

BANC DE TEST AUTORADIO

Audio : relevés et tests

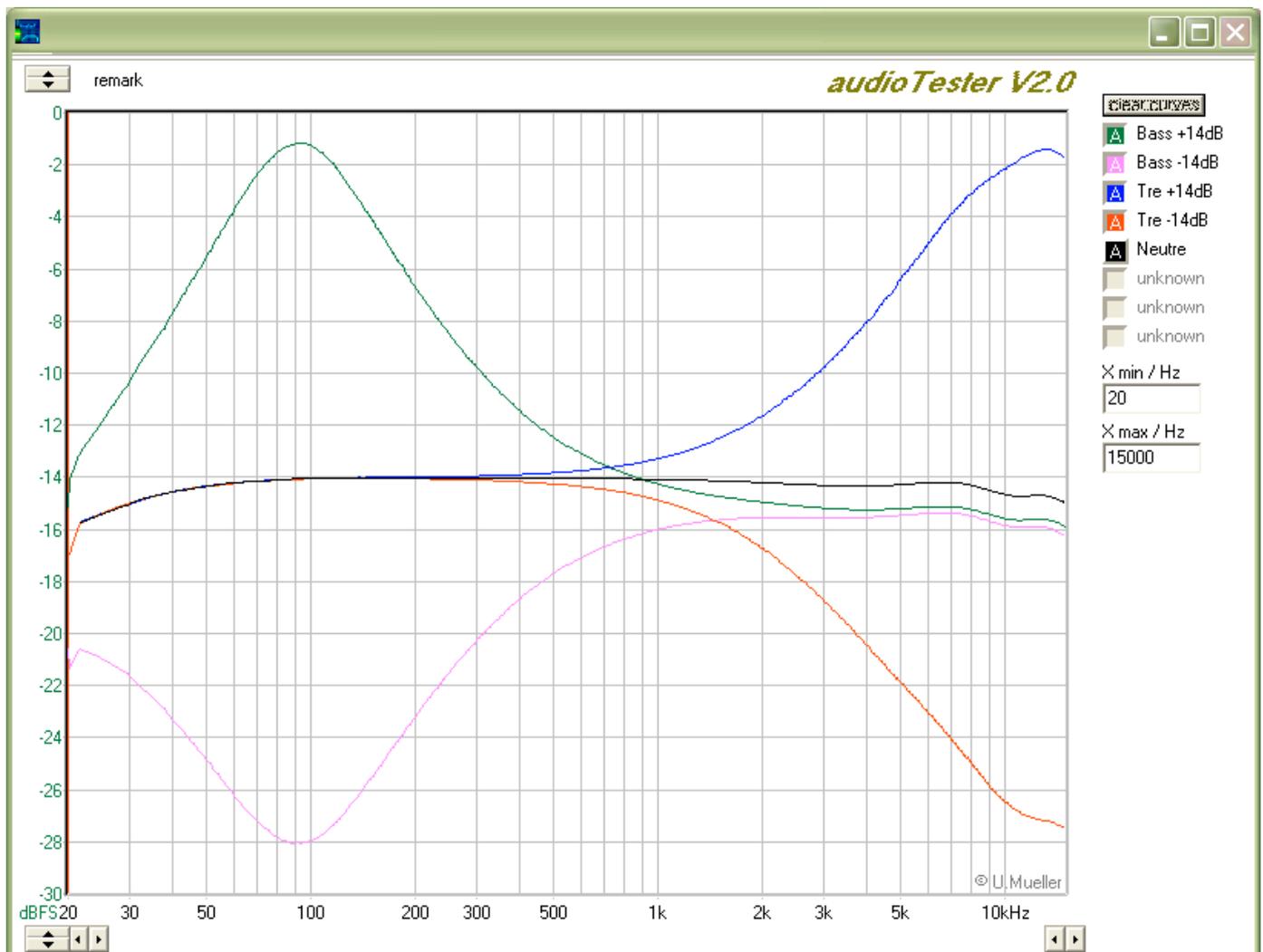
Moyens matériels et logiciels :

- Codeur multiplex NATIONAL VP-7635A
- Géné RF : PANASONIC VP-8191P
- Platine d'essais d'autoradio
- Autoradio à tester
- Logiciel d'analyse audio sur PC : "Audiotester"
- CD "Roadstar" contenant les fichiers audio nécessaires aux tests.

