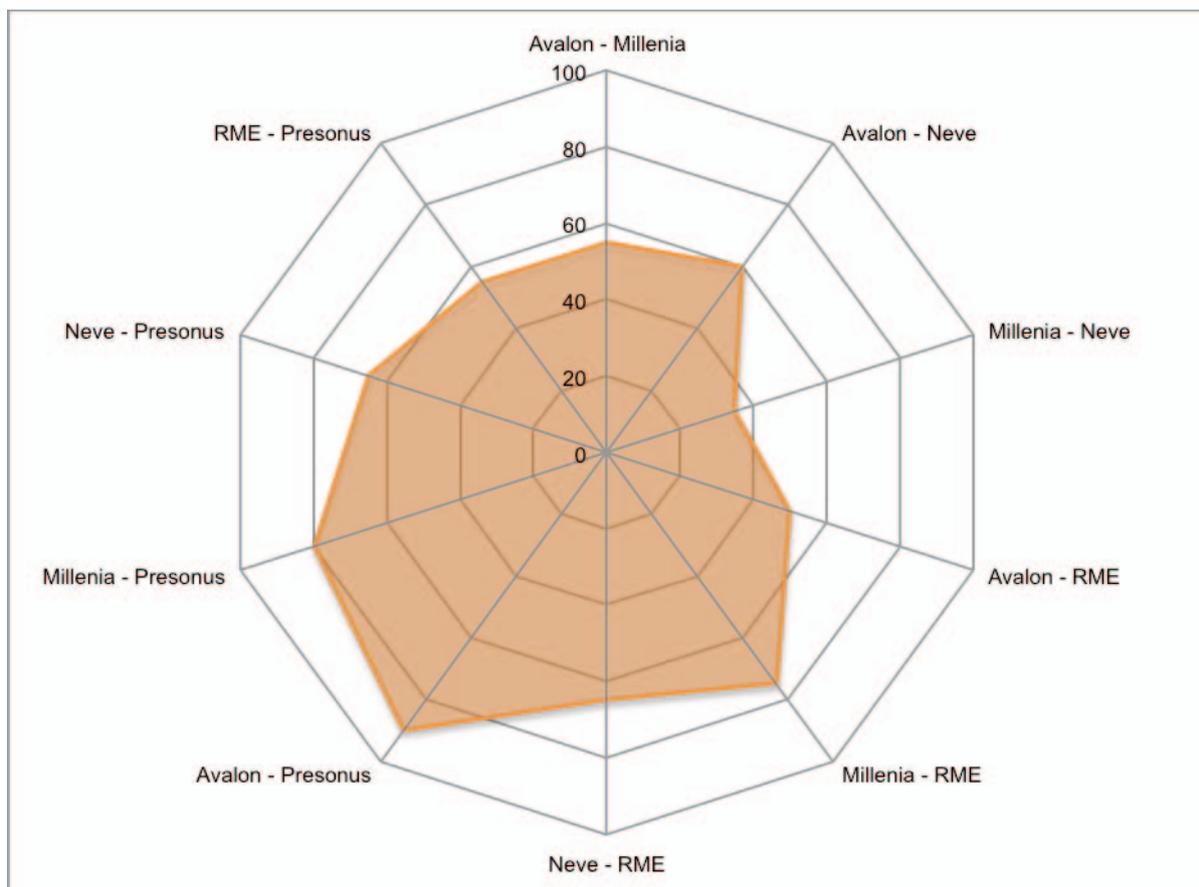
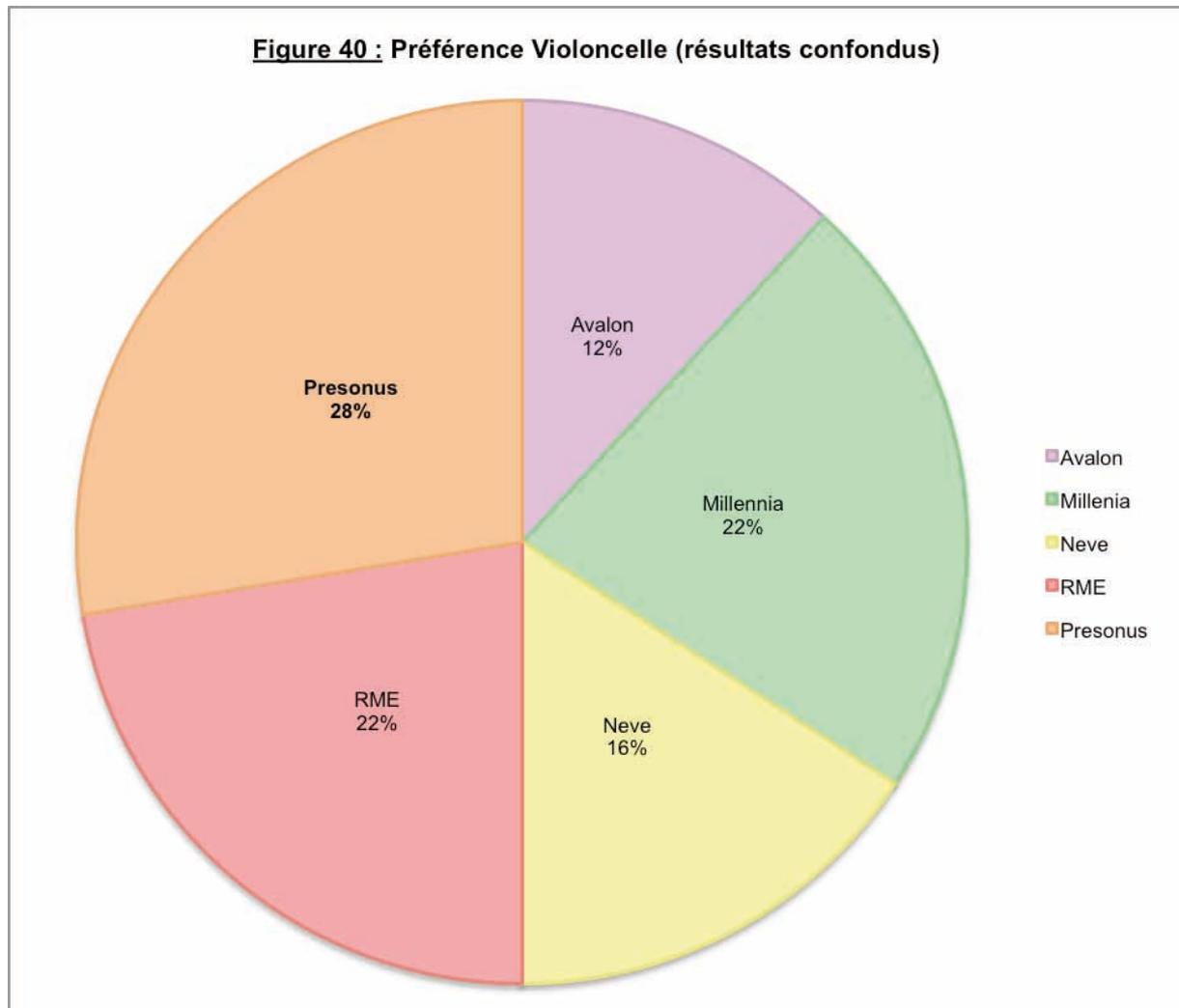


Figure 39 : Diagramme de réussite par couples de préamplis pour la violoncelle.

Nous pouvons conclure que pour le violoncelle, le Presonus se démarque aussi des autres préamplificateurs qui se confondent. Encore en bien puisqu'il affiche une préférence de 28% par rapport aux autres préamplificateurs ! Ces derniers se partagent le reste des préférences à hauteur de 22% pour le Millennia et le RME et tombent à 16% pour le Neve et 12% pour l'Avalon.



La nature complexe du violoncelle a pu aider aux résultats passables de reconnaissance. Le violoncelle joue sur une grande gamme de notes : des plus graves de notre test, jusqu'au aigus (avec les harmoniques). Mais beaucoup d'auditeurs ont fait part de l'utilité du son du frottement de l'archet sur les cordes et des notes tenues pour reconnaître les préamplificateurs entre eux.

3.2.3.6- Général et conclusion sur la comparaison par source

Bien qu'en 3.2.2.6 nous ayons parlé du peu d'information que nous donnaient les résultats globaux médiocres quand on réunissait toutes les données et qu'il "semblait, qu'à première vue des résultats globaux (toutes sources confondues), on ne perçoive pas de différences entre les différents préamplificateurs", nous pouvons tempérer ce propos après avoir fait des observations sur les détails de chacune des sources. En effet, il semblerait que l'on arrive à faire une différence entre les gammes de préamplificateurs (haut de gamme contre bas de gamme) et que ceci est accentué par une reconnaissance plus aisée du Presonus par rapport aux préamplificateurs haut de gamme.

Le diagramme général de réussite par couples (figure 41) va dans ce sens puisque la partie inférieure est plus étendue, notamment la partie inférieure gauche qui correspond aux comparaisons qui incluent le Presonus.

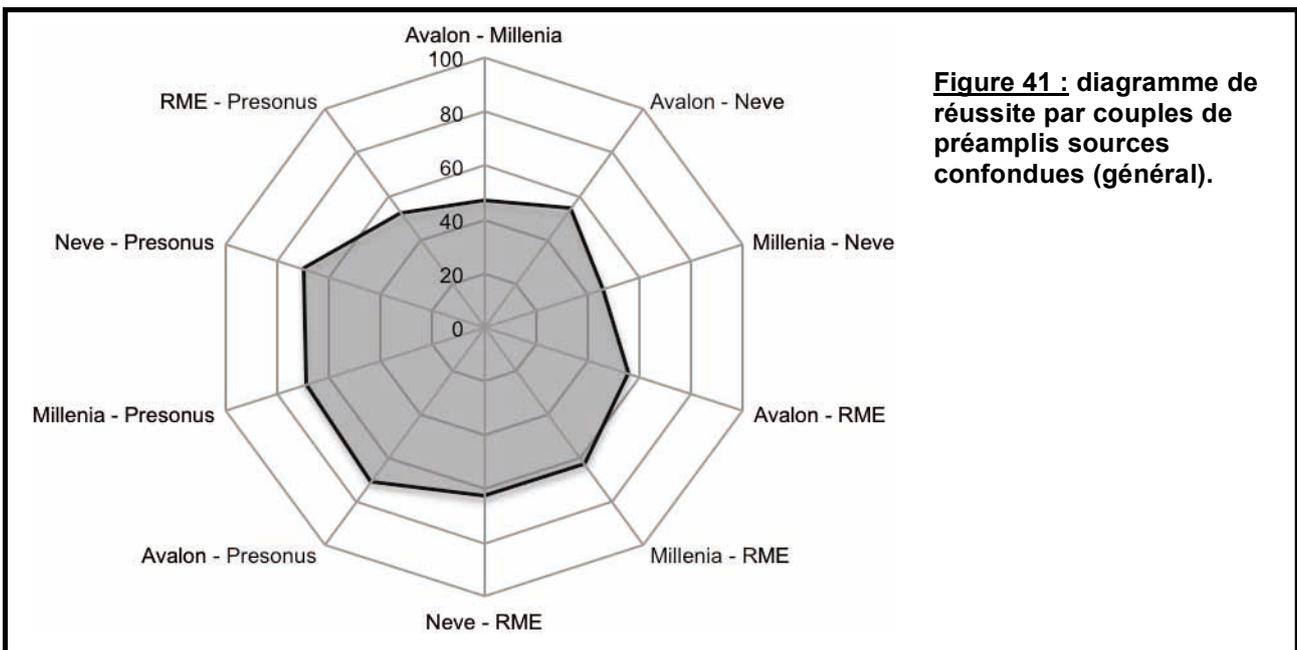


Figure 41 : diagramme de réussite par couples de préamplis sources confondues (général).

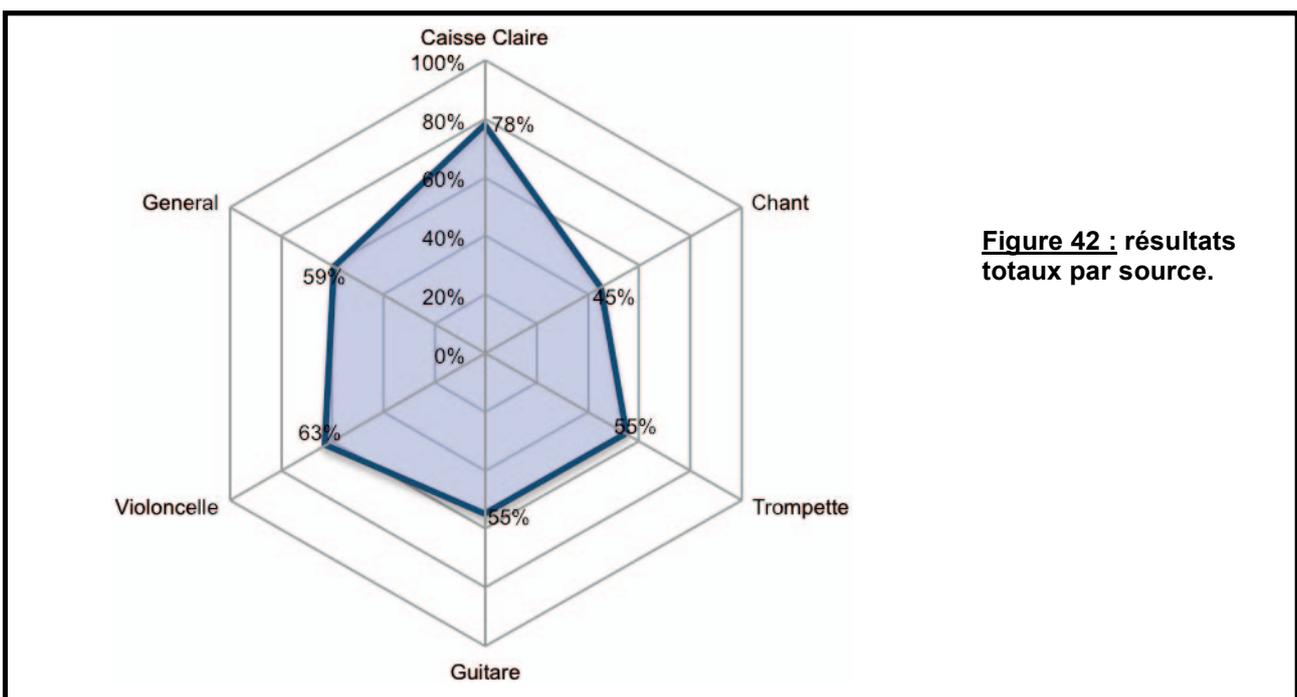


Figure 42 : résultats totaux par source.

Sur ce deuxième diagramme (figure 43) on voit un récapitulatif avec toutes les sources, ce qui aisé pour repérer les sources plus à même de présenter des différences lors d'un enregistrement (la caisse claire) et celles où l'absence de bons résultats poussent à croire à une réussite aléatoire des comparaisons (chant, trompette et guitare sur les comparaisons n'incluant pas le Presonus). Cette idée est renforcée avec la présentation des résultats par sources (figure 42 – tableau en [annexe 9](#)).

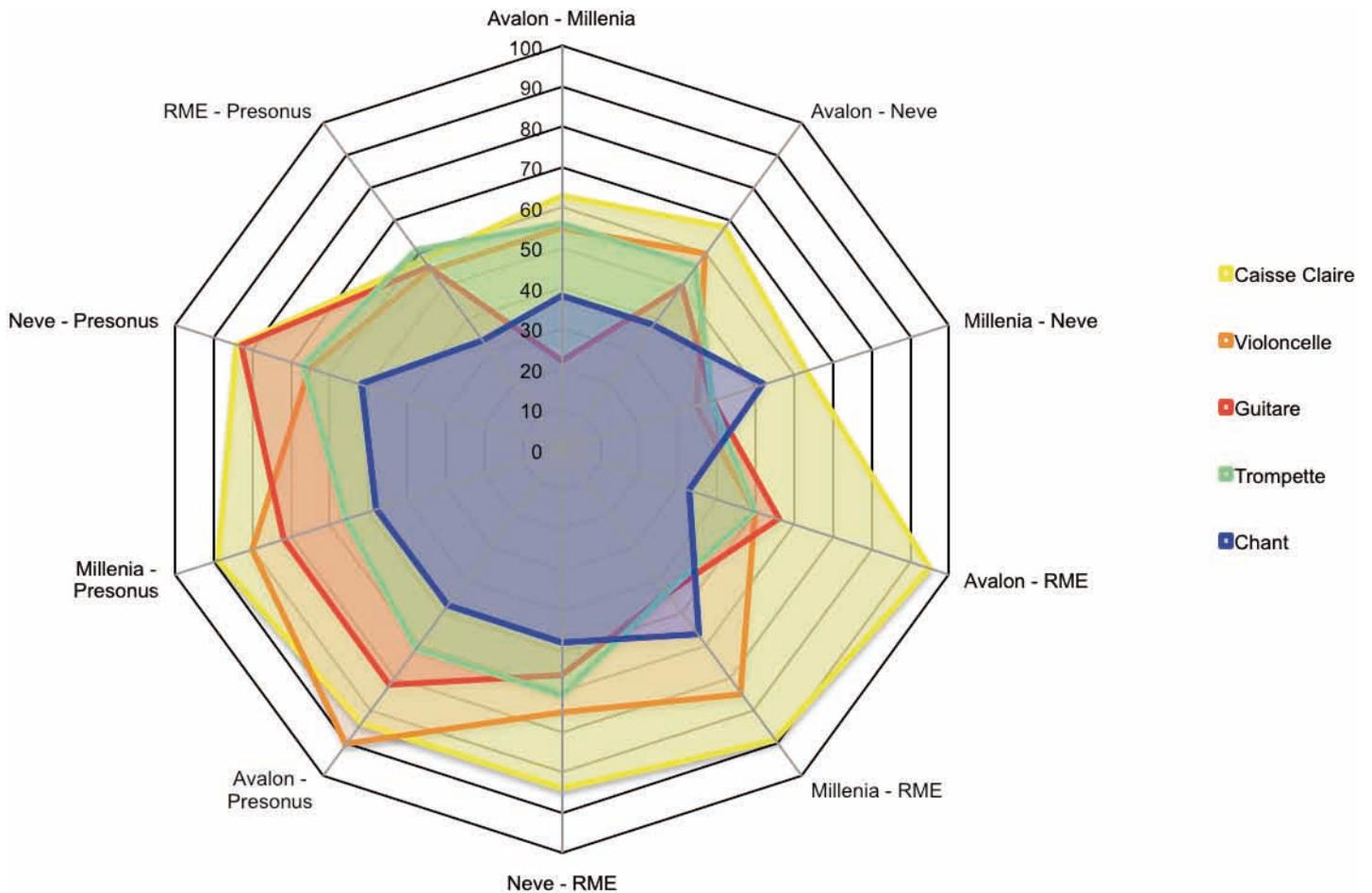
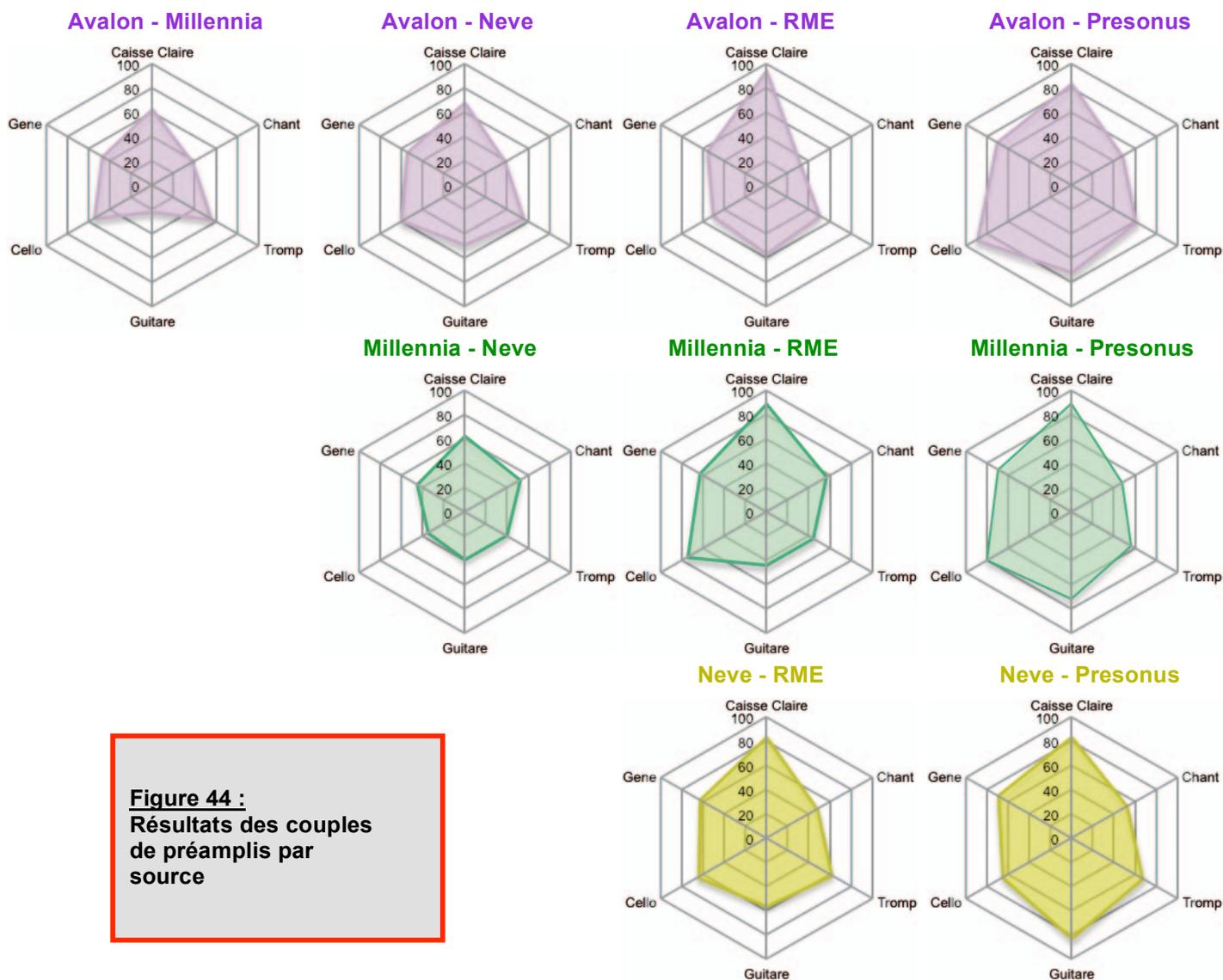


Figure 43 : Diagramme de réussite par couples de préamplis récapitulatif.

3.2.4- Résultats par couples de préamplificateurs

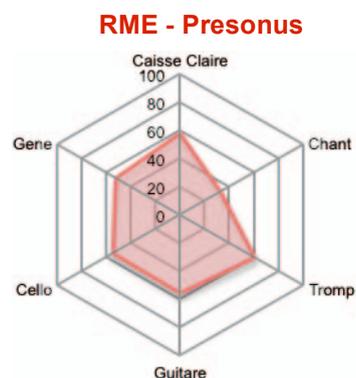
Les résultats par sources ont mis en avant une tendance concernant les comparaisons incluant le Presonus ou le RME face aux préamplificateurs haut de gamme (Avalon, Millennia et Neve). C'est pourquoi nous avons choisi de détailler les résultats par couples de préamplificateurs (ici en miniatures, en plus gros dans l'annexe 10).



Au vu des aires occupées, nous pouvons d'ors et déjà confirmer ce qui a déjà été observé.

1- Les comparaisons de préamplificateurs d'une même gamme ne donnent pas de résultats probants et on ne considère pas qu'ils soient différenciables entre eux sauf pour la caisse claire qui donne toujours le meilleur résultat de reconnaissance pour chaque couple.

2- Mis-à-part pour le chant et la trompette, les comparaisons intra-gammes donnent des différences difficilement perceptibles mais présentes : celles incluant le Presonus (caisse claire, violoncelle, guitare) plus que celles comprenant le RME (caisse claire et violoncelle).



3.2.5- Préférences

Si on regarde sommairement les chiffres, on en conclut que le Presonus est, sur les tests perceptifs, le préamplificateur préféré des auditeurs. Suivi de l'Avalon, du RME et du Millennia. Le Neve remportant le minimum de suffrages à chaque fois.

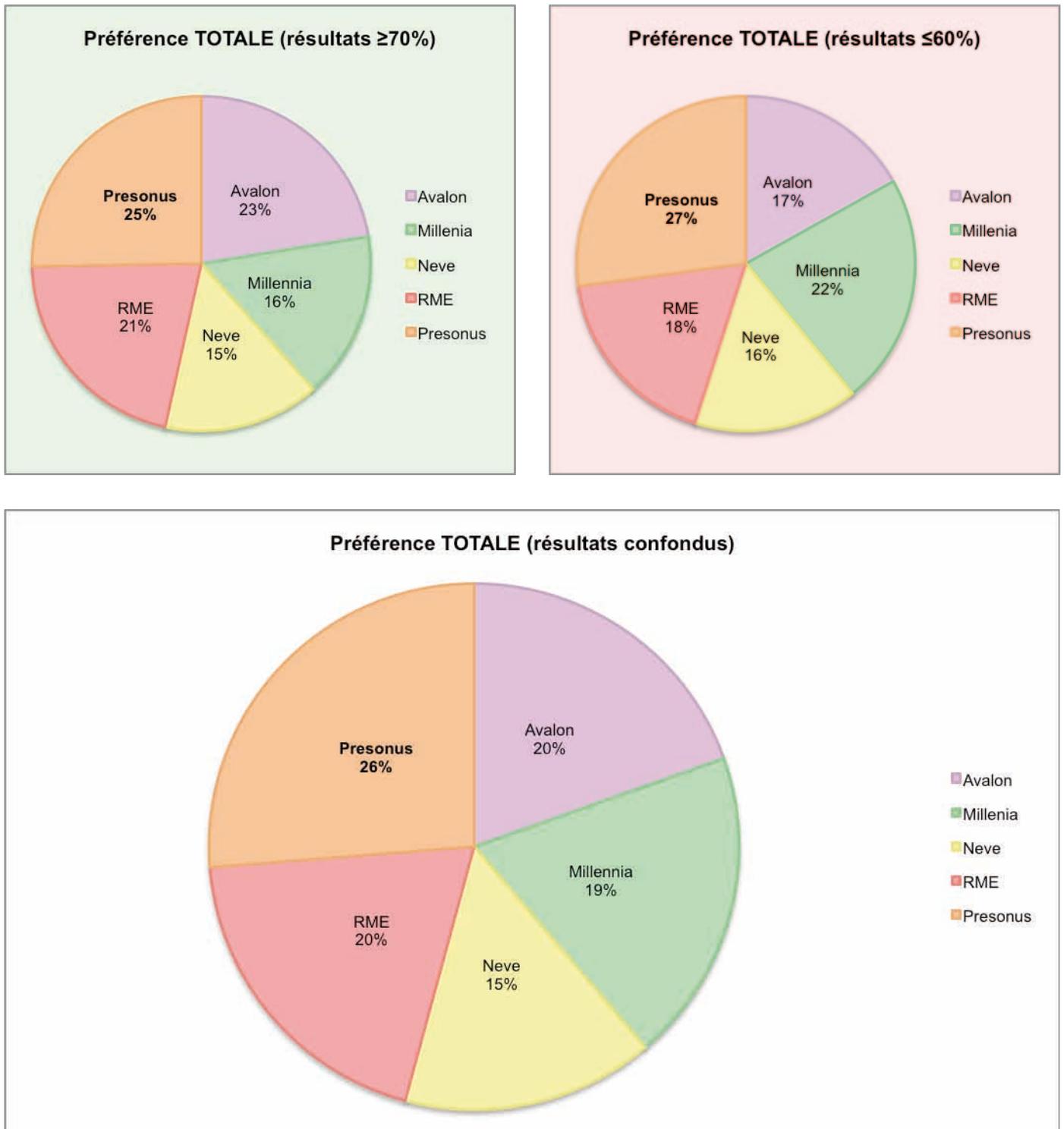


Figure 45 : Préférences TOTALES.

Cependant, si le Presonus a de meilleurs résultats, c'est aussi parce qu'il a plus de fois été reconnu face à un autre préamplificateur. Plus de différences perceptibles entre deux préamplificateurs signifie de meilleurs résultats de reconnaissance donc plus de chances d'être qualifié comme étant le préamplificateur favori.

Si la notion de perceptibilité des différences a pu être possible avec ce test, l'objectif de déterminer le préamplificateur favori vole en éclats ainsi que la qualification et la quantification des préférences (et accessoirement des différences). En effet, dans les observations écrites par les testeurs, on peut lire tout et son contraire pour une même comparaison de préamplificateurs : certains, croyant reconnaître l'Avalon en décrivant un son plus chaud et un grain plus agréable, donnent ces compliments au Presonus qui, plus loin, sera jugé plus précis et défini...

Ceci est confirmé à l'unanimité par les testeurs qui quantifient les différences à chaque fois de "légères", "très légères", voir "extrêmement subtiles".

Le côté biaisé d'émettre la préférence vient aussi de la fatigue éprouvée par l'auditeur. L'exemple simple d'un testeur (le matin et peu reposé, ou en fin de test) qui préférerait une trompette douce plutôt qu'éclatante – comme il aurait plus l'habitude de l'entendre normalement. Ceci est d'autant plus vrai que l'étude de cohérence des préférences dans ce protocole n'est pas au point.

De plus, les auditeurs ont fait part de l'extrême complexité d'émettre leur préférence sans le contexte. Autrement dit, juger un préamplificateur sur une seule source isolée n'a pas de sens et mériterait d'être comparée au milieu d'autres sources l'accompagnant.

L'exemple de l'Avalon ressortant (contre toute attente) comme étant le préamplificateur favori avec la caisse claire car son long temps de réponse compresserait le son, pourrait aussi bien (remis dans son contexte) se retrouver en mauvaise posture : on peut imaginer que le faible temps de montée du préamplificateur flatte la source seule, mais l'empêche de "percer le mix" remis à côté des autres éléments d'une batterie complète ou d'un groupe de rock entier.

3.3- Etude IDS

Comme nous l'avons vu en 1.2, Laurent Millot a développé un logiciel d'analyse IDS (en partant des principes de création d'oreille artificielle d'Emile Leip). L'IDS ne cherche pas à reproduire les mécanismes de l'audition mais les effets de l'audition. L'intérêt de l'IDS repose sur la possibilité d'analyser des signaux réels. Si nous n'avons pas jugé utile de nous en servir pour les mesures objectives, nous avons décidé de compléter notre analyse perceptive avec une étude IDS. Malheureusement, n'ayant pensé à cette possibilité que sur le tard, celle-ci se retrouve assez limitée.

Cette analyse n'a pu être possible qu'avec l'aide et le savoir faire de Monsieur Millot à qui nous avons fait parvenir nous cinq tests. Une bonne partie des conclusions en 3.3.1. lui reviennent de plein droit.

3.3.1- Calculs des portraits IDS et possibilités d'analyses

Laurent Millot a réalisé les calculs des portraits IDS de chacun des fichiers wav (donc 165 sons) pour les cinq tests sans les écouter et n'ai fait que lire les fichiers de résultats donnant les portraits IDS.

Pour ces tests, la lecture des fichiers .ids permettait :

- de dire sans aucune ambiguïté quel est le fichier qui est différent de A ;
- de déterminer pour d'autres fichiers ids si c'est un nouveau fichier (nouveau préamplificateur) ou si c'est encore une présentation d'un préamplificateur déjà analysé ;
- de potentiellement prévoir quels seront les triplets difficiles à séparer à l'oreille car présentant des portraits IDS potentiellement extrêmement proches ;
- de donner des indications sur les sous-bandes où aller chercher des différences objectives ;
- de dire si l'écoute du niveau est suffisante pour séparer deux préamplificateurs car pour certains sons le niveau moyen varie un peu.

En faisant un moteur de comparaison des valeurs des poids relatifs des sous-bandes et du niveau moyen, ce devrait être possible de :

- classer, pour un même test, tous les fichiers wav en fonction du préamplificateur utilisé ;
- de déterminer les préamplificateurs potentiellement voisins pour un stimulus donné voir plusieurs stimuli ;
- de déterminer quels sont les stimuli potentiellement les plus discriminants dans le cadre de nos mesures ;
- de dire quel est le critère (niveau moyen ou sous-bande) où aller chercher des informations subjectives (écoute) potentielles ou des informations objectives potentielles.

La programmation de cet automate demanderait du temps mais après il pourrait fonctionner pour n'importe quelle autre série de mesures. Malheureusement, cette étude intervenant sur la fin de la période de mémoire, cela était impossible à réaliser dans le temps imparti.

Un multitude d'autres possibilités s'offrent à nous aussi. Avec l'IDS nous pourrions :

- réaliser les portraits des différences entre les préamplificateurs pour un même stimulus ;
- extraire de nos enregistrements les sous-bandes (en fichier wav séparés) afin que nous puissions en disposer pour faire une démonstration d'une écoute avec passage à la volée entre deux préamplificateurs pour un stimulus et une bande de fréquence donnés.

3.3.2- Analyse des profils IDS

Monsieur Millot a pu nous faire parvenir les profils IDS de nos sons (visibles en annexe 11, classés par source). Ceux-ci sont publiés en annexe. En les comparant deux à deux on se rend compte rapidement que :

- les profils IDS varient naturellement d'un type de source à une autre ;
- pour une même source les profils sont extrêmement semblables et les différences moyennes sont de l'ordre de quelques dizaines de dB d'un préamplificateur à l'autre ;
- les préamplificateurs reliés au même microphone (rappel : d'un côté Avalon, Millennia et Neve ; de l'autre Presonus, RME et Focusrite), ont des profils IDS quasiment identiques ;
- deux préamplificateurs reliés aux deux microphones différents présentent plus de disparités (mais toujours minimales), remettant en cause objectivement notre prise de son censée être identique entre nos deux microphones.

Une des conclusions à tirer de cette analyse est qu'il aurait été judicieux de brancher à un même type de préamplificateur les deux microphones. Sur la base de ces analyses, on peut aussi se demander si, ayant été faites avant, le test perceptif aurait du être réalisé ? Ou alors, il aurait fallu choisir des situations plus susceptibles de permettre de donner lieu à des perceptions de différences. Par exemple : un travail sur des mixages avec les mêmes réglages pour chacun des préamplificateurs.

3.4- Conclusions et enseignements

3.4.1- Conclusions sur les tests perceptifs

Globalement, les différences (lorsqu'elles sont perçues) sont infimes et la notion de préférence devient absurde dans ce contexte pour des différences aussi subtiles. Il est convenu que la différence due au microphone ou son placement aura beaucoup plus d'importance que le choix du préamplificateur choisi.

Dès lors on peut se demander si la différence de prix entre les préamplificateurs est justifiée surtout lorsqu'on considère qu'une fois l'enregistrement et le mixage fini, la musique enregistrée sera jouée au travers de l'écoute domestique de monsieur tout-le-monde! Si des testeurs avertis arrivent à peine – ou pas – à faire de différences dans le cadre d'un studio professionnel, que penser de la valeur ajoutée du préamplificateur à la fin de la chaîne ?

Il semblerait que la technologie moderne de fabrication des préamplificateurs à grande échelle soit capable de rivaliser de manière satisfaisante avec les grands noms d'un point de vue purement auditif.

3.4.2- Limites du test et améliorations possibles

Bien entendu, ces tests perceptifs ont été réalisés dans un contexte bien défini et dépendant d'un protocole expérimental strict. Par exemple, en poussant à l'extrême ce raisonnement, ces tests ne sont strictement valables qu'avec l'usage du Schoeps MK-5 dans le studio de l'ENS Louis Lumière, en prise de proximité. On peut imaginer qu'avec un autre microphone (impédance, type de capsule et directivité différents), les préamplificateurs ne réagissent pas de la même manière : comment se comporte un préamplificateur lorsqu'on augmente la charge (microphone avec une grande impédance) ?

Les améliorations pour le test perceptif que nous avons détectées en réalisant ces mesures sont les suivantes :

- **Il faut compter quatre préamplificateurs maximum pour les comparaisons** : pour des différences aussi subtiles, cinq préamplificateurs (donc dix comparaisons) donnent un test trop long et fatigant. Avec quatre préamplificateurs cela aurait réduit le nombre de comparaisons à six : cela n'aurait pas forcément réduit la longueur du test de moitié, mais cela aurait sans doute moins éreinté la concentration de nos auditeurs.

- **Lors de l'enregistrement, il est important d'enregistrer les signaux issus des deux microphones à travers un même préamplificateur** (que l'on aurait en deux exemplaires aussi). Ceci nous permettrait de comparer les différences entre les deux microphones et leur placement. Nous sommes partis du principe qu'à ces échelles les sons captés par les deux microphones sont identiques, mais il aurait fallu avoir cette démarche pour en être totalement certain et pouvoir le prouver à l'aide des profils IDS issu du même préamplificateur branché sur les deux microphones. En procédant ainsi, nous aurions pu prouver avec certitude – par exemple – que les légères différences entendues entre le Presonus et les préamplificateurs haut de gamme provenaient bien de la nature de ceux-ci, et non pas des 50mm d'écart entre les deux capsules.

- **Réaliser aussi des enregistrements avec les préamplificateurs en sur-modulation** : ceci peut-être l'objet d'une étude plus poussée car la notre ne permet pas de déterminer comment les préamplificateurs se comportent dans ce cas particulier et extrême mais fort utile pour juger de la qualité d'un préamplificateur. Une piste aussi est que le grain du préamplificateur ressort de manière beaucoup plus flagrante lorsqu'il est en saturation.

- **Réaliser les enregistrements en 88,2kHz (ou au delà) et assurer leur diffusion dans ce format** : nous avons dit que les très hautes fréquences (au delà de 20kHz) devaient aussi

avoir une influence sur le son. Peut-être que nous aurions pu percevoir plus de différences avec un signal suréchantillonné ? Malheureusement, nous aurions aimé rendre ceci possible dans ce test mais des impératifs techniques et de temps en ont décidé autrement.

- **Réaliser une écoute des sources dans leur contexte** : quel est l'influence des préamplificateurs sur tout un mixage et plusieurs sources en même temps ? Les différences des préamplificateurs seraient-elles détectables à partir du moment où l'on empilerait les pistes ? Et sur lesquelles on ferait intervenir des traitements (compression, égalisation) ? Certains traitements interagissent-ils mieux (sont-ils plus compatibles) avec les sons issus de certains préamplificateurs qu'avec d'autres ? L'idée serait alors de réaliser un enregistrement de plusieurs sources avec une variété de préamplificateurs en même temps. Puis de réaliser un mixage du morceau et de proposer d'écouter les exports finaux mais avec les préamplificateurs différents.

- **Inclure l'analyse IDS rapidement dans l'étude perceptive après les enregistrements** : ce que nous avons découvert sur le tard et nous aurait permis d'éviter des erreurs cités ci-dessus.

3.4.3- Liens avec l'étude métrologique

Mis à part le temps de montée qui joue sur la perception des transitoires, rien ne laisse présager un lien entre les mesures objectives et les résultats perceptifs. La qualité théorique d'un préamplificateur est ce qu'elle est : théorique. Dans la pratique et le cadre de nos tests, les différences étaient quasiment imperceptibles ne menant à aucune conclusion sur des liens éventuels entre les mesures et la perception.

Pour synthétiser : la dynamique des résultats observée lors des mesures ne s'est pas traduite auditivement lors des tests perceptifs.

Conclusion

Après avoir observé un manque d'études sur la qualité mesurée et perçue d'un préamplificateur audio, nous avons mené deux fronts d'études : des mesures objectives d'une part et des enregistrements accompagnés de tests perceptifs d'autre part.

L'expérience menée auprès d'auditeurs avertis dans le cas des écoutes comparatives nous a permis de mettre en évidence le fait que, dans les conditions de notre étude, les différences perçues étaient extrêmes subtiles voir inexistantes. Les conclusions théoriques ou le prix des appareils ne donnant pas d'indice sur la réelle qualité des préamplificateurs. Du coup, les paramètres de choix de tel ou tel dispositif sortiraient du cadre de ce mémoire et nécessiteraient l'expérience d'utilisateurs sur le terrain dans le cadre d'une utilisation intensive : ergonomie, facilité de réglage, fiabilité du préamplificateur, poids, solidité et longévité... D'autres aspects tout à fait indépendants de l'étage de préamplification peuvent aussi entrer en jeu dans le choix du préamplificateur : si celui-ci permet d'alimenter des microphones en 130V (Millennia), s'il inclut un étage d'égalisation (Neve, Avalon) ou de compression (Avalon).

En discutant avec les ingénieurs du son de chez HAL, à la suite de tous ces tests sur les préamplificateurs, une hypothèse commence à se dessiner : il semblerait que plus on avance dans la chaîne audio, moins le matériel a d'importance. Le studio de prise de son, le choix et le placement du microphone (sans parler de la qualité du musicien et de son instrument) auront une incidence bien plus importante que le préamplificateur ou le convertisseur analogique-numérique. De même, ces derniers ne n'auront que peu d'influence sur la qualité d'écoute face aux performances acoustiques des enceintes et de la cabine de mixage dans laquelle l'auditeur est placé.

Les tests perceptifs avaient trois objectifs: savoir si l'on faisait des différences entre les préamplificateurs, si des préférences ressortaient des écoutes, et s'il était possible de qualifier et quantifier ces différences. Malheureusement, à l'issue de ces tests, seul le premier objectif a été atteint. Toutefois, à la fin de ce mémoire, nous avons proposé des améliorations à notre protocole au cas où si quelqu'un souhaiterait approfondir ces recherches par la suite.

Si la qualité du matériel audio utilisé dans un enregistrement a certainement son importance, l'évidence de toute recherche dans le domaine mène à la même conclusion : dans le cadre d'un projet audio une bonne oreille, un savoir faire accru, une intelligence acoustique, musicale et une motivation sans faille primeront toujours sur le matériel. Sans parler du côté relationnel nécessaire pour la mise en confiance des interprètes que l'on enregistre car si la matière première est absente (la créativité et la qualité d'exécution), il nous sera impossible de la rattraper – même avec toute la technologie du monde !

Bibliographie

Articles :

- **Monteith, Jr., Dwight O., Flowers, Richard R., Hamm, Russell O.**, *"Transistors Can Sound Better Than Tubes"*, JAES Volume 25 Issue 3 pp. 116-120; mars 1977.
- **Harvey B.**, *"An improved preamplifier design"*, AES convention 69 (mai 1984), paper n°1793.
- **Wollesen, Donald L.**, *"Field Effect Transistors in Audio Preamplifiers"*, AES convention 17 (octobre 1965), paper n°426.
- **Floru, F.**, *"An Improvement Microphone Preamplifier Integrated Circuit"*, UK 16th Conference: Silicon for Audio (Avril 2001), paper n°uk103.
- **Russell O.Hamm**, *"Tube versus transistors – is there an audible difference ?"*, AES article 1973.
- **McKinnie, D.**, *"How much gain should a professional microphone preamplifier have ?"*, AES convention 128 (mai 2010), paper n°7999.

Mémoires :

- **Jean-Yves POUYAT et Erwan Kerzanet**, *"Corrélations entre critères subjectifs et paramètres physiques pour les microphones"*, mémoire (sous la direction de Jacques Jouhaneau), ENSLL 1997, section SON.
- **Nicolas FAU**, *"Essai de corrélation entre des critères subjectifs d'appréciation et des données objectives issues de la réponse impulsionnelle pour les microphones"*, mémoire (sous la direction de Jacques Jouhaneau), ENSLL 1998, section SON.
- **Nathalie HEROLD**, *"L'analyse formelle du timbre : éléments pour une approche méthodologique"*, séminaire doctoral 2009/2010, Centre de Recherche sur les Arts et le Langage, École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- **Vincent HEDON**, *"Pertinence de l'évolution d'un microphone en prise de son direct vers la technologie numérique"*, mémoire (sous la direction de Jean-Pierre Ruh et Philippe Lemenuel), ENSLL 2005, section SON.
- **Corsin VOGEL**, *"Étude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain"*, thèse (sous la direction de Michèle Casellengo et Jean-Dominique Polack), Université Paris 6, spécialité Acoustique.

Sites internet :

- **BOHN Dennis**, *"Audio specifications"*, Rane corporation, RaneNote 145, écrit en 2000 (dernière révision mars 2001), <http://www.rane.com/note145.html>, consulté en mai 2011.
- **MAGMA.fr**, *"Choisir et installer son ampli Hi-Fi"*, http://www.magma.fr/static/french/technique/ChoisirInstall_ampliHiFi.html, consulté en mai 2011.
- **Sweetwater.com**, *"Preamp : Buying guide"*, <http://www.sweetwater.com/shop/studio/preamps/buying-guide.php>, consulté en mai 2011.

Remerciements

Ce mémoire n'aurait pas pu être possible sans la direction bienveillante de Philippe Simonet (ENS Louis Lumière), Antoine Malnati (SAV, conseil technique et ingénierie chez Areitec) et Laurent Millot (ENS Louis Lumière). Je souhaite les remercier pour leur attention, leur aide et leur disponibilité.

Je souhaiterais aussi remercier les personnes et organismes qui ont eu confiance en moi en me prêtant leur matériel pour les mesures et les tests :

- Jean Chatauret pour le RME Micstasy ;
- Camille Jamain pour le Focusrite Octopre Mk-II et le prêt du GBF ;
- Areitec pour les splitters, le couple de Schœps MK-5 appairé, le DAD AX24 et la Sonosax SX-ST8D ;
- le magasin son de l'ENS Louis Lumière pour le prêt du Nagra IV-S et Nagra VI ainsi que les réservations pour le studio ;
- Dispatch et Tapages pour le Neve Amek 9098 EQ, le Millennia HV-3B et l'Avalon VT-737 SP.

Pour leurs conseils avisés, leur disponibilité pour répondre à mes questions et leur expérience dans le domaine : Niels Barletta et Delphine Hannotin.

Pour leur participation aux tests : les promotions 2011, 2012 et 2013 de l'école Louis Lumière, ainsi que les différents intervenants et ingénieurs du son extérieurs qui ont passé du temps à réaliser les tests chez eux.

Pour leur talents d'instrumentistes : Morgan Roux, Bénédicte Hilbert, Jean-Christophe Yervant et Dimitri Soudoplatoff

J'ai aussi une pensée, pour leur gentillesse et leur aide ponctuelle pendant l'élaboration de ce mémoire, au personnes suivantes : Lucile Perrot (Areitec), Marie-Odile et Benoît d'Armancourt.

Enfin, je souhaiterais remercier chaleureusement tous les élèves, professeurs et intervenants que j'ai eu la chance de rencontrer lors de ces trois années passées à l'ENS Louis Lumière.

ANNEXES

ANNEXE 1 – Spécifications des préamplificateurs mesurés Presonus Firepod

5.2 FIREPOD – CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Bande passante préamplificateurs	10 Hz à 50 kHz
Impédance d'entrée préamplificateurs.....	1,3 Ohms
Impédance d'entrée Instrument.....	1 MOhms
DHT préamplificateurs.....	<0,005 %
Bruit rapporté en entrée préamplificateurs	-125 dB
Gain préamplificateurs.....	54 dB
Impédance de départ Send.....	51 Ohms
Impédance de retour Return.....	10K Ohms
Réglage de niveau Line	+/-20 dB
Impédance d'entrée Line.....	10 kOhms
Impédance de sortie symétrique.....	51 Ohms
Impédance de sortie générale symétrique.....	51 Ohms
Impédance de sortie symétrique Cue.....	51 Ohms
Sortie casque.....	150 mW/canal 20 Hz-20 kHz
Alimentation fantôme.....	48 V +/- 2 V
Alimentation.....	Transformateur externe, découpage interne
Convertisseurs Analogique/Numérique	24-bits/96 kHz max.
Plage dynamique des convertisseurs A/N	107 dB
Convertisseurs Numérique/Analogique	24-bits/96 kHz max.
Plage dynamique des convertisseurs N/A	110 dB
Vitesse du port Firewire IEEE1394	400 Mo/s

Du fait des améliorations permanentes apportées à nos produits, PreSonus Audio Electronics, Inc., se réserve le droit de modifier ces caractéristiques sans préavis.

Focusrite Octopre MK-II

Caractéristiques techniques

MICRO (MIC)

- Réponse en fréquence : 20 Hz - 20 kHz, +/- 0,1 dB
- DHT+B : 0,001 % (mesurée à 1 kHz avec un filtre passe-bande 20 Hz/22 kHz)
- Bruit : équivalent en entrée > 125 dB (128 dB analogique vers numérique) : mesuré à -60 dB de gain avec terminaison 150 ohms (filtre passe-bande 20 Hz/22 kHz)

ENTRÉES ANALOGIQUES

- Entrées micro/ligne sur XLR mixte avec auto-commutation entre micro (XLR) et ligne/instrument (jack 6,35 mm 3 points)
- Micro/Ligne/Instrument 1 & 2 : 2 XLR mixtes en face avant
- Micro/Ligne 3-8 : 6 XLR mixtes
- Instrument : comme ci-dessus, commuté sur Instrument (entrées 1 & 2 uniquement)
- Gain micro : +10 dB à +55 dB
- Gain ligne 1-8 : -10 dB à +36 dB
- Gain instrument : +10 dB à +55 dB
- Atténuation sur les entrées 1-8, ~-10 dB
- Alimentation fantôme commutable par groupes de 4 canaux sur entrées micro 1-4 et 5-8
- Niveau d'entrée maximal micro et instrument : +8 dBu (+16 dBu avec atténuateur sur l'entrée)
- Niveau d'entrée maximal ligne : +22 dBu

RME Micstasy

17. Technical Specifications

17.1 Analog

Microphone/Line 1-8, rear

- Input: XLR, electronically balanced
- Input impedance: 2 kOhm
- Frequency response -0.1 dB: 20 Hz – 100 kHz
- Frequency response -0.3 dB: 10 Hz – 150 kHz
- THD @ 30 dB Gain: < -110 dB, < 0.0003 %
- THD+N @ 30 dB Gain: < -100 dB, < 0.001 %
- Channel separation: > 120 dB
- CMRR 50 Hz: > 60 dB
- CMRR 200 Hz – 20 kHz: > 70 dB

- EIN @ 30 dB Gain @ 150 Ohm: 122.0 dBu
- EIN @ 40 dB Gain @ 150 Ohm: 126.1 dBu
- EIN @ 50/60/70 dB Gain @ 150 Ohm: 127.2 dBu

- EIN @ 30 dB Gain @ 0 Ohm: 122.5 dBu
- EIN @ 40 dB Gain @ 0 Ohm: 128.8 dBu
- EIN @ 50/60/70 dB Gain @ 0 Ohm: 130.3 dBu

- Gain range: -9 dB up to +76.5 dB
- Maximum input level, Gain -9 dB: +30 dBu
- Maximum input level, Gain 76.5 dB: -56.5 dBu

Inst/Line In 1-8, front

- Input: 6.3 mm TRS jack, electronically balanced
- Input impedance: 5.6 kOhm unbalanced 11.2 kOhm balanced
- Input impedance Hi-Z: 470 kOhm
- Frequency response -0.1 dB: 20 Hz – 100 kHz
- Frequency response -0.3 dB: 10 Hz – 150 kHz
- THD @ 30 dB Gain: < -110 dB, < 0.0003 %
- THD+N @ 30 dB Gain: < -100 dB, < 0.001 %
- Channel separation: > 120 dB

- Signal to Noise ratio (SNR) @ Gain 0 dB: 112.4 dB RMS unweighted, 116 dBA

- Gain range: 0 up to +50 dB
- Maximum input level, Gain 0 dB: +21 dBu
- Maximum input level, Gain 50 dB: -29 dBu

Line Out 1-8, rear

- Maximum output level: +27 dBu
- Output: XLR, balanced
- Output impedance: 150 Ohm
- Output level switchable +13 dBu, +19 dBu, +24 dBu

Neve Amek 9098 EQ

Specifications

Mic Amplifier

Frequency Response - source 200R - load 10k.

0dB gain	< 10Hz	-3 dB
	20Hz	-0.2dB
	20kHz	-0.1dB
	> 110kHz	-3dB
66dB gain	10Hz	-3dB
	20Hz	-1.2dB
	20kHz	-0.4dB
	> 60kHz	-3dB

THD + Noise - source 200R - load 10k - measured @ +20dBu.

0dB gain	20Hz	<0.01%
	20kHz	<0.01%
66dB gain	20Hz	0.03%
	20kHz	0.06%

Noise - source 200R - 22Hz to 22kHz (RMS)

EIN	66dB gain	-128dBu
Output Noise	0dB gain	-105dBu

Millennia HV-3B

THD + Noise, 20 Hz - 30 kHz, 35 dB gain	< .0007%, typ .002 % maximum, +27 dBu out
Frequency Response -3 dB points	Sub 2 Hz to beyond 500 kHz
Frequency Response, Interchannel Deviation	< 0.1 dB
Maximum Input Level	+23 dBu
Maximum Output Level	+32 dBu
Input Impedance	6,200 ohms, nominal
Output Impedance	24.3 ohms
Noise (Common source)	-73 dB @ 60 dB gain (-133 dB EIN)
(30 ohm source)	-71 dB @ 60 dB gain (-131 dB EIN)
(150 ohm source)	-68 dB @ 60 dB gain (-128 dB EIN)
Common Mode Rejection Ratio	> 70 dB @ 35 dB gain, 100 mV, to 20 kHz > 85 dB typical
Three-pin XLR Polarity	Pin 2 = positive polarity, Pin 1 = ground
Four-pin XLR Polarity	Pin 1 = ground, Pin 2 = no connection Pin 3 = +130 VDC (limited to 10 mA) Pin 4 = unbalanced audio

Avalon VT-737 SP

Circuit topology	Four dual triode vacuum tubes (Sovtek 6922), high-voltage discrete Class A
Gain Range	Microphone: Transformer balanced 850/2500 ohm, 0dB to +58dB Instrument: Unbalanced 1 meg ohm, 0dB to +30dB Line: Balanced Class A 20k ohms, -27dB to 28dB
Maximum input level and connector types	Microphone 26dB@25Hz, +30dB@1kHz balanced XLR Instrument +30dB unbalanced front panel jack socket Line +36dB balanced XLR
Maximum output level	+30dB balanced 600 ohms, DC coupled, discrete Class A
Output type and gain	XLR connector, output trim gain -45dB to 20dB
Noise 20kHz unweighted	-92dB
Noise microphone EIN	-116dB, 22Hz to 22kHz unweighted
Distortion THD, IMD	0.5%
Frequency response -/2.5dB	10Hz to 120kHz input filter included
Frequency response -3dB	1Hz to 200kHz line in-out
VU meter and gain reduction	High quality illuminated OVU = +4dB and gain reduction to -20dB
High cut filter	Variable 6dB per octave 30Hz to 140Hz
Compressor type	Optical passive attenuator incorporating twin vacuum tubes and stereo link
Threshold - Ratio	Threshold variable -30dB to +20dB, ratio-compression variable 1:1 to 20:1
Attack - Release	Attack variable 2mS to 200mS, release variable 100mS to 5 seconds
Equalizer type	Discrete Class A, variable active and switched passive design
Frequency bands (4)	Treble - switched 10kHz, 15kHz, 20kHz, 32kHz, +/- 20dB range, shelf High mid - variable 200Hz to 2k8Hz and 2kHz to 28kHz, +/- 16dB range, hi-lo Q Low mid - variable 30Hz to 450Hz and 300Hz to 4k5Hz, +/- 16dB range, hi-lo Q Bass - switched 15Hz, 30Hz, 60Hz, 150Hz, +/- 24dB range, shelf
AC power	Internal toroidal 100v to 240v, 50-60Hz selectable, 75 watts maximum
Dimensions	19 x 12 x 3.5 in (482 x 305 x 89mm)
Weight	22lbs (10kg)
Dimensions-	21 x 18 x 8 in (533 x 457 x 203mm)

shipping carton

Weight-packed 26lbs (11.8kg)

DAD AX24

General Specifications

Resolution	24 bit
Sample rates PCM	44.1, 48, 88.2, 96, 176.4, 192, 384 kHz
Sample rates DXD	352,8 kHz
Sample rates DSD	2.8224 & 5.6448 MHz (64 & 128 fs)
Dynamic range (A), PCM	> 119 dB
Dynamic range (A), DSD, DXD, 384kHz	> 118 dB
THD+N(A)	< -115 dBFS
Mic. pre equivalent Noise (A), +24dB gain	-130 dB
Cross talk	< -120 dB
Gain range	-18 dBu and +72 dB
Gain step tolerance	< +/- 0,25 dB
Input Impedance	> 15 k Ω
Gain	-18 to +72 dB
Freq. response deviation	< 0,05 dB
Connectors	XLR (pin 2 hot)

Gain step Table

Display gain (dB)	Analog gain (dB)	Digital gain (dB)	Input Overload level (dBu)	Output noise (dBFS)	Eqv. Inp noise (source 0?) (dBuA)	A/D level factor (dB)
-18	-3	0	22	-119	-97	22
-15	-3	3	19	-113	-94	19
-12	3	0	16	-117	-101	16
-9	6	0	13	-119	-106	13
-6	9	0	10	-113	-103	10
-3	12	0	7	-117	-110	7
0	12	3	4	-114	-110	4
3	18	0	1	-117	-116	1
6	21	0	-2	-115	-117	-2
9	24	0	-5	-114	-119	-5
12	27	0	-8	-114	-122	-8
15	30	0	-11	-114	-125	-11
18	33	0	-14	-113	-127	-14
21	36	0	-17	-112	-129	-17
24	39	0	-20	-111	-131	-20
27	39	3	-20	-108	-131	-23
30	39	6	-20	-105	-131	-26
33	39	9	-20	-102	-131	-29
...	39	...	-20	-131	...

Table 1, Noise and dynamic range for the AX24 microphone pre-amplifier.

Sonosax SX-ST8D

Résumé des caractéristiques

Réponse en Fréquence :	10Hz à 200kHz \pm 0.5dB 30Hz à 200kHz \pm 0.1dB
Bruit équivalent à l'entrée:	-128dBu (22Hz à 22kHz - 150 Ω source @ 60dB gain)
Paliers Fixes du gain d'entrée :	60dB 48dB 36dB 24dB 12dB 0dB
Gain d'entrée du trimmer :	\pm 20dB en partant de la position central CAL (40dB au total)
Gain du Fader :	au choix +12dB ou +24dB
Plage de gain globale :	fader @ 0dB - 20dB to +80dB fader @ +12dB - 8dB to +92dB fader @ +24dB +4dB to +104dB
Plage dynamique totale :	128dB
Réserve dynamique d'entrée:	24 dB (quand le potentiomètre de gain est en position centrale)
Diaphonie entre deux voies :	supérieure à 100dB 10Hz à 1kHz supérieure à 90dB 10Hz à 20kHz
Distorsion harmonique totale THD+N :	< 0.01 %

Entrées Mic/Line

Type d'entrée :	à symétrie électronique
Impédance d'entrée:	6.8k Ω , linéaire de 10Hz à 200KHz
Filtres RF:	standards
Alimentation du microphone :	+48V (alimentation fantôme)

GAIN :	60dB	48dB	36dB	24dB	12dB	0dB
Niveau nominal:	-54dBu	-42dBu	-30dBu	-18dBu	-6dBu	+6dBu
Niveau maximum d'entrée:	-30dBu	-18dBu	-6dBu	+6dBu	+18dBu	+25dBu
CMRR @ 1kHz:	>100dB	>100dB	>100dB	>90dB	>65dB	>60dB
CMRR 22Hz - 22kHz:	>100dB	>100dB	>100dB	>90dB	>65dB	>60dB
Bruit LIN 22Hz - 22kHz:	-68dBu	-79.8dBu	-90.4dBu	-96.9dBu	-98.5dBu	-100.3dBu
Bruit d'entrée équivalent *:	-128dB	-127.8dB	-126.4dB	-120.9dB	-110.5dB	-100.3dB

* Bruit d'entrée équivalent sur charge de 150 Ω

THD** (version Fader) : < 0.005 %

THD** (version VCA) : < 0.015 %

** de 22Hz à 22KHz au niveau nominal

Nagra VI

Entrées

Analogiques	4 XLR symétriques microphone/ligne + 2 ligne 5+6
Numériques	2 XLR AES-3 (partagées avec les entrées analogiques 5+6)
Sensibilité entrée microphone	2.8 et 10 mV/Pa commutable
Limiteurs	Activation sur les entrées microphones, seules ou par paires, actifs à -8 dBFS (max +36 dB pour -2 dBFS)
Sensibilité entrée ligne	Adjustable de -6 à +24 dBu pour 0 dBFS
THD à 1 kHz	Microphone < 0.1%, ligne <0.01% (mesuré en sortie AES)
Réponse en fréquence	Microphone 20Hz - 43 kHz +0.5/-1 dB, ligne ±0.2 dB (mesuré en sortie AES)
Bruit à l'entrée (micro statique)	0.9 µV (-119 dBu)
Bruit à l'entrée (micro dynamique)	4 dB (mesuré ASA «A»/200 Ω)
Rapport signal sur bruit	>114 dB
Plage de réglage	Microphone 60 dBu, ligne de -6 à +24 dBu
Filtre sur entrée	LFA (avec filtrage anti-vortex)
Microphone d'ordre	Electret sur face avant

Nagra IV-S

Enregistreur portable stéréo

Stereo sur bande lisse ¼"	Haut-parleur intégré
Option Time Code	Sélecteur d'écoute casque (mono, stéréo, L, R)
Double modulomètre	Générateur de référence
Ecoute après-bande	Autonome
Vitesses : 9.5, 19, 38 cm/s	Léger et robuste

Applications

Le NAGRA IV-S est un magnétophone stéréo sur bande analogique 6.35-mm (¼ inch) destiné à l'enregistrement musique de haute qualité et aux applications cinéma et vidéo.

Caractéristiques

Niveau nominal	0 dB = 510 nWb / m à 15ips (38cm/s)
Niveau maximum de crête	+ 4 dB
Efficacité d'effacement	83 dB (au niveau maximum)
Réponse en fréquence	30 - 20000 Hz +/- 1 dB (enregistré à - 20 dB 38 cm/s)
Rapport signal sur bruit	74.5 dB NAB (Nagmaster, 38 cm/s)
Diaphonie	70 dB (1 kHz, 0 dB modulomètre) 60 dB (10 kHz, 0 dB modulomètre)
TC résiduel sur pistes audio	< - 88 dB par rapport au signal maximum
Microphone	2 sur XLR, Sélection : Dynamique, T 12 V, +48 V / inverseur de phase
Ligne	2 sur tuchel (symétrique)
Sortie ligne	2 sur tuchel ou banane
Ecouteur	Stéréo sur jack ¼"
Time Code	Entrée / sortie sur Lemo
Batterie	Batteries rechargeables PA-4 (# 70 98254 000) ou 12 piles "D" (LR20)
Prise DC	-10.5 à -30 V
Dimensions	333 x 242 x 113 mm, (13.2 x 9.6 x 4.5 inch)
Poids	6.4 kg, 15 lbs (avec piles et bandes)

ANNEXE 2 : Relevés des mesures réalisées chez Areitec

La bande passante est toujours tracée en rouge.

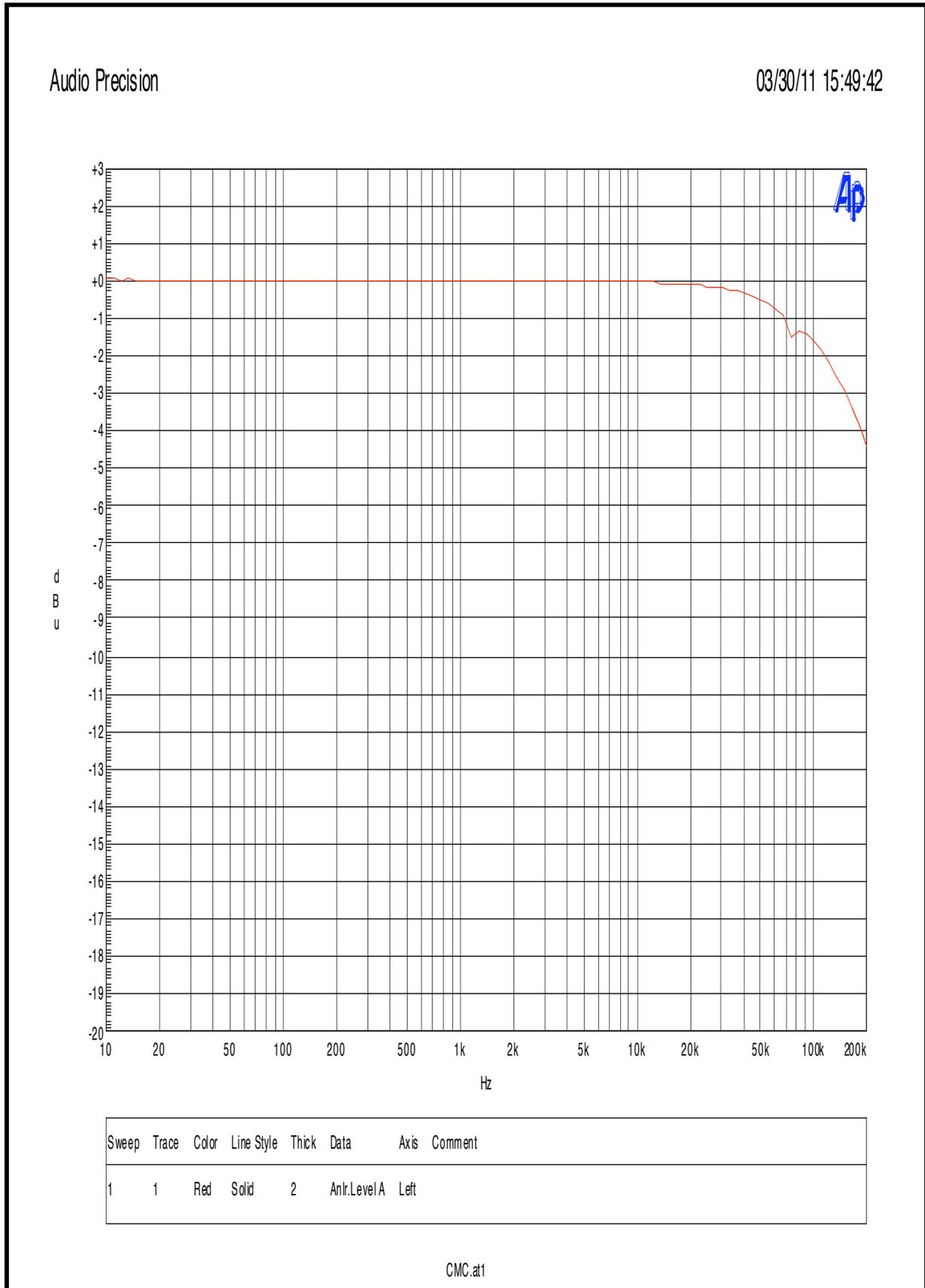
Sur le relevé de Taux de Distorsion Harmonique la courbe rouge correspond à un gain de 10dB, la courbe verte à un gain de 40dB et la courbe bleue à un gain de 60dB.

Sauf Presonus et Focusrite ou la courbe verte correspond à un gain de 20dB et la courbe bleue à un gain de 40dB.

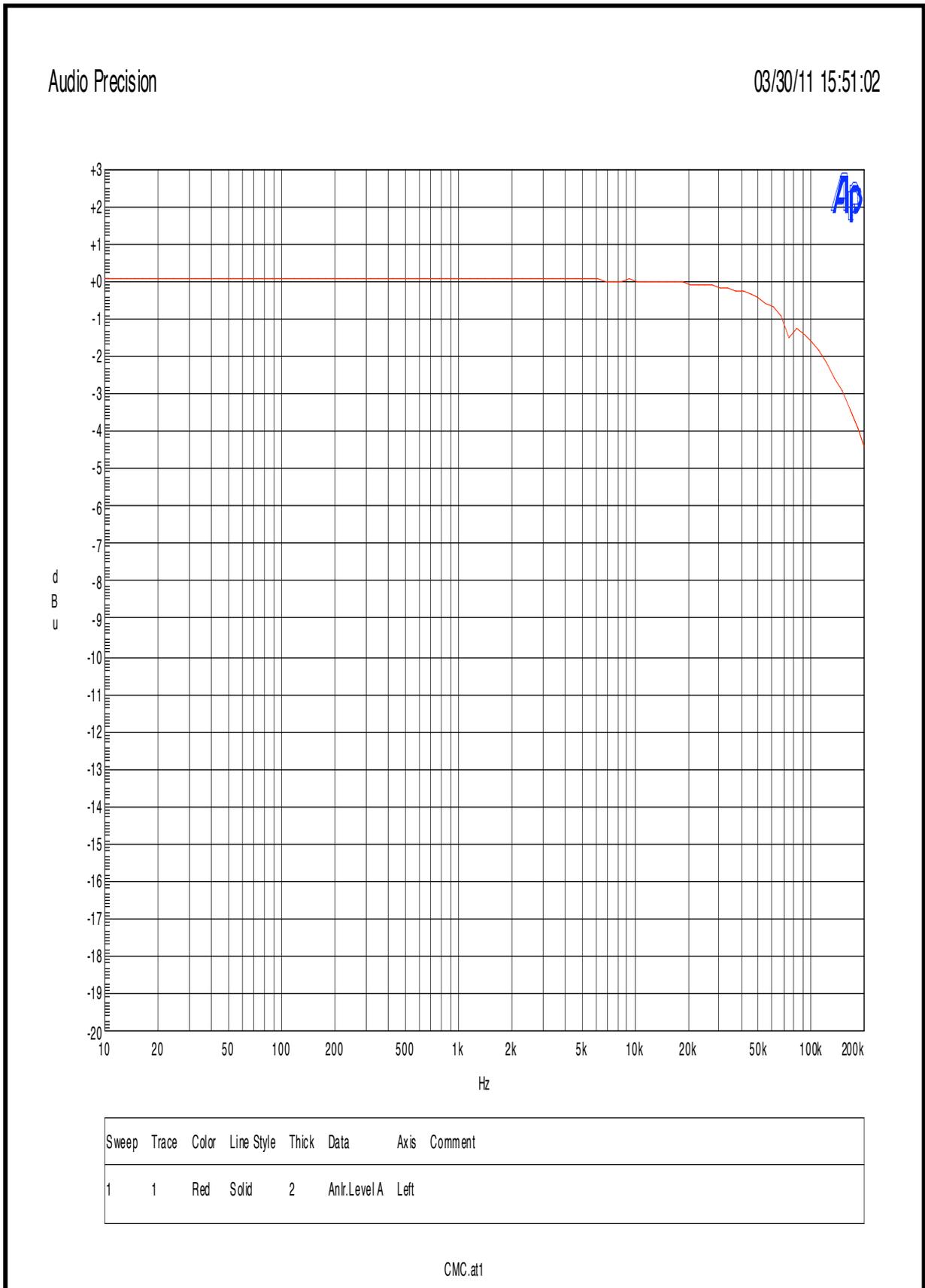
Les temps de montée sont mesurés à l'oscilloscope. Pour les six préamplificateurs retenus, ces mesures ont été refaites à l'oscilloscope numérique pour plus de précision.

Presonus

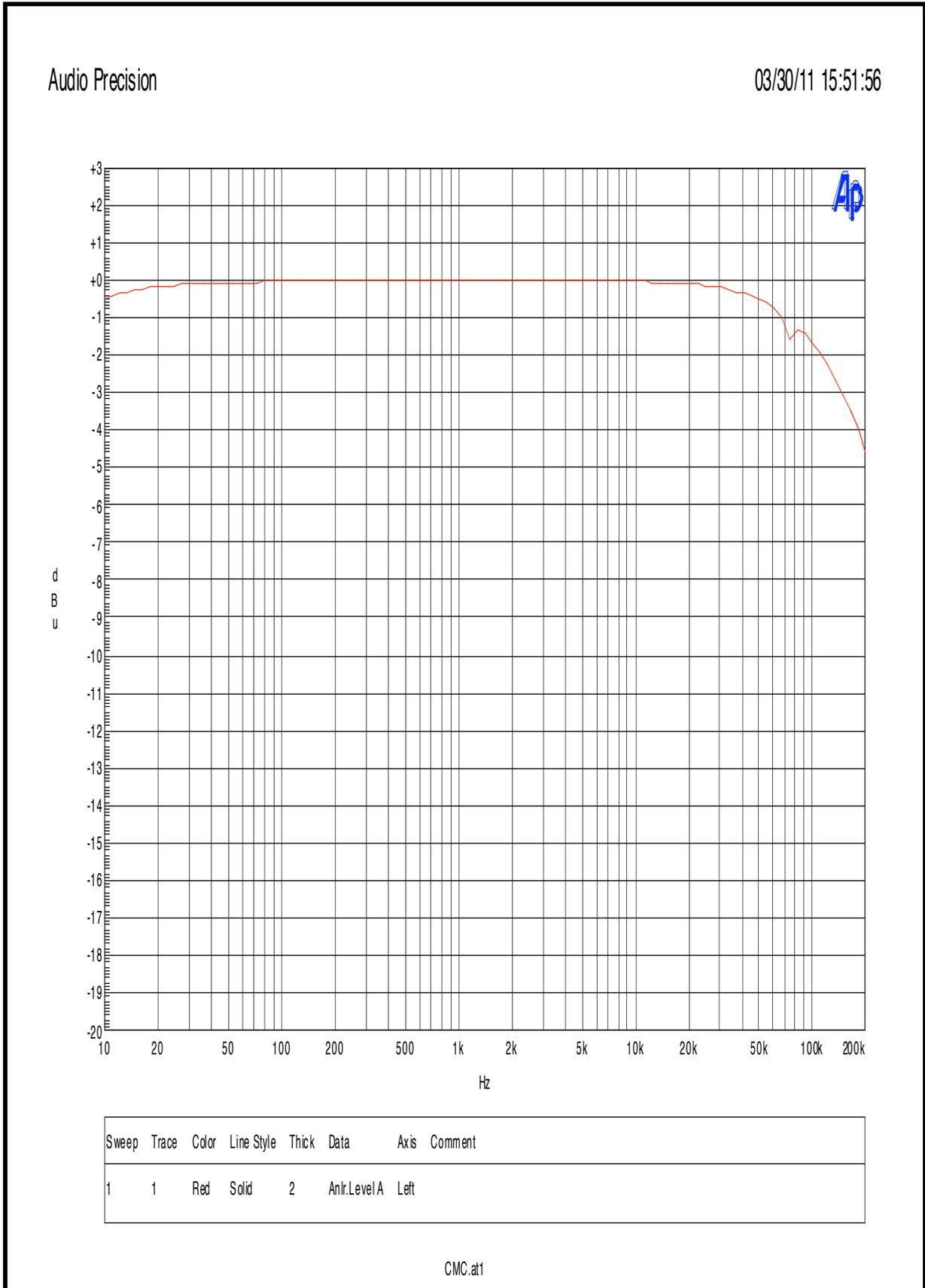
BP @ G = 20dB :



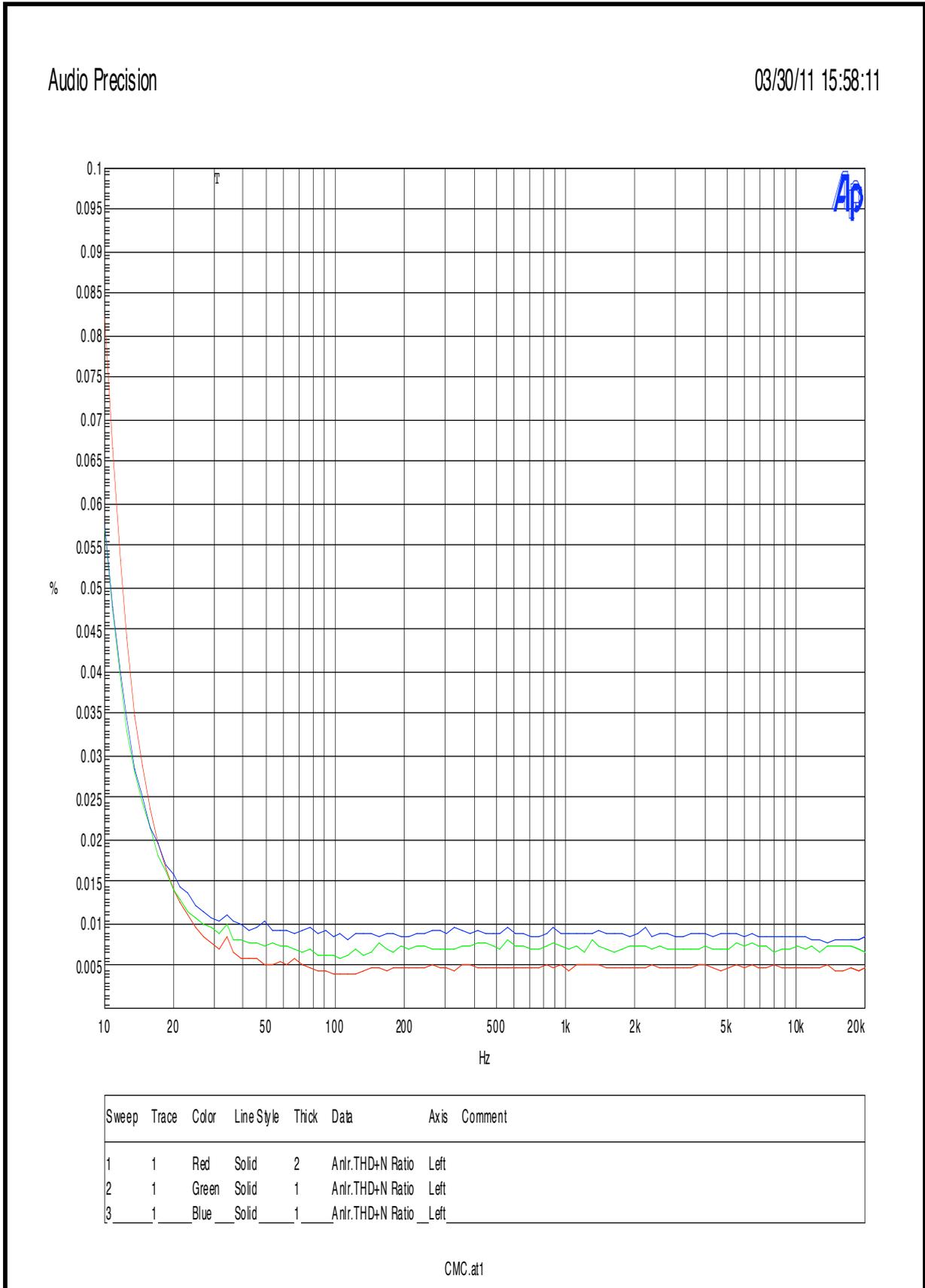
BP @ G = 40dB :



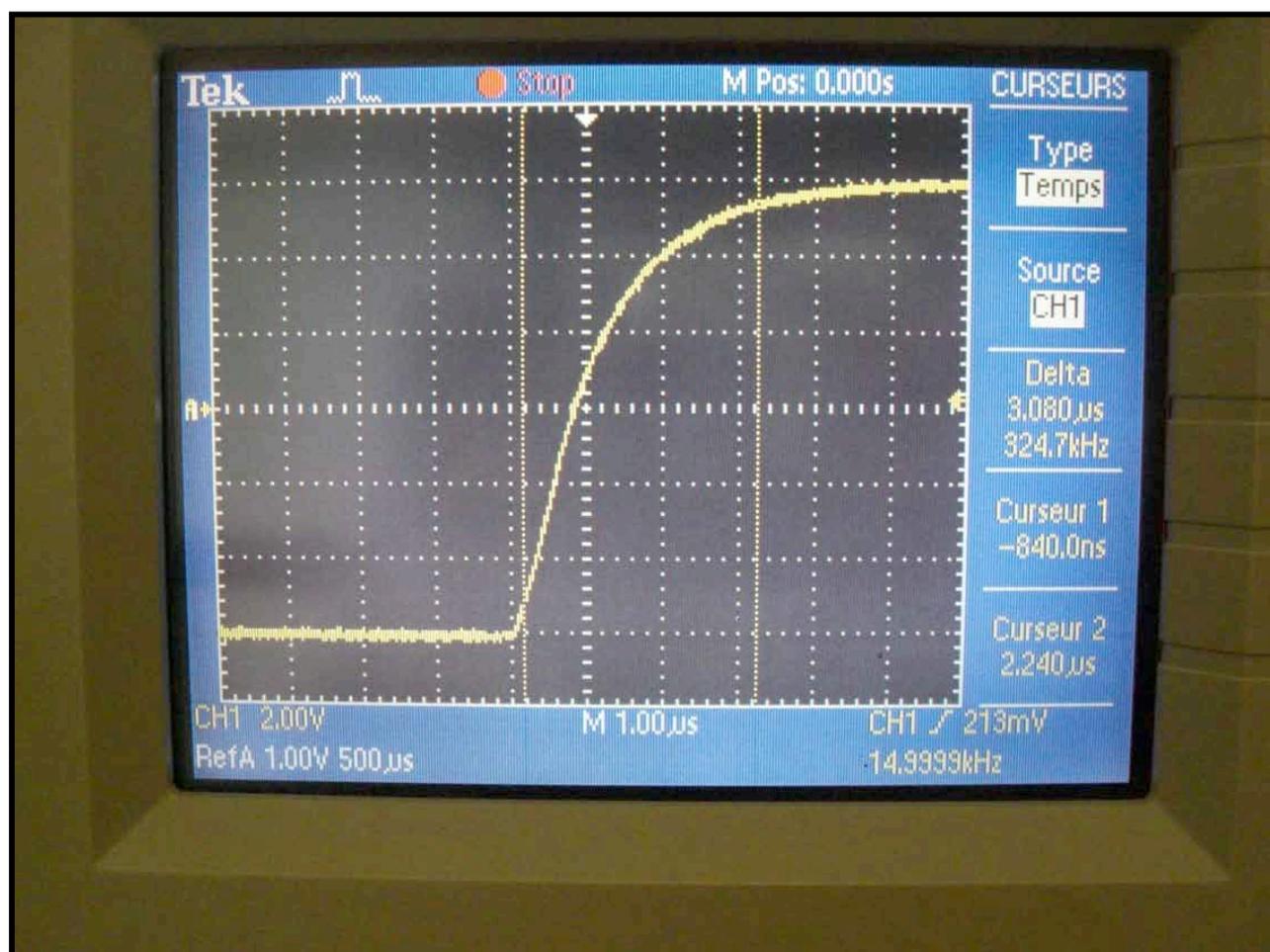
BP @ G = 58dB :



THD @ 10dB/20dB/40dB :

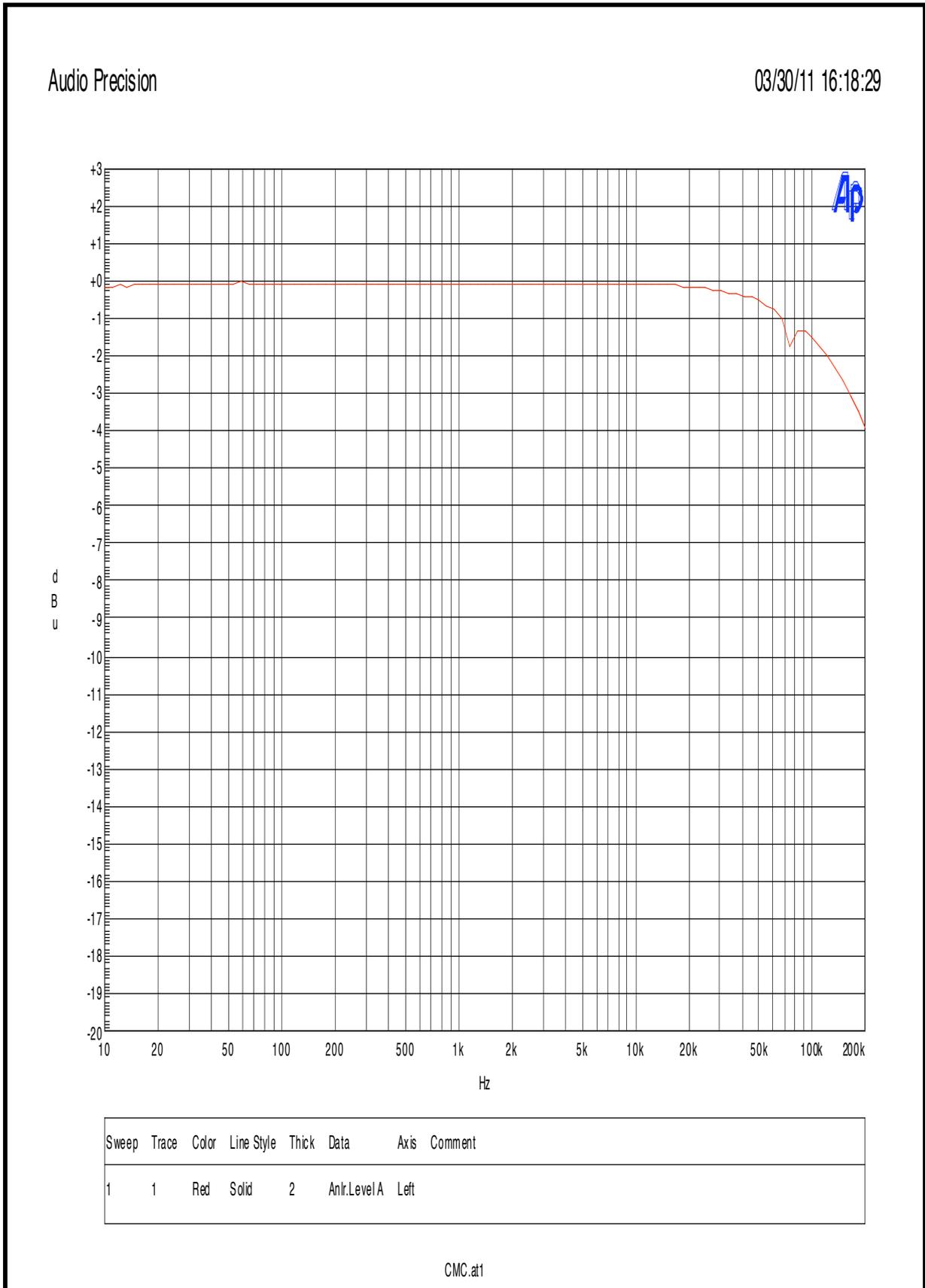


Temps de montée :

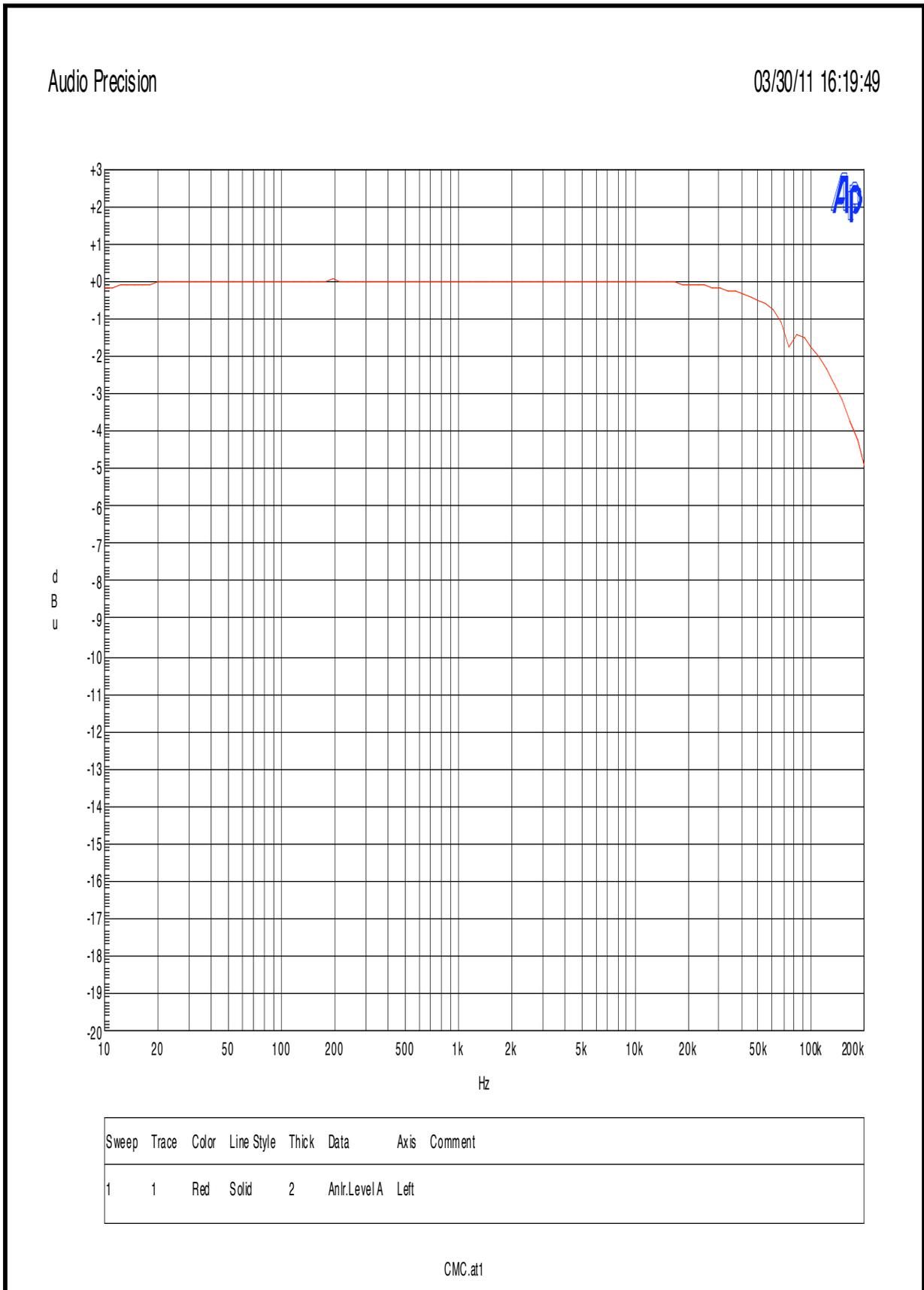


Focusrite Octopre MK-II

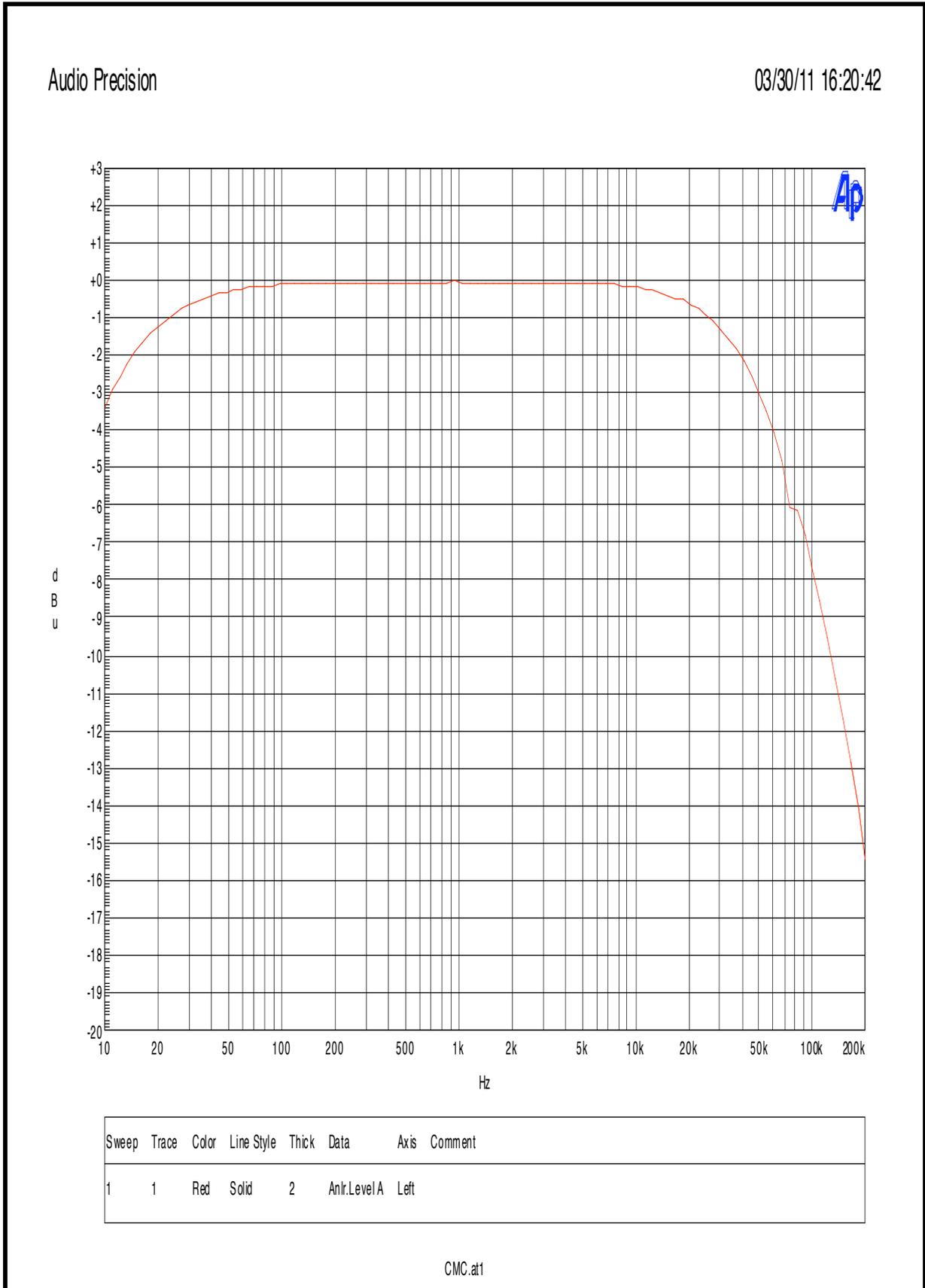
BP @ G = 20dB :



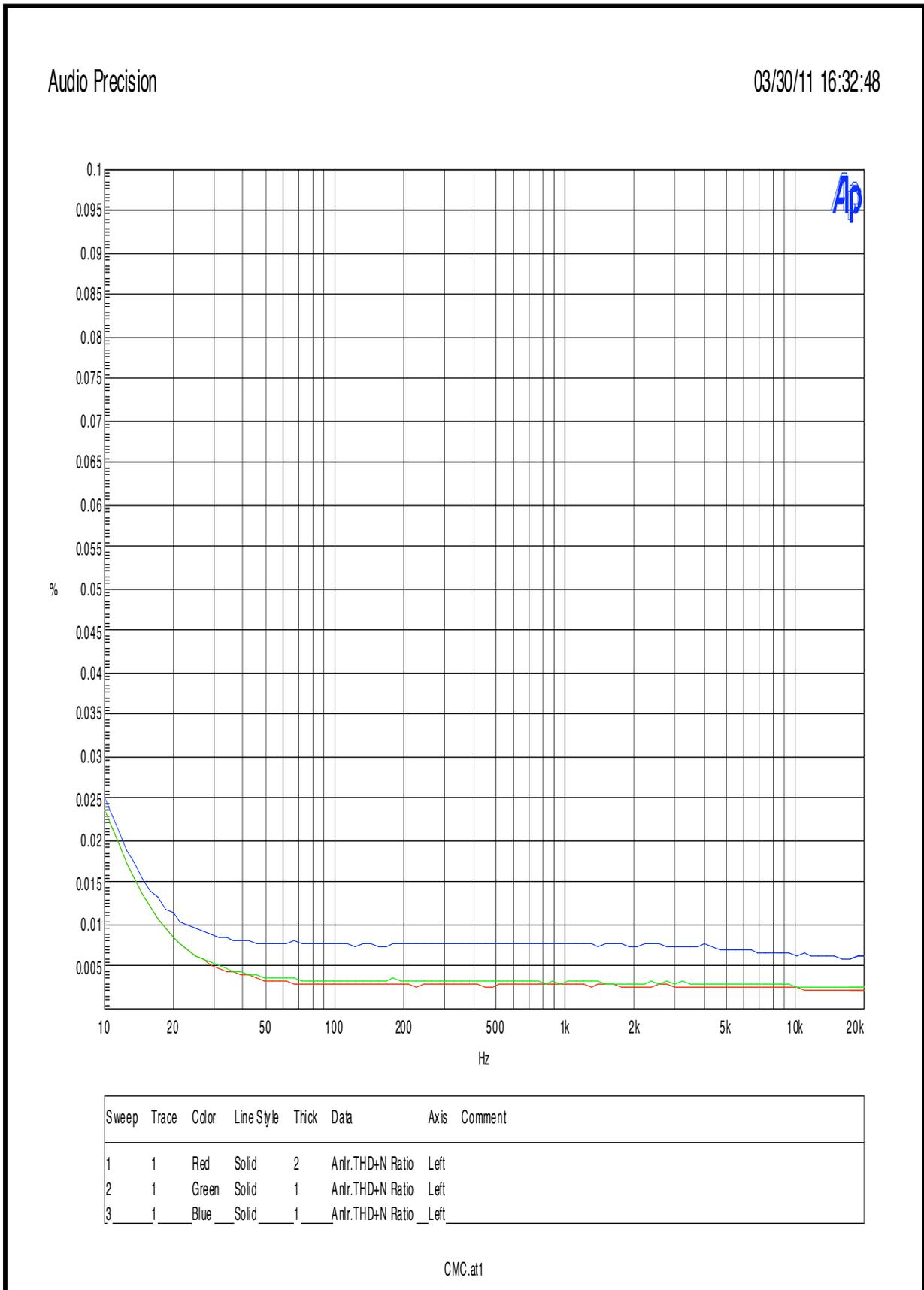
BP @ G = 40dB :



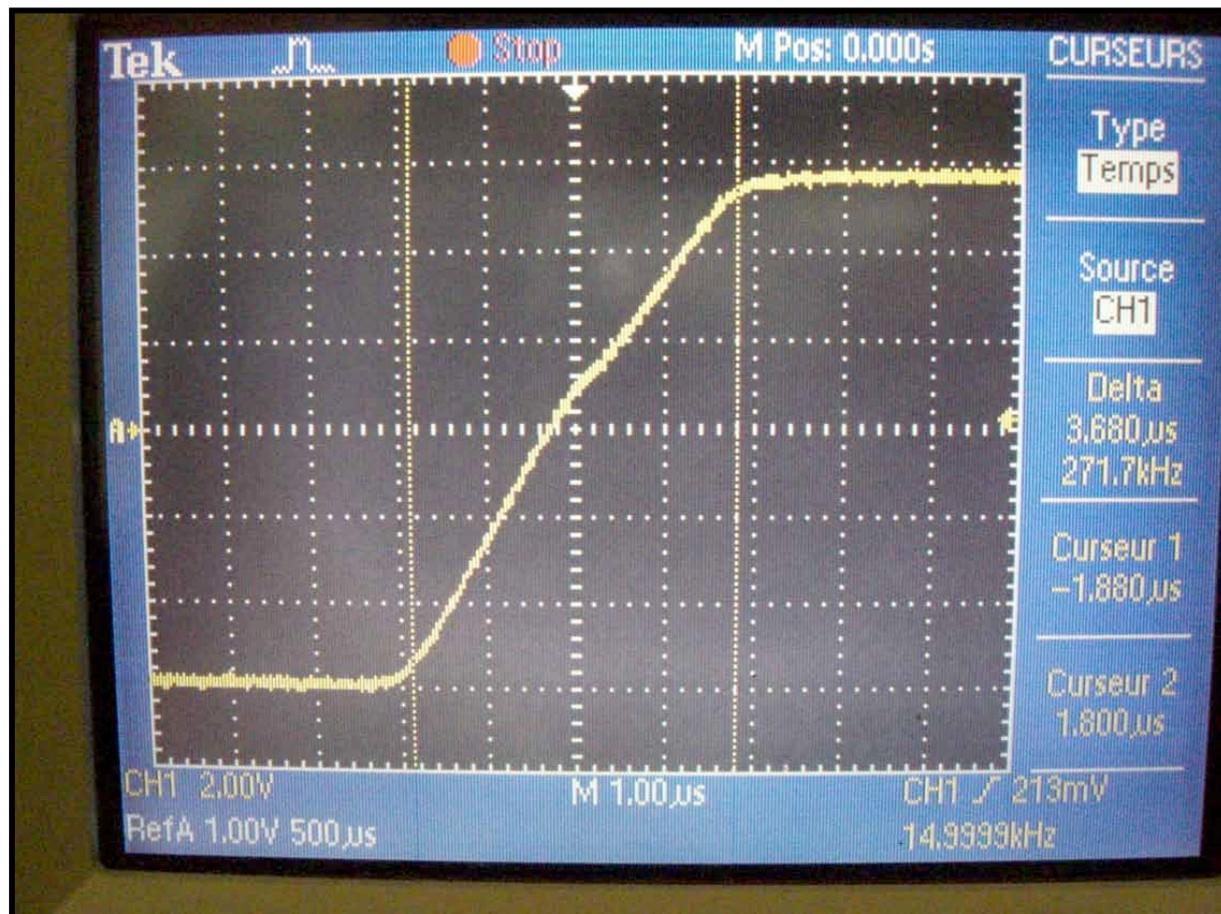
BP @ G = 58dB :