1. Caractérisation de l'amplificateur audio

Pour minimiser l'influence de la source, on utilise celle offrant la meilleure qualité : à savoir les fichiers ".wav" du CD audio de test "Roadstar". Ceux-ci ne sont pas compressés, ont une résolution de 16 bits et la fréquence d'échantillonnage est de 41kHz (standard CD).

1.1 Réponses en fréquences

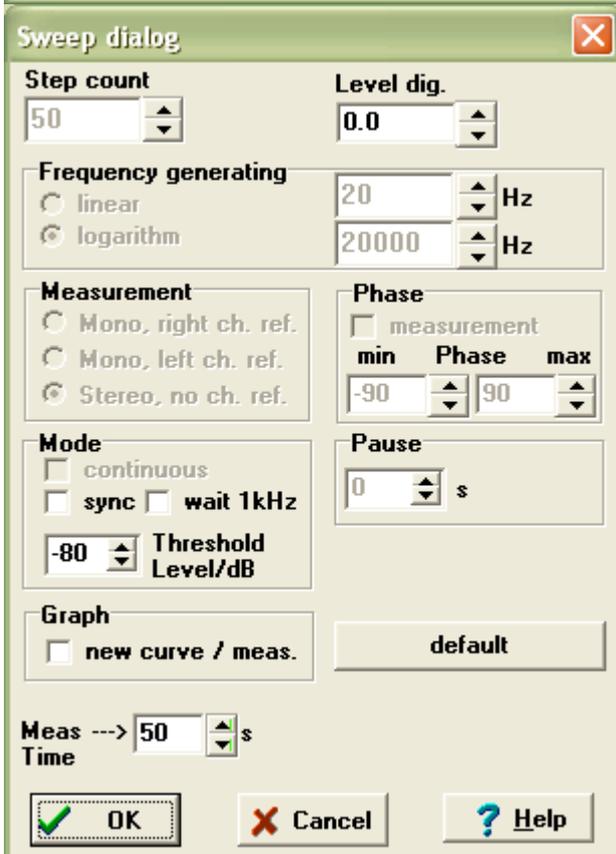
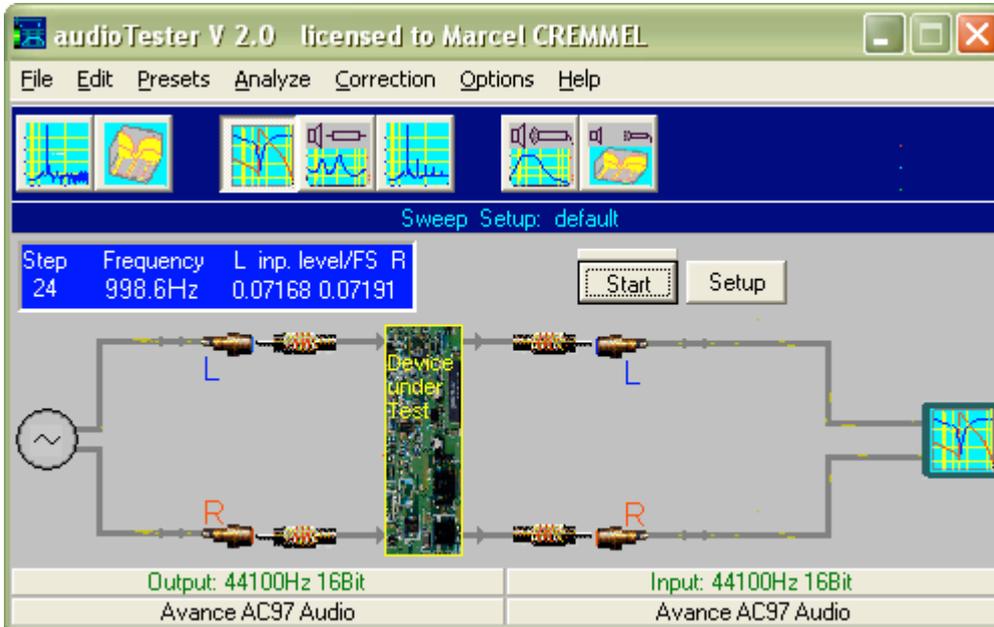


Les courbes sont obtenues pour les positions extrêmes et neutre des réglages de tonalité "Bass" et "Treble". Les irrégularités autour de 10kHz sont probablement dues aux imperfections de la carte audio du PC. Le constructeur Goldstar ne donne aucune spécification sur l'étendue des réglages de tonalité. Toutefois, l'étendue mesurée de ± 14 dB environ correspond aux indications des réglages.