THD @ 10dB/20dB/40dB :

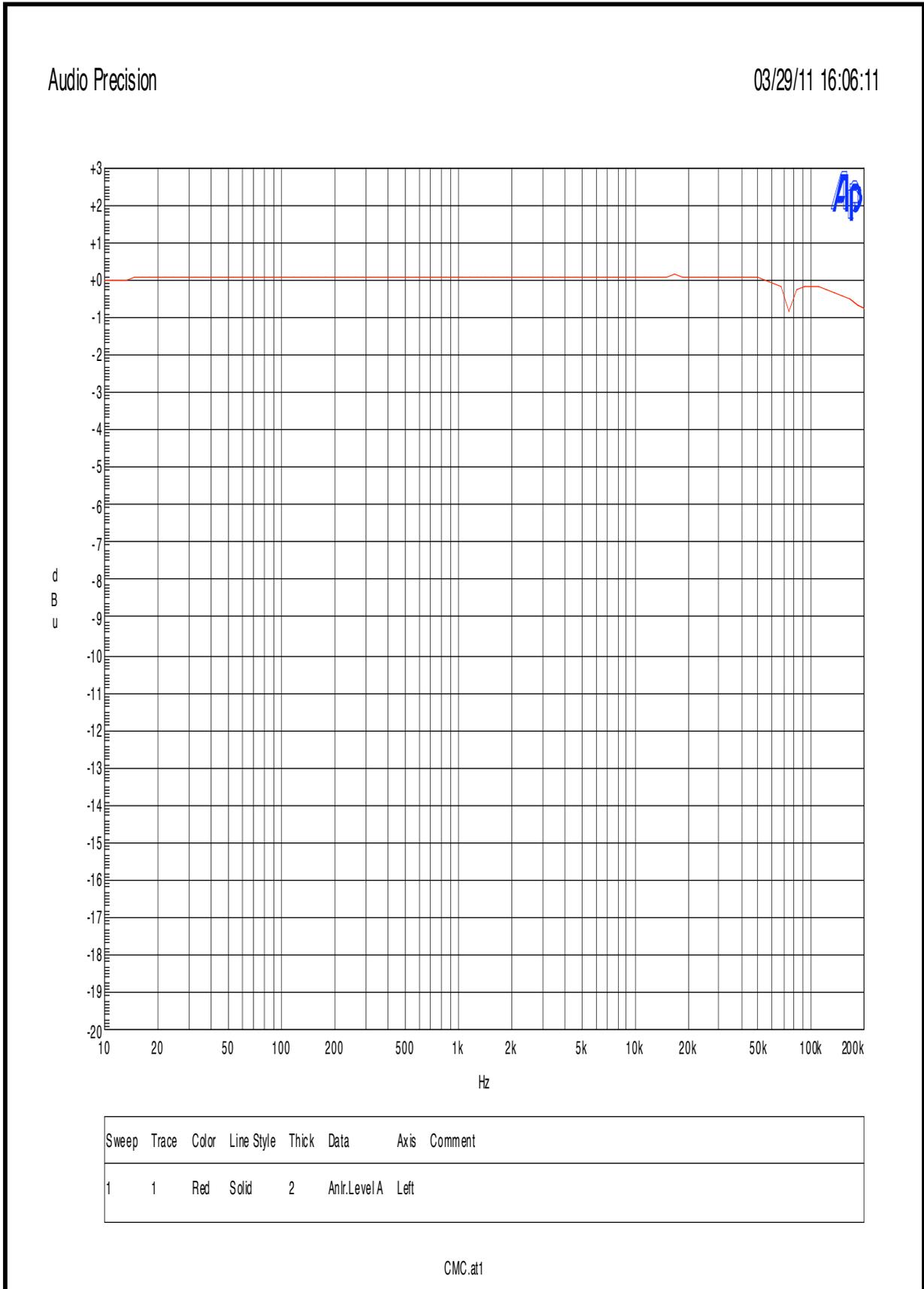


Temps de montée :

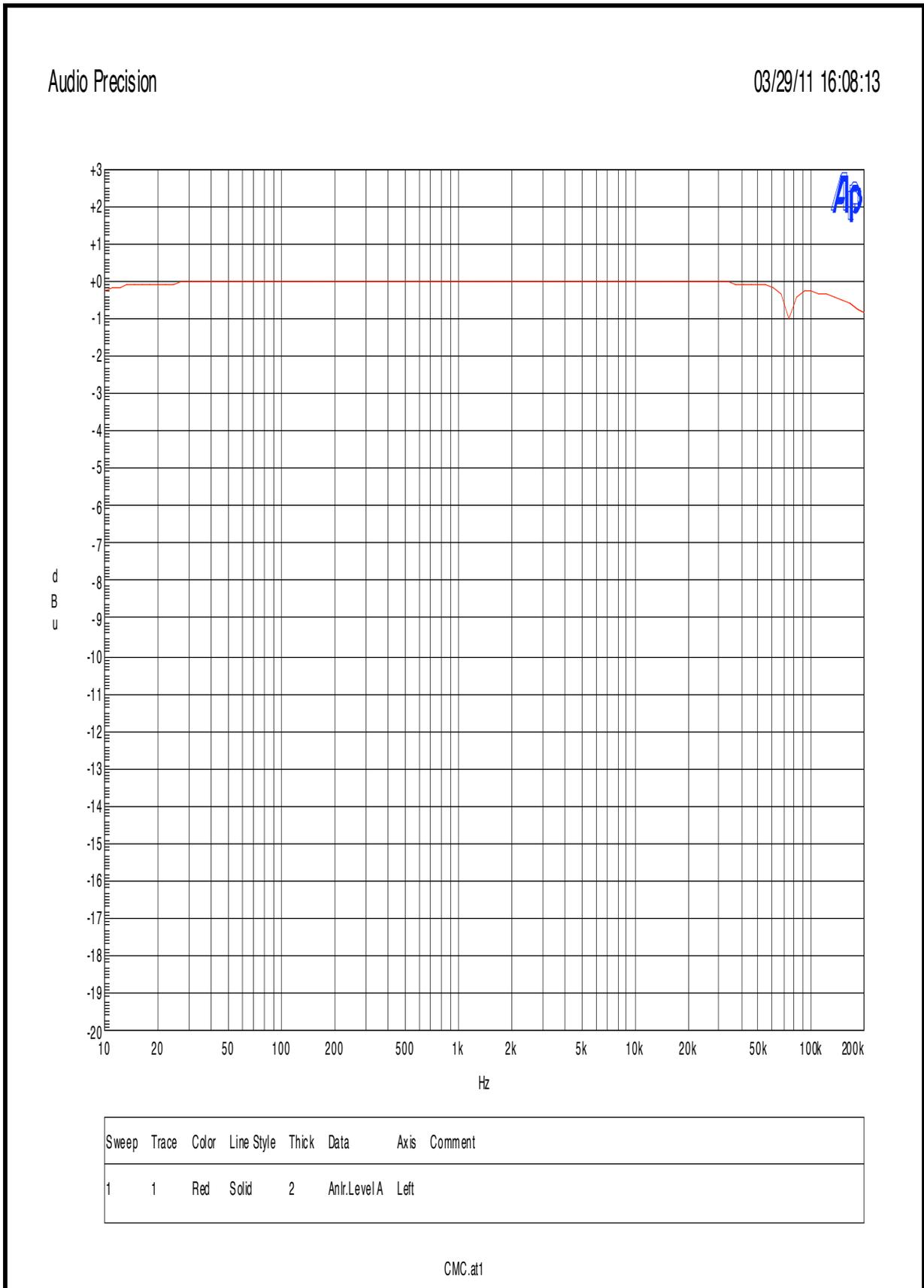


RME Micstasy

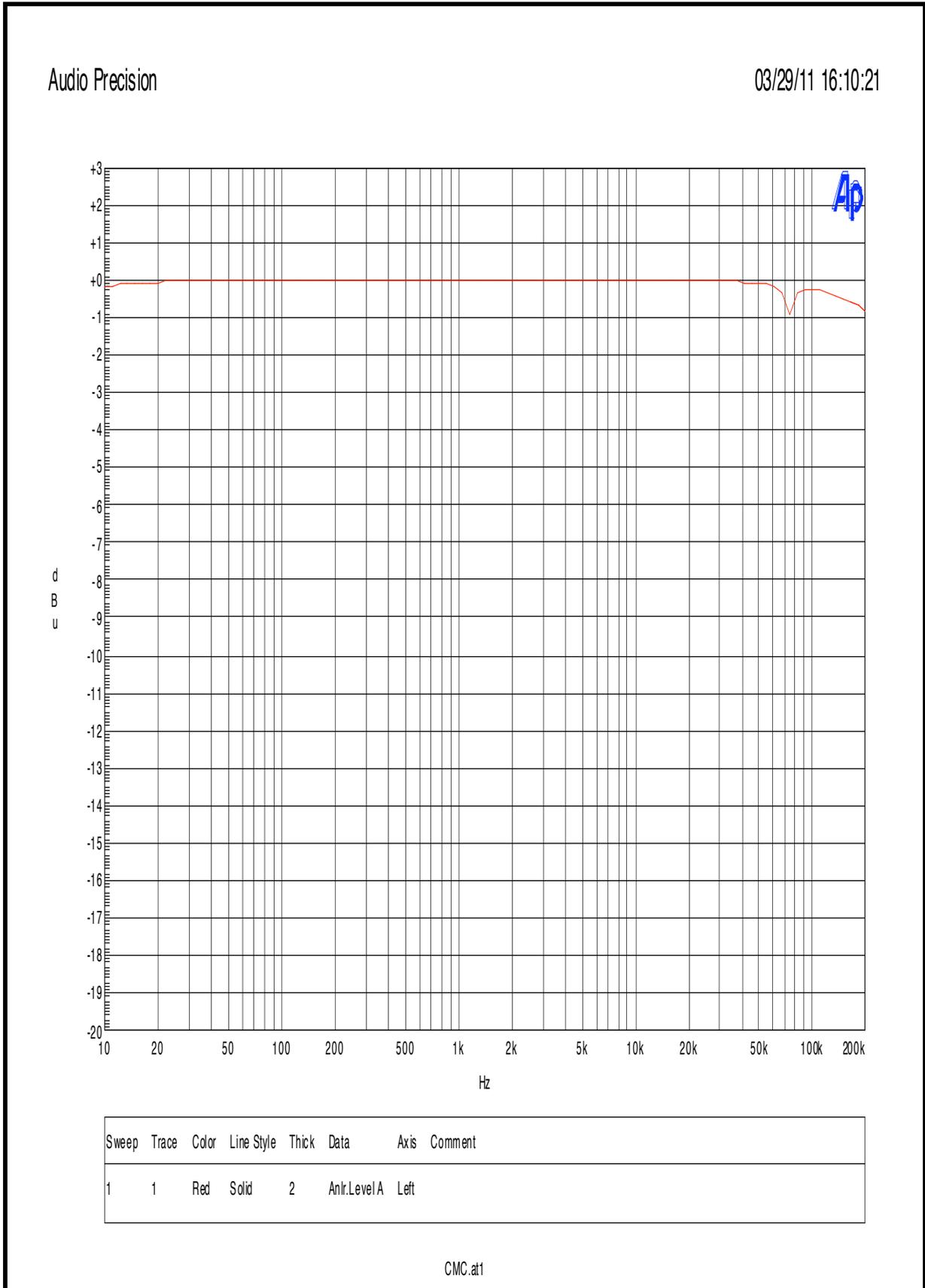
BP @ G = 20dB :



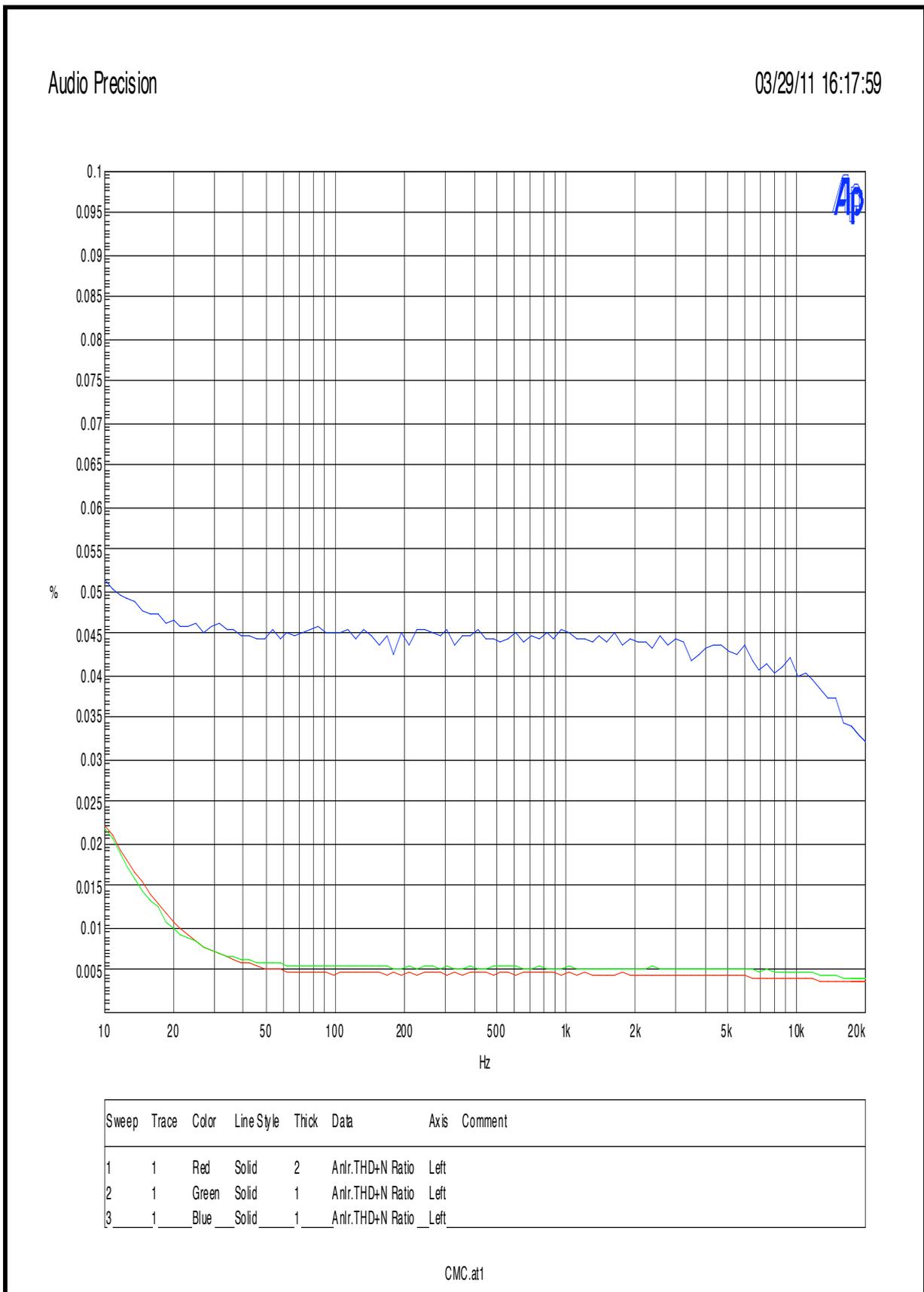
BP @ G = 40dB :



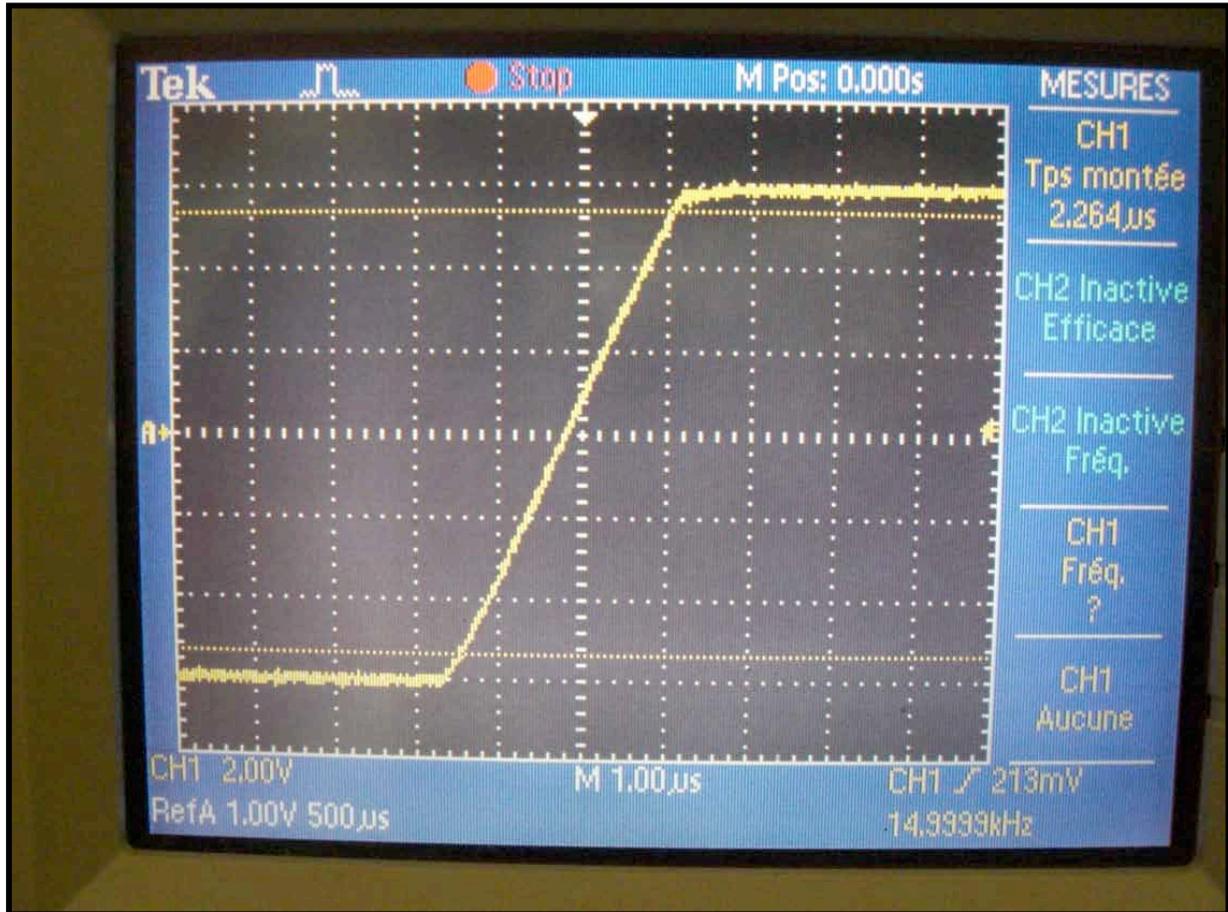
BP @ G = 60dB :



THD @ 10dB/40dB/60dB :

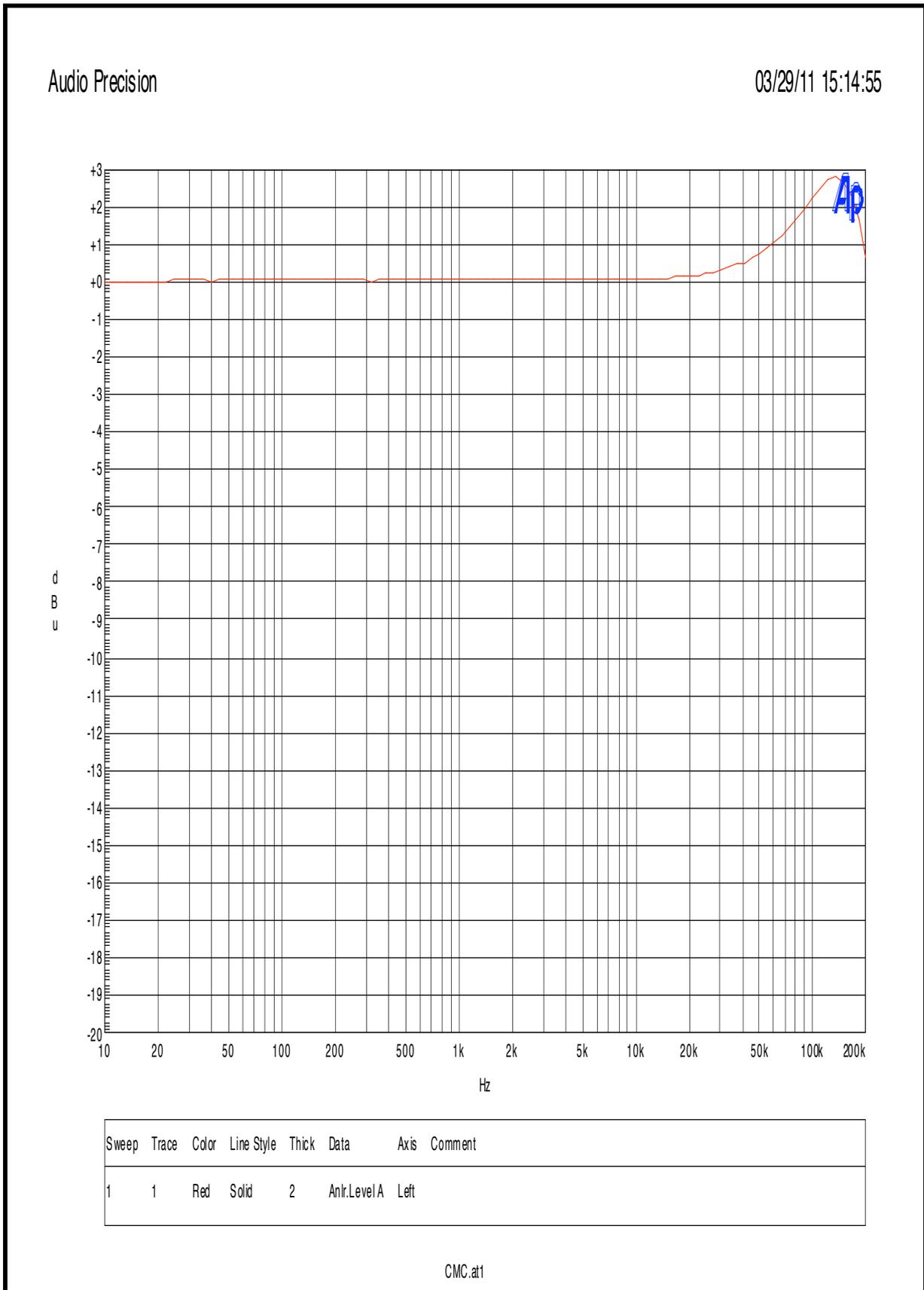


Temps de montée :

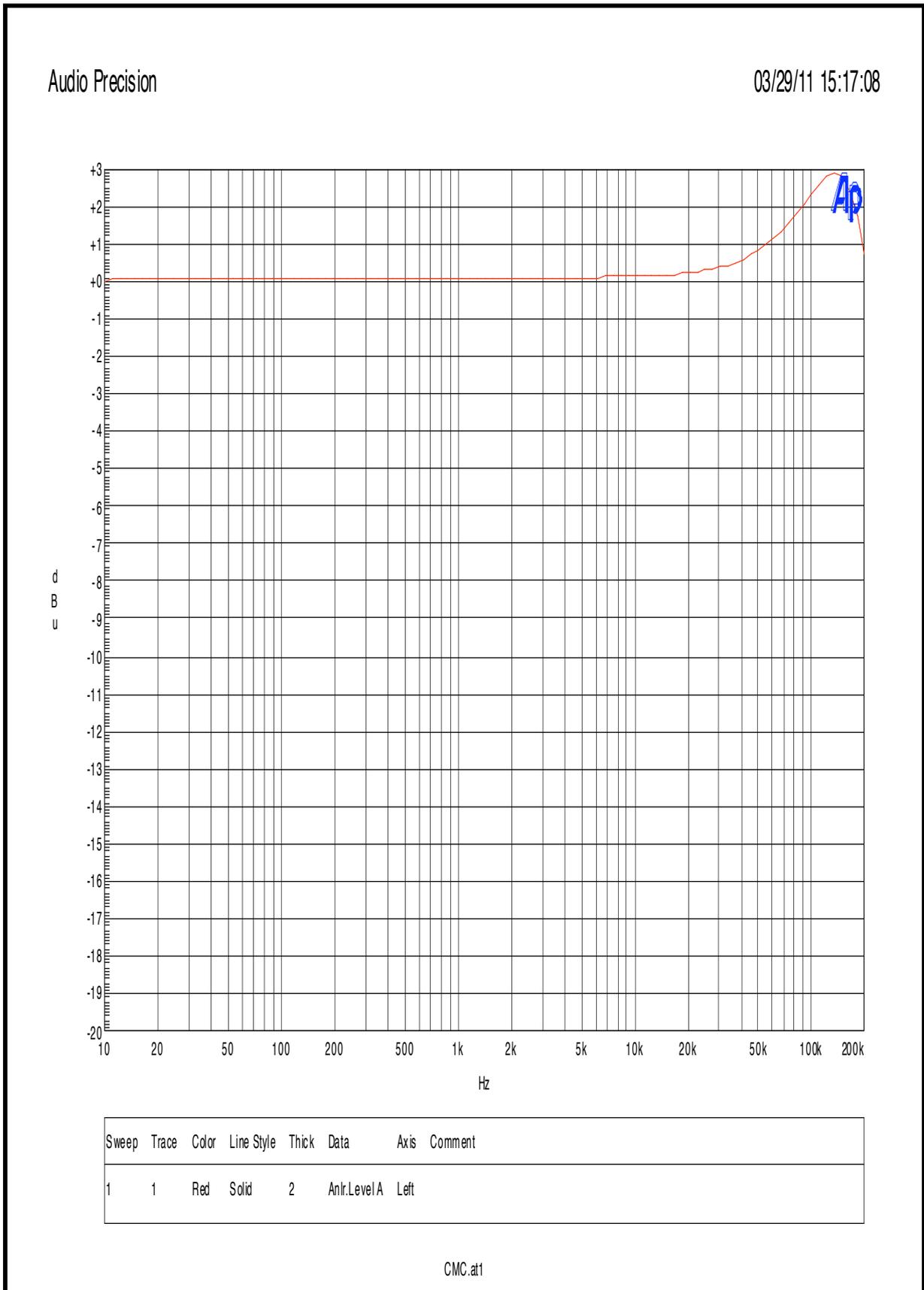


Neve Amek 9098 EQ

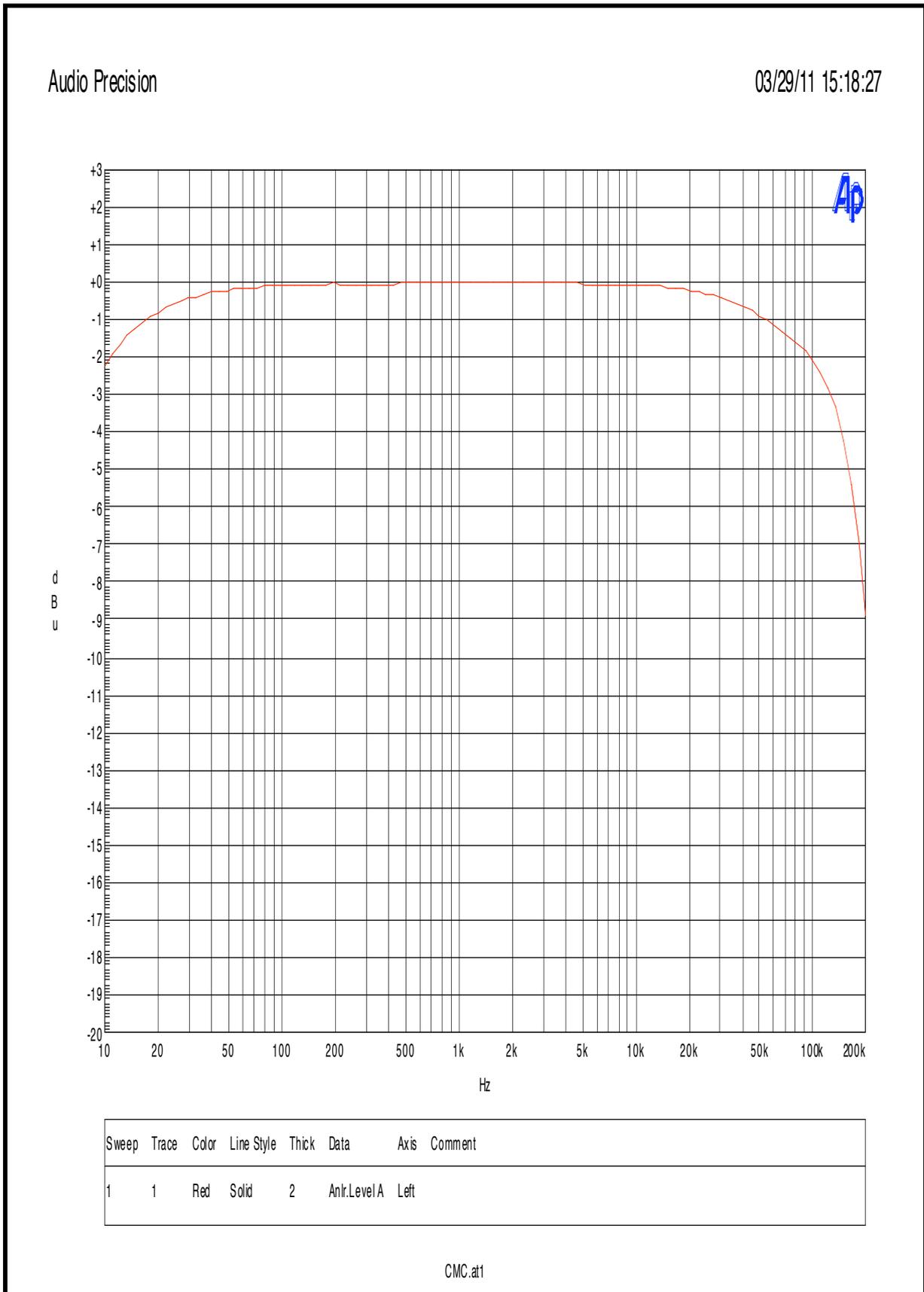
BP @ G = 18dB :



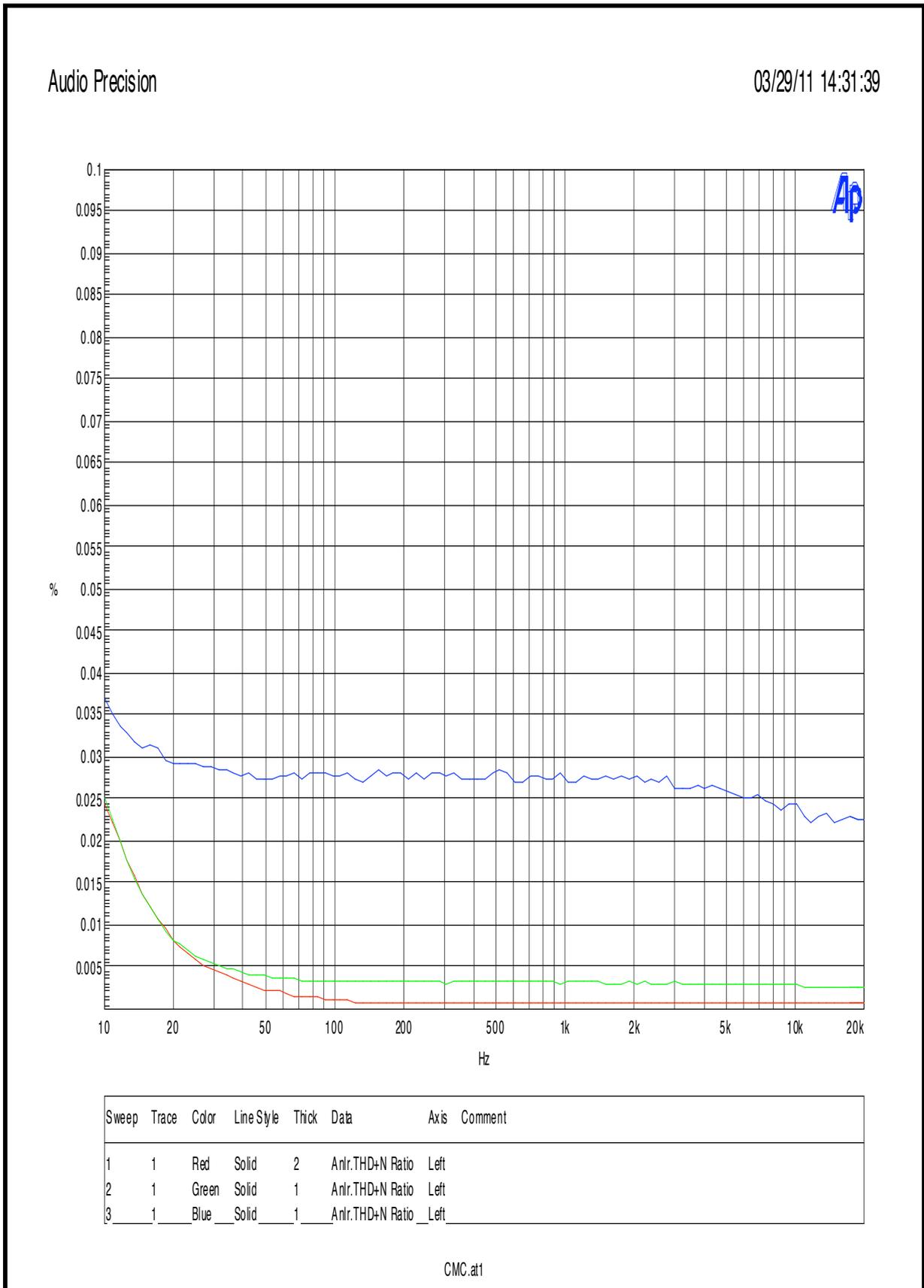
BP @ G = 42dB :



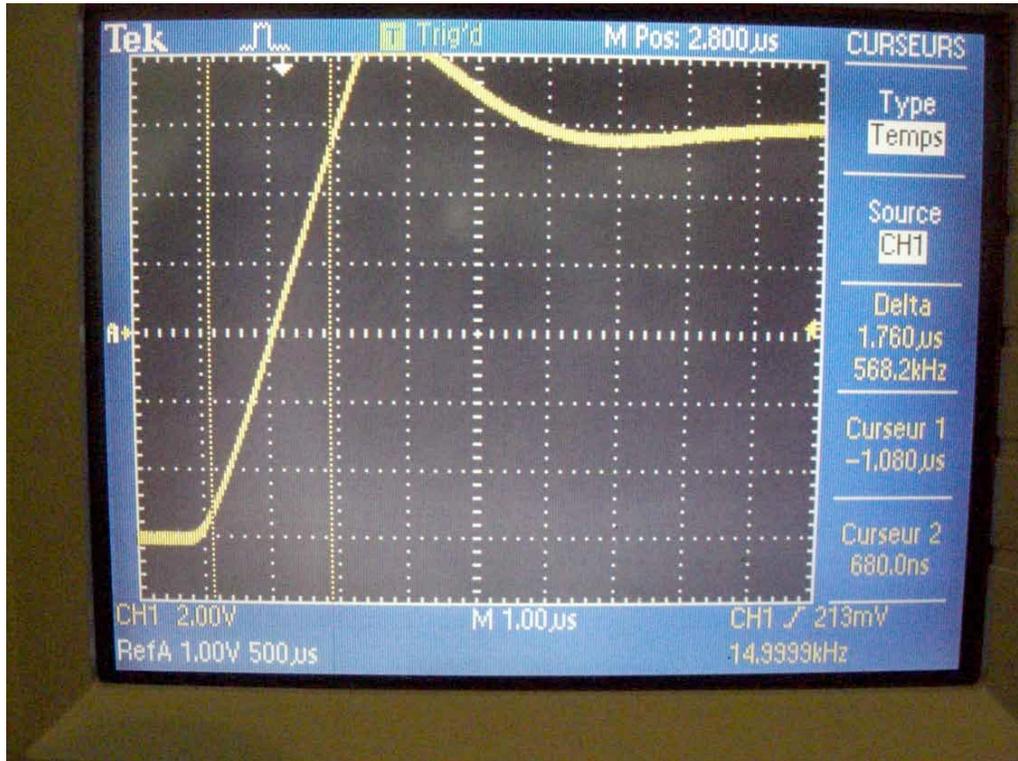
BP @ G = 66dB :



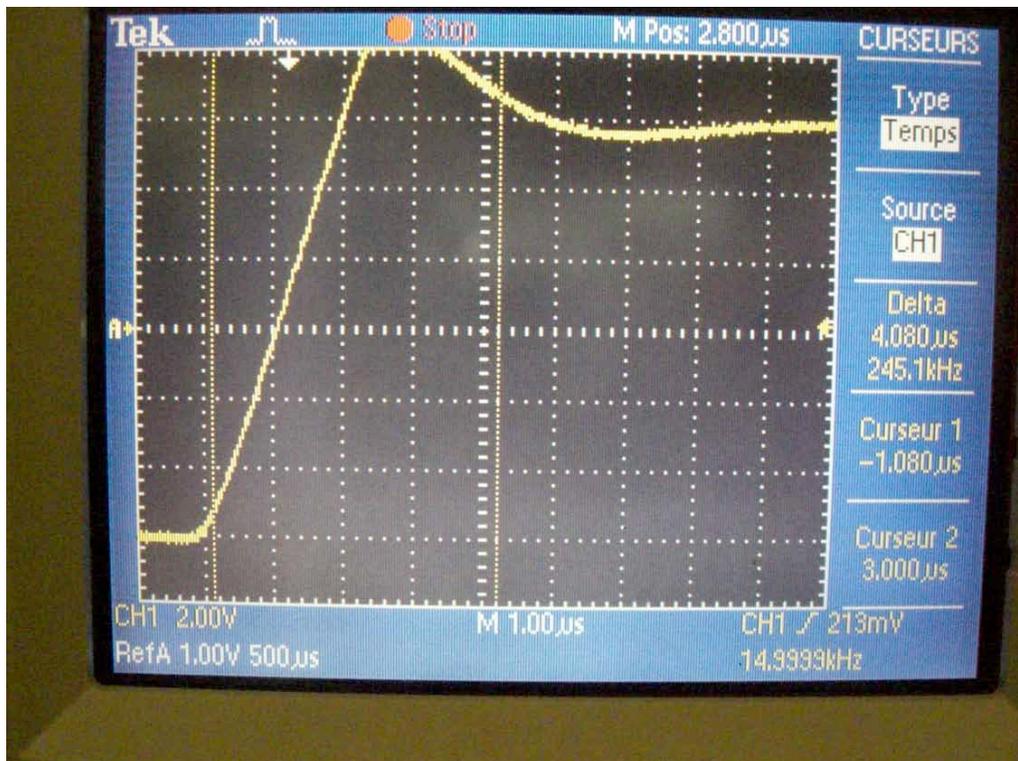
THD @ 10dB/40dB/60dB :



Temps de montée :

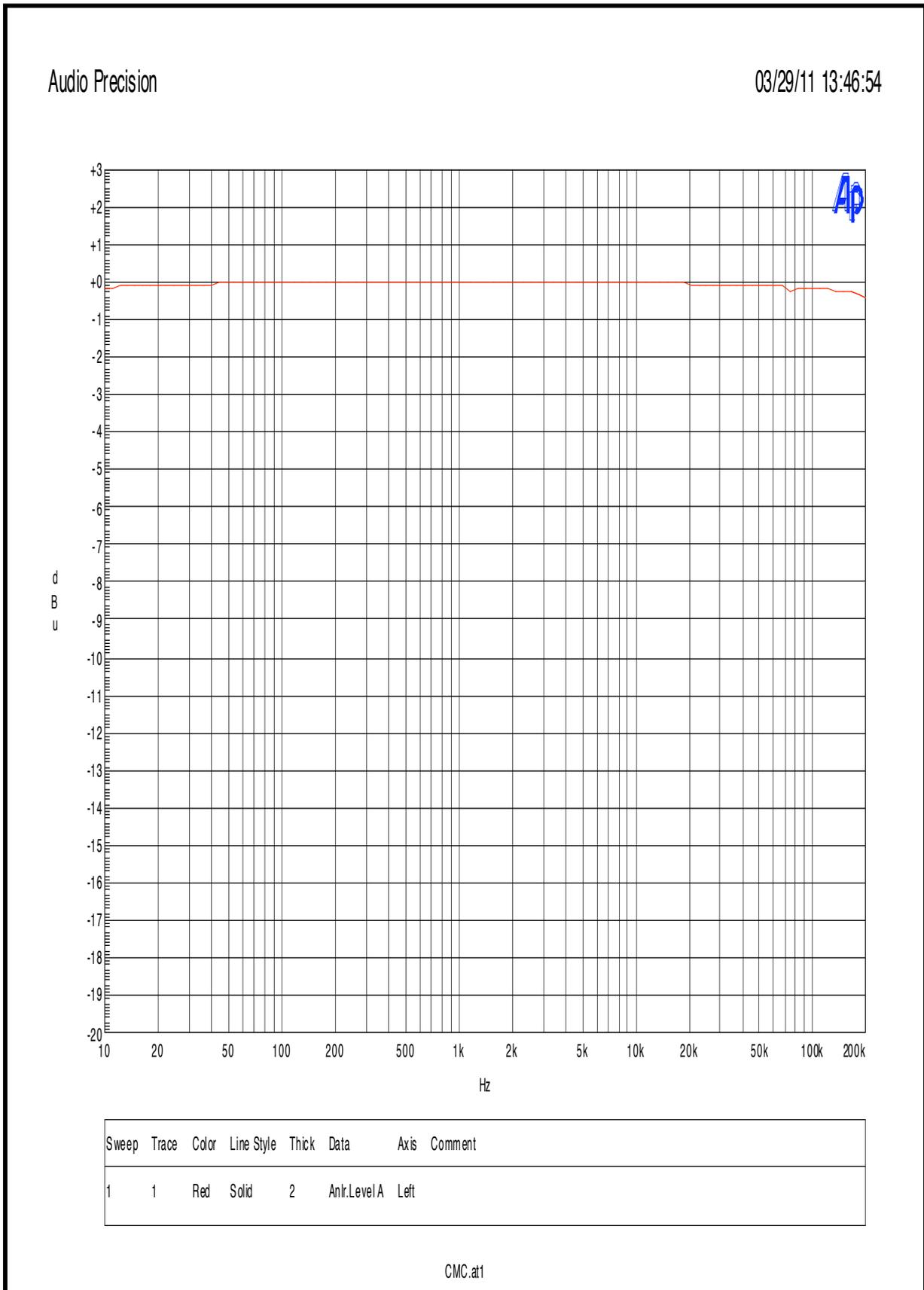


Régime permanent :

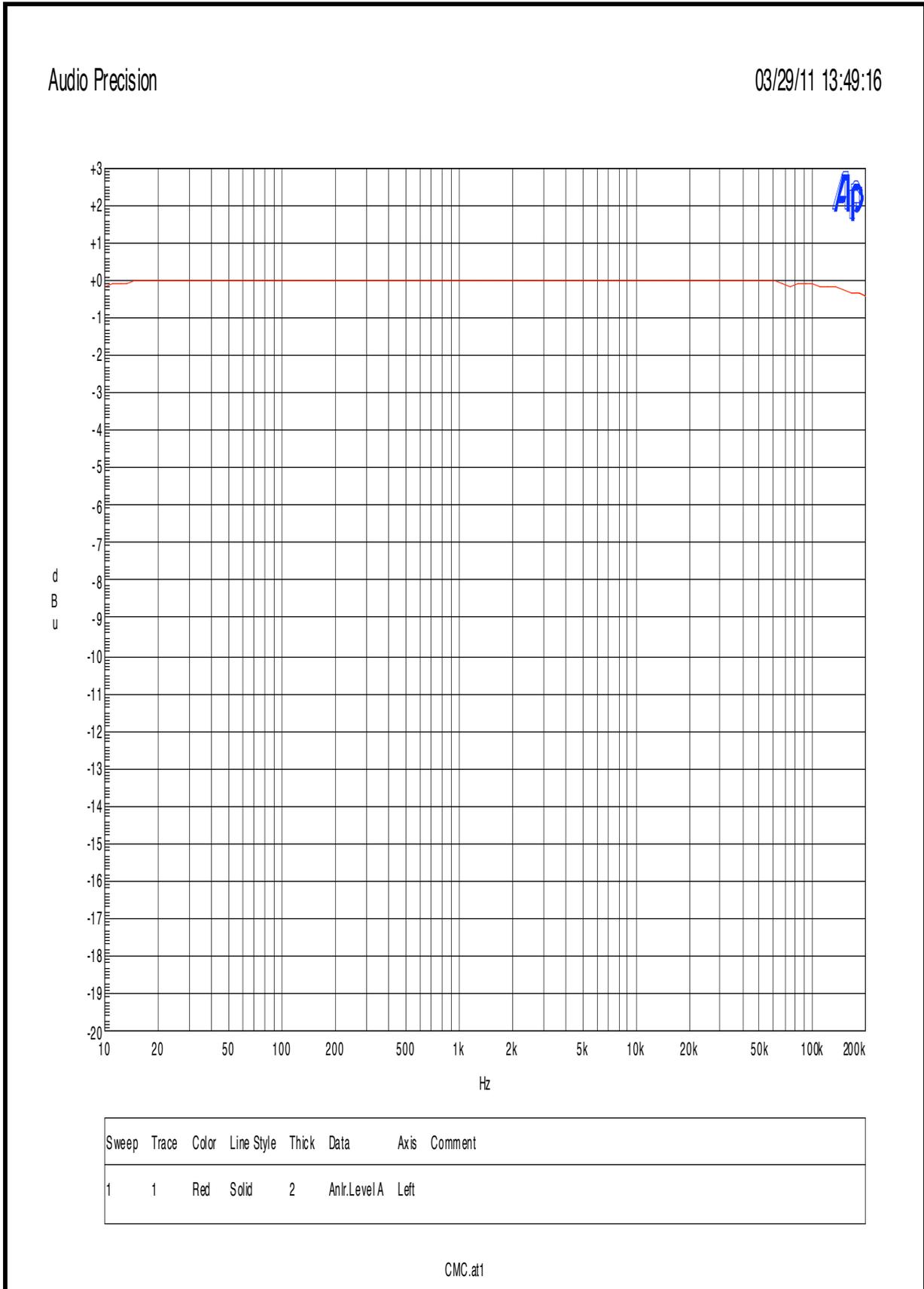


Millennia HV-3B

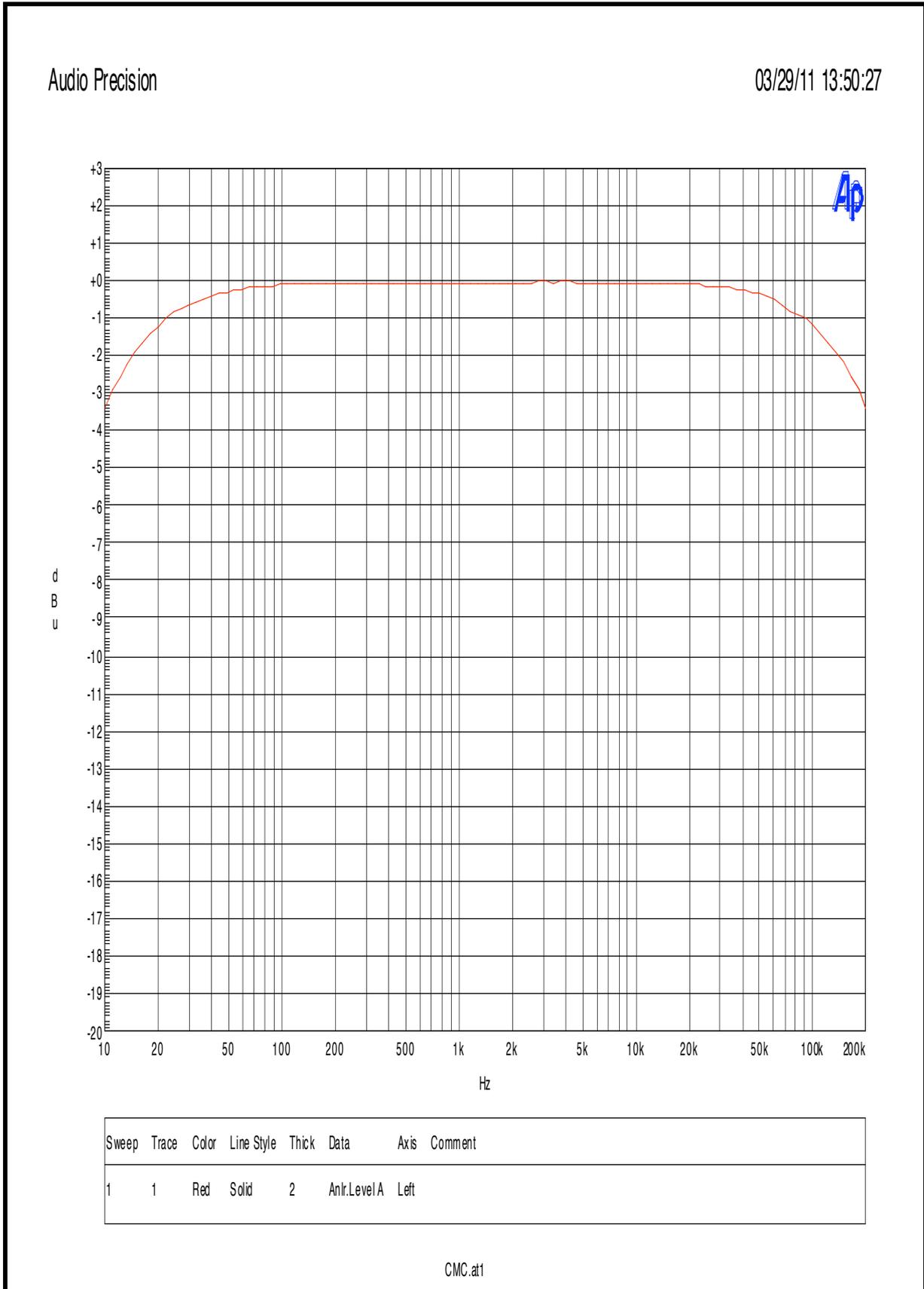
BP @ G = 20dB :