Conditions :

- Câblage de l'autoradio
 - Sorties HP G et D chargée en différentiel avec 4,1Ω
 - Sorties HP G+ et D+ (mode commun) connectées aux entrées G et D de l'entrée "ligne" du PC, via une liaison capacitive (100μF) et un atténuateur 1KΩ/33Ω
 - Oscilloscope de contrôle sur ces mêmes points. Attention : ne pas relier le GND sur les sorties HP !
- Audiotester :

- Mode "Sweep Measurement"



Avec cette configuration, le logiciel Audiotester mesure simultanément la fréquence et le niveau des signaux sélectionnés et dosés par le "contrôle d'enregistrement" de Windows.

Si la fréquence du signal évolue progressivement, la réponse en fréquence est automatiquement tracée.

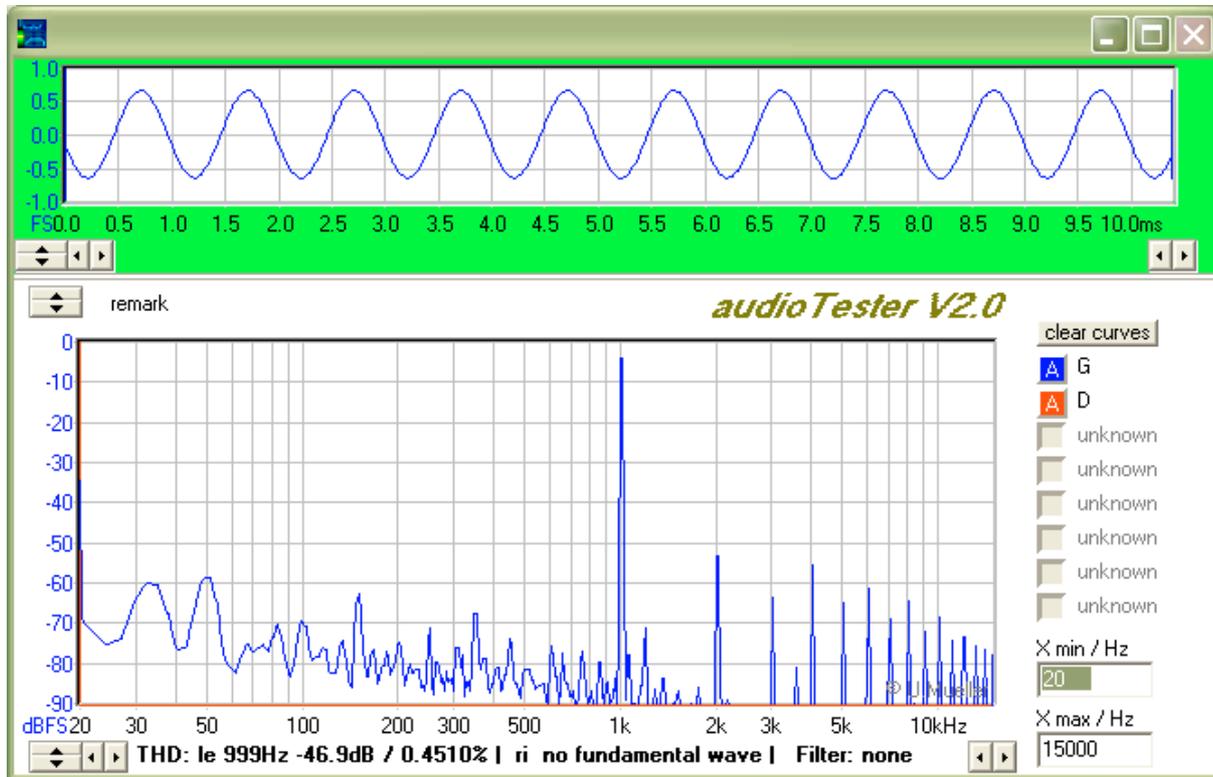
Dans la fenêtre des tracés, on n'en sélectionne qu'un seul à la fois pour n'enregistrer que la voie D.

Mode opératoire :

- Glisser le CD dans l'autoradio et sélectionner la piste 9. Mettre en pause au début de la piste.
- Tous les réglages au neutre sauf : "Bass" = +14dB

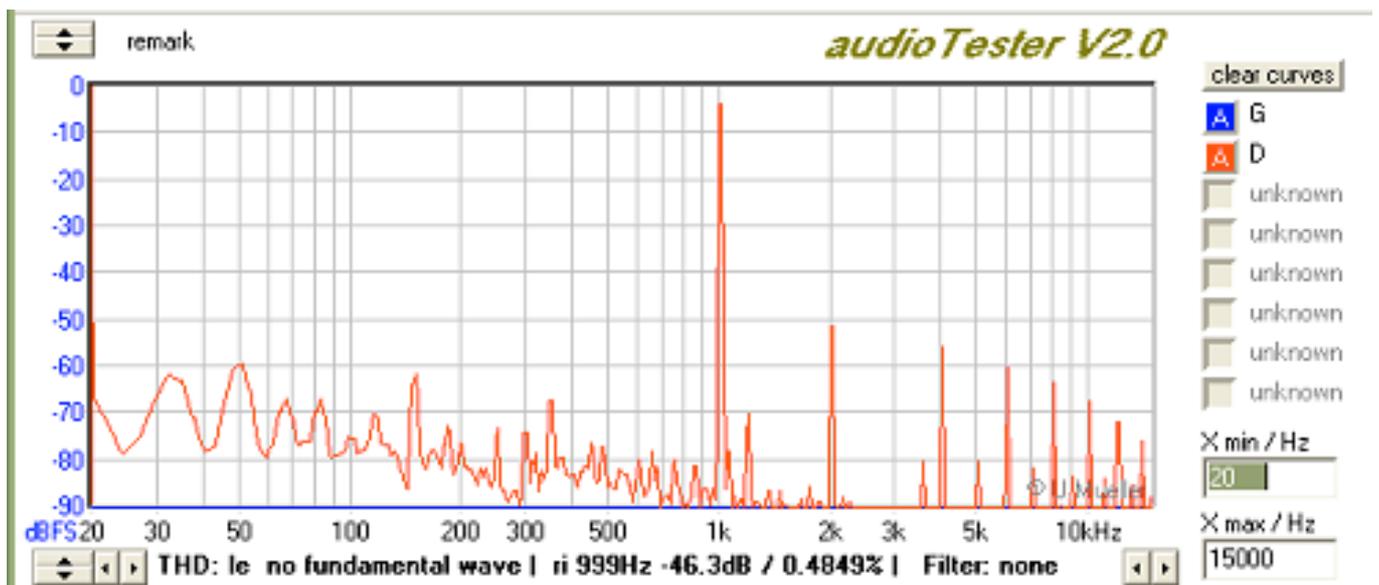
- Jouer la piste 9 et régler le volume pour obtenir sur D+ (par rapport à GND) un niveau max c.c. de 6V environ (aux alentours de 100Hz).
- Ajuster le niveau d'enregistrement de l'entrée ligne pour obtenir un niveau max proche de 0dBFS mais sans provoquer d'écrêtage.
- On peut alors réaliser les 5 relevés.