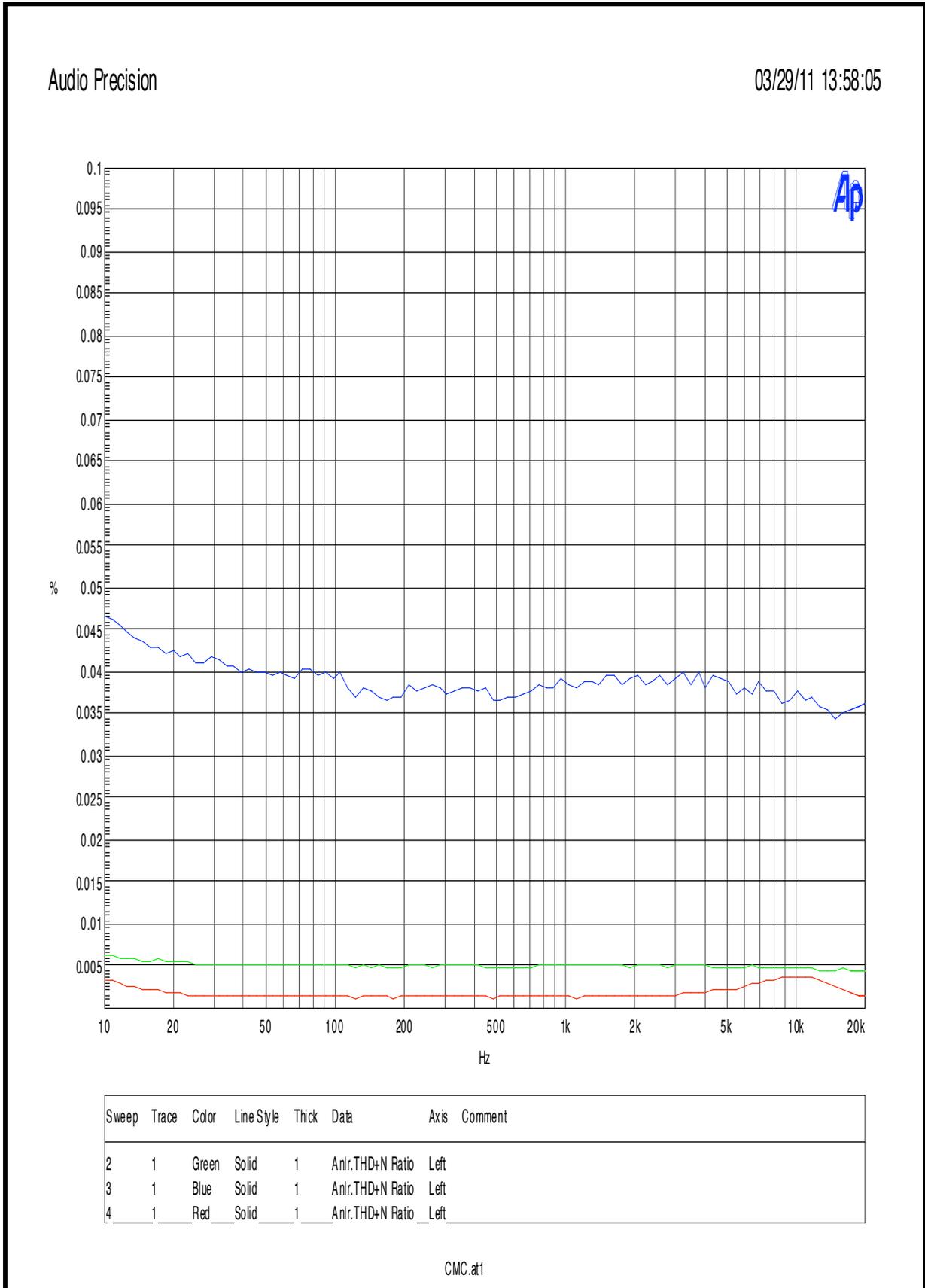
BP @ G = 40dB :



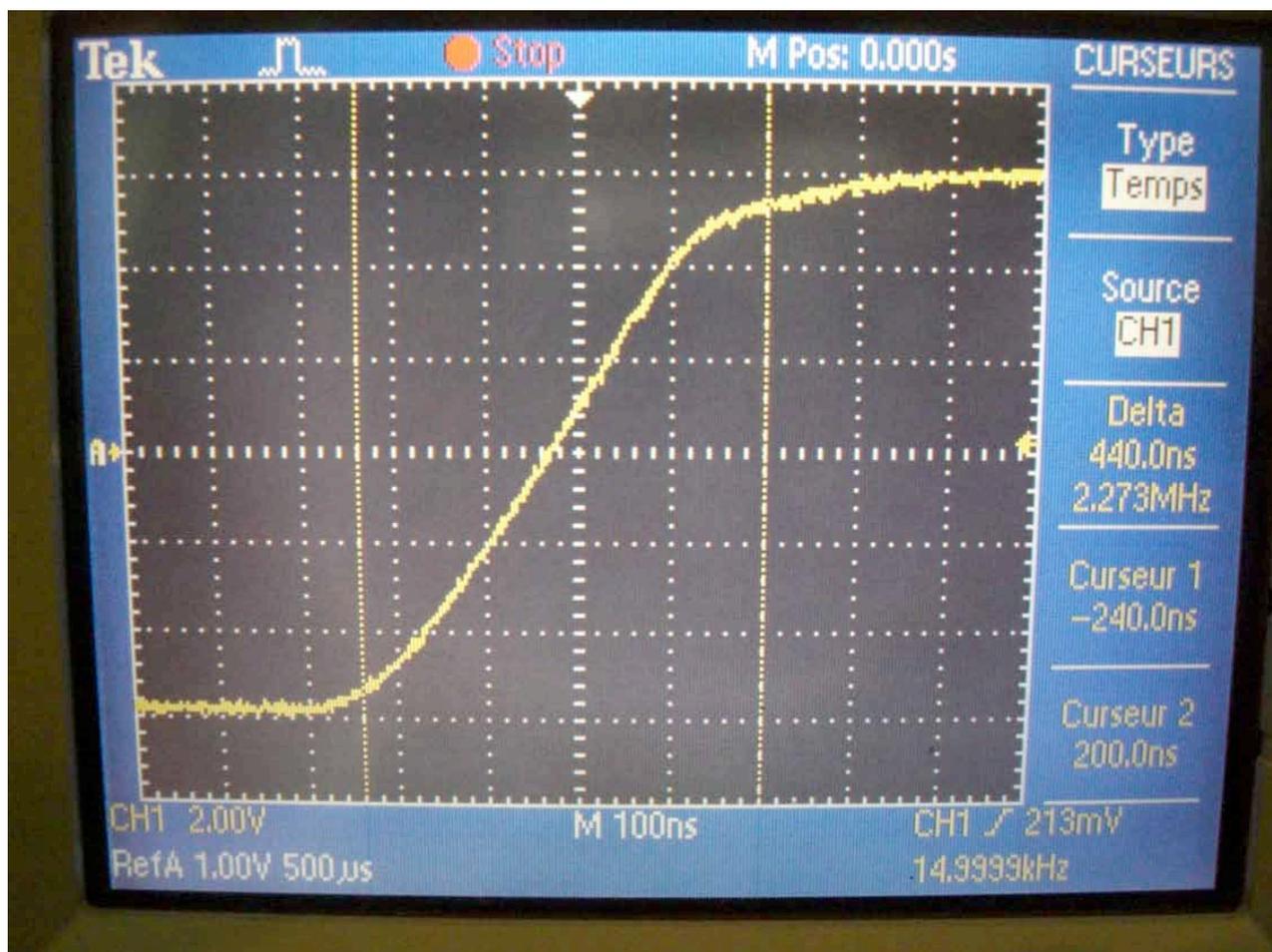
BP @ G = 65dB :



THD @ 10dB/40dB/60dB :

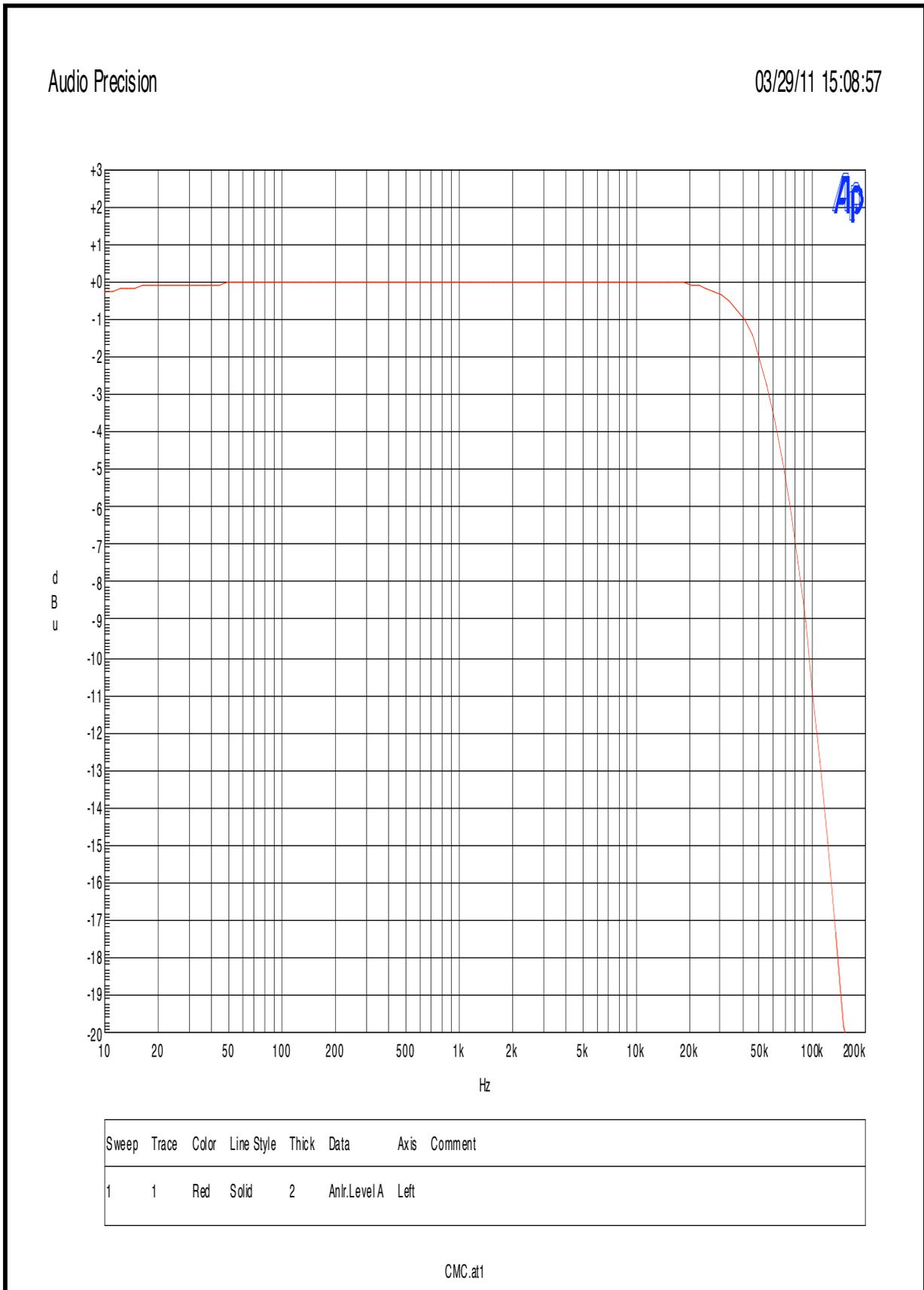


Temps de montée :

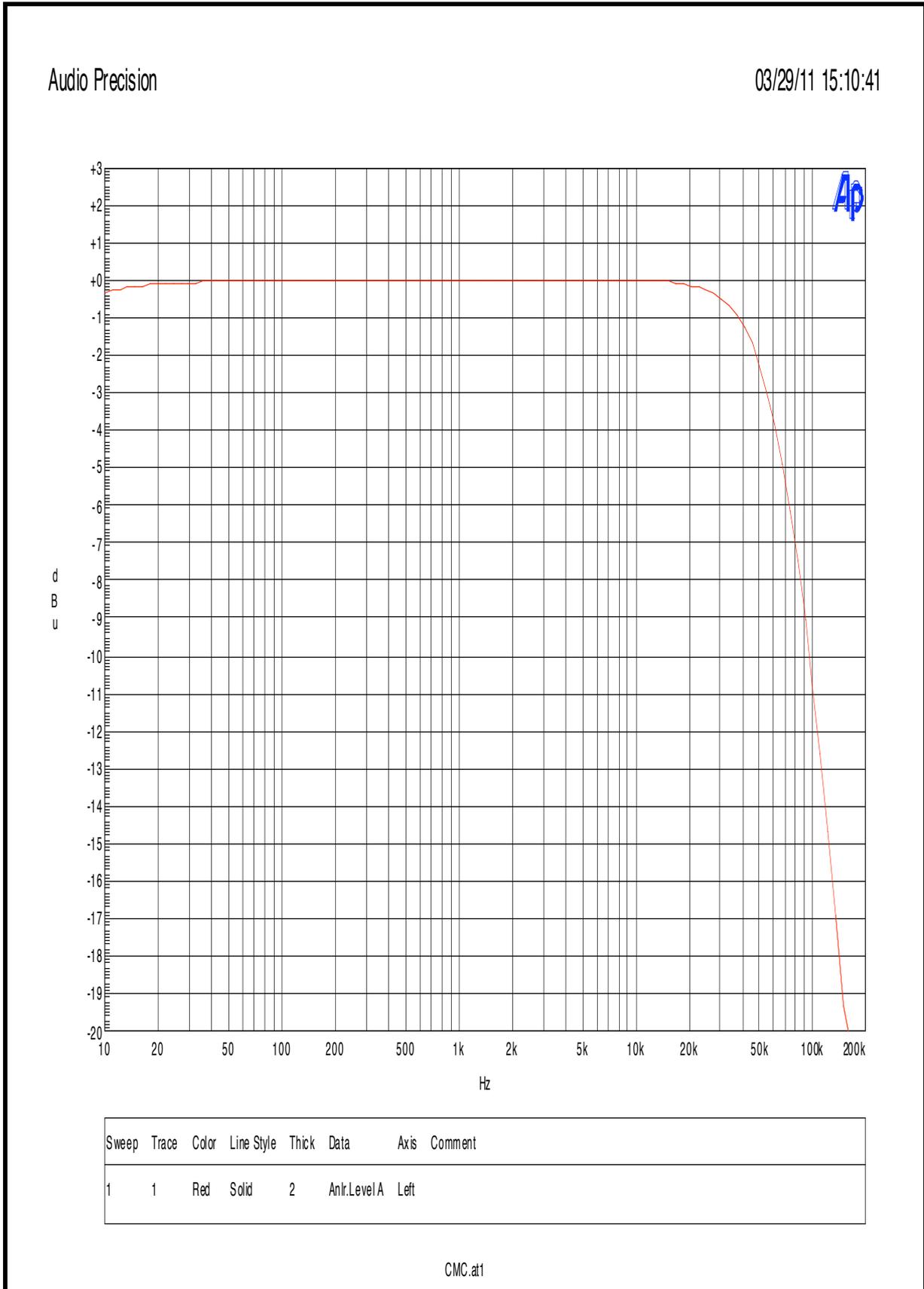


Avalon VT-737 SP

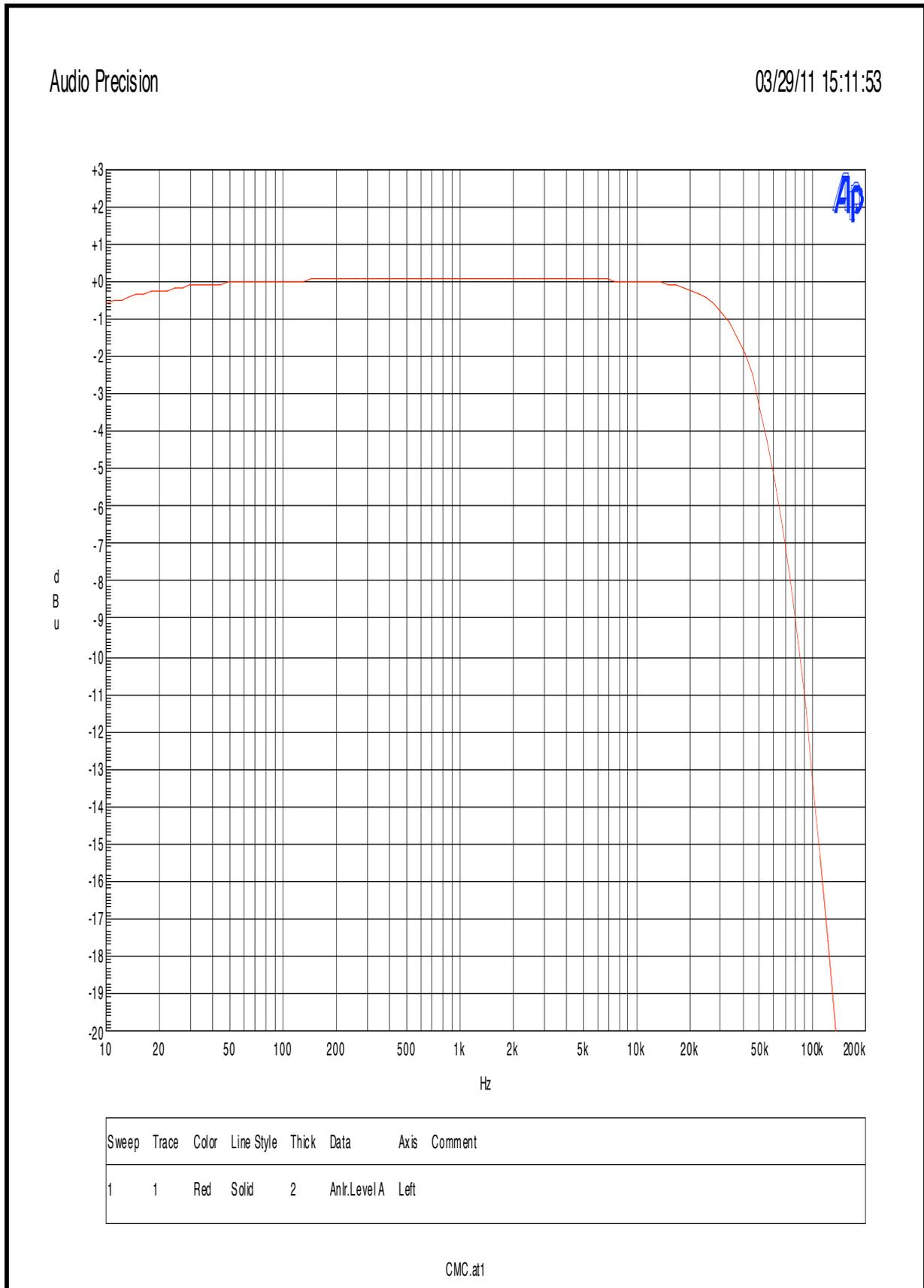
BP @ G = 20dB :



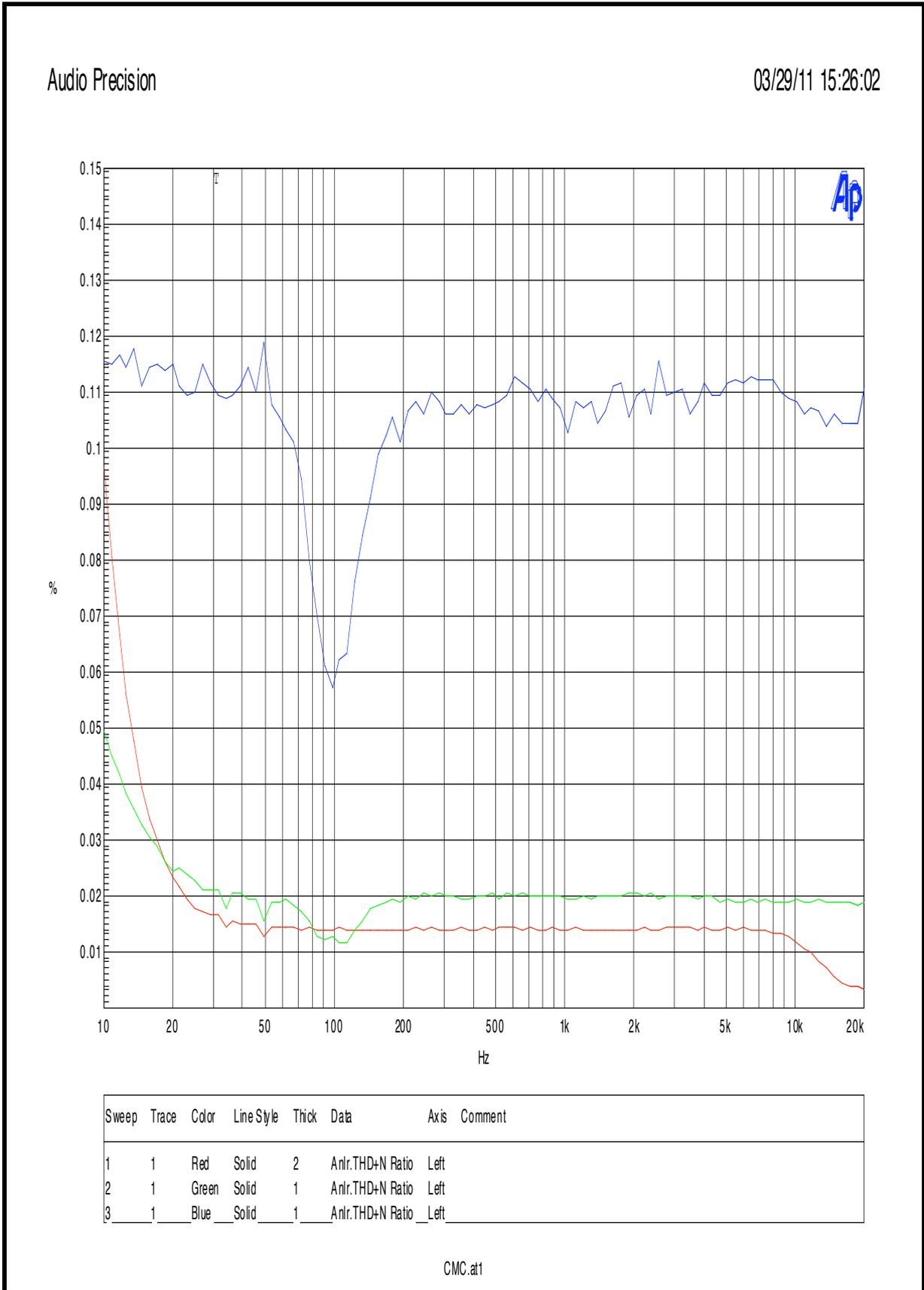
BP @ G = 40dB :



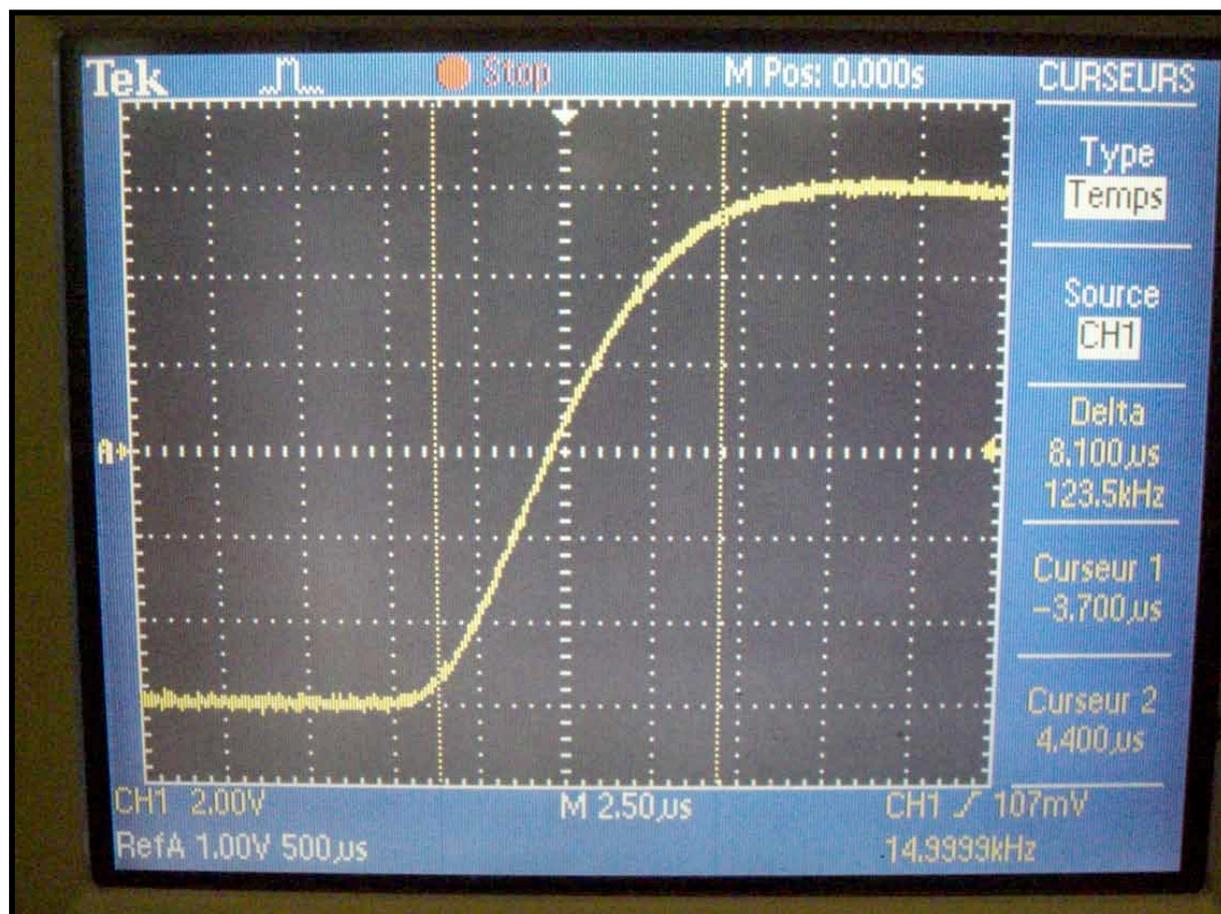
BP @ G = 57dB :



THD @ 10dB/40dB/56dB :

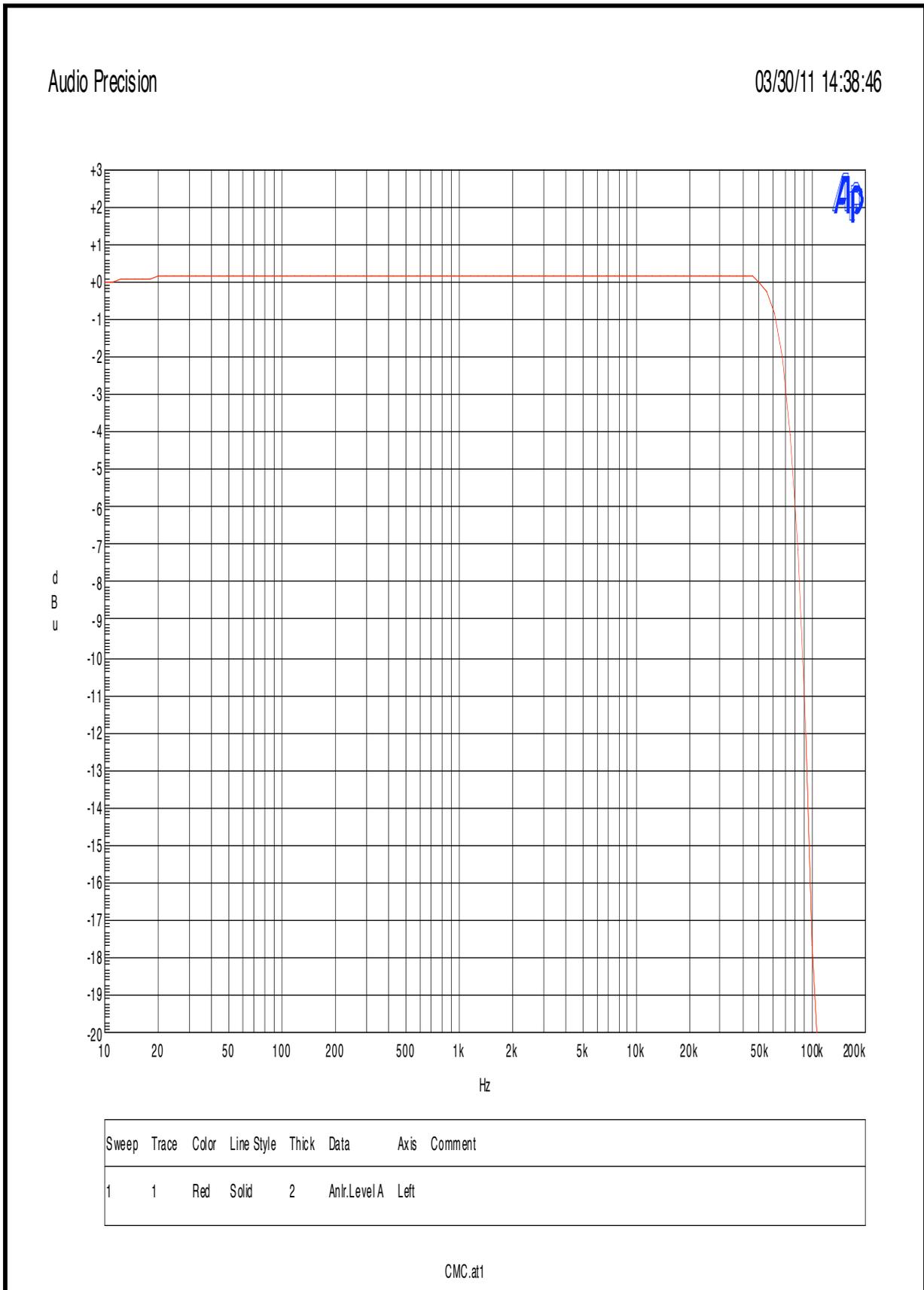


Temps de montée :

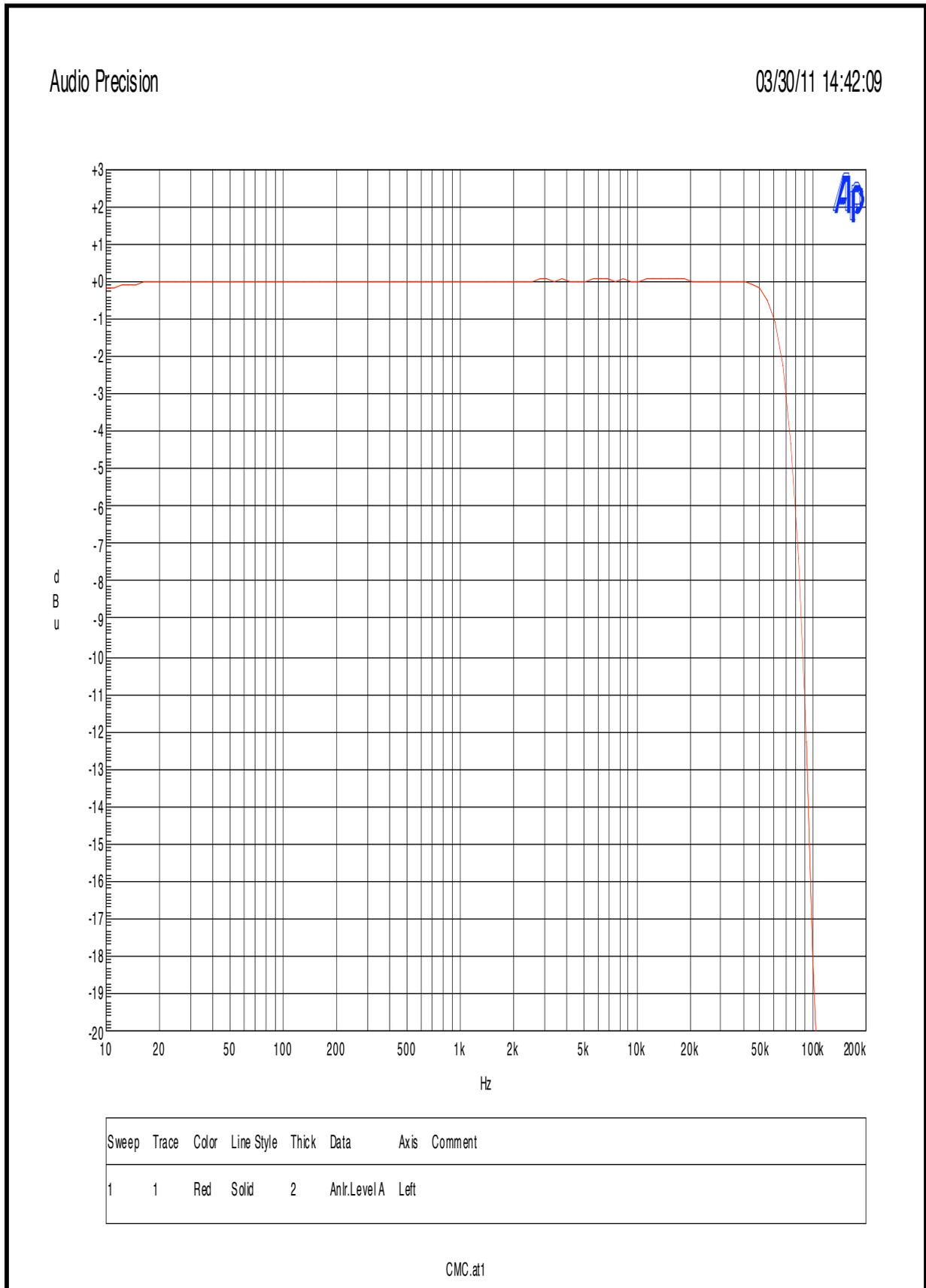


DAD AX24

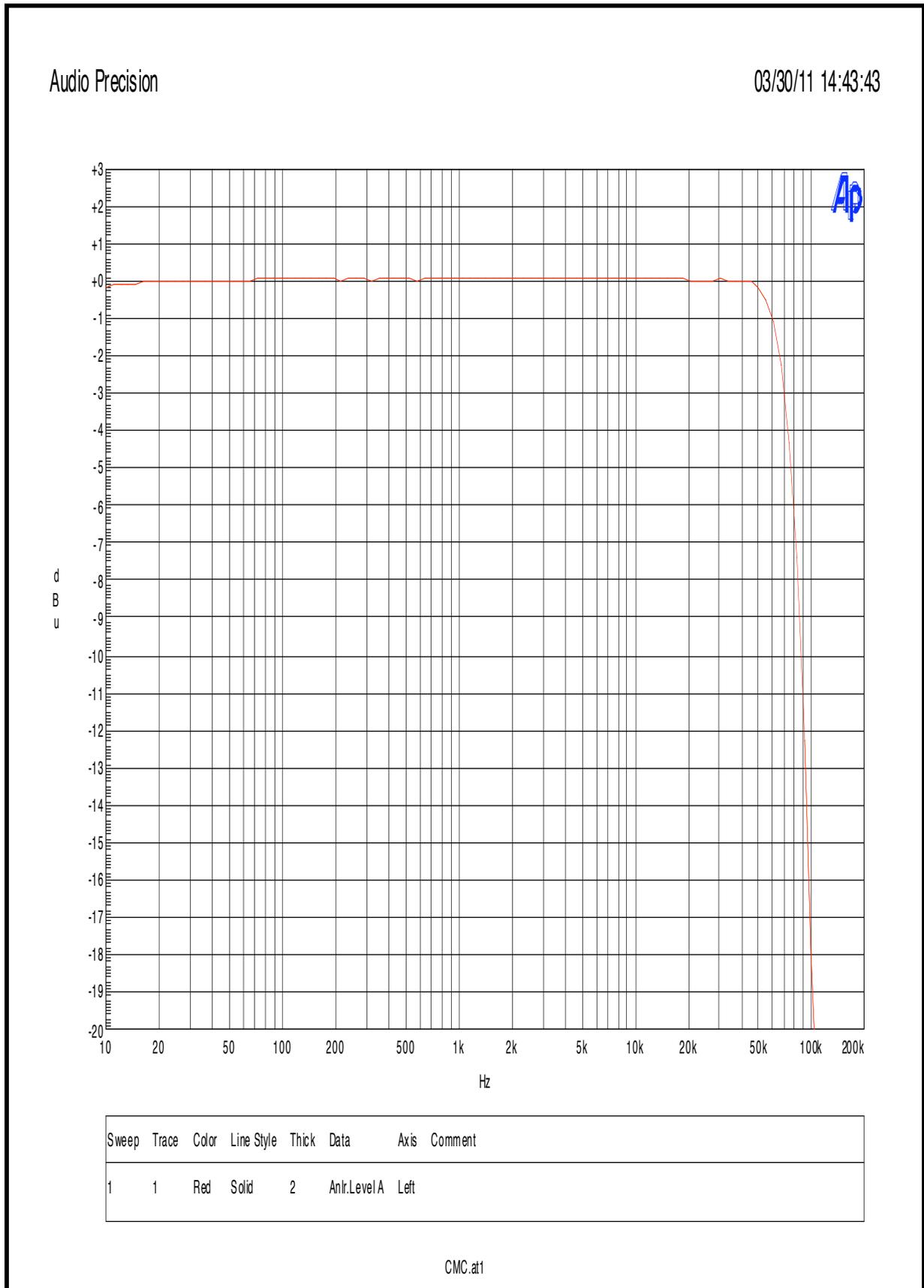
BP @ G = 20dB :



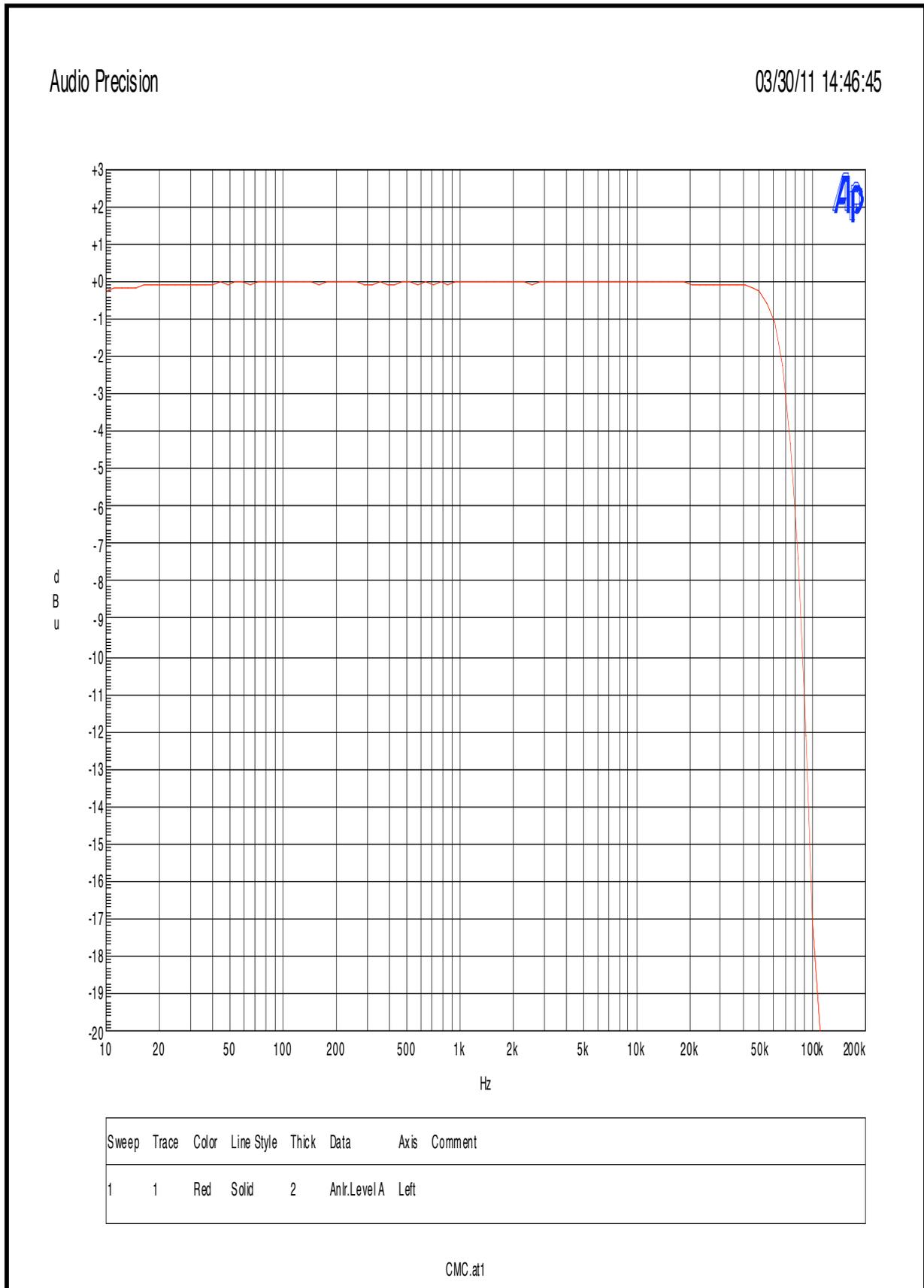
BP @ G = 40dB :



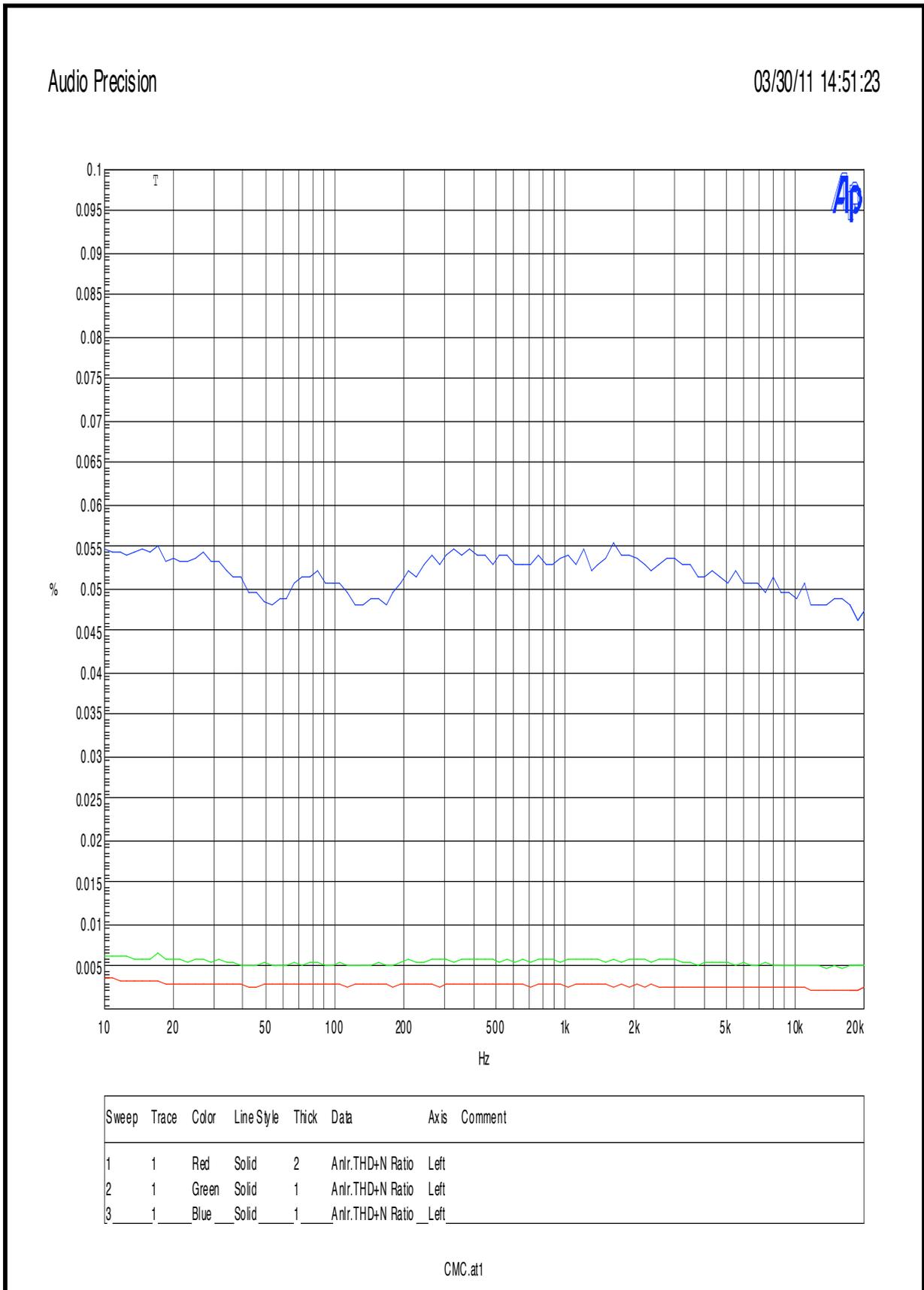
BP @ G = 60dB :



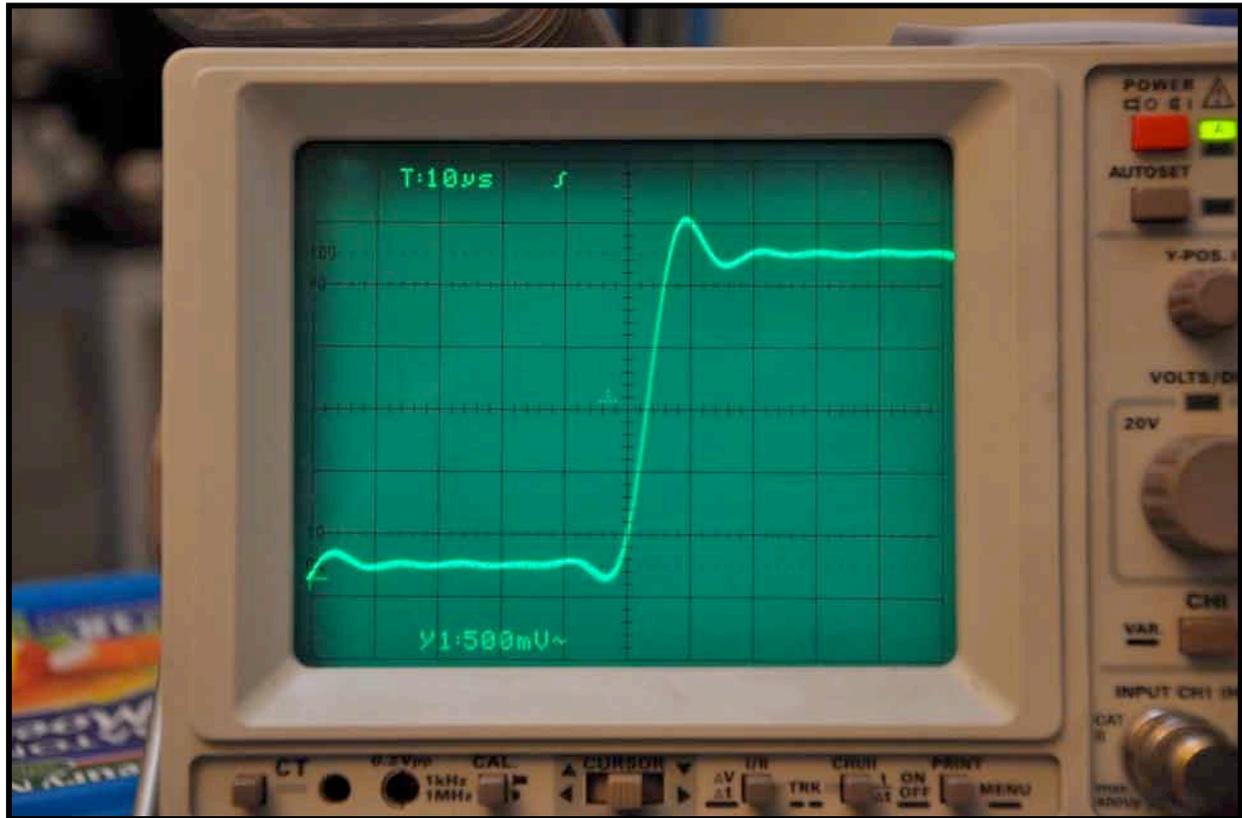
BP @ 80dB :



THD @ 10dB/40dB/60dB :

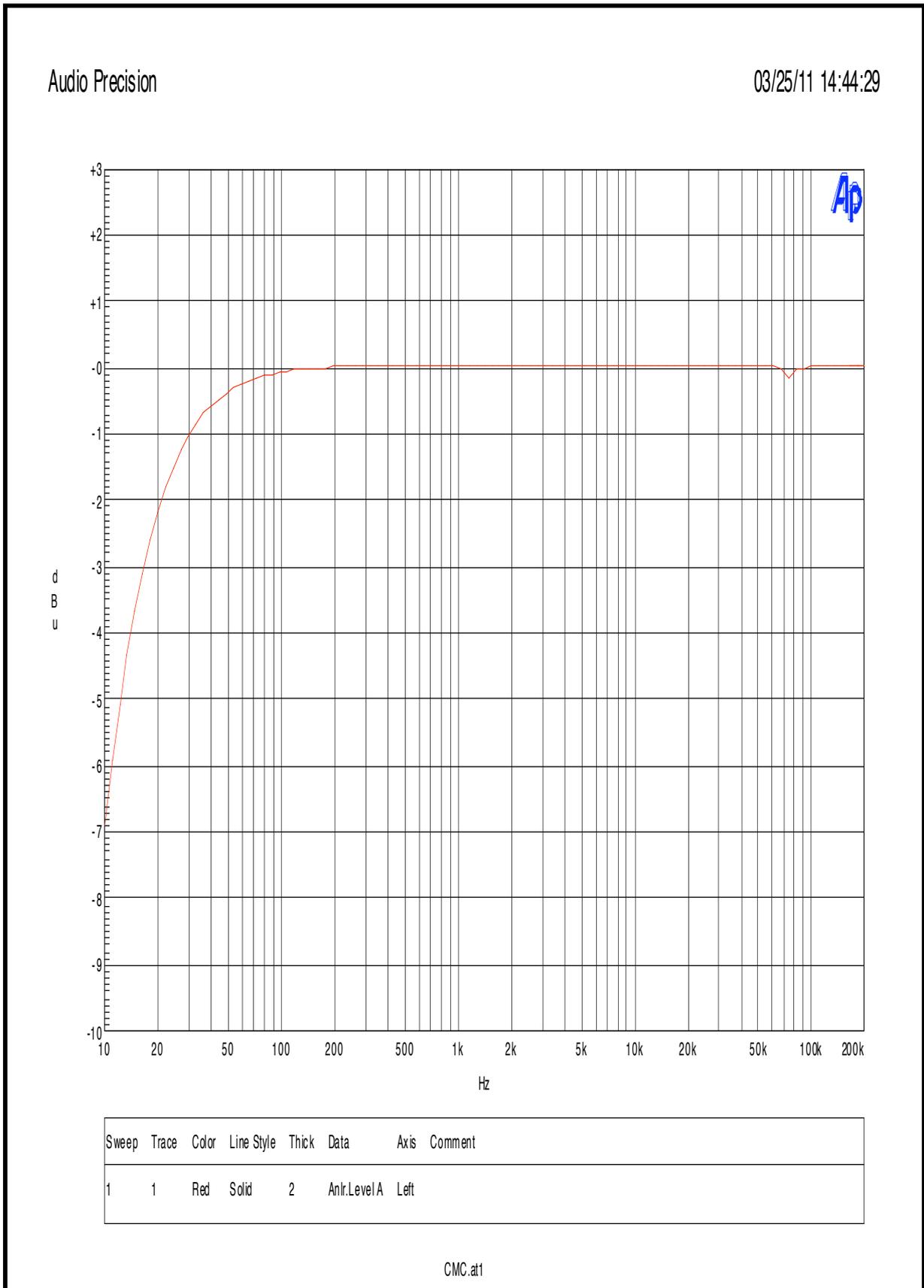


Temps de montée :