1.2 Distorsion



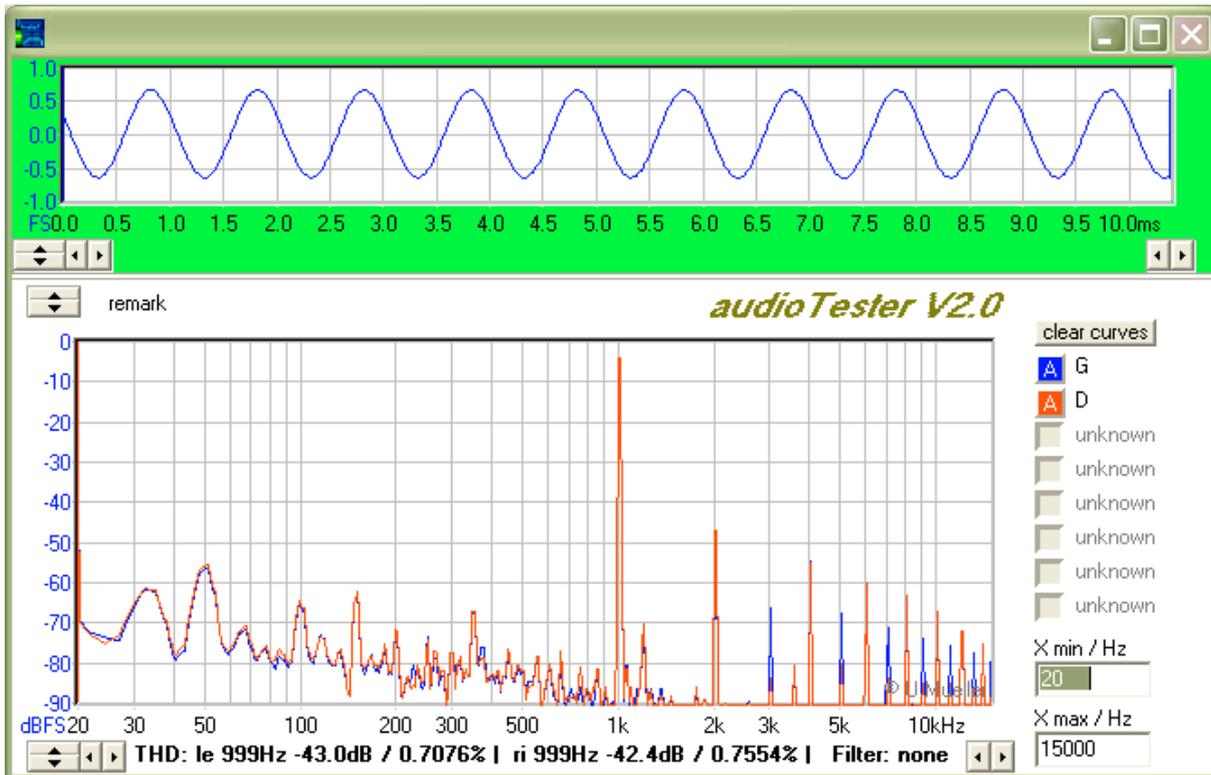
Voie G : 5V c.c. en mode commun, soit 10V c.c. en mode différentiel (3W ds 4,1Ω)

Voie D : silence



Voie G : Silence

Voie D : 5V c.c. en mode commun, soit 10V c.c. en mode différentiel (3W ds 4,1Ω)



Voie G : 5V c.c. en mode commun, soit 10V c.c. en mode différentiel (3W ds 4,1Ω)

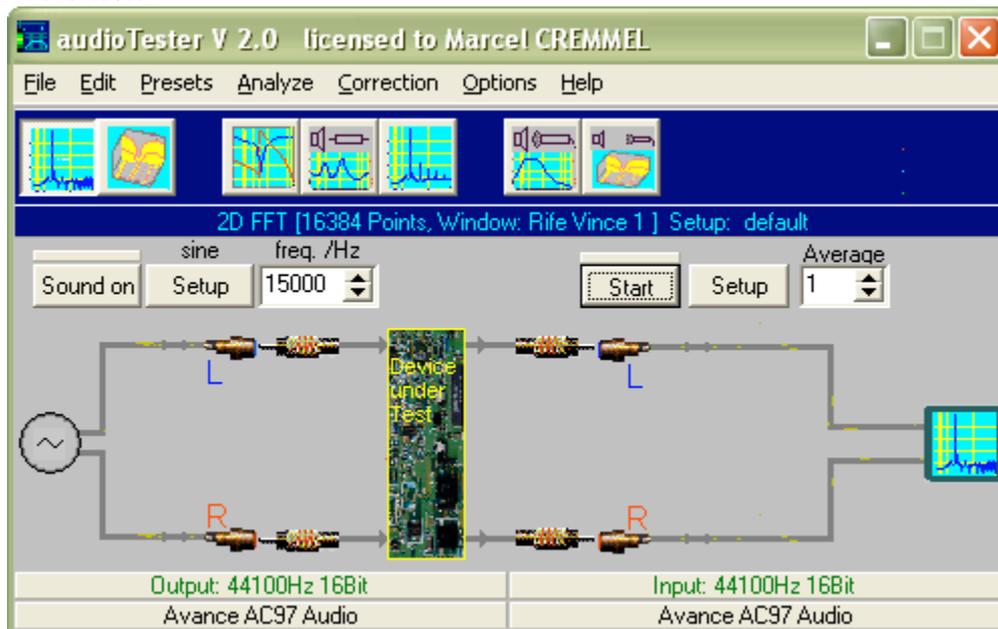
Voie D : 5V c.c. en mode commun, soit 10V c.c. en mode différentiel (3W ds 4,1Ω)