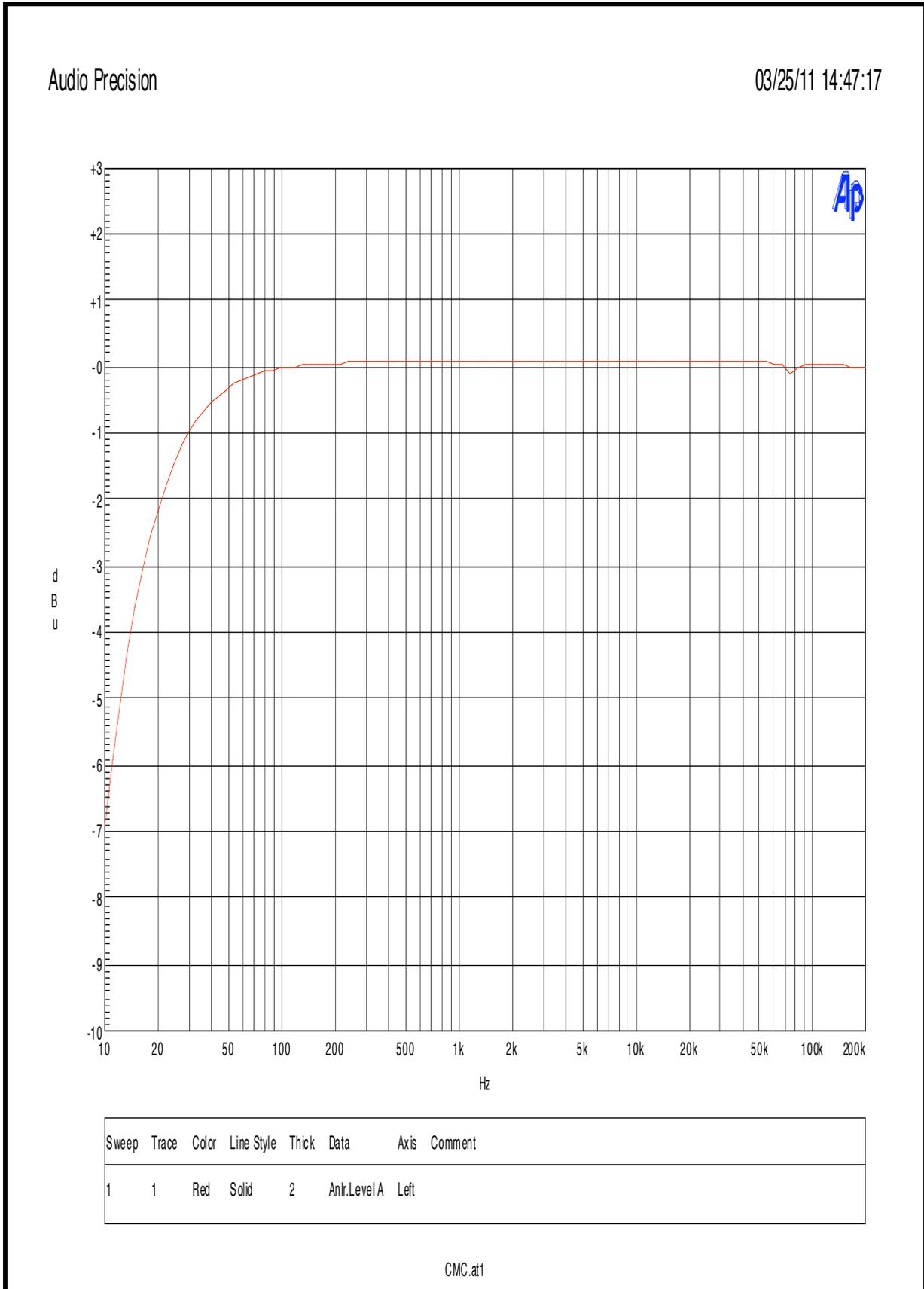


Sonosax SX-ST8D

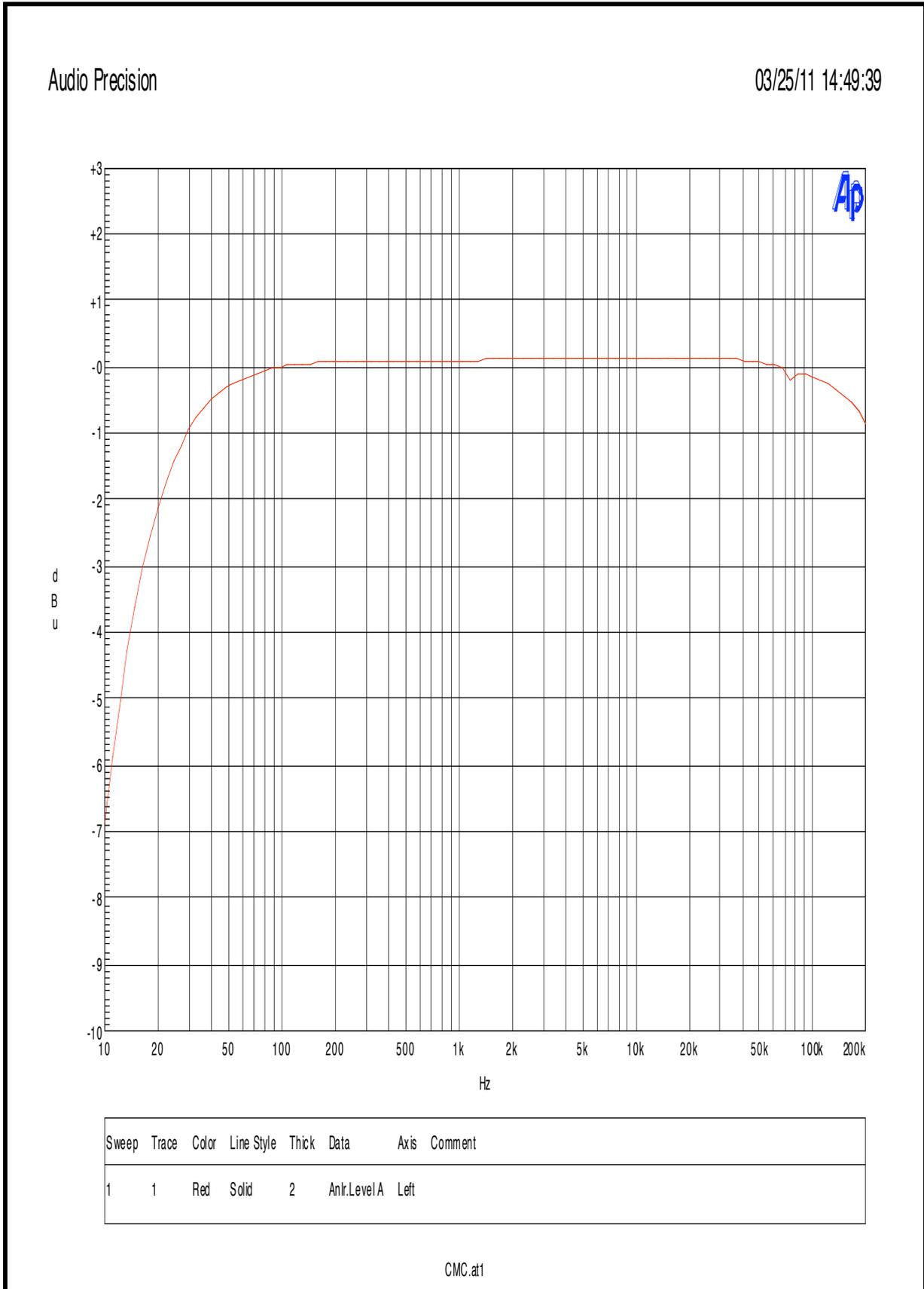
BP @ G = 20dB :



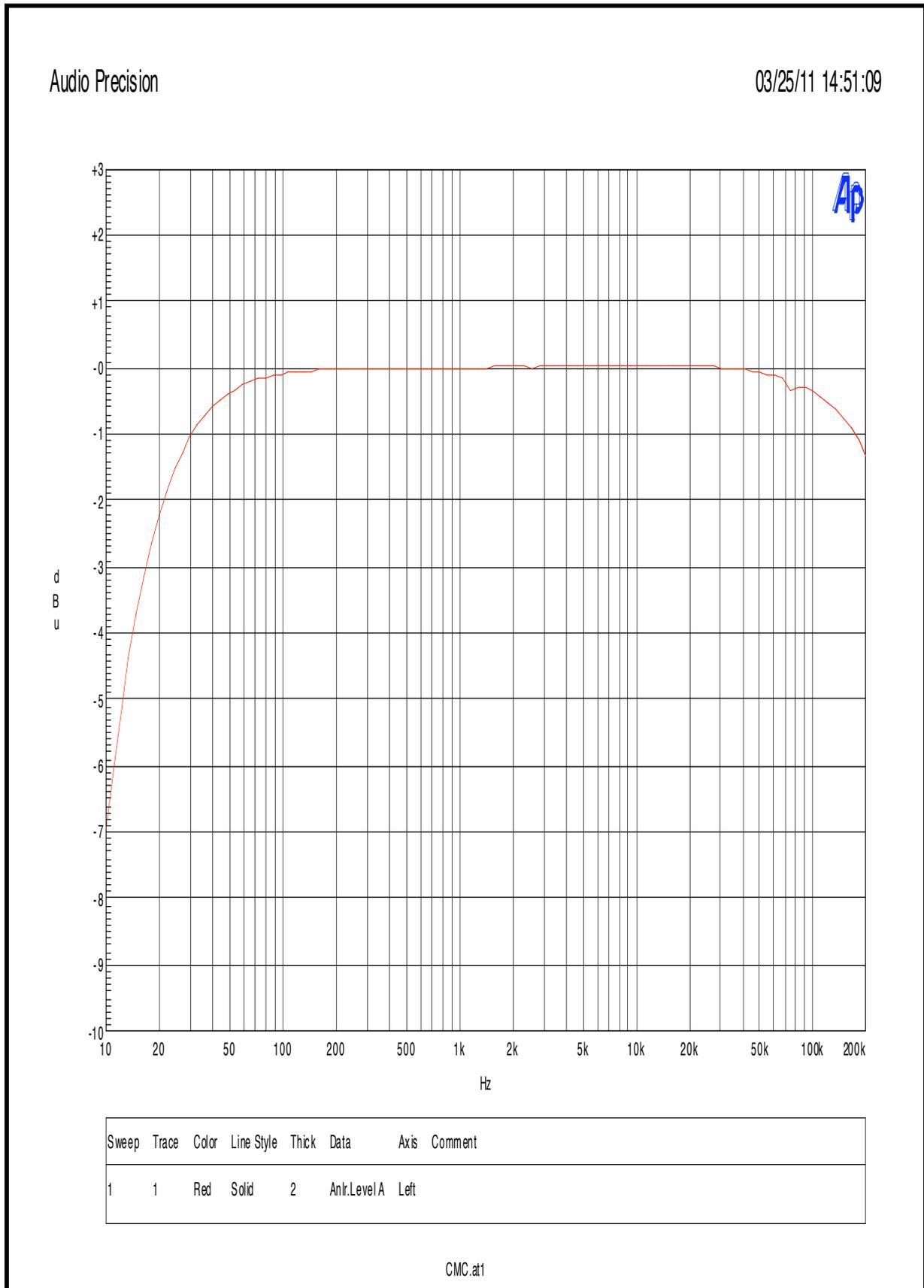
BP @ G = 40dB :



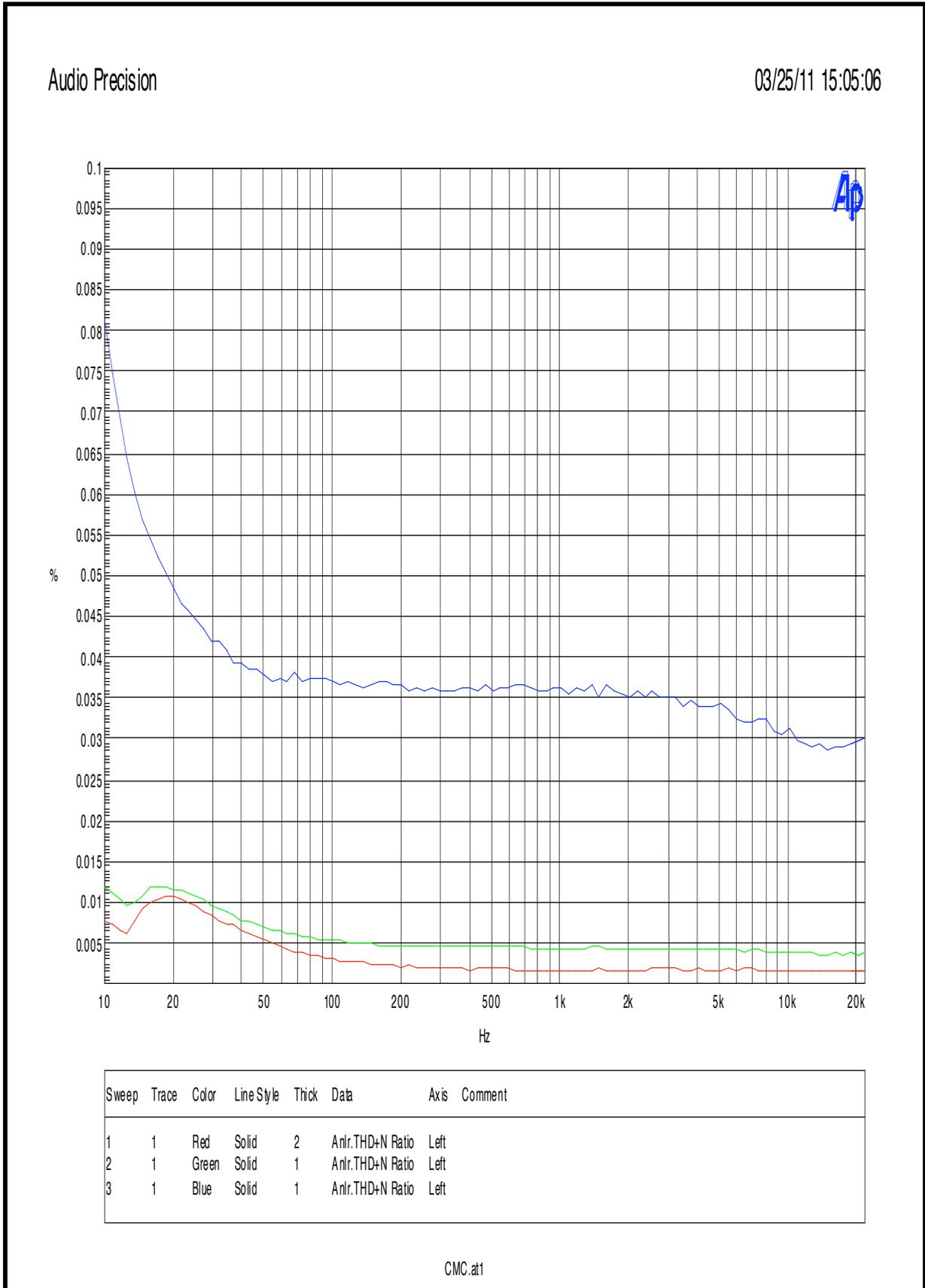
BP @ G = 60dB :



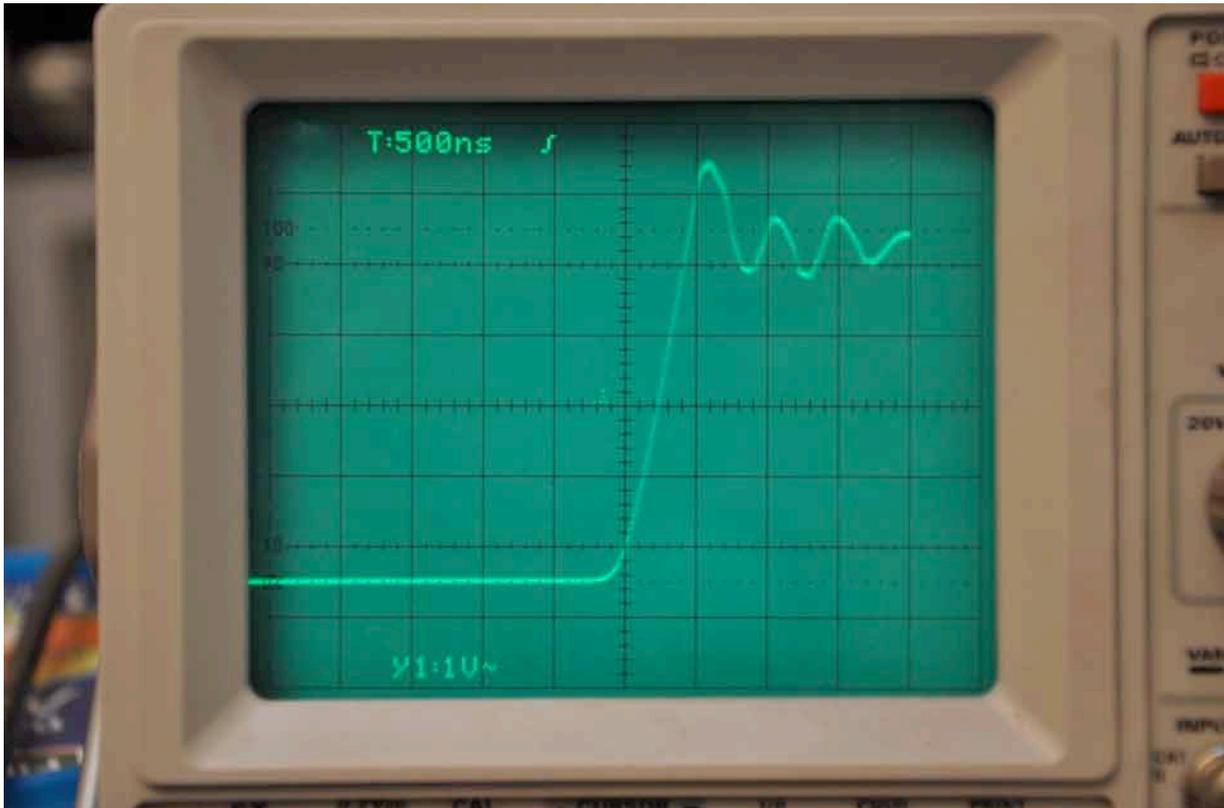
BP @ 80dB :



THD @ 10dB/40dB/60dB :

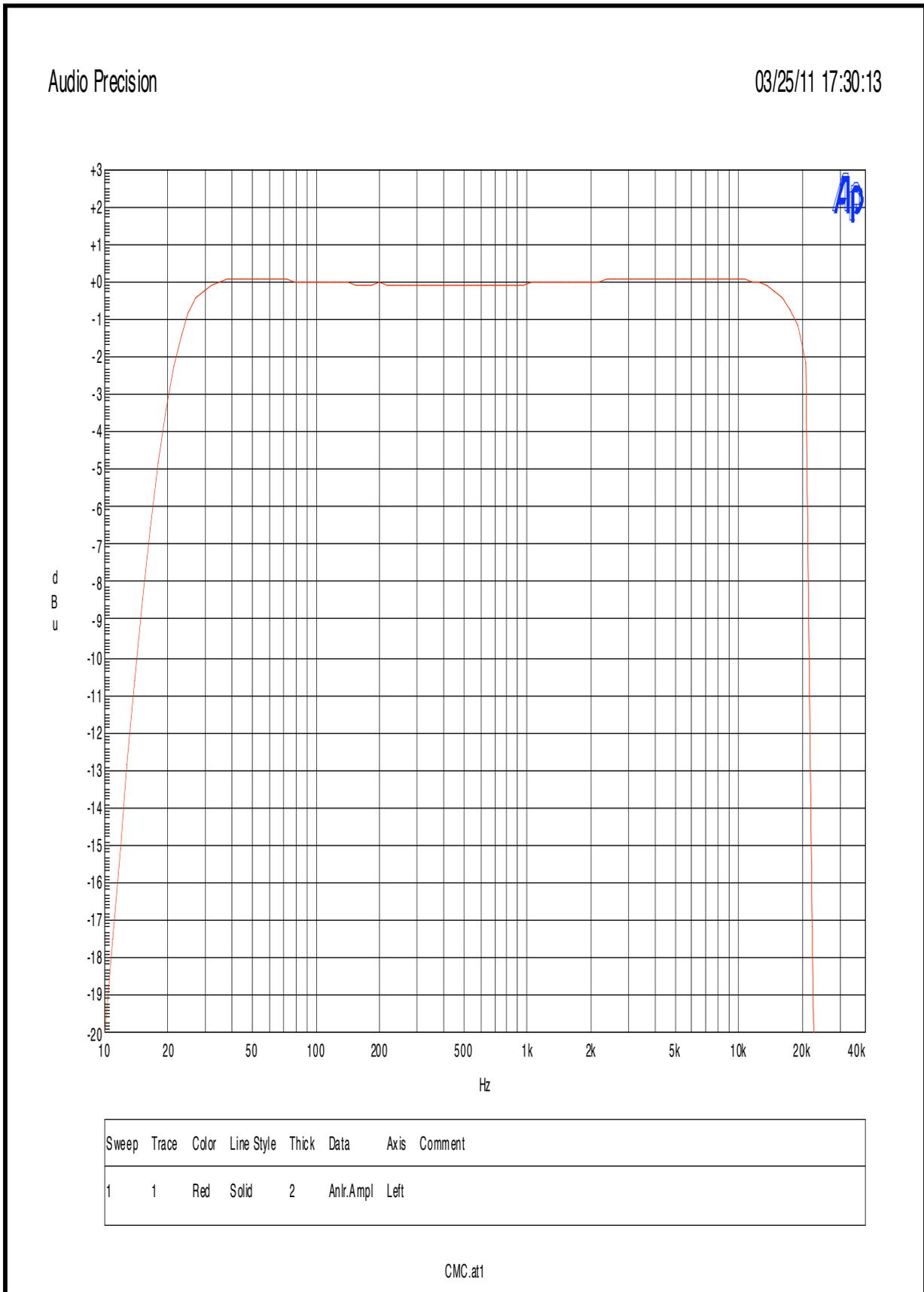


Temps de montée :

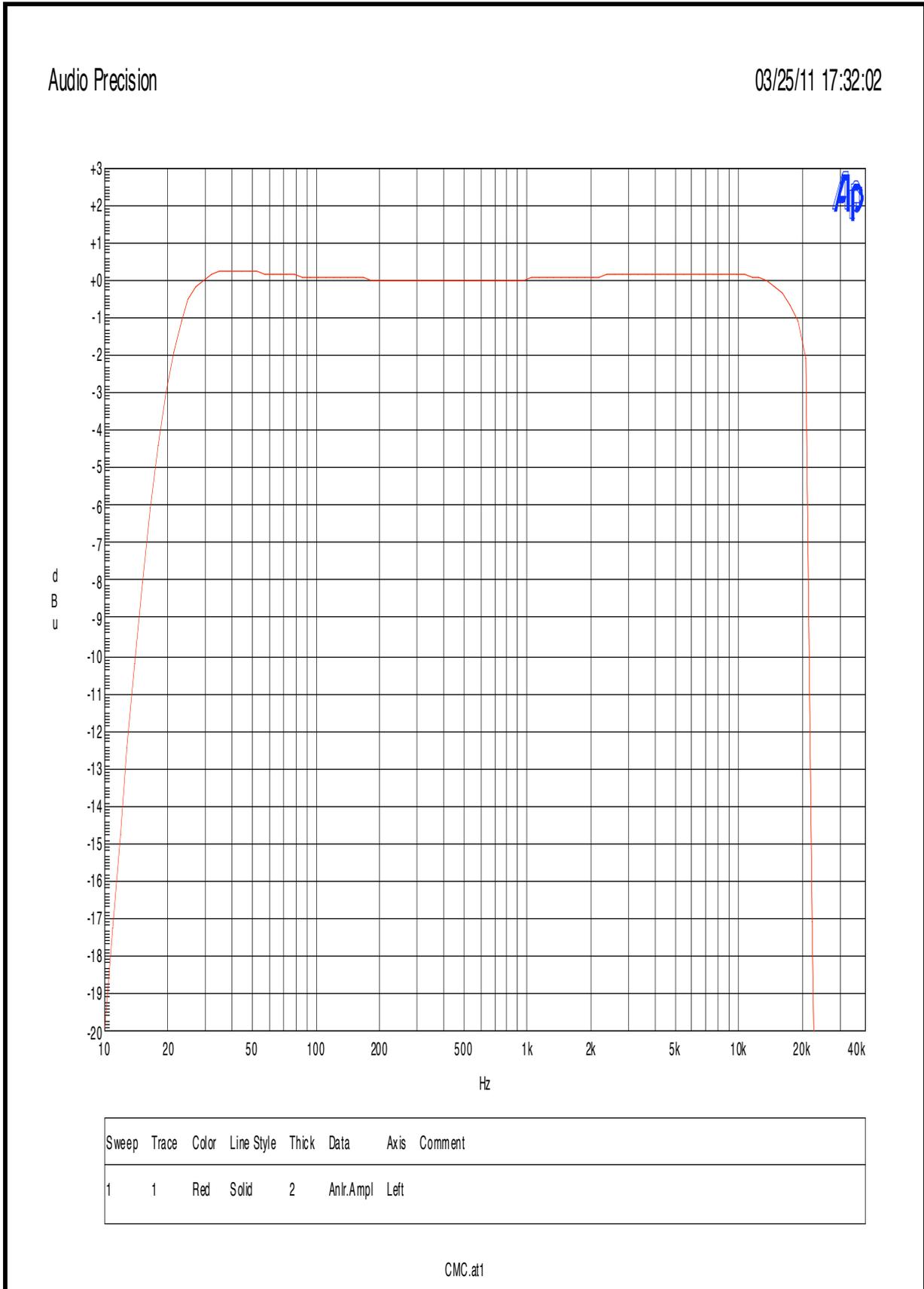


Nagra VI

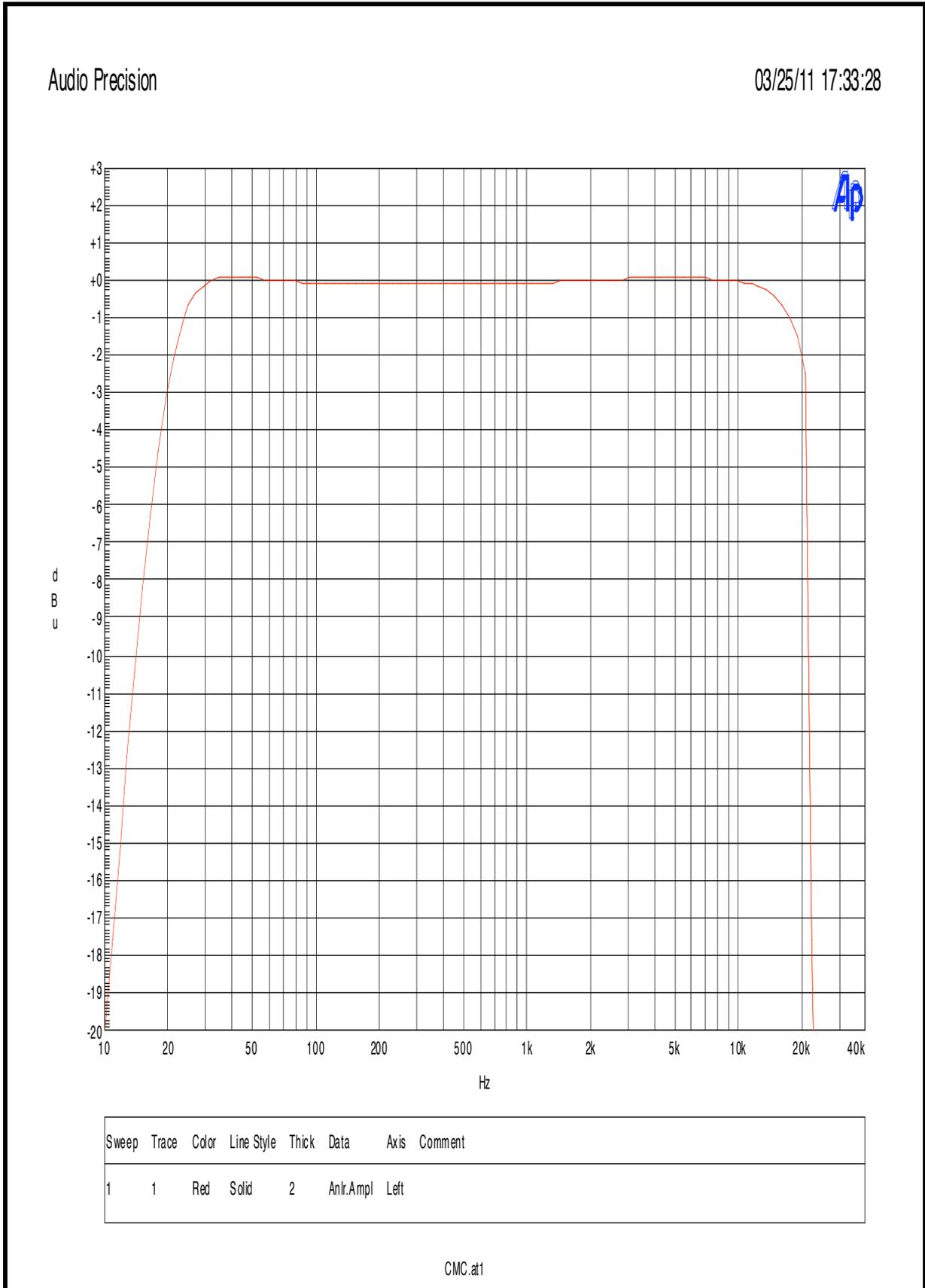
BP @ G = 20dB :



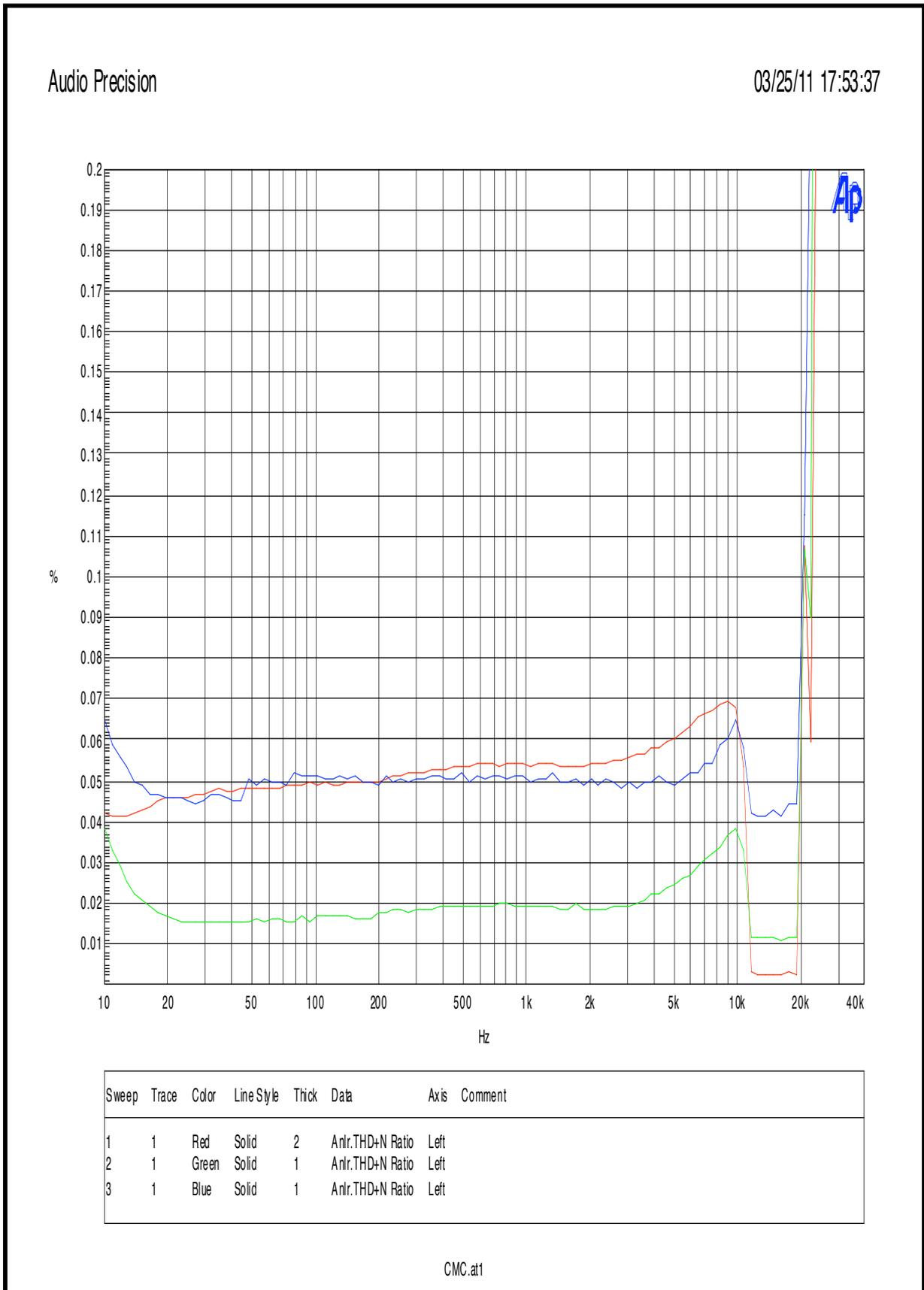
BP @ G = 40dB :



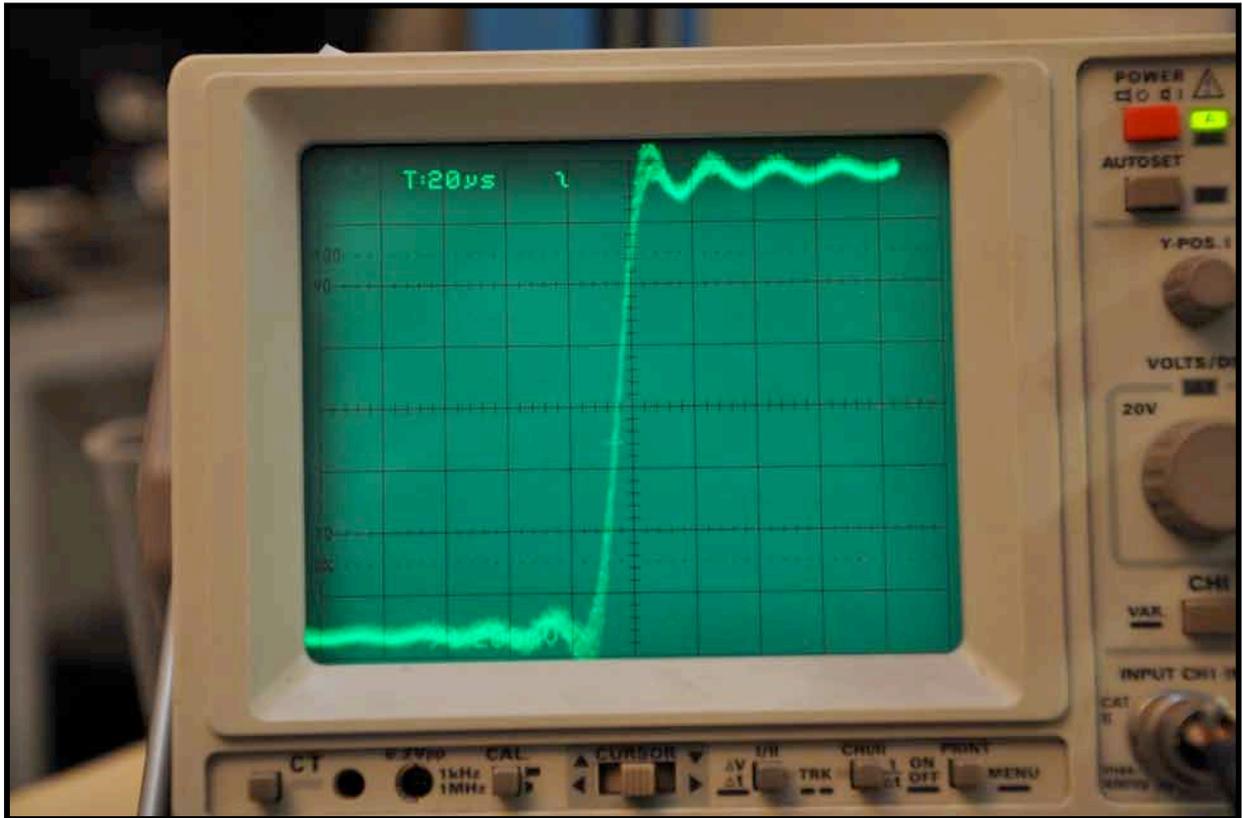
BP @ G = 60dB :



THD @ 10dB/40dB/60dB :

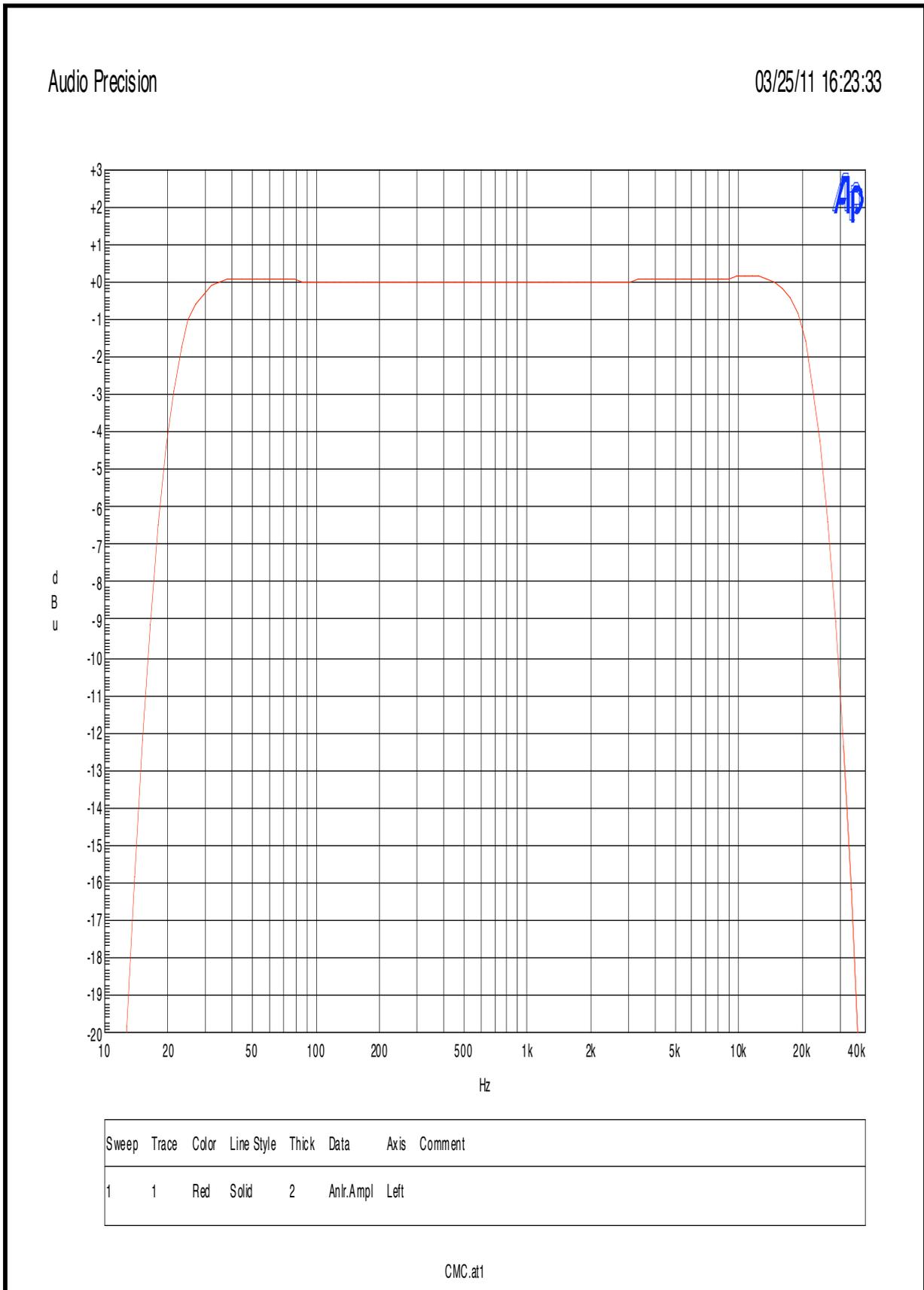


Temps de montée :

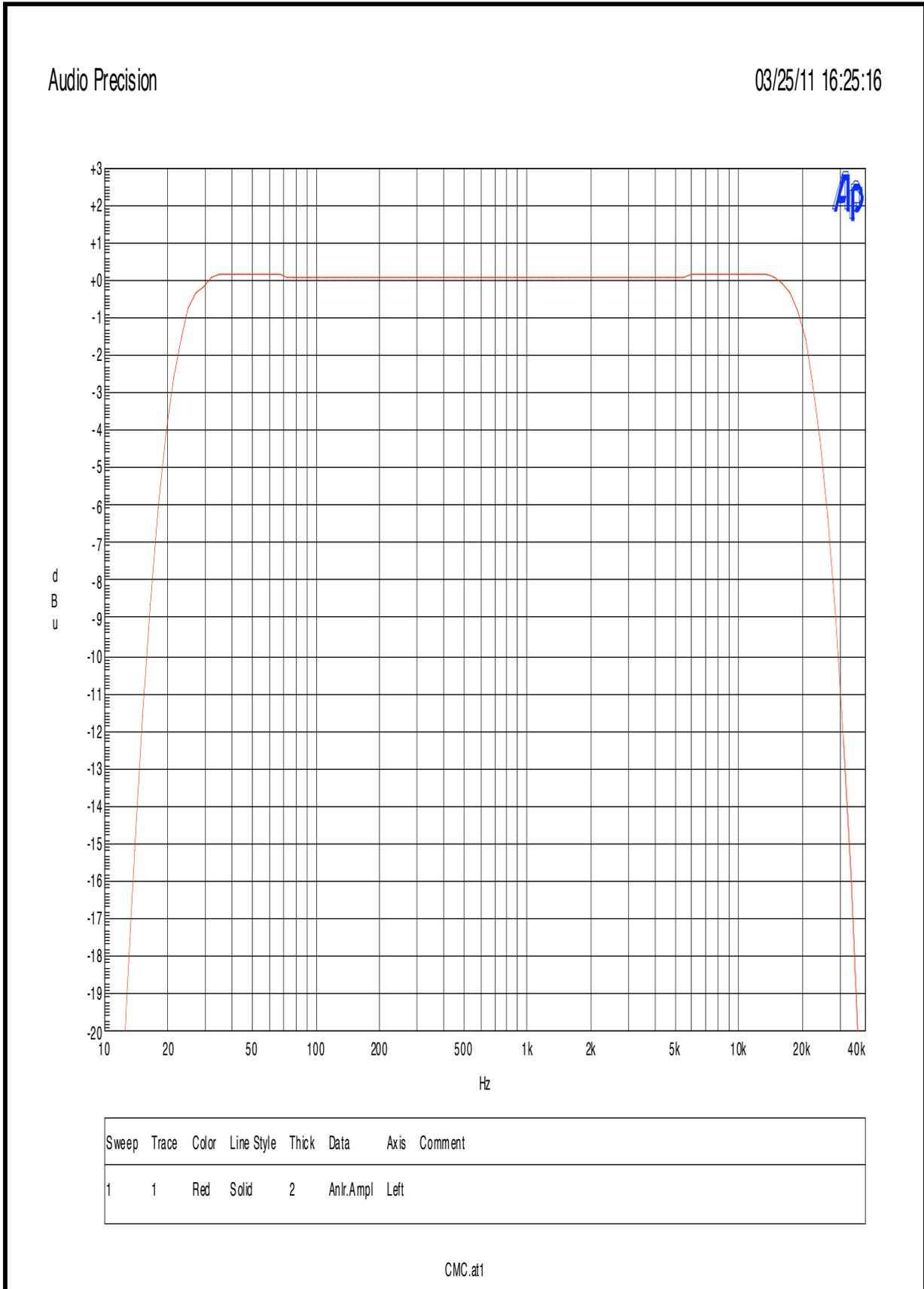


Nagra IV-S

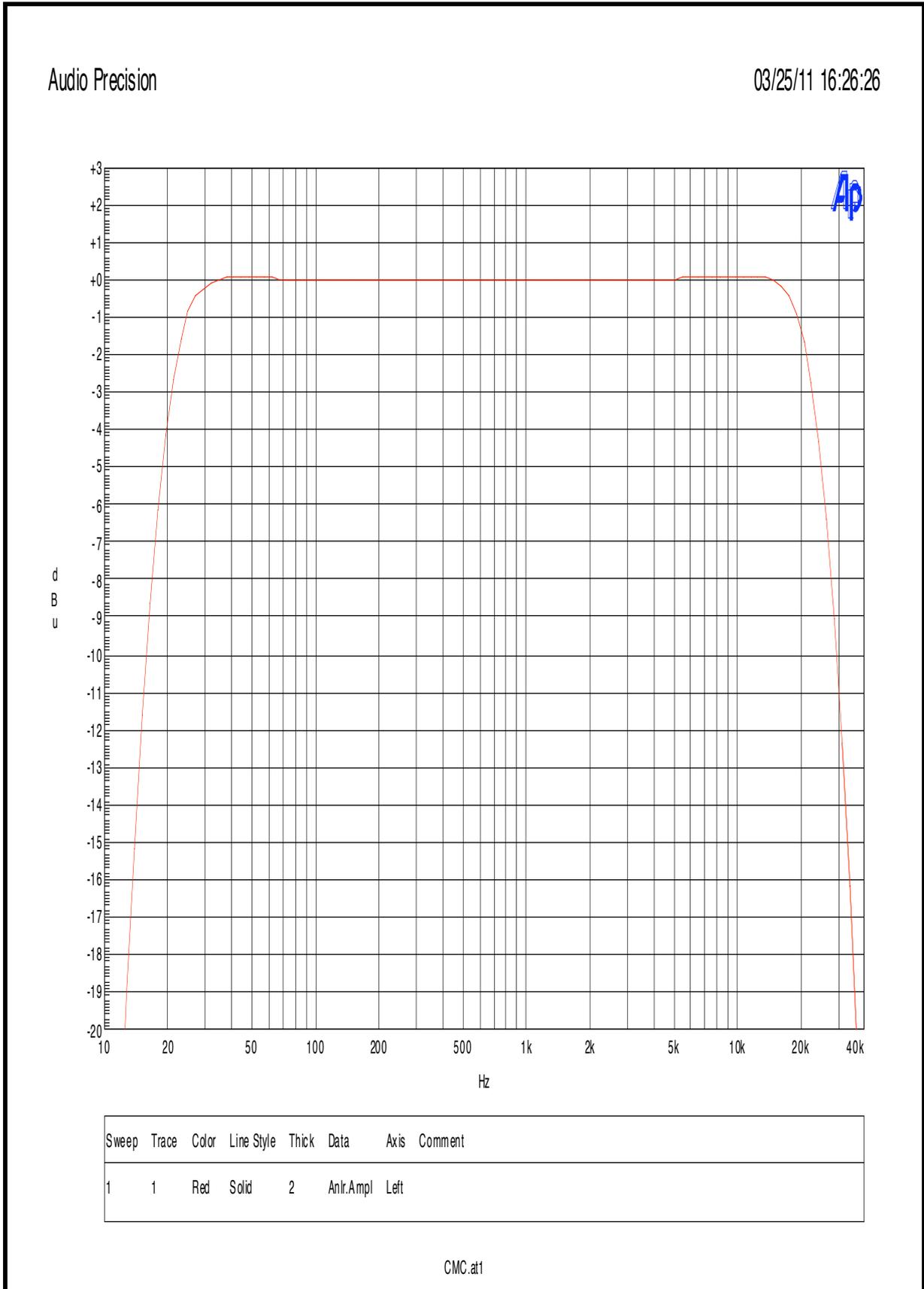
BP @ G = 20dB :



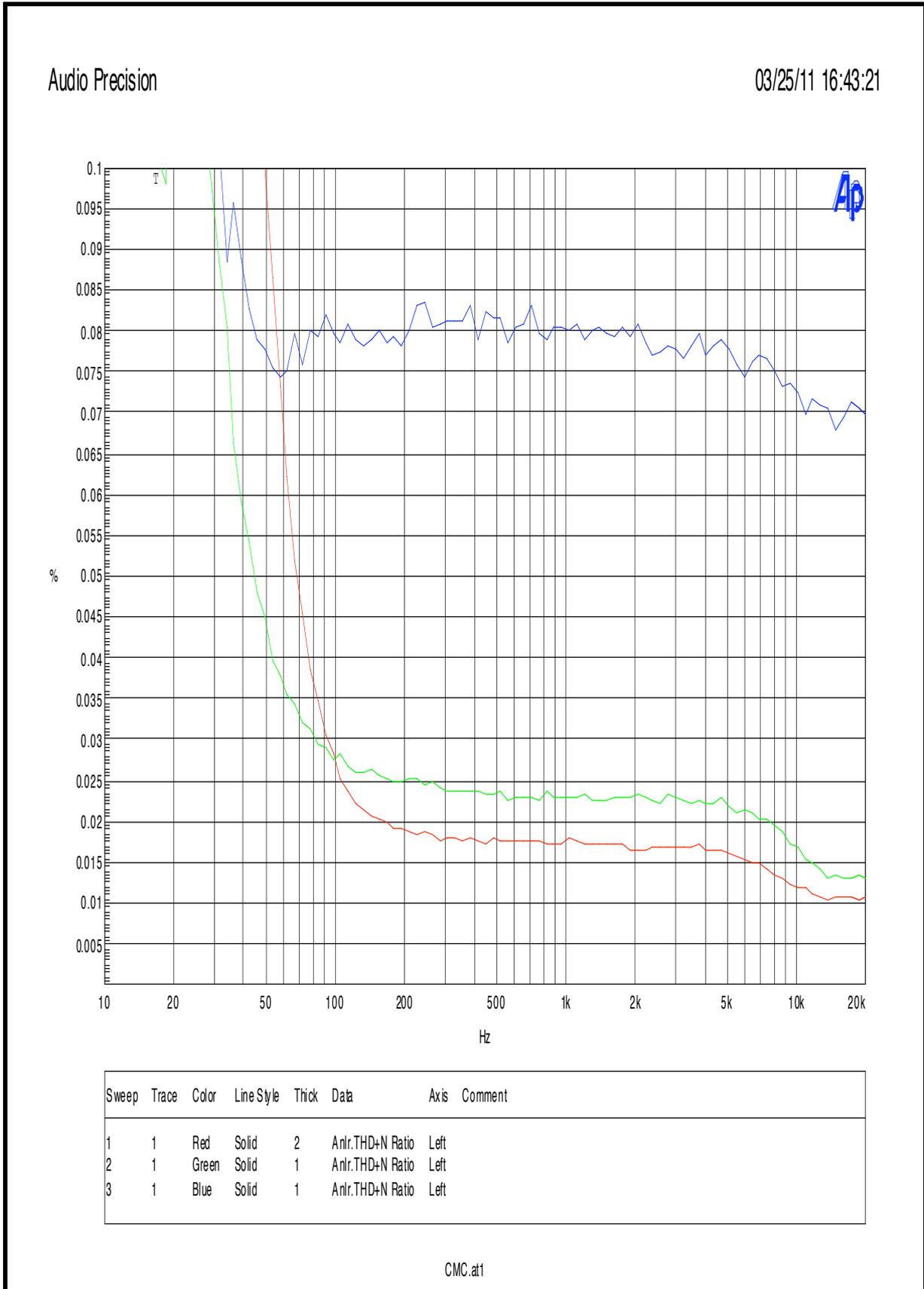
BP @ G = 40dB :



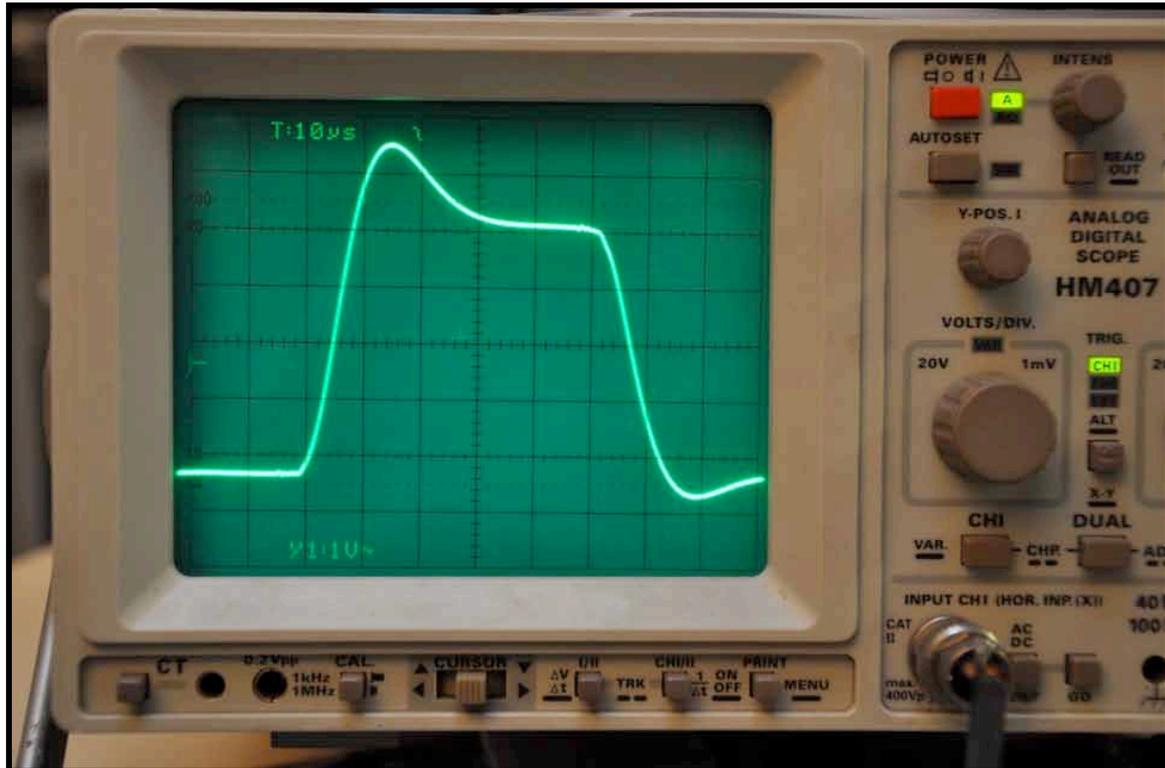
BP @ G = 57dB :



THD @ 10dB/40dB/57dB :

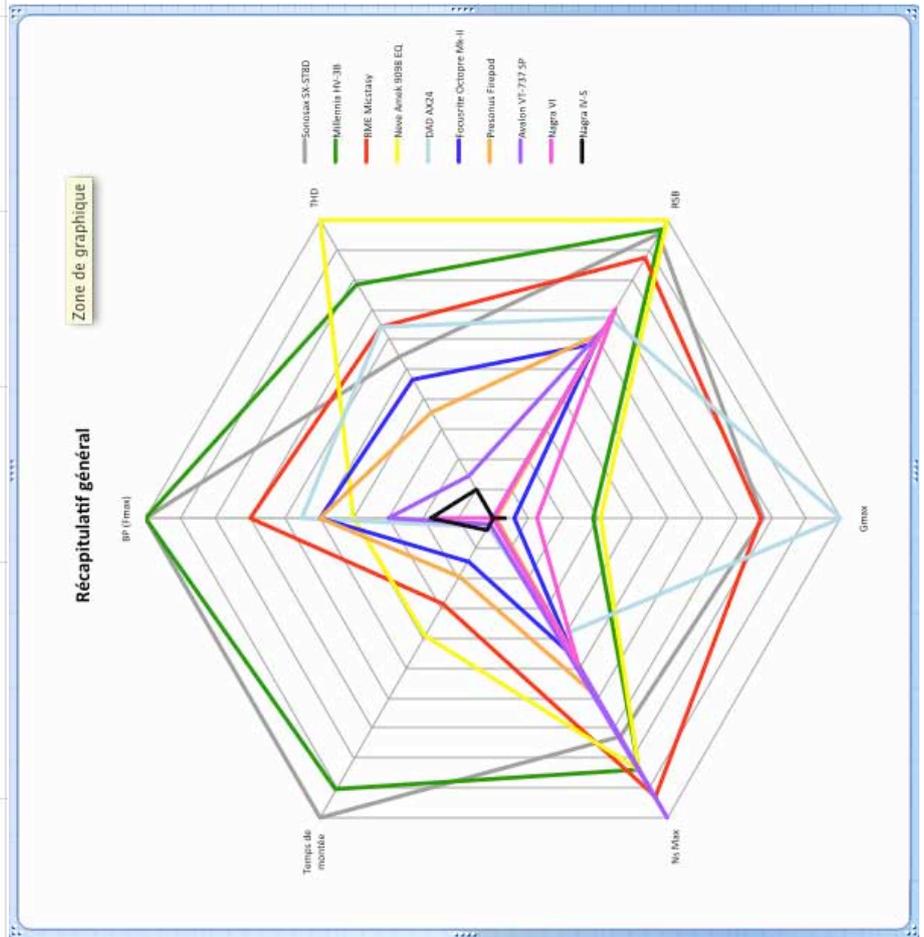


Temps de montée :



ANNEXE 3 : Tableau récapitulatif des mesures objectives

	BP @ 40dB, +0/-0,5dB (Hz)	THD @ 40dB @ 1kHz (50Hz-20kHz) (%)	EIN @ 40dB (dBu)	R S/B @ 40dB (dB)	Gain Max (dB)	Ns Max (dBu)	Temp de montée (µs)
Presonus Firepod	10	0,01	-120,5	102,5	56,8	22	3
Focusrite Octopre Mk-II	10	0,008	-122,1	101,6	58,4	19,5	3,68
RME Micstasy	10	0,006	-120,7	108,9	80	28,2	2,26
Neve Amek 9098 EQ	10	0,004	-128	112,1	66	26,5	1,76
Millennia HV-3B	10	0,005	-124,8	111,3	65,3	26,5	0,44
Avalon VT-737 SP	10	0,02	-113,4	102,9	56,6	29,5	8,1
DAD AX24	10	0,006	-120,7	103,8	87	18,2	6
Sonosax SX-ST8D	40	0,007	-126,4	110,9	80,2	24,5	0,4
Nagra VI	25	0,06	-124,5	104,5	60,4		10
Nagra IV-S	28	0,025	-115,6	86,6	57,6	11	7



ANNEXE 4 : Spécifications techniques Schœps MK-5

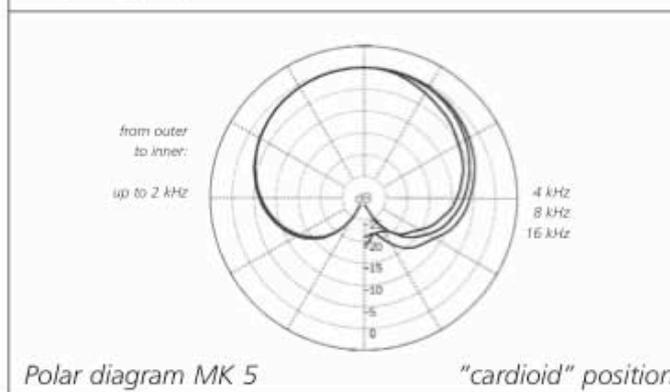
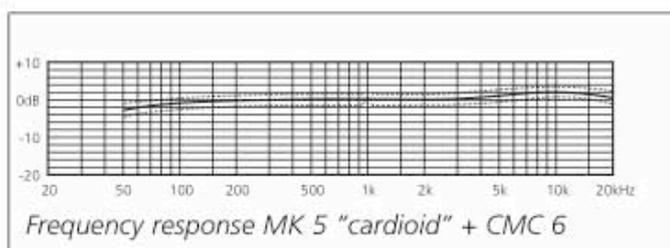
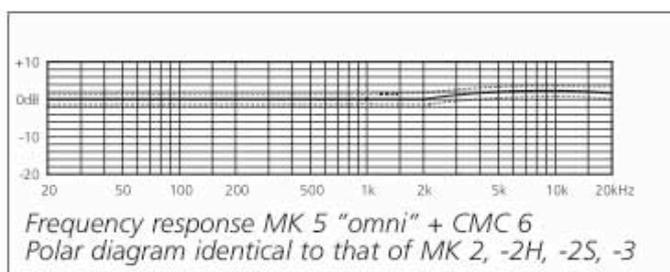
Capsule Type	Polar Pattern	Frequency Range	Sensitivity	Equivalent Noise Level		Signal-to-Noise Ratio A-weighted	Max. SPL (0.5% THD)
				CCIR	A-weighted		
MK 5	omni	20 Hz – 20 kHz*	11 mV/Pa	26 dB	14 dB	80 dB	133 dB
	cardioid	40 Hz – 20 kHz	13 mV/Pa	25 dB	16 dB	78 dB	132 dB



MK 5

- mechanically switchable single-diaphragm capsule (omni / cardioid)
- smoother, more extended high-frequency response than most other multi-pattern microphones (e.g. dual-diaphragm capsules of other manufacturers)
- a pure pressure transducer when in the "omni" setting (flat, extended low-frequency response without proximity effect or undue sensitivity to wind or solid-borne sound)
- slightly brighter than the MK 2H (omni) or MK 4 (cardioid)

Intermediate switch positions are mechanically possible, but are not reproducible or recommended.



Amplifier type	Powering	Current consumption	Impedance	Low-cut frequency (-3 dB)
CMC 6U / 6Uxt:	12 V phantom	8 mA	25 Ohms	20 Hz
	48 V phantom (automatic switchover)	4 mA	35 Ohms	20 Hz
CMC 5U:	48 V phantom	4 mA	35 Ohms	30 Hz
CMC 3U:	12 V phantom	11 mA	20 Ohms	30 Hz
CMC 4U:	12 V parallel	9 mA	13 Ohms	30 Hz

Polarity: Increasing sound pressure on the microphone's 0° axis produces a positive-going voltage at pin 2.

Maximum output voltage: 1 V (at 1 kHz and 1 kOhm load resistance)

Minimum recommended load resistance: 600 Ohms (A load resistance below this value will particularly reduce the maximum output level.)

The other technical specifications depend on the choice of capsule – see page 12 ff.

Length: 116 mm (incl. 3 mm capsule thread)

Diameter: 20 mm

Weight: 65 – 68 g, depending on type

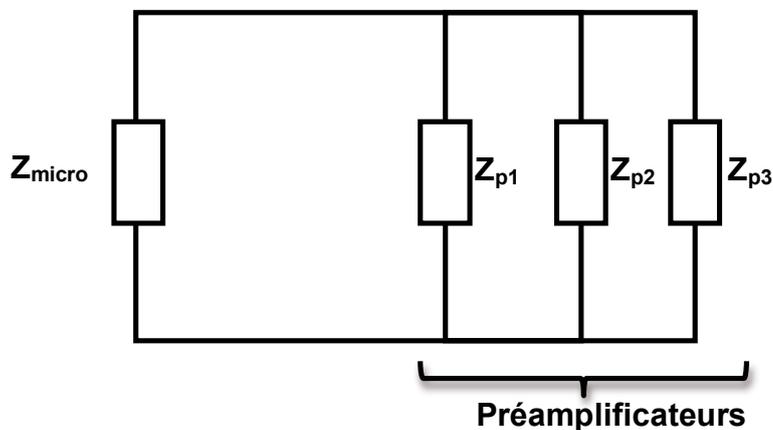
Surface finish: matte gray (g) or nickel (ni)

ANNEXE 5 : Calcul de l'adaptation d'impédance lors de notre enregistrement.

Dans cette annexe, nous allons détailler les calculs qui nous ont permis de conclure au bon déroulement de nos enregistrements à partir d'un même microphone sur plusieurs préamplificateurs différents. Les données utilisées par rapport aux impédances des différents appareils sont celles données par les constructeurs (les impédances d'entrée des préamplificateurs n'ont pas été mesurées lors de nos tests).

D'une manière générale, plus l'impédance du microphone est faible, mieux c'est ; et plus l'impédance d'entrée du préamplificateur est grand, mieux c'est. On considère que l'on a un problème d'adaptation d'impédance lorsque: $Z_{\text{préamplificateur}} \leq 10 * Z_{\text{microphone}}$

Électroniquement, brancher un microphone via un câble en Y sur plusieurs préamplificateurs revient à considérer les préamplificateurs comme des résistances en parallèles. Il en résulte le schéma électronique suivant:



Dans ces conditions, c'est comme si en sortie, le microphone ne voyait qu'une charge équivalente égale à :

$$Z_{\text{eq}} = \frac{Z_{p1} \times Z_{p2} \times Z_{p3}}{Z_{p1} \times Z_{p2} + Z_{p2} \times Z_{p3} + Z_{p1} \times Z_{p3}}$$

Dans notre cas, nous avons le Presonus Firepod, le Focusrite Octopre Mk-II et le RME Micstasy branché sur un Schœps MK-5 d'une part, d'autre part le Neve Amek 9098EQ, le Millennia HV-3B et l'Avalon VT-737 SP branché sur un autre Schœps MK-5.

Les données concernant les impédances d'entrée des préamplificateurs par les constructeurs sont les suivantes :

- Presonus : 1600 Ω ;
- Focusrite : 2 500 Ω ;
- RME : 2 000 Ω ;
- Neve : 5 000 Ω ;
- Millennia : 6 200 Ω ;
- Avalon : 2 500 Ω .

On calcule que : $Z_{\text{eq1}} = 655,7 \Omega$ (Presonus, Focusrite et RME) et $Z_{\text{eq2}} = 1313,6 \Omega$ (Neve, Millennia et Avalon). L'impédance du microphone étant de $Z_{\text{microphone}} = 35 \Omega$, nous avons dans les deux cas : $Z_{\text{eq1}}, Z_{\text{eq2}} > 10 * Z_{\text{microphone}} \gg Z_{\text{microphone}}$.

Nous en concluons que nous n'avons pas de problème d'adaptation d'impédance.

ANNEXE 6 : Formulaire du test perceptif

Mémoire préamplis : Tests d'écoute

Nom du testeur :

Type d'écoutes : Haut-parleur :
 Casque :

Test : 1- Caisse claire 2- Chant 3- Trompette
 4- Guitare 5- Violoncelle

Consignes :

- 1- Chaque test se déroule en 11 étapes. La première étape n'étant pas comptabilisé et sert juste à se familiariser avec le protocole.
- 2- A chaque étape, vous pourrez écouter 3 extraits d'une même source: une référence A et deux autres extraits B et C. Mais il n'y a que deux sons différents. Vous êtes libres de votre écoute : vous pouvez passer d'un extrait à un autre, faire des boucles et vous concentrer seulement sur une partie si vous le souhaitez.
- 3- Le but est de déterminer si **A=B** ou si **A=C**.
- 4- Ensuite, vos impressions m'intéressent et vous pourrez donner votre avis sur le préampli qui vous plaît le plus : A (la référence) ou l'autre préampli (B ou C en fonction du test).
- 5- Enfin, vous pouvez noter vos observations éventuelles : comment avez-vous fait votre choix ? Avez vous entendu une différence (légère, marquée) ? Quelle est-elle (coloration spectrale, grain, précision, distorsion...) ? OU avez-vous répondu au hasard ?
- 6- Puis passez à l'étape suivante jusqu'à 10. D'une étape à une autre, A (la référence), B et C changent et sont susceptibles d'être des préamplis différents.

Merci de participer à cette série de tests et bonne écoute !

Et si vous remplissez cette fiche directement sur votre ordinateur, n'oubliez pas de la sauvegarder et me la renvoyer au plus vite à l'adresse suivante.

Henri d'Armancourt

henri.darmancourt@yahoo.fr

06 32 63 97 16

ETAPE 00 : *(ceci est un exemple facultatif pour se familiariser avec le protocole)*I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? Etc.)

ETAPE 01 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 02 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 03 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 04 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 05 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 06 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 07 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 08 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 09 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

ETAPE 10 :I. A = B ou CII. Préférence : A ou L'autre préampli ou Aucun/pas d'avis

III. Observations : (Pourquoi ? Différences absentes, légères ou marquées ? Coloration ? etc.)

POUR FINIR : Qu'avez-vous pensé de ces tests ? Difficulté ? Observations générales ?

ANNEXE 7 : Spécifications techniques Tannoy Super Red Monitor

Technical Specifications	SRM 15X	SRM 12X	LRM	SRM 10B
Maximum Input Power. Continuous (Peak)	120W (500W)	100W (350W)	100W (350W)	80W (300W)
Maximum Output SPL. Continuous (Peak) at maximum cont. input power at 1m anechoic At a distance of 3m in a room measuring 7m x 9m x 2.3m and having a reverberation time of 0.35 ± 0.1 seconds over the band 100Hz – 10kHz, a pair of speakers each fed with half max. continuous input power pink noise band limited to 50Hz – 20kHz will produce:	114dB (121dB)	111dB (116dB)	111dB (116dB)	109dB (115dB)
	110dB	107dB	107dB	104dB
Sensitivity 1W at 1m anechoic	94dB	92dB	92dB	90dB
Impedance Nominal (Minimum)	8 (5.5) ohms	8 (6) ohms	8 (6) ohms	8 (6) ohms
Frequency Response ± 4 dB measured in 1/3 octave bands	52Hz – 20kHz	52Hz – 20kHz	55Hz – 20kHz	55Hz – 20kHz
Dispersion Included angle at -6dB points at 10kHz	90° conical	90° conical	90° conical	90° conical
Crossover Frequency Acoustic	1 kHz	1.4 kHz	1.4 kHz	1.2 kHz
Control Functions	Presence, Treble Energy & Roll-off	Treble Energy and Roll-off		
Enclosure Internal Volume Litres (cu. ft.)	175 (6)	68 (2.4)	46.5 (1.6)	35 (1.2)
Enclosure Dimensions Height x Width x Depth in millimetres (inches)	1020 x 650 x 390 (40 x 25.6 x 15.3)	846 x 446 x 372 (33.3 x 17.6 x 10.7)	584 x 400 x 275 (23 x 16 x 11)	524 x 380 x 275 (20.6 x 13.8 x 10.4)
Weight Kgs (lbs)	51 (112)	30 (66)	21 (46)	18 (40)
Finish	Oiled Walnut with 2 piece brown fleck grille.	Oiled Walnut with 2 piece brown fleck grille.	Oiled Walnut with short brown fleck grille. Also available with full height black grille.	Oiled Walnut with short brown fleck grille.

TANNOY
PROFESSIONAL PRODUCTS DIVISION
Tannoy Products Ltd., St. John's Road, Tylers Green, High Wycombe, Bucks. HP10 8HR Tel: Penn. (049481) 5221. Telex: 837116

ANNEXE 8 : Tableaux des résultats des tests**Caisse claire**

CAISSE CLAIRE	Ordre de passage lors du test	10	1	2	7	5	4	9	8	3	6	RESULTAT	Preference cohérente ou non?
	HP (0) ou Casque (1)	Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus		
1	1 (Sony MDR 7509)	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8	1
2	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0
3	1 (Senn HD650)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	8	0
4	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	6	0
5	0 (Tannoy)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0
6	0 (Klein und Hummel 0300D)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
7	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7	0
8	0 (Quested)	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	6	NA
9	0 (Tannoy)	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	7	0
10	0 (Tannoy)	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	7	NA
11	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	8	1
12	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9	0,5
13	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	7	1
14	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	0
15	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1
16	0 (Tannoy)	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	7	0,5
17	0 (Tannoy)	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	7	0,5
18	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	0
19	1 (Senn HD25)	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	6	1
												OK: 16/19	
												84,20%	
Resultat test par couple		12	13	18	16	12	17	17	16	16	11	148 / 190	
Pourcentage de réussite (%)		63%	68%	95%	84%	63%	89%	89%	84%	84%	58%	78%	
Préférence	Avalon	6	4	7	8							25	
BON	Millenia	1				1	6	4					12
(resultat du test ≥ 7/10)	Neve	3					3	5		3			14
	RME	5			4		4		1				14
	Presonus	5			3		8		3				19
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus		
		10	1	2	7	5	4	9	8	3	6		
Préférence	Avalon	1		1									2
BAD	Millenia				1	2						3	
(resultat du test ≤ 6/10)	Neve												0
	RME	1					1						2
	Presonus								1				1

Chant

CHANT	Ordre de passage lors du test	6	10	8	1	3	2	9	4	5	7		
	HP (0) ou Casque (1)	Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus	RESULTAT	Preference cohérente ou non?
1	0 (Klein und Hummel 0300D)	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	4	0,5
2	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	4	1
3	1 (Senn HD650)	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	1
4	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4	1
5	0 (Tannoy)	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	5	0,5
6	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	6	1
7	0 (Fostex PM1)	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	5	0
8	0 (Tannoy)	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4	1
9	0 (Tannoy)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	0 (Tannoy)	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	5	1
11	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	6	0,5
12	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
13	0 (Tannoy)	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	4	0,5
14	0 (Tannoy)	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7	0,5
15	1 (Sony MDR 7509)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	6	0,5
16	0 (Quested)	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	5	0
17	0 (Tannoy)	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	4	1
18	0 (Tannoy)	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	6	NA
19	0 (Tannoy)	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5	0,5
20	0 (Genelec 1030A)	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	4	1
21	0 (Tannoy Prestig Edimburg)	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	5	1
												OK: 1/21 4,76%	
Resultat test par couple		8	8	7	10	11	12	10	10	11	7	94 / 210	
Pourcentage de réussite (%)		38%	38%	33%	48%	52%	57%	48%	48%	52%	33%	45%	
Préférence BON (resultat du test ≥ 7/10)	Avalon				1								1
	Millenia												0
	Neve		1										1
	RME			1							1		2
	Presonus							1					1
Préférence BAD (resultat du test ≤ 6/10)	Avalon	2	3	2	3								10
	Millenia	4				3	5	4					16
	Neve		1			1			3	6			11
	RME			3			3		4		3		13
	Presonus				1			3			2		6

Trompette

TROMPETTE	Ordre de passage lors du test	9	3	8	2	7	4	5	6	10	1	RESULTAT	Preference cohérente ou non?		
	HP (0) ou Casque (1)	Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus				
1	1 (Sony MDR 7509)	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7	0,5		
2	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8	0,5		
3	0 (Quested)	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7	NA		
4	0 (Tannoy)	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	7	NA		
5	0 (Tannoy)	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	5	1		
6	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5	0,5		
7	0 (Tannoy)	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	5	1		
8	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	4	1		
9	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	6	1		
10	0 (Tannoy)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4	1		
11	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	NA		
12	0 (Tannoy)	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	6	1		
13	0 (Genelec 1030A)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	6	1		
14	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0		
15	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	6	1		
16	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	6	0		
17	0 (Tannoy)	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	6	0		
18	0 (Tannoy)	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	6	1		
												OK: 4/18			
												22,22%			
Resultat test par couple		10	10	9	11	7	8	10	11	12	11	99 / 180			
Pourcentage de réussite (%)		56%	56%	50%	61%	39%	44%	56%	61%	67%	61%	55%			
Préférence BON <small>(resultat du test ≥ 7/10)</small>	Avalon	1	1	1	2							5			
	Millenia											0			
	Neve											0			
	RME				1				1			2			
	Presonus							1			2	3			
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus				
		Ordre de passage lors du test	9	3	8	2	7	4	5	6	10	1			
Préférence BAD <small>(resultat du test ≤ 6/10)</small>	Avalon	4	4	2	1							11			
	Millenia	3											10		
	Neve			2			2			4	1			9	
	RME				2				3			2			9
	Presonus					5			2			5	4	16	

Guitare

GUITARE	Ordre de passage lors du test	8	10	4	5	2	6	9	7	3	1	RESULTAT	Preference cohérente ou non?
	HP (0) ou Casque (1)	Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus		
1	1 (Sony MDR 7509)	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7	0,5
2	0 (Tannoy)	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	1
3	0 (Tannoy)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1
4	0 (Tannoy)	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	6	1
5	0 (Tannoy)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	NA
6	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	5	NA
7	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	6	1
8	0 (Tannoy)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	8	0,5
9	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8	0
10	0 (Tannoy)	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5	0,5
11	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6	1
12	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,5
13	0 (Tannoy)	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	6	1
14	0 (Tannoy)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4	1
15	0 (Quested)	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	6	1
16	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,5
17	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	5	1
18	0 (Genelec 1030A)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1
												OK: 5/18 27,78%	
Resultat test par couple		4	9	10	13	7	8	13	10	15	10	99 / 180	
Pourcentage de réussite (%)		22%	50%	56%	72%	39%	44%	72%	56%	83%	56%	55%	
Préférence	Avalon	1	1									2	
BON	Millenia					2	2					4	
(resultat du test ≥ 7/10)	Neve		1			1				2		4	
	RME			2			1		2			5	
	Presonus				1					3	4	8	
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus		
		8	10	4	5	2	6	9	7	3	1		
Préférence	Avalon		2	3								5	
BAD	Millenia					2	1	4				7	
(resultat du test ≤ 6/10)	Neve		2			1			1			4	
	RME			1			1		4			6	
	Presonus				7			3		5	4	19	

Violoncelle

VIOLONCELLE	Ordre de passage lors du test	10	3	6	7	1	9	4	8	5	2	RESULTAT	Preference cohérente ou non?	
	HP (0) ou Casque (1)	Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	Rme - Presonus			
1	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	7	0,5	
2	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0	
3	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	4	0,5	
4	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	4	1	
5	0 (Tannoy)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,5	
6	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7	1	
7	0 (Quested)	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	4	0,5	
8	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	7	0,5	
9	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1	
10	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	6	1	
11	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	6	0,5	
12	1 (Sony MDR7509)	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8	NA	
13	0 (Genelec 1030A)	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	1	
14	0 (Tannoy)	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	7	0	
15	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8	0,5	
16	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7	1	
17	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	5	0	
18	0 (Tannoy)	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	6	0,5	
19	1 (Sennheiser EH 150)	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5	0,5	
20	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0	
												OK: 10/20		
												50%		
Resultat test par couple		11	12	10	18	7	15	16	13	13	11	126 / 200		
Pourcentage de réussite (%)		55%	60%	50%	90%	35%	75%	80%	65%	65%	55%	63%		
Préférence	Avalon	2	2	1	1							6		
BON	Millenia	1				1	6	4					12	
(resultat du test ≥ 7/10)	Neve	2					1	1		3			7	
	RME	5			2		4		3				14	
	Presonus	7			2		1		3				13	
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	Rme - Presonus			
		Ordre de passage lors du test	10	3	6	7	1	9	4	8	5	2		
Préférence	Avalon			1	2							3		
RAD	Millenia	2				1	2						5	
(resultat du test ≤ 6/10)	Neve	3		1					1				5	
	RME	4			2		1		1				3	
	Presonus	4			2		1		1				8	

General

GENERAL	HP (0) ou Casque (1)												RESULTAT	Preference cohérente ou non?
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus			
(SNARE) 1	1 (Sony MDR 7509)	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8	1
2	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0
3	1 (Senn HD650)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	8	0
4	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	6	0	
5	0 (Tannoy)	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0	
6	0 (Klein und Hummel 0300D)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	
7	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	7	0	
8	0 (Quested)	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	6	NA	
9	0 (Tannoy)	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	7	0	
10	0 (Tannoy)	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	7	NA	
11	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	8	1	
12	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	9	0,5	
13	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	7	1	
14	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	0	
15	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	1	
16	0 (Tannoy)	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	7	0,5	
17	0 (Tannoy)	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	7	0,5	
18	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9	0	
19	1 (Senn HD25)	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	6	1	
(CHANT) 20	0 (Klein und Hummel 0300D)	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	4	0,5	
21	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	4	1	
22	1 (Senn HD650)	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	1	
23	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4	1	
24	0 (Tannoy)	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	5	0,5	
25	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	6	1	
26	0 (Fostex PM1)	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	5	0	
27	0 (Tannoy)	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	4	1	
28	0 (Tannoy)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
29	0 (Tannoy)	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	5	1	
30	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	6	0,5	
31	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
32	0 (Tannoy)	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	4	0,5	
33	0 (Tannoy)	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7	0,5	
34	1 (Sony MDR 7509)	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	6	0,5	
35	0 (Quested)	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	5	0	
36	0 (Tannoy)	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	4	1	
37	0 (Tannoy)	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	6	NA	
38	0 (Tannoy)	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5	0,5	
39	0 (Genelec 1030A)	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	4	1	
40	0 (Tannoy Prestig Edimburg)	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	5	1	

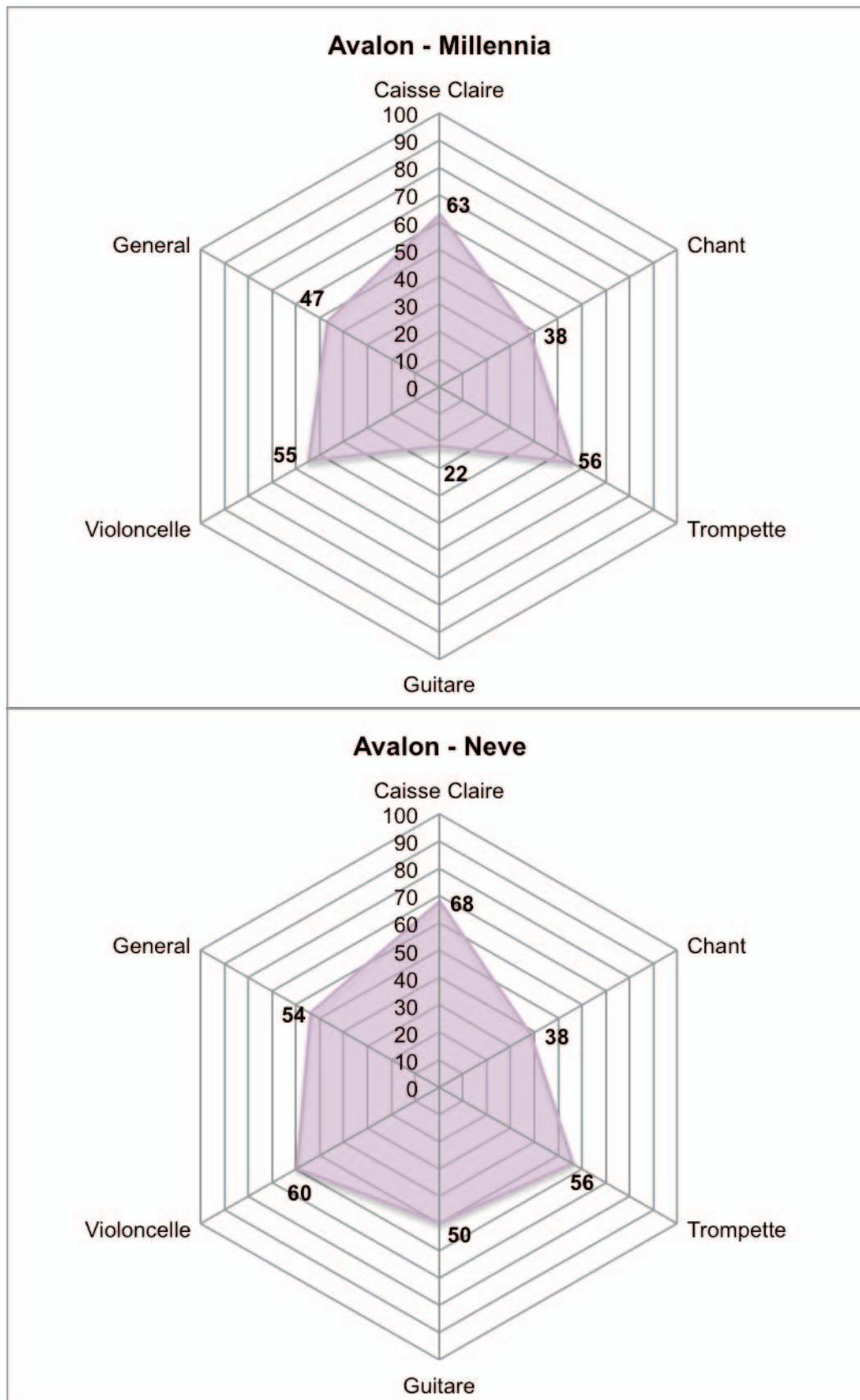
GENERAL	HP (0) ou Casque (1)											RESULTAT	Preference cohérente ou non?	
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus			
(TROMP) 41	1 (Sony MDR 7509)	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	7	0,5
42	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8	0,5	
43	0 (Quested)	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7	NA	
44	0 (Tannoy)	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	7	NA	
45	0 (Tannoy)	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	5	1	
46	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5	0,5	
47	0 (Tannoy)	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	5	1	
48	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	4	1	
49	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	6	1	
50	0 (Tannoy)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4	1	
51	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	NA	
52	0 (Tannoy)	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	6	1	
53	0 (Genelec 1030A)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	6	1	
54	0 (Tannoy)	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	
55	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	6	1	
56	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	6	0	
57	0 (Tannoy)	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	6	0	
58	0 (Tannoy)	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	6	1	
(GUITAR) 59	1 (Sony MDR 7509)	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7	0,5	
60	0 (Tannoy)	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	1	
61	0 (Tannoy)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	
62	0 (Tannoy)	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	6	1	
63	0 (Tannoy)	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3	NA	
64	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	5	NA	
65	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	6	1	
66	0 (Tannoy)	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	8	0,5	
67	0 (Tannoy)	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	8	0	
68	0 (Tannoy)	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	5	0,5	
69	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6	1	
70	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,5	
71	0 (Tannoy)	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	6	1	
72	0 (Tannoy)	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	4	1	
73	0 (Quested)	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	6	1	
74	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,5	
75	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	5	1	
76	0 (Genelec 1030A)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1	

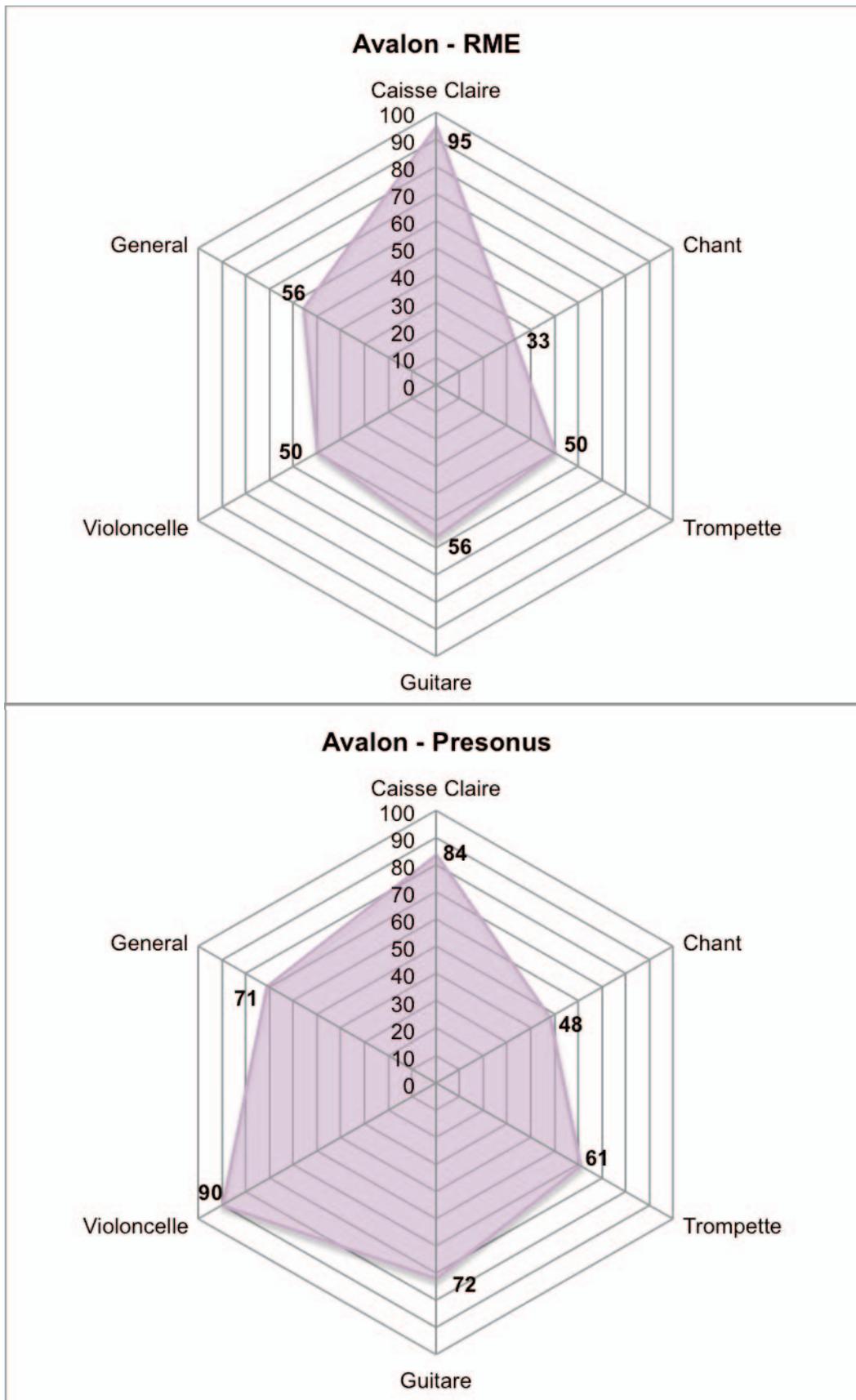
GENERAL	HP (0) ou Casque (1)	Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus	RESULTAT	Preference cohérente ou non?
(CELLO) 77	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	7	0,5
78	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0
79	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	4	0,5
80	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	4	1
81	0 (Tannoy)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9	0,5
82	0 (Tannoy)	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	7	1
83	0 (Quested)	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	4	0,5
84	0 (Tannoy)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	7	0,5
85	0 (Tannoy)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	1
86	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	6	1
87	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	6	0,5
88	1 (Sony MDR7509)	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8	NA
89	0 (Genelec 1030A)	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	1
90	0 (Tannoy)	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	7	0
91	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8	0,5
92	0 (Tannoy)	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	7	1
93	0 (Tannoy)	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	5	0
94	0 (Tannoy)	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	6	0,5
95	1 (Sennheiser EH 150)	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	5	0,5
96	0 (Tannoy)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0
												OK: 36/96 37,50%	
Resultat par test couple		45	52	54	68	44	60	66	60	67	50	566 /960	
Pourcentage de réussite (%)		47%	54%	56%	71%	46%	63%	69%	63%	70%	52%	59%	
		Avalon - Millenia	Avalon - Neve	Avalon - RME	Avalon - Presonus	Millenia - Neve	Millenia - RME	Millenia - Presonus	Neve - RME	Neve - Presonus	RME - Presonus		

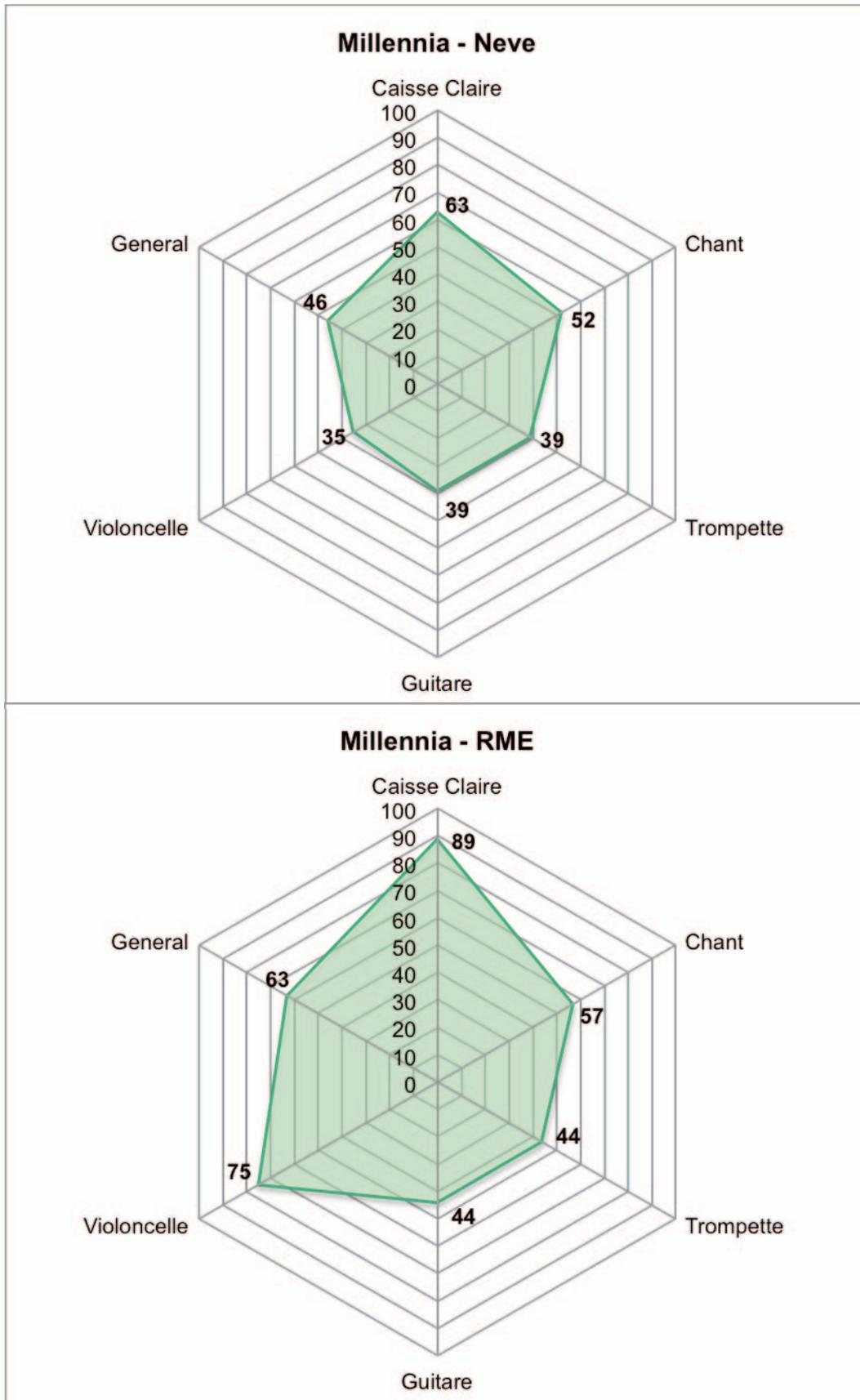
ANNEXE 9 : Tableau récapitulatif des tests perceptifs

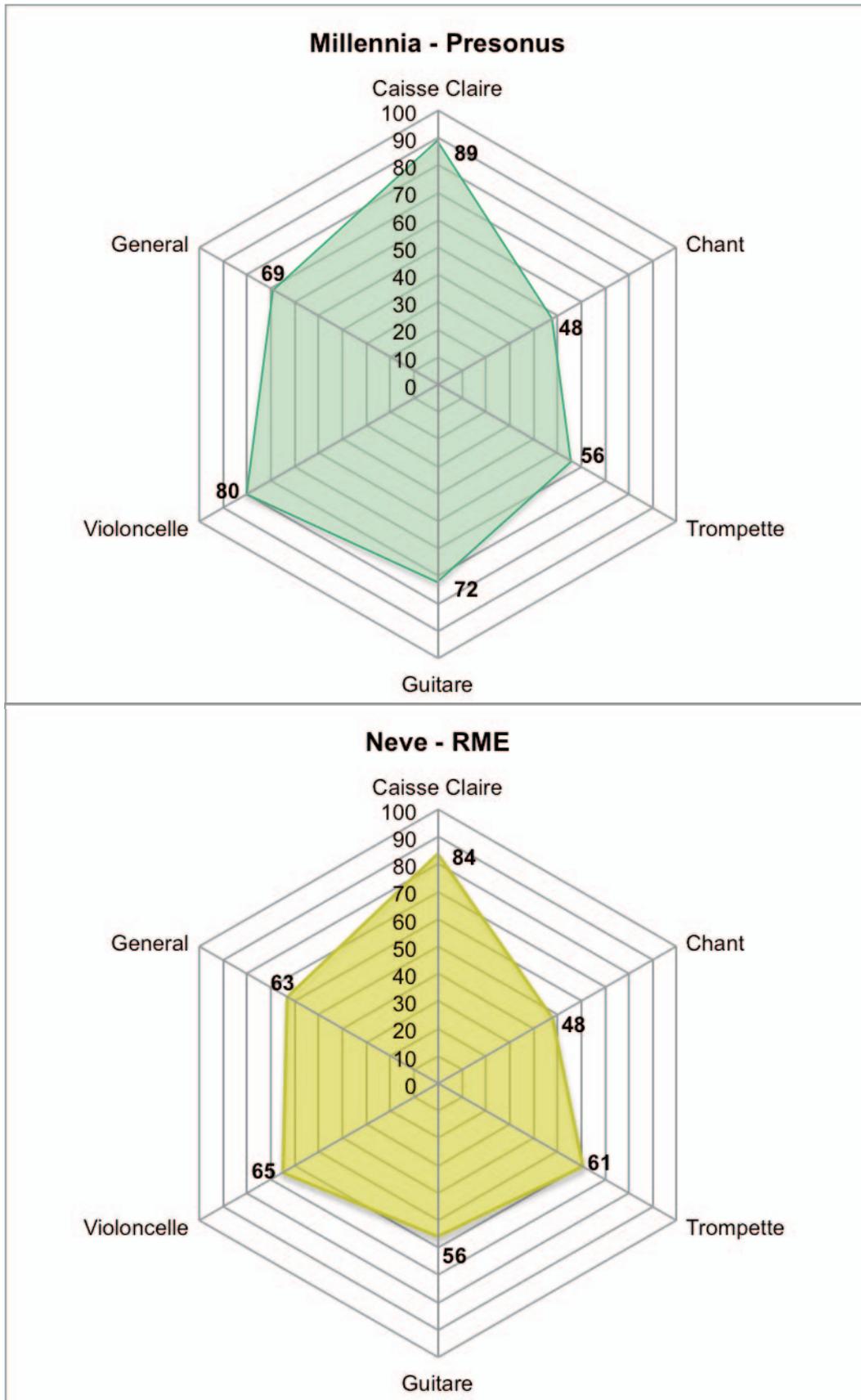
	Caisse Claire	Chant	Trompette	Guitare	Violoncelle	General	Nombre de fois ou le résultat dépasse 70%
Avalon - Millenia	63	38	56	22	55	47	0
Avalon - Neve	68	38	56	50	60	54	0
Millenia - Neve	63	52	39	39	35	46	0
Avalon - RME	95	33	50	56	50	56	1
Millenia - RME	89	57	44	44	75	63	2
Neve - RME	84	48	61	56	65	63	1
Avalon - Presonus	84	48	61	72	90	71	4
Millenia - Presonus	89	48	56	72	80	69	3
Neve - Presonus	84	52	67	83	65	70	3
RME - Presonus	58	33	61	56	55	52	0
TOTAL	77,89	44,76	55	55	63	58,96	1