Conclusions :

Les spécifications du constructeur ne sont pas respectées : Rapport signal/brouillage > 60 dB

Mode opératoire :

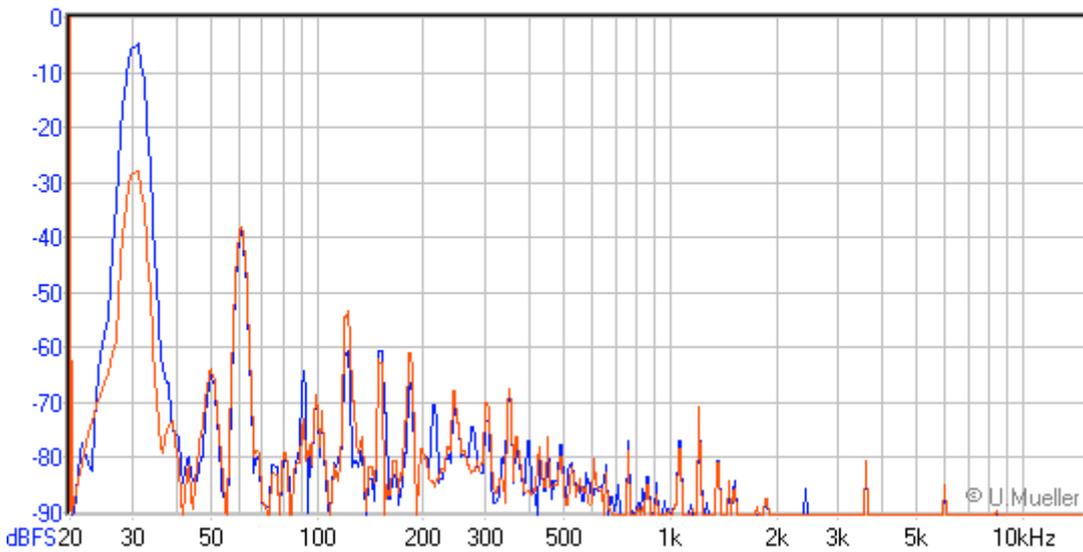
- 1° relevé : piste 1; 2° relevé : piste 3; 3° relevé : piste 2
- Volume autoradio réglé pour obtenir 5v c.c. en mode commun sur chaque sortie
- Niveau d'enregistrement de l'entrée ligne réglé pour s'approcher au mieux de 0dBFS.
- Audio tester :