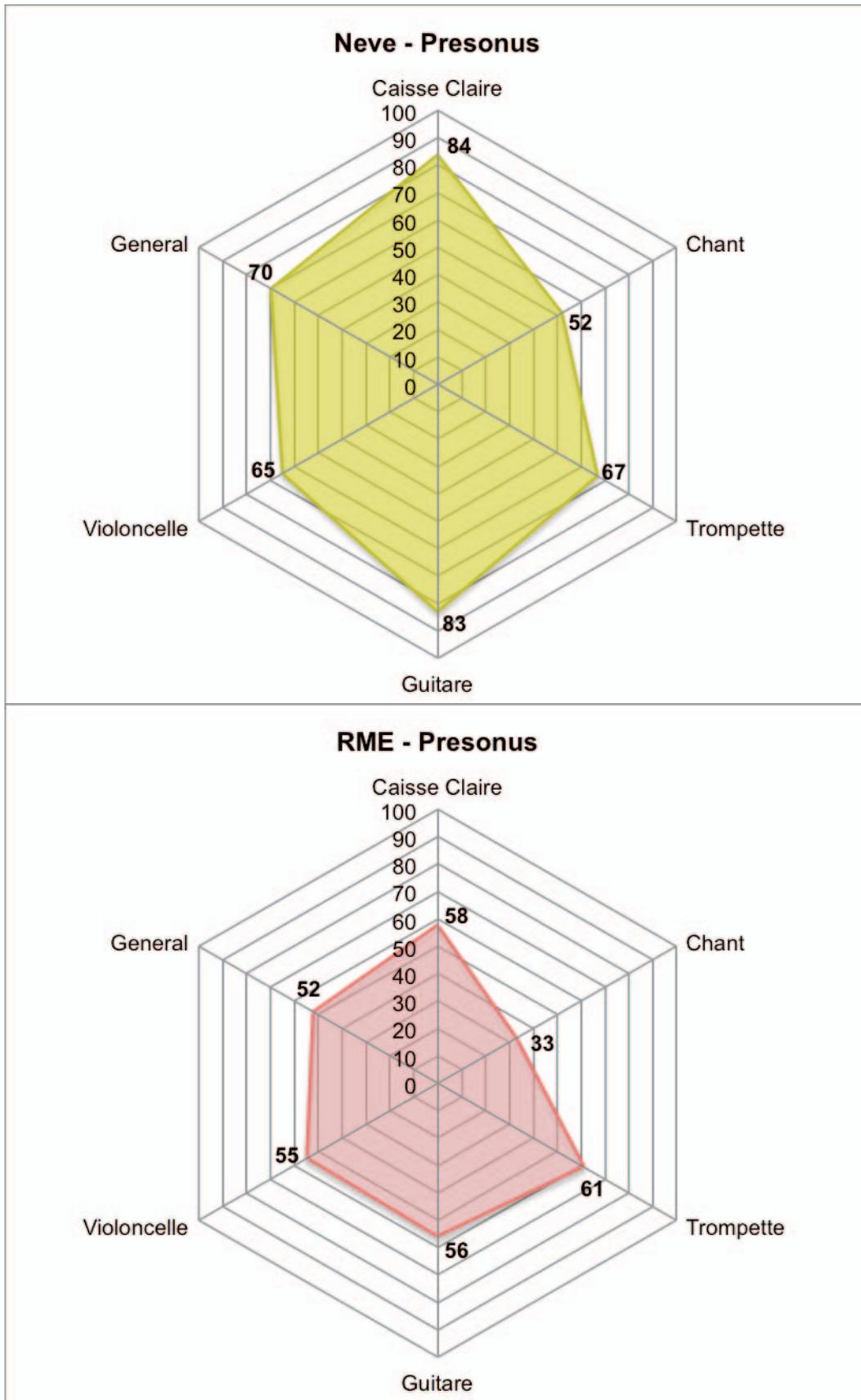
ANNEXE 10 : Résultats des couples de préamplificateurs par source









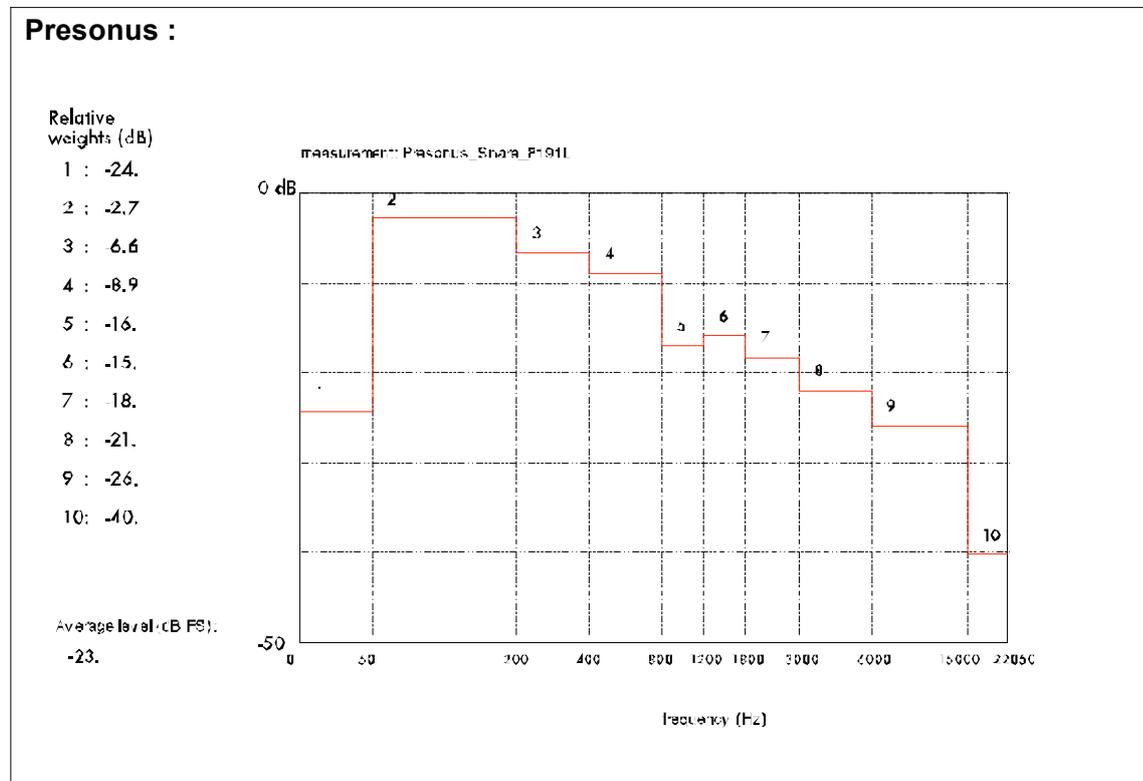


ANNEXE 11 : Analyse IDS des fichiers sons des tests perceptifs

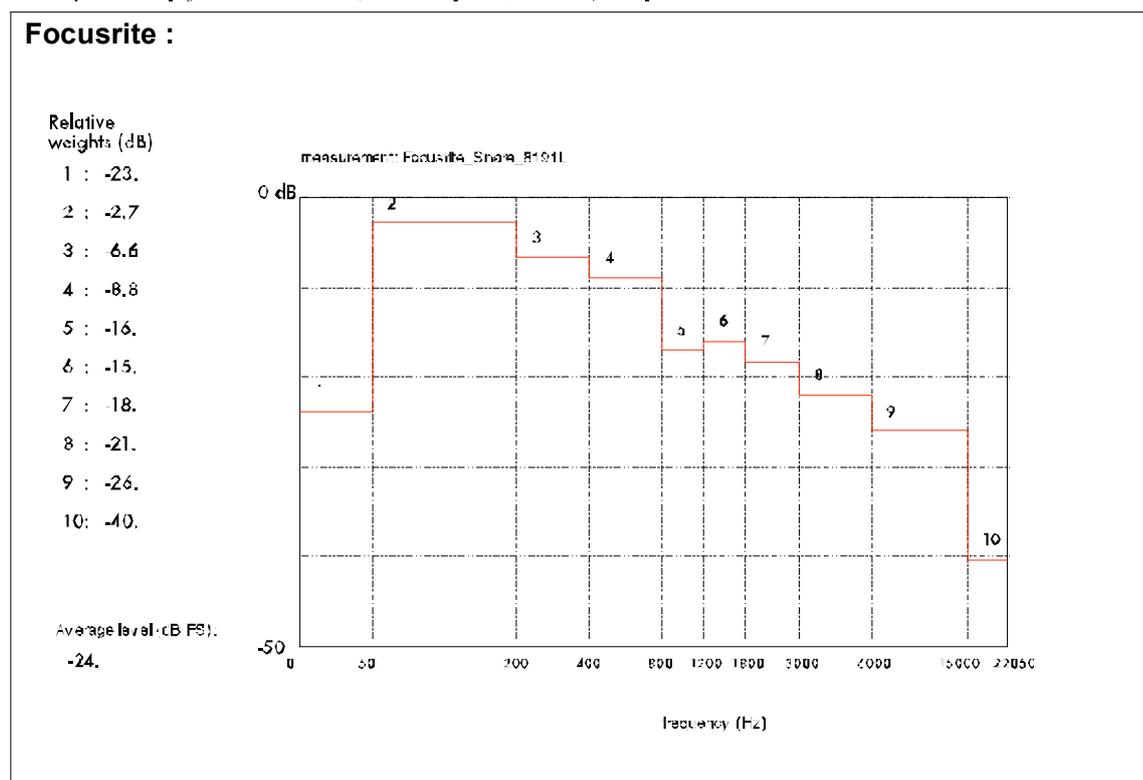
Profils IDS

Caisse claire

IDS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].

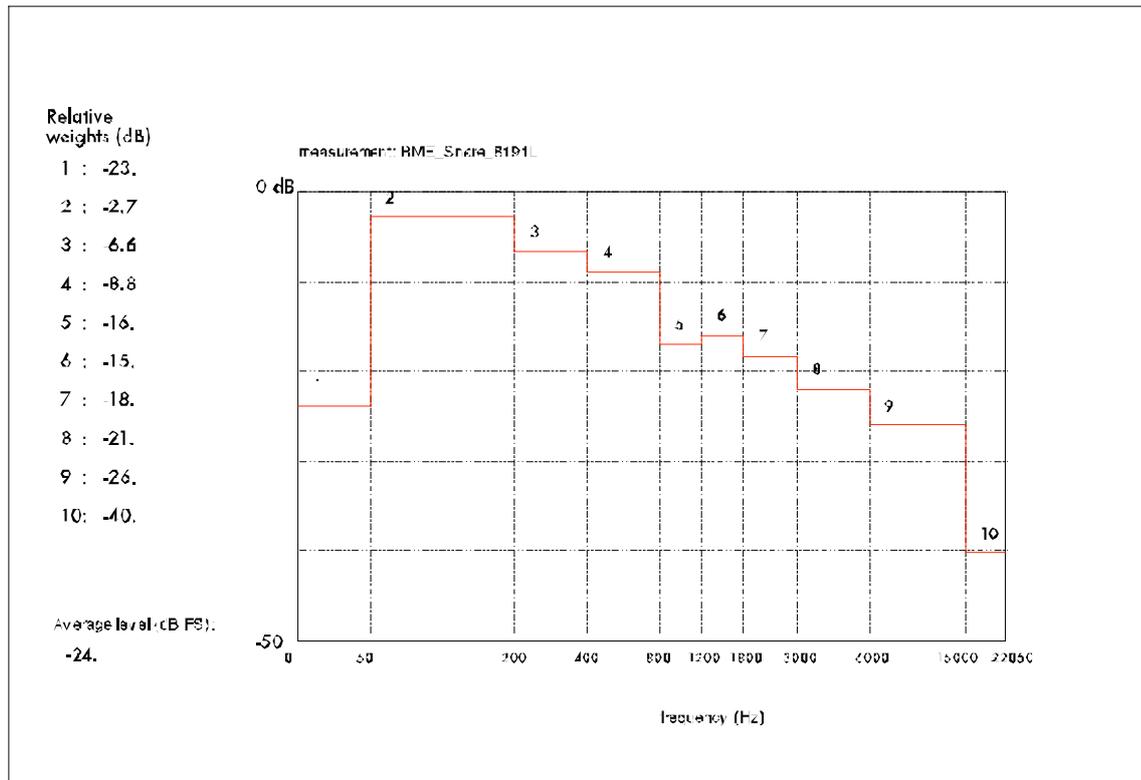


IDS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



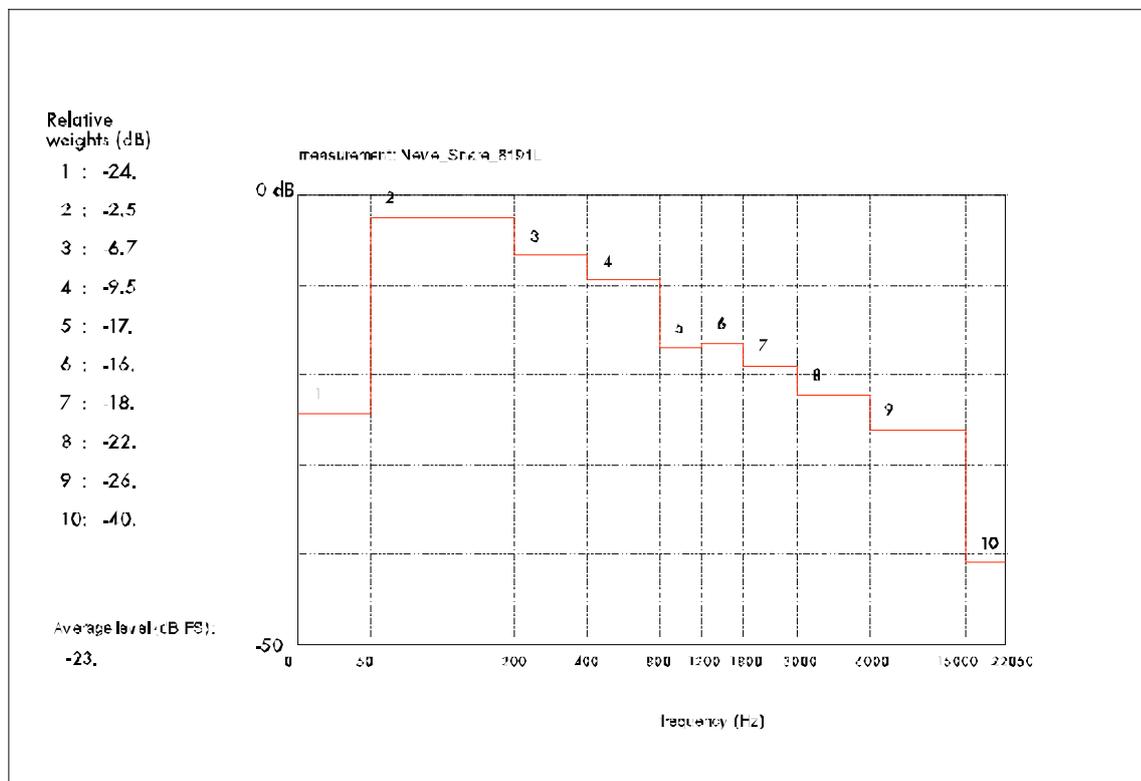
RME :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Miot, Gérard Pèis [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



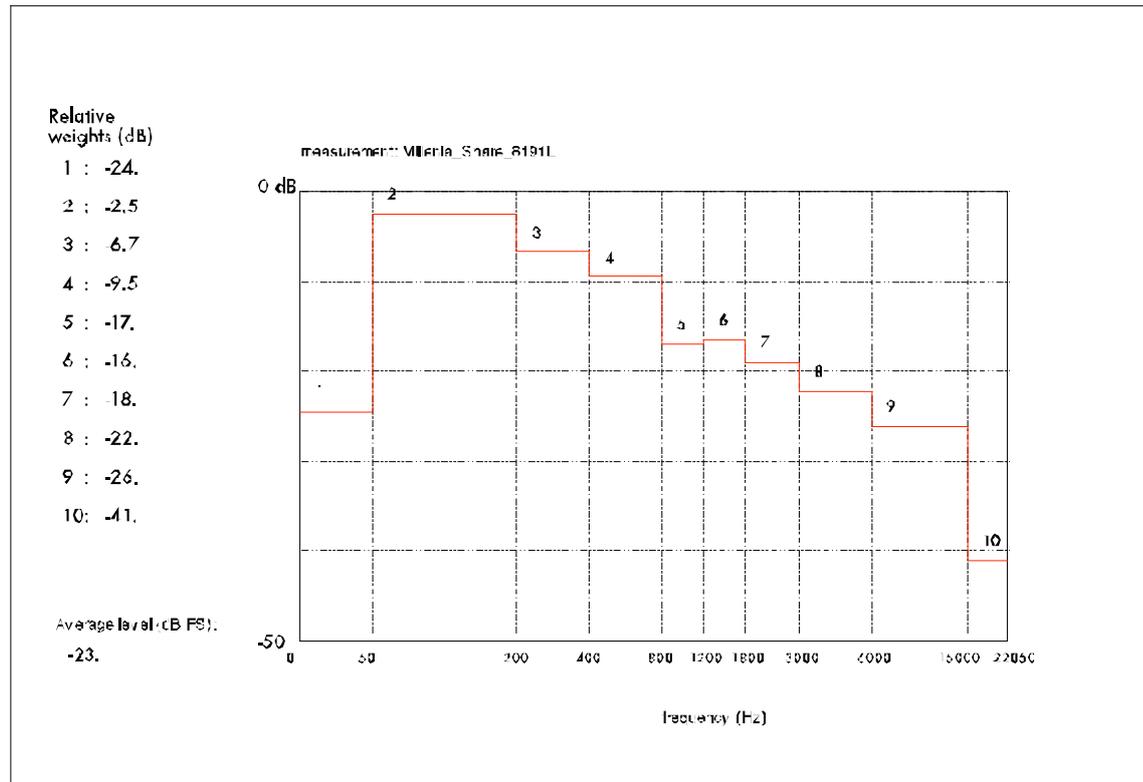
Neve :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Miot, Gérard Pèis [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



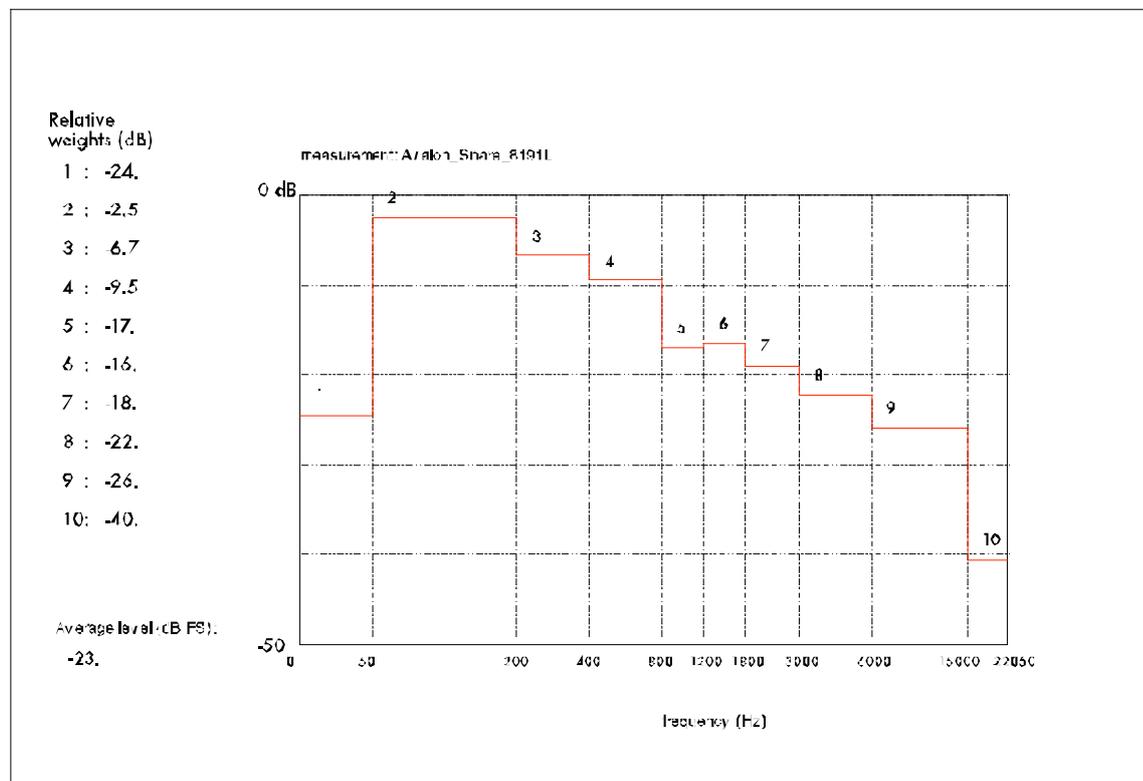
Millennia :

INB Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



Avalon:

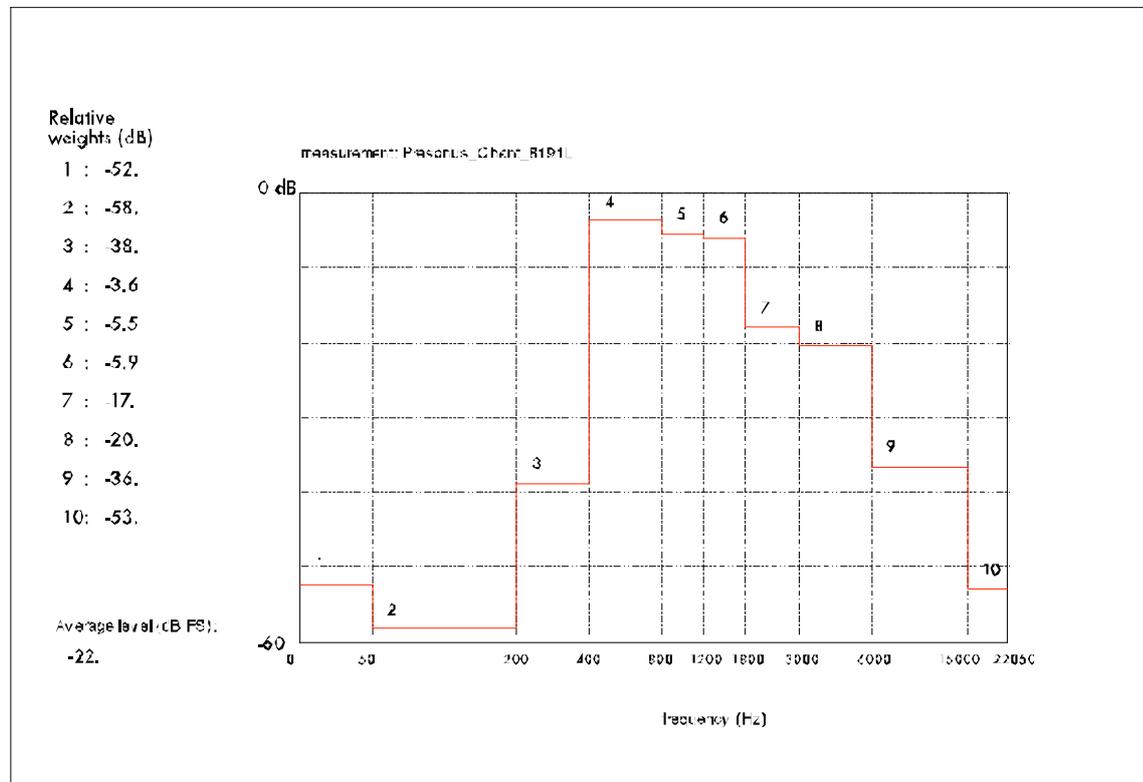
INB Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



Chant

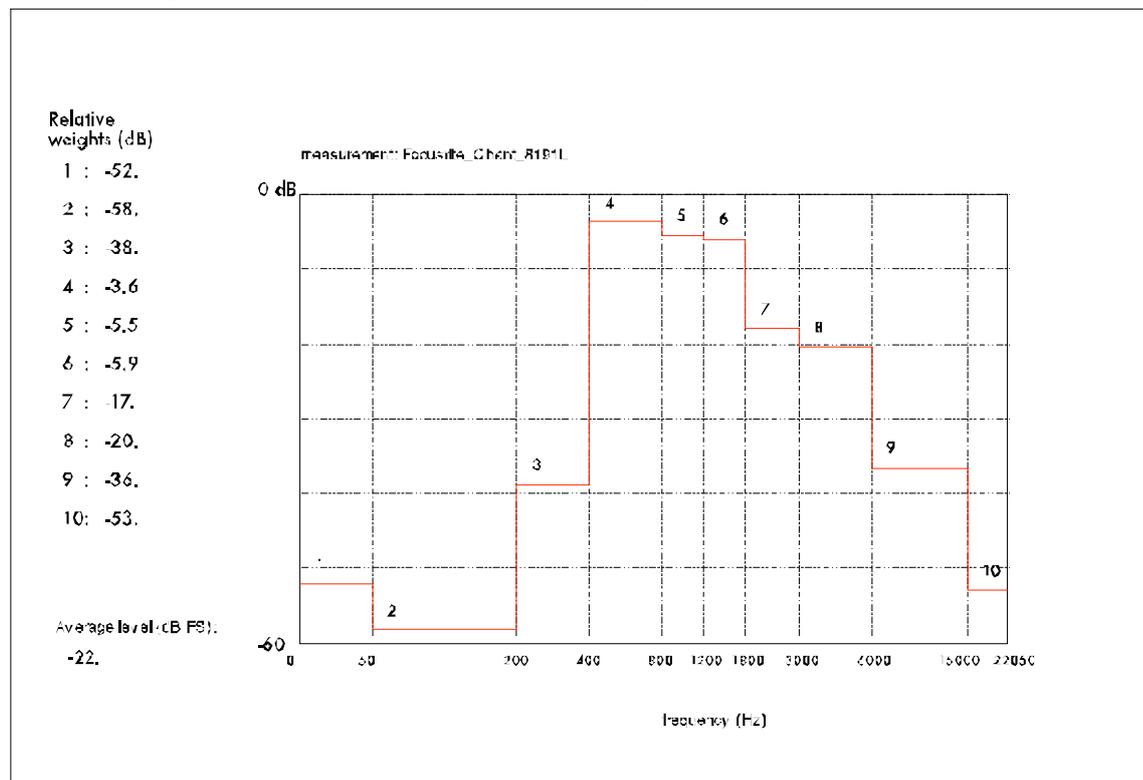
Presonus :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Miot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



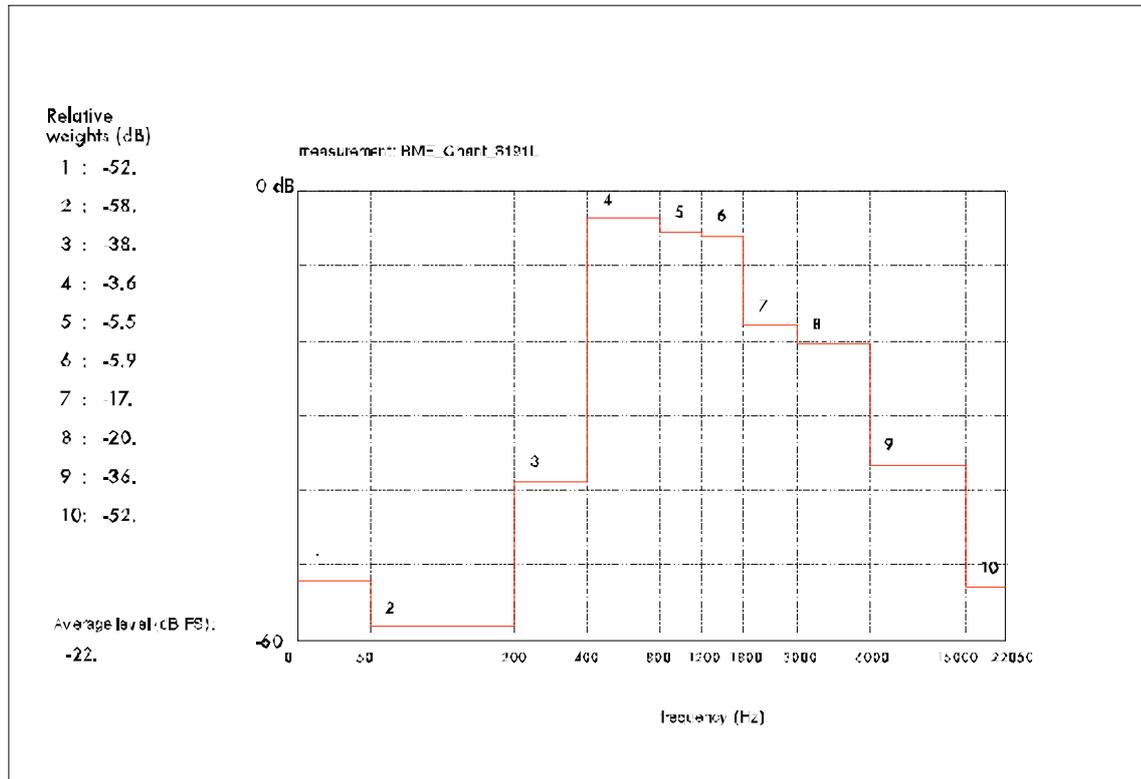
Focusrite :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Miot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



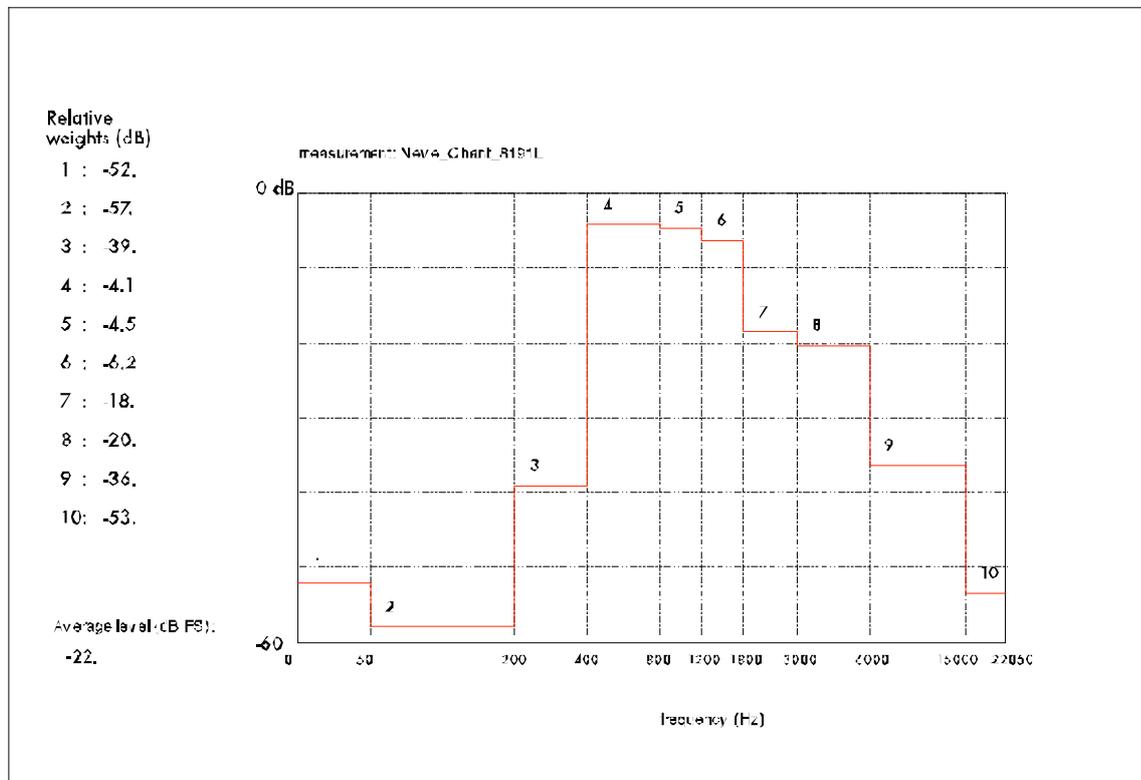
RME :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



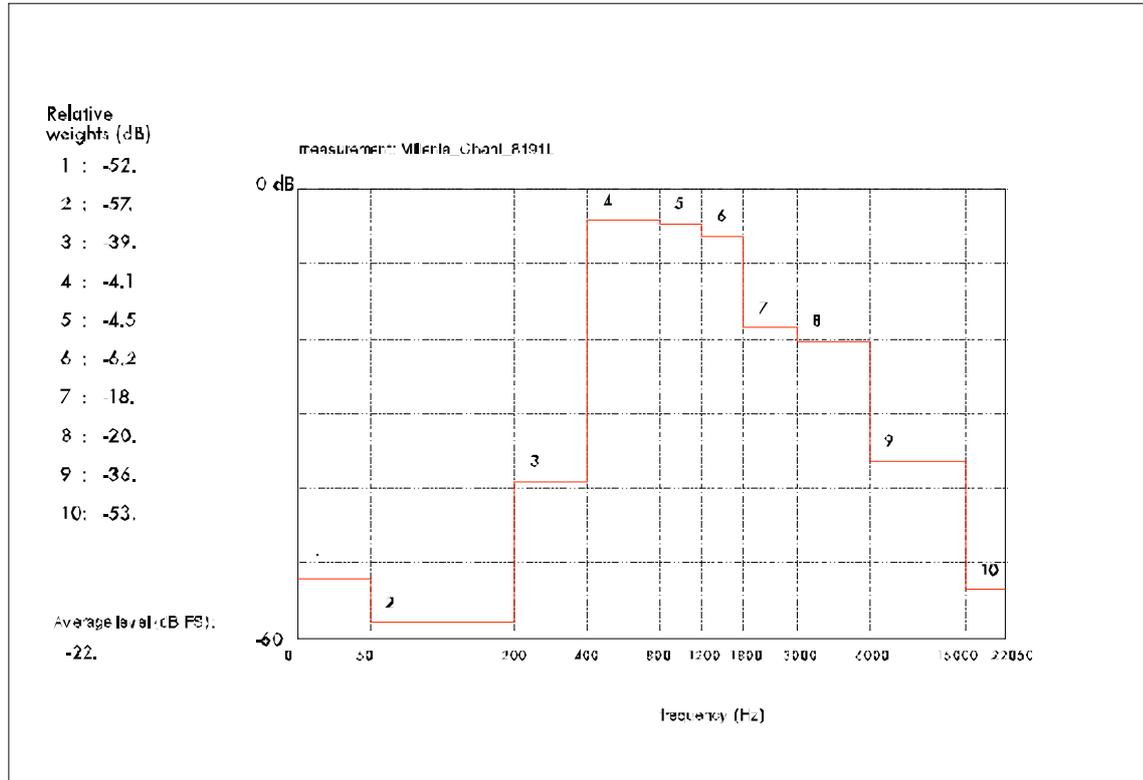
Neve :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



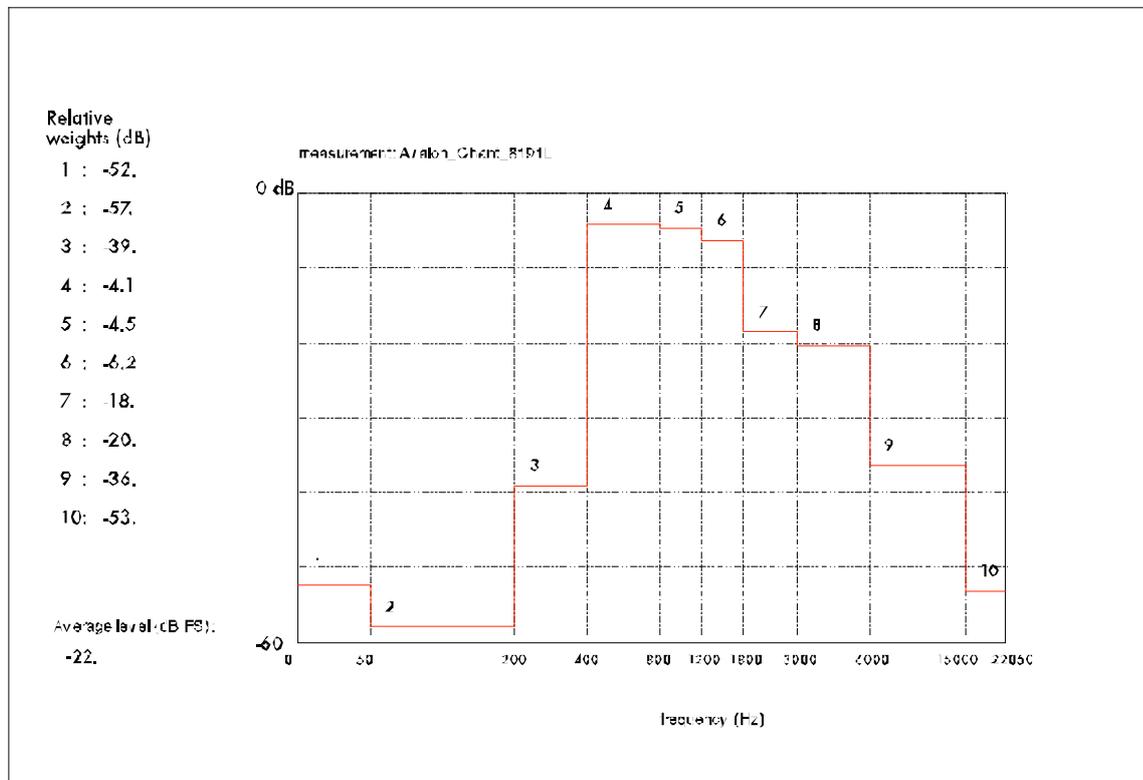
Millennia :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Avalon:

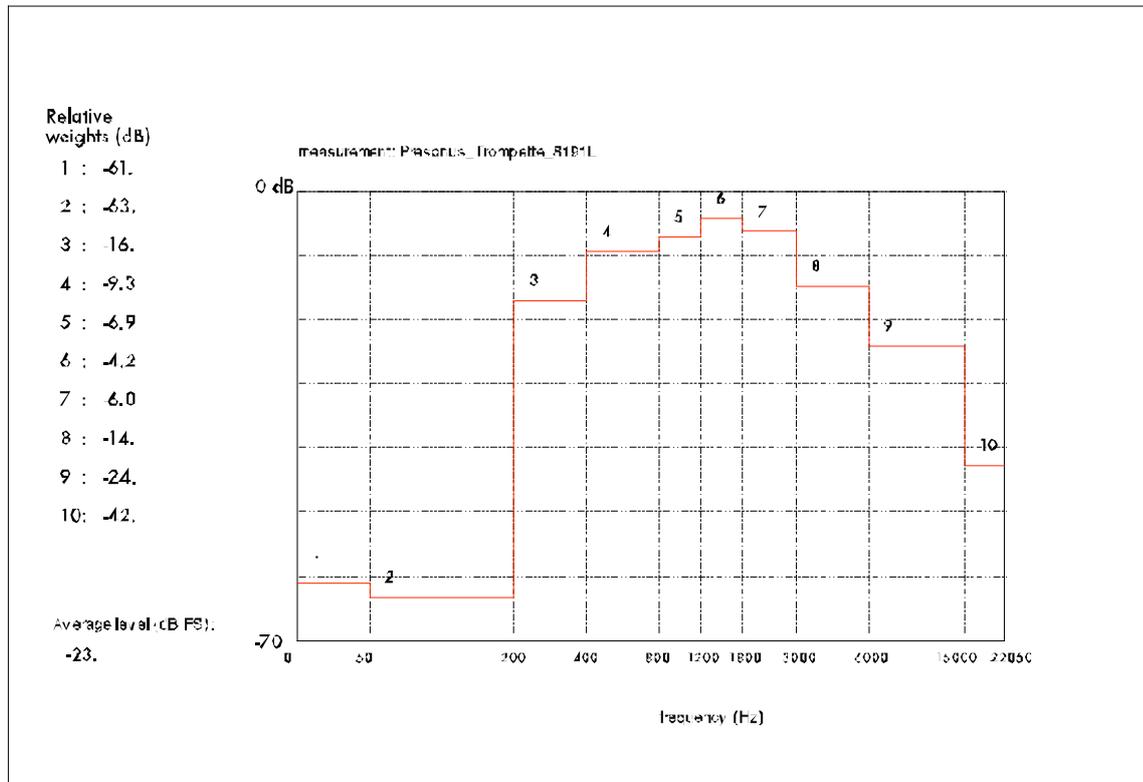
IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Trompette

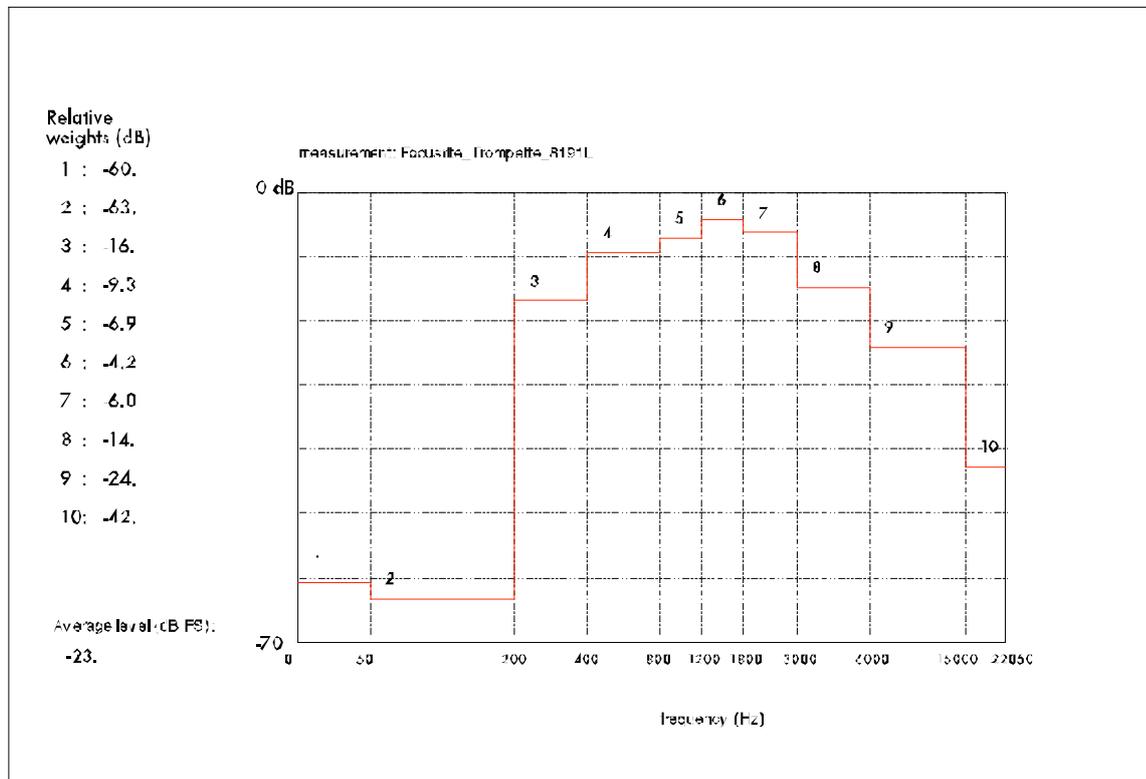
Presonus :

INB Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



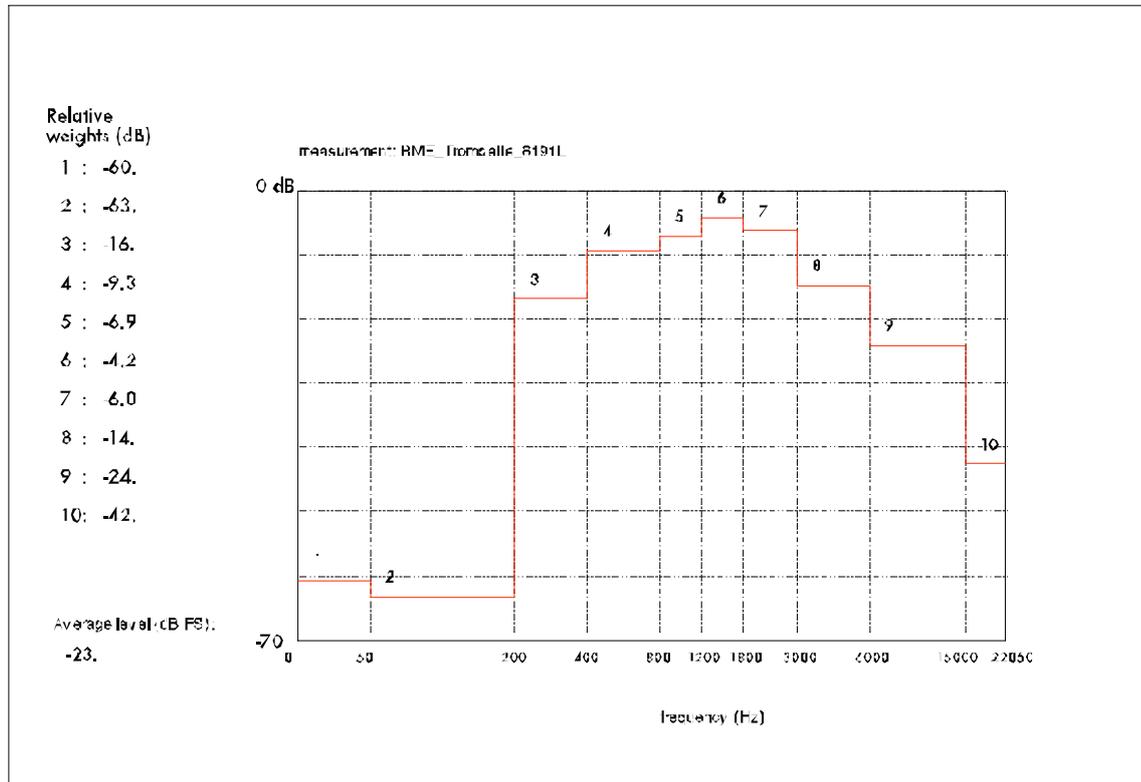
Focusrite :

INB Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



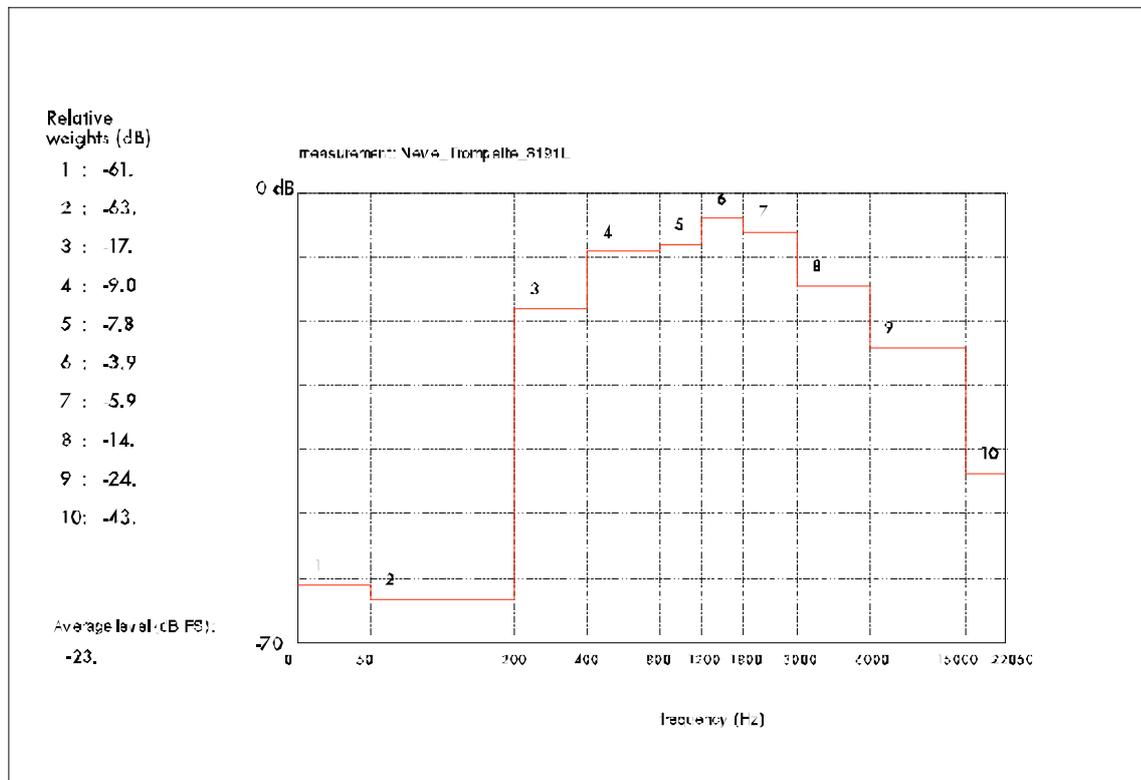
RME :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



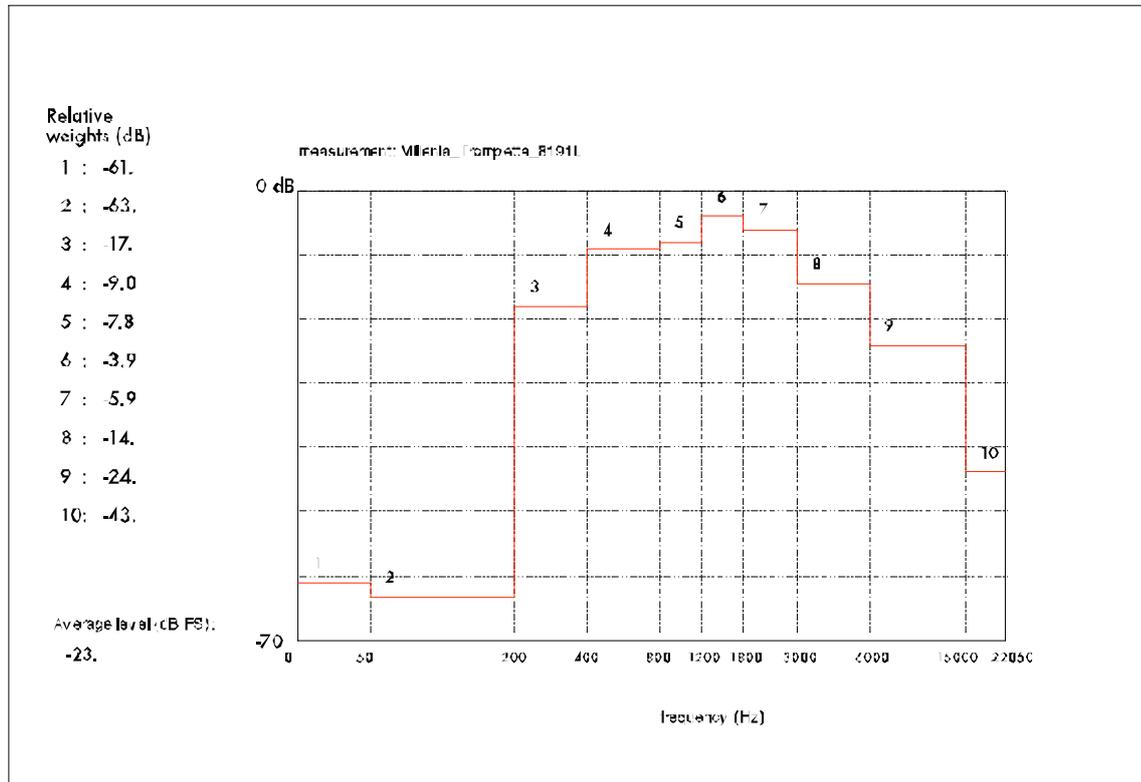
Neve :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