1.3 Diaphonie

remark

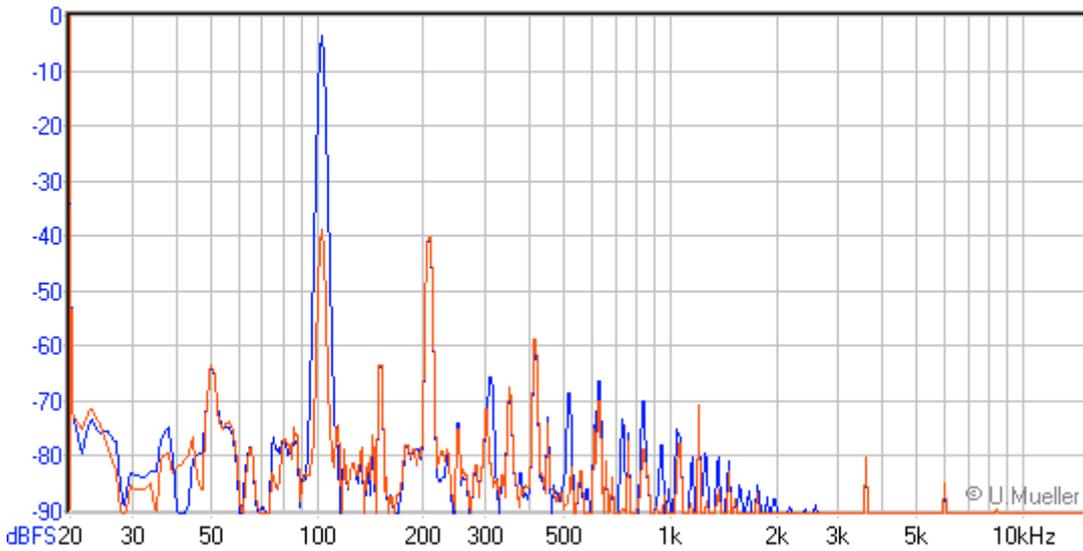
audioTester V2.0



A 30Hz :
(-4)-(-28)=24dB
(relevé à 30Hz)

remark

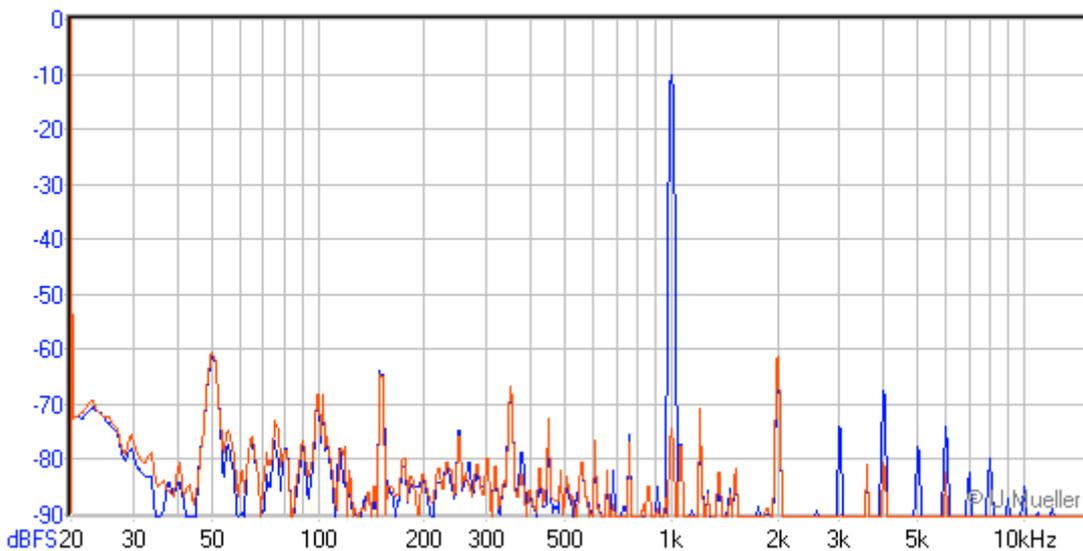
audioTester V2.0



A 100Hz :
(-4)-(-40)=36dB
(relevé à 100Hz)

remark

audioTester V2.0



A 1000Hz :
(-10)-(-62)=52dB
(relevé à 1kHz et
2kHz)

Conclusion : séparation des canaux respectée à 1kHz (> 50dB)

2. Codage MP3 sur mémoire flash USB

Pour évaluer la qualité du codage, on utilise un stimuli audiofréquence comportant une multitude de composantes sinusoïdales réparties dans le spectre. Dans la littérature spécialisée, ce test est connu sous l'acronyme **CSNR**: Complex Signal to Noise Ratio.