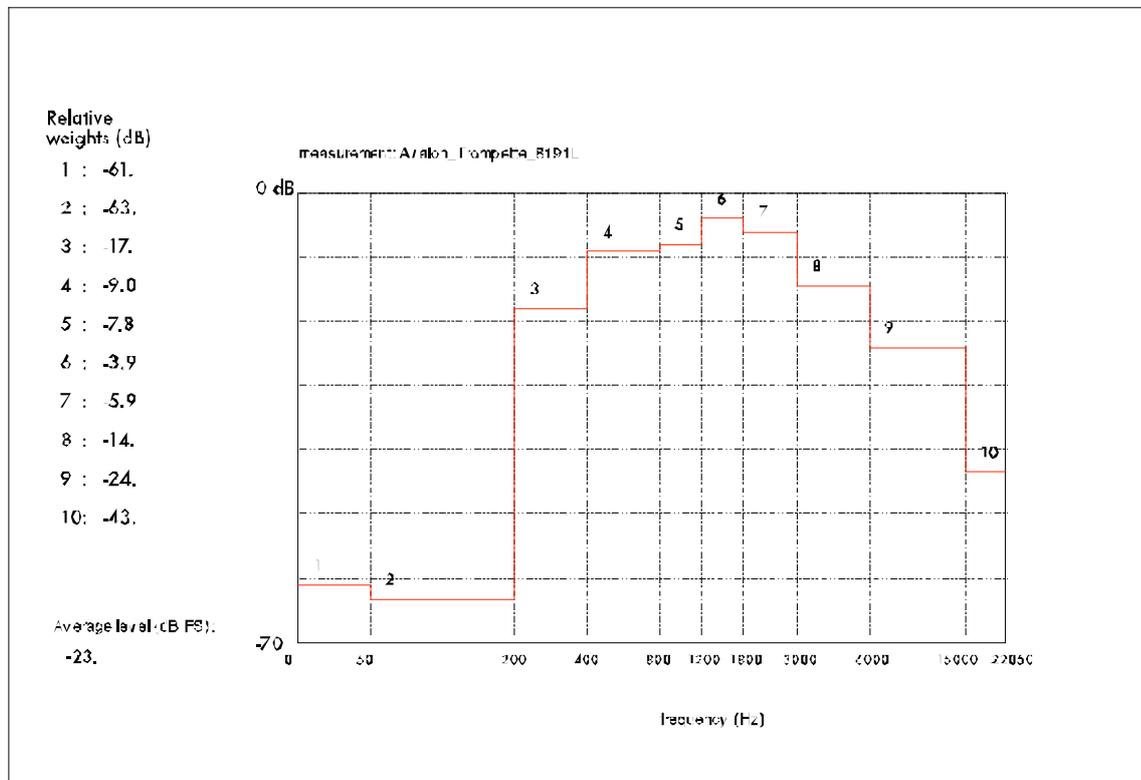
Millennia :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Avalon:

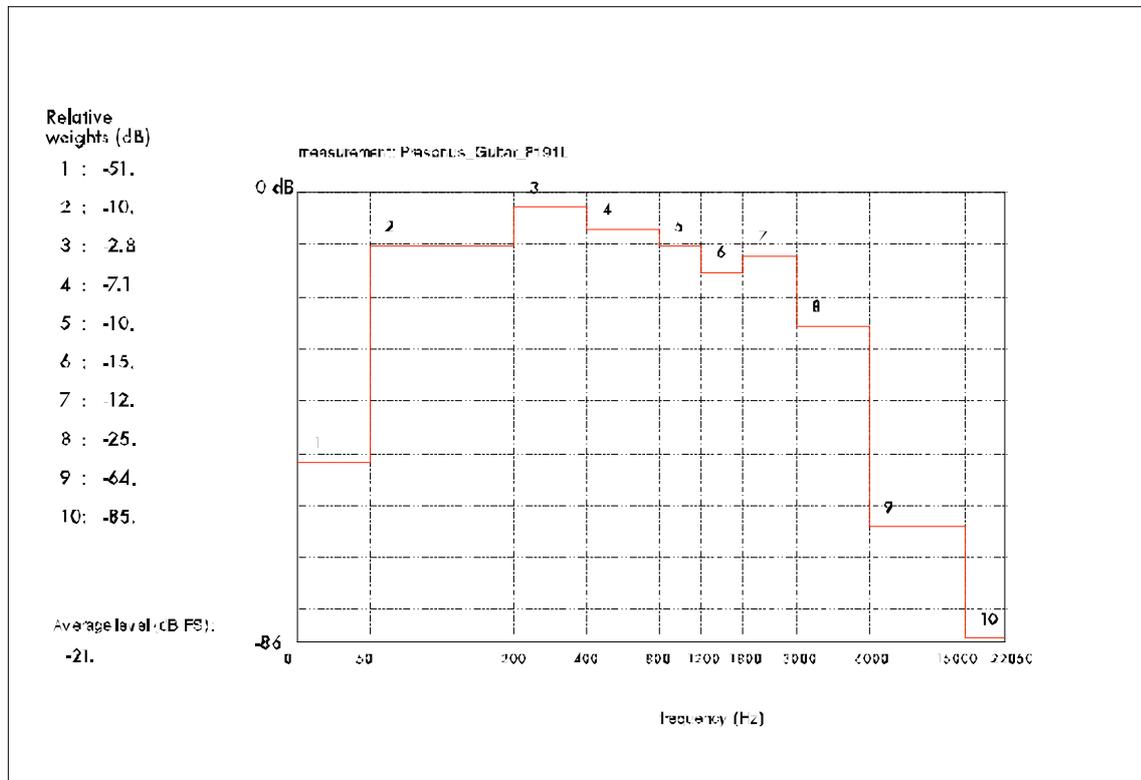
IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Guitare

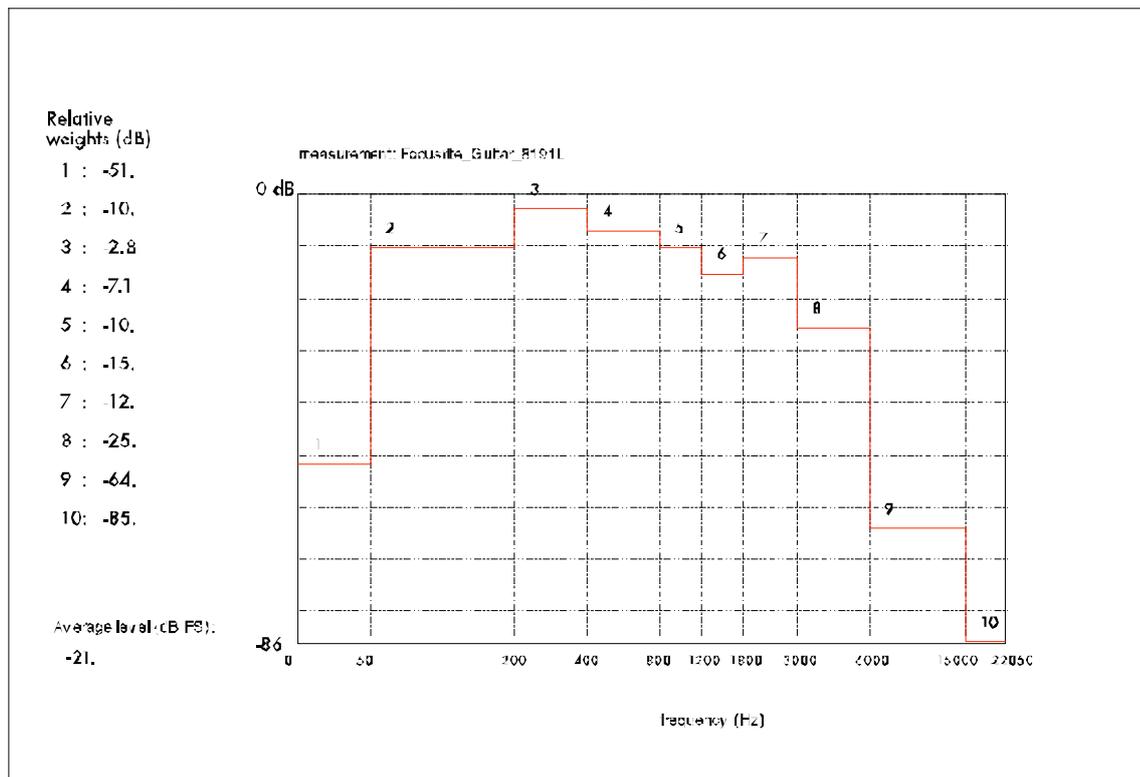
Presonus :

INS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



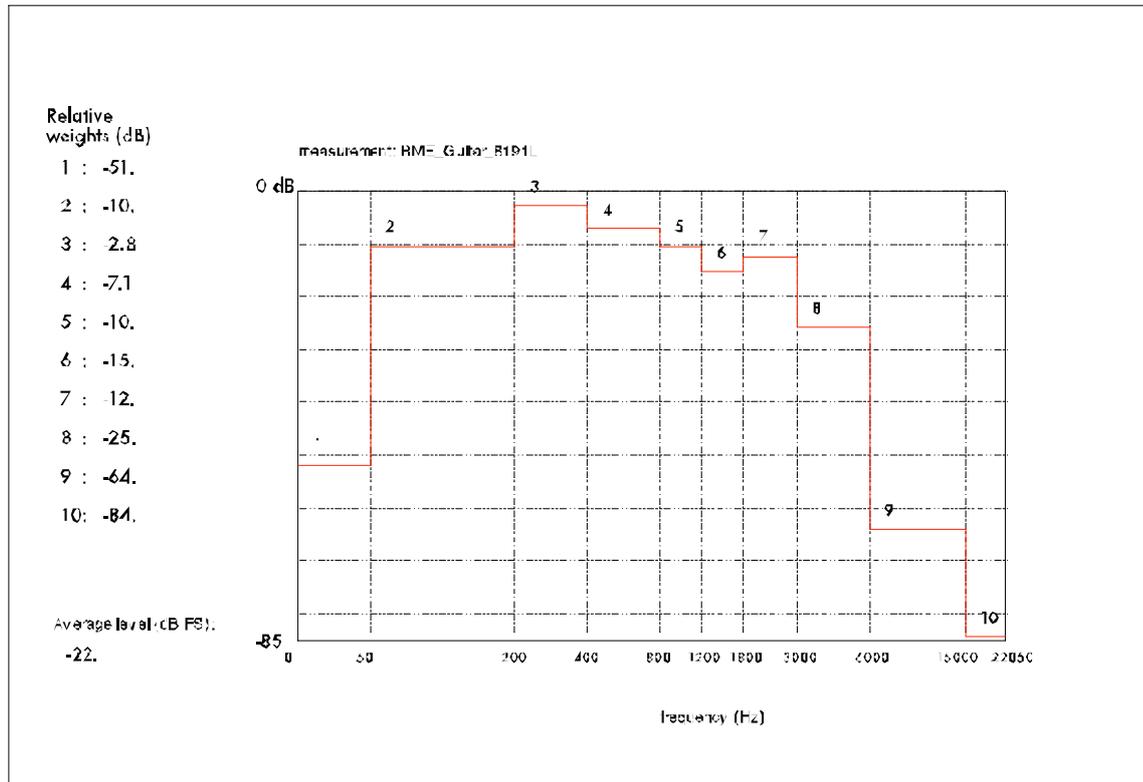
Focusrite :

INS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



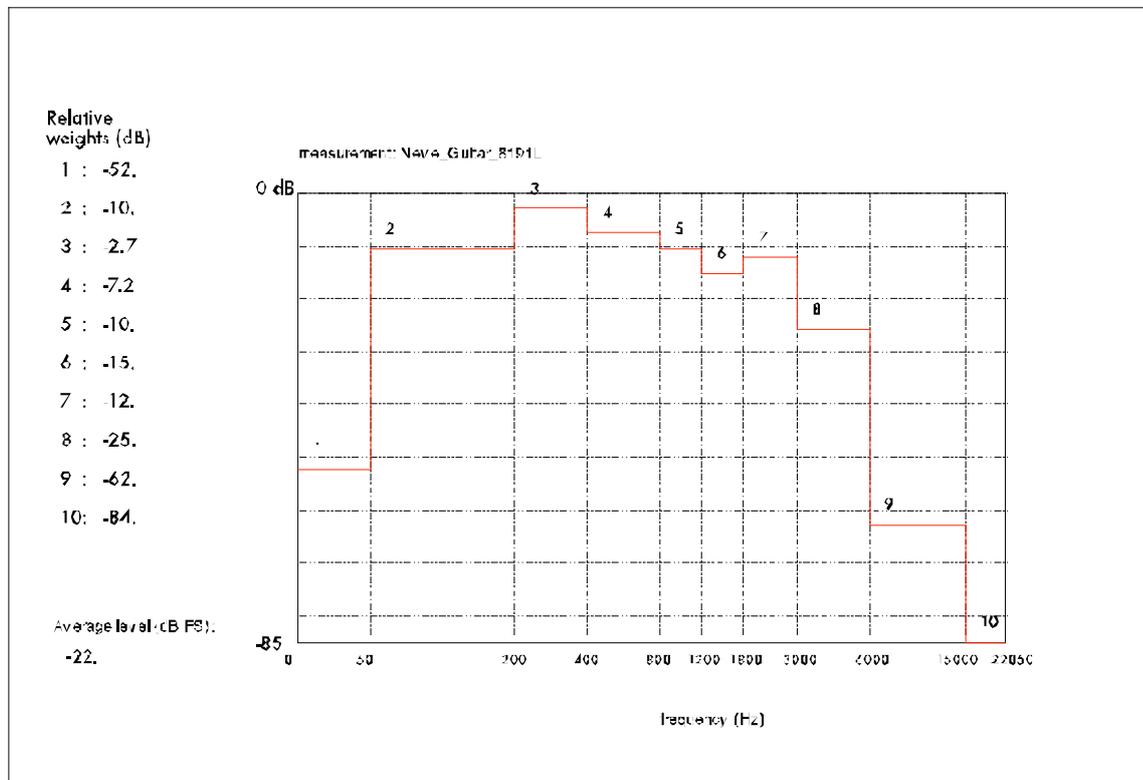
RME :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



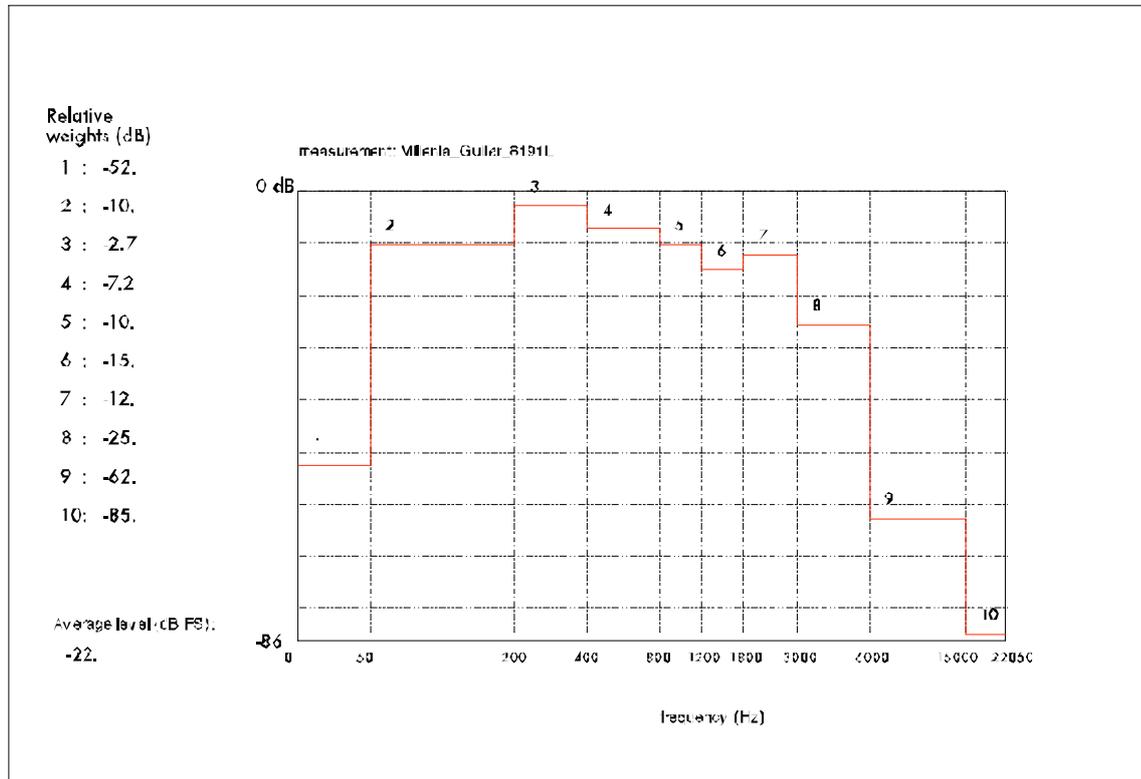
Neve :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



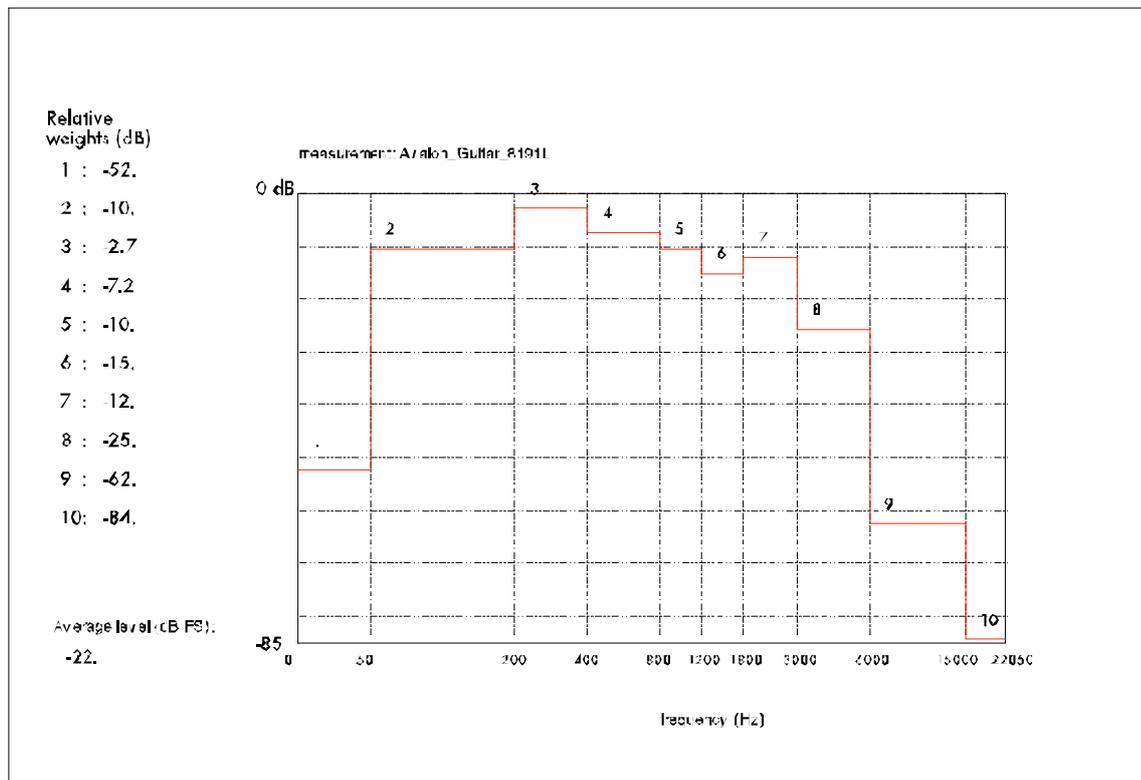
Millennia :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Avalon:

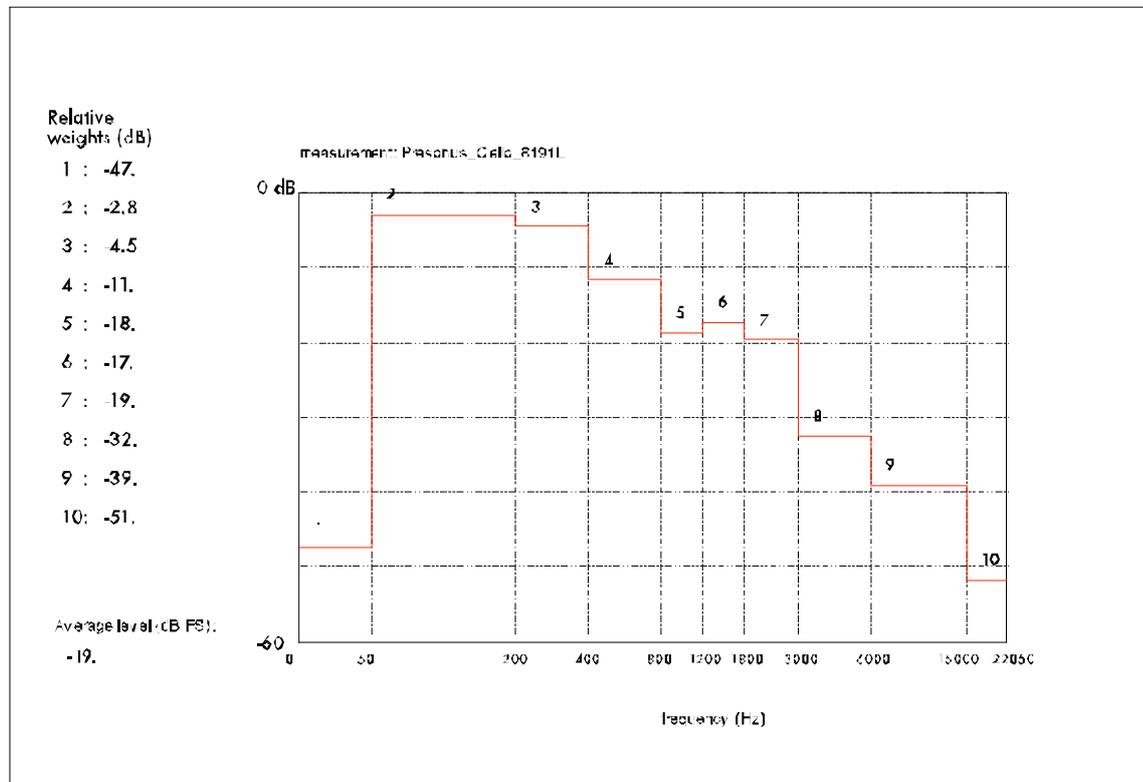
IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pais [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Violoncelle

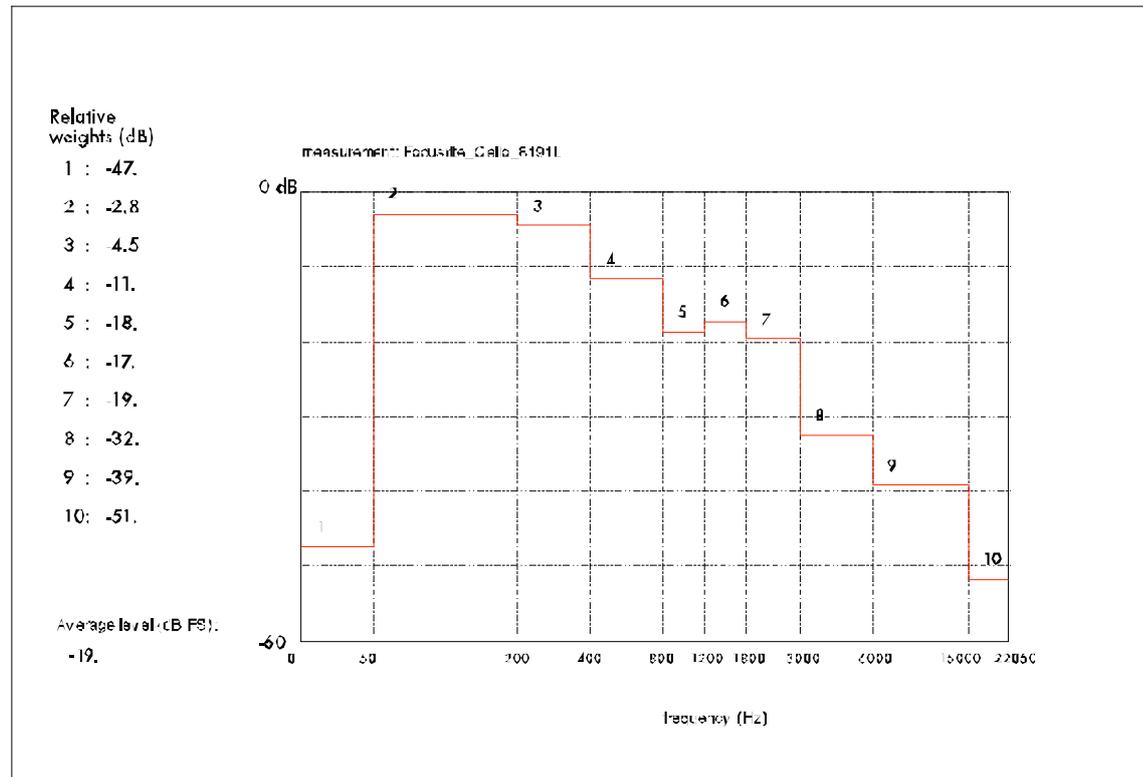
Presonus :

IN8 Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



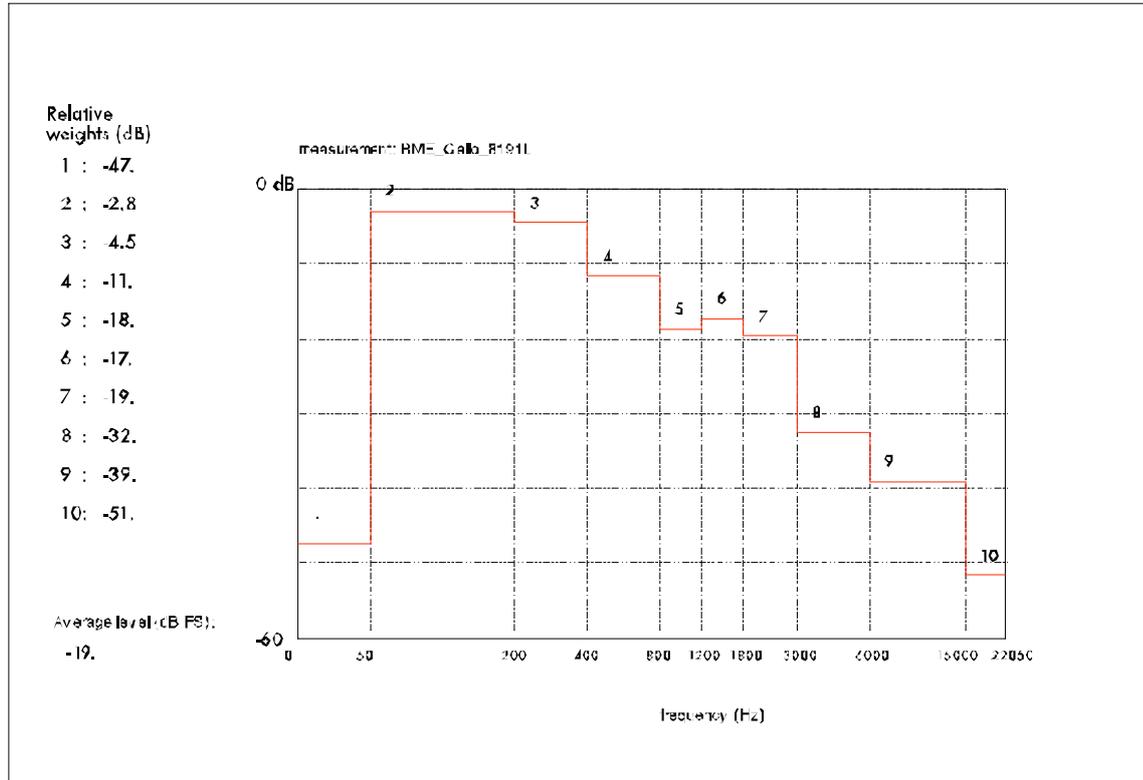
Focusrite :

IN8 Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



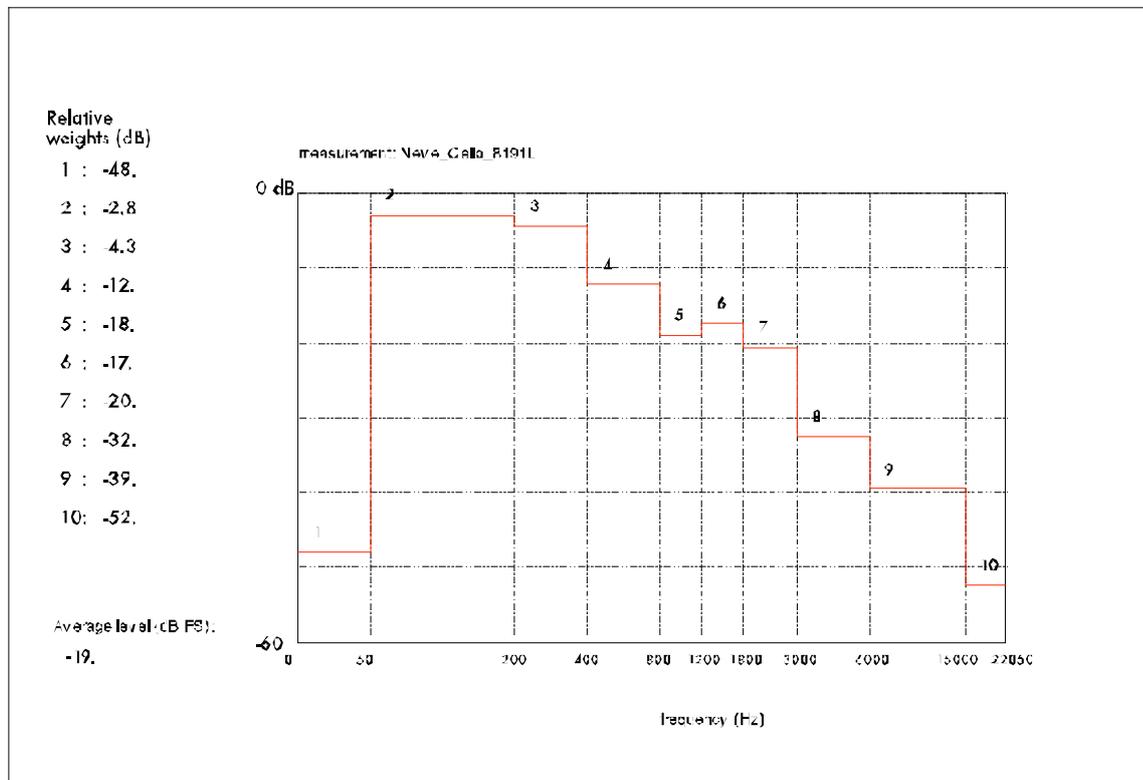
RME :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



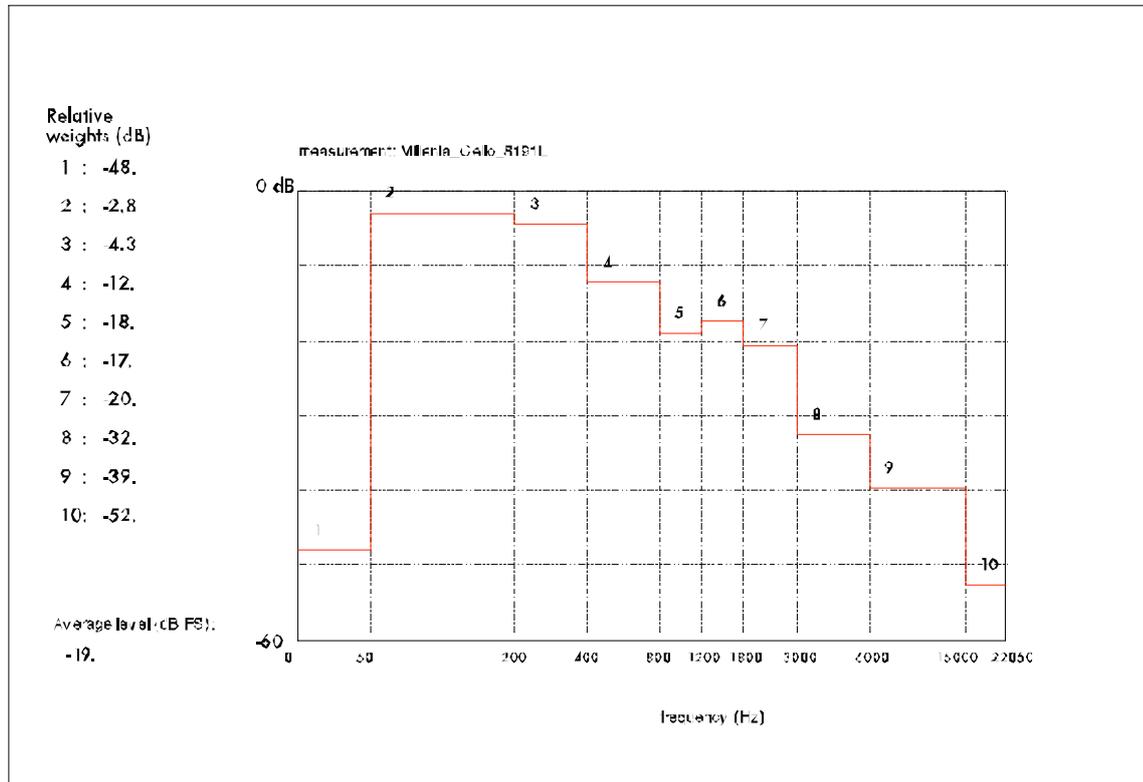
Neve :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



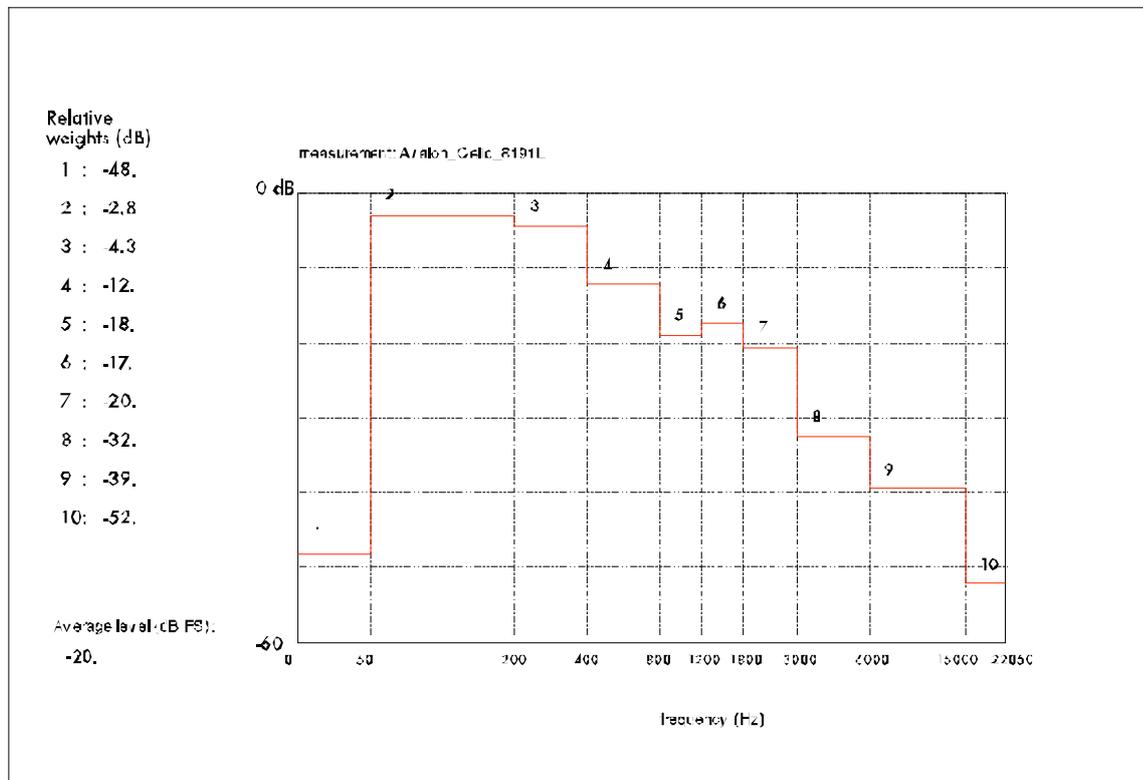
Millennia :

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Peis [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



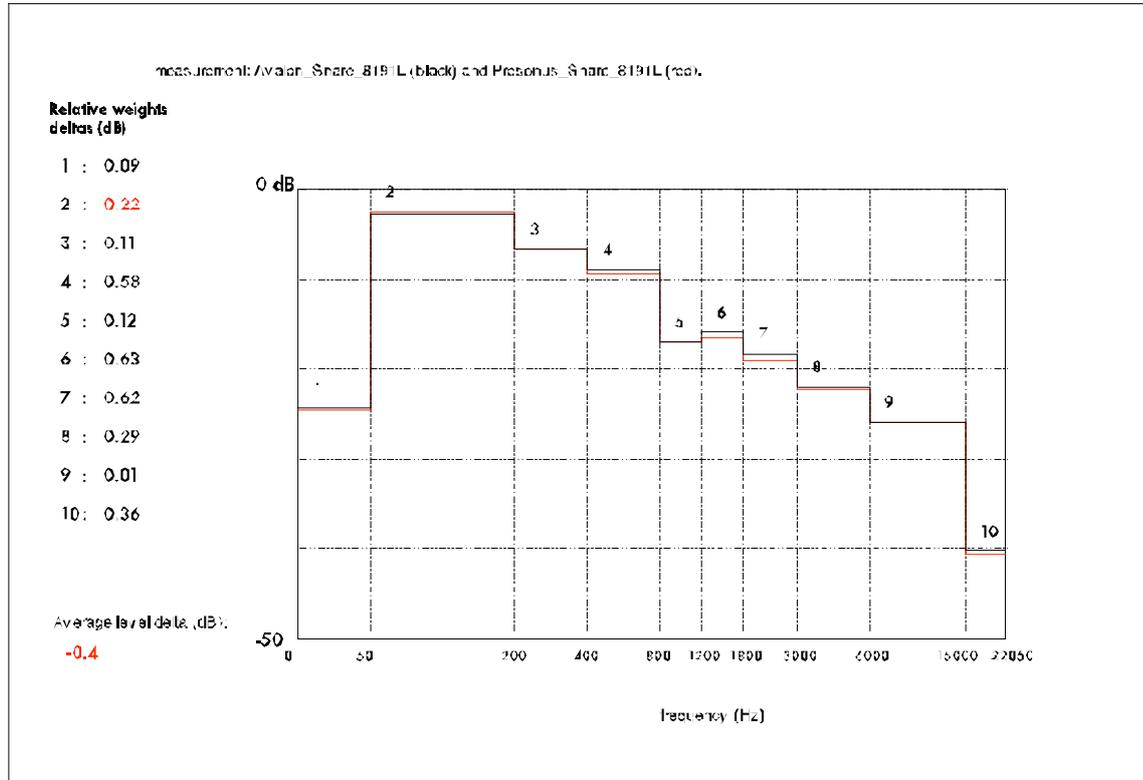
Avalon:

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Peis [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



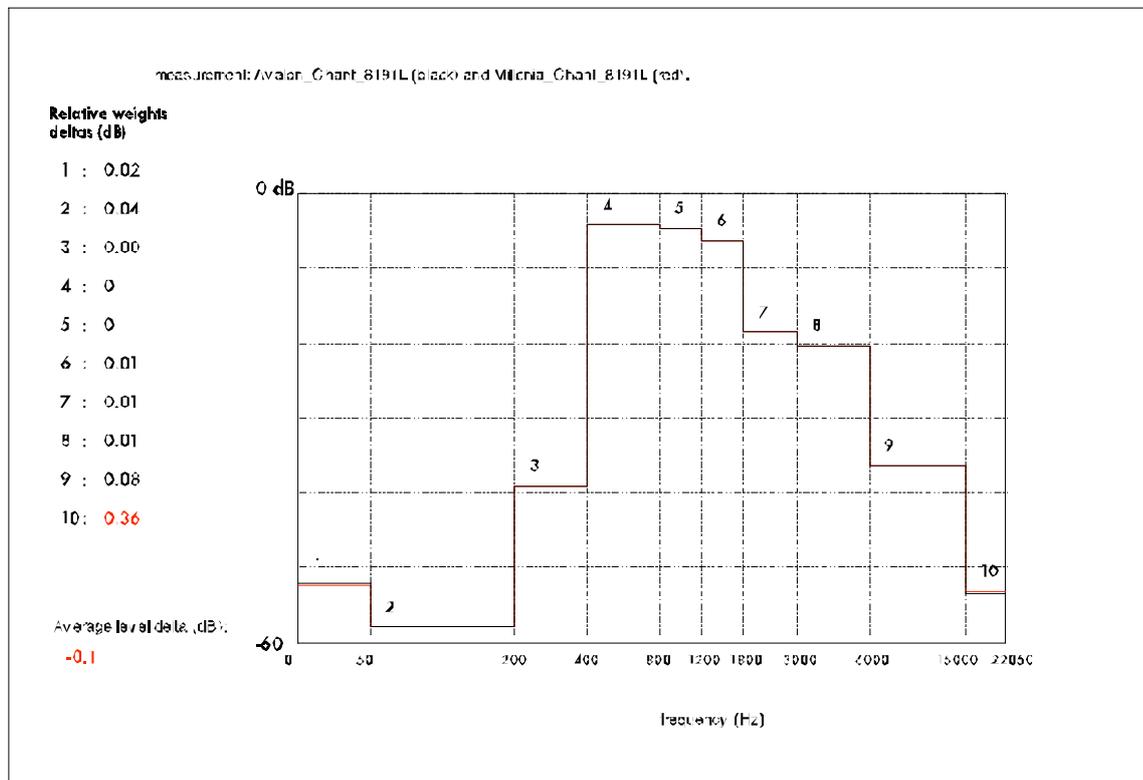
Quelques comparaisons des profils IDS Caisse claire (Avalon – Presonus)

IDS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



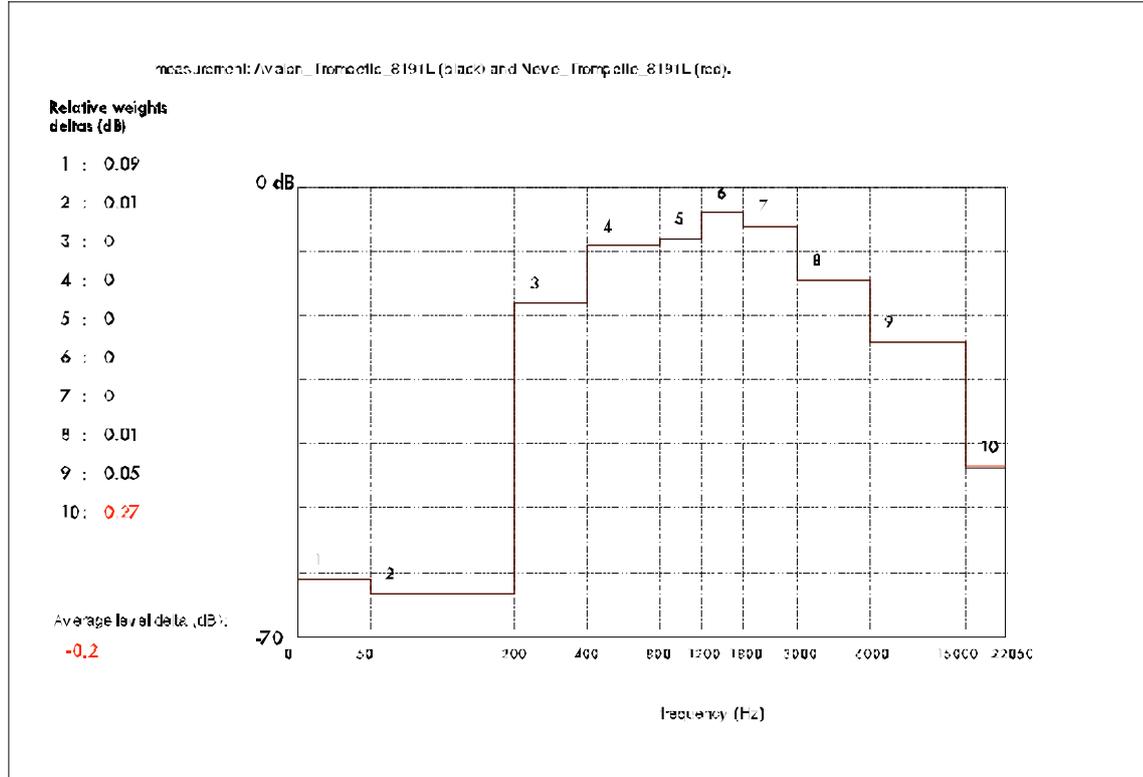
Chant (Avalon – Millennia)

IDS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



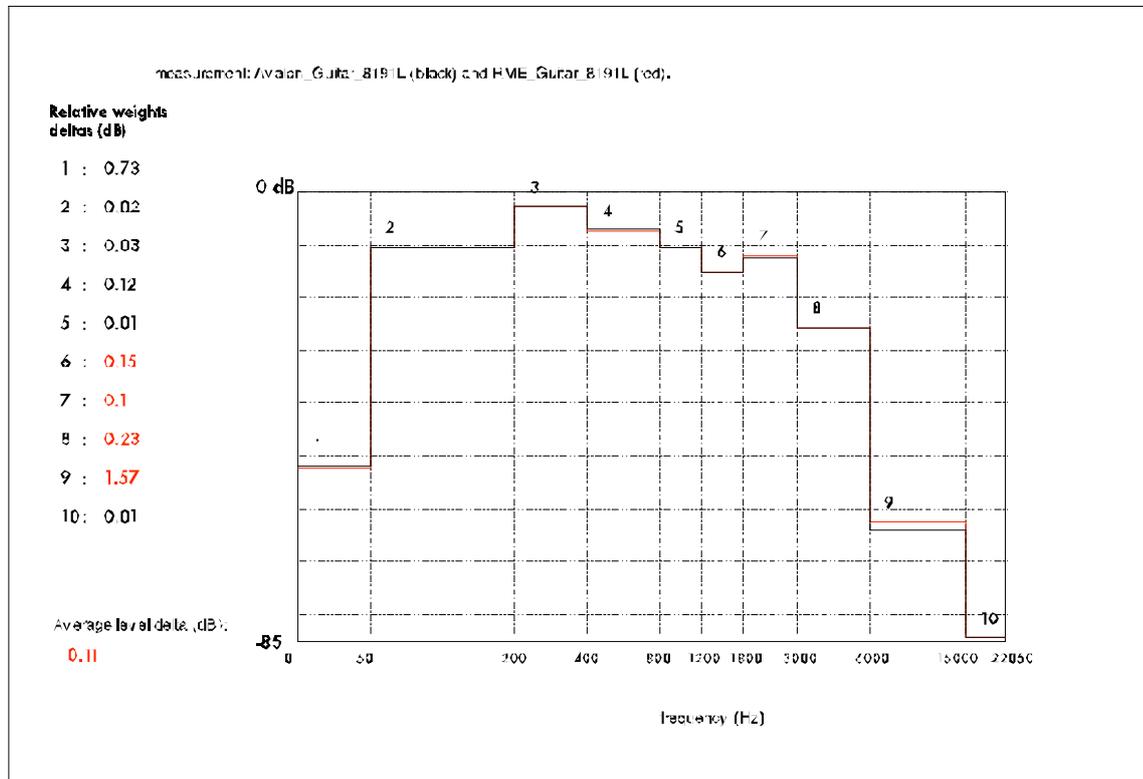
Trompette (Avalon – Neve)

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



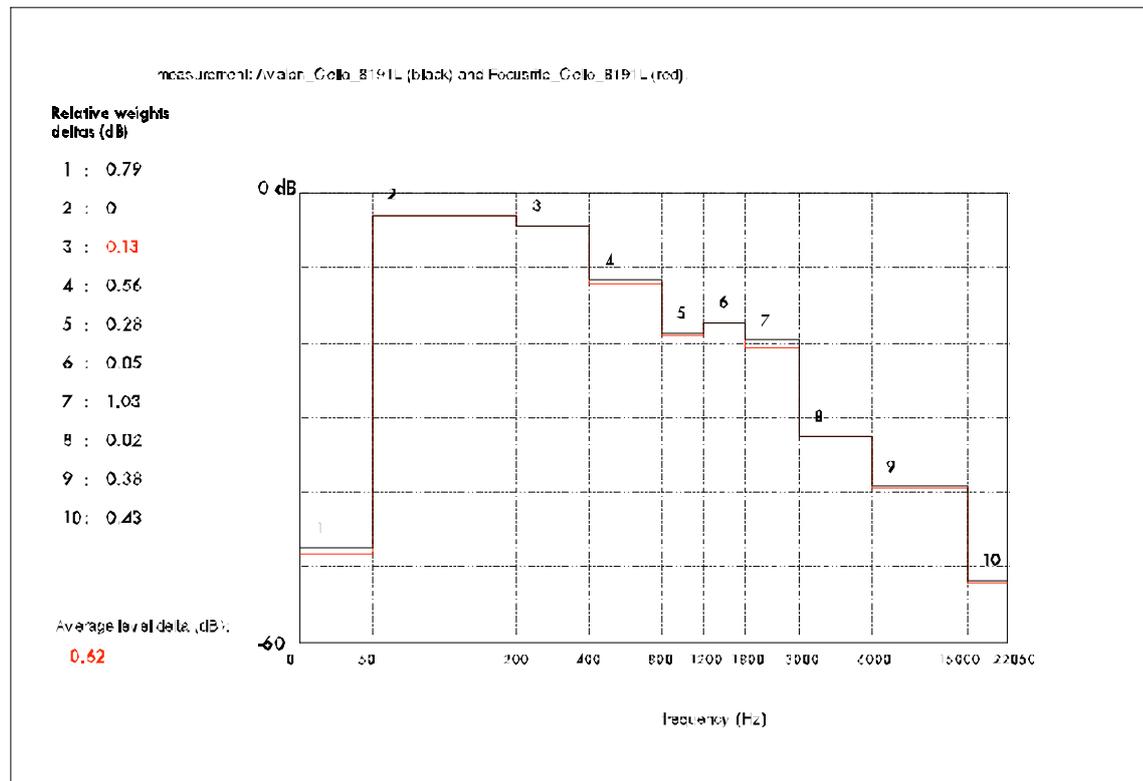
Guitare (Avalon – RME)

IPS Analyser V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Pée [ENS Louis-Lumière, IDFAT]



Violoncelle (Avalon – Focusrite)

IPS Analyse V1. Copyright © 2008 Laurent Milot, Gérard Péro [ENS Louis-Lumière, IDFAT].



Note : Toutes les comparaisons étant très semblables (comme expliqué dans la rédaction du mémoire) nous n'avons pas jugé utile d'inclure toutes les comparaisons pour chaque source.