Le fichier sonore "Test_MP3.wav" (stéréo, 16bits, FE=44,1kHz) comporte :

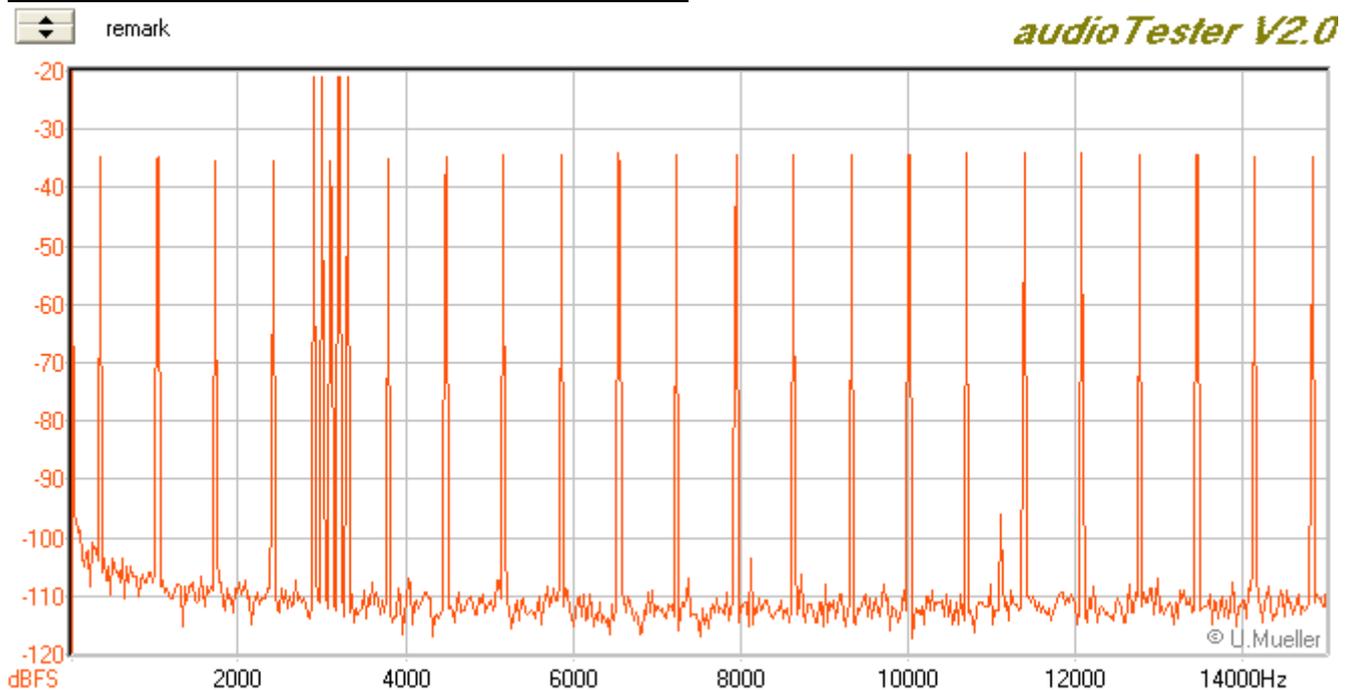
- voie G : silence
- voie D :
 - un "peigne" de 23 composantes sinusoïdales de niveau -33dBFS environ et de fréquences espacées de 689Hz : soit entre 344Hz et 15502Hz
 - Les fréquences de ces 23 composantes sont choisies pour être centrées sur les 23 premiers filtres du premier banc de 32 filtres du codeur MP3 (voir document ressources §3).
 - 4 composantes sinusoïdales de fréquences : 2900Hz, 3000Hz, 3200Hz et 3300Hz et de niveau -20dBFS environ pour éviter les débordements du signal numérique.
 - Ces 4 composantes encadrent la composante 3100Hz du "peigne" de raies. La bande passante du filtre correspondant du codeur MP3 s'étend de 2756Hz à 3445Hz. Ces 5 composantes passent donc toutes par ce filtre avant de subir la compression.

2.1 Source = CD

Mode opératoire :

- Lecture de tous les fichiers avec "CDex Player". Analyse avec AudioTester.
- Codage MP3 sur PC avec codeur "Lame" : MPEG II/128kbps/stéréo/q=0
- Le codage MP3 sur l'autoradio n'est pas paramétrable : le débit est fixé à 128kbps. A noter qu'il est très lent ! Le fichier compressé est enregistré sur la mémoire "flash" USB puis analysé sur le PC.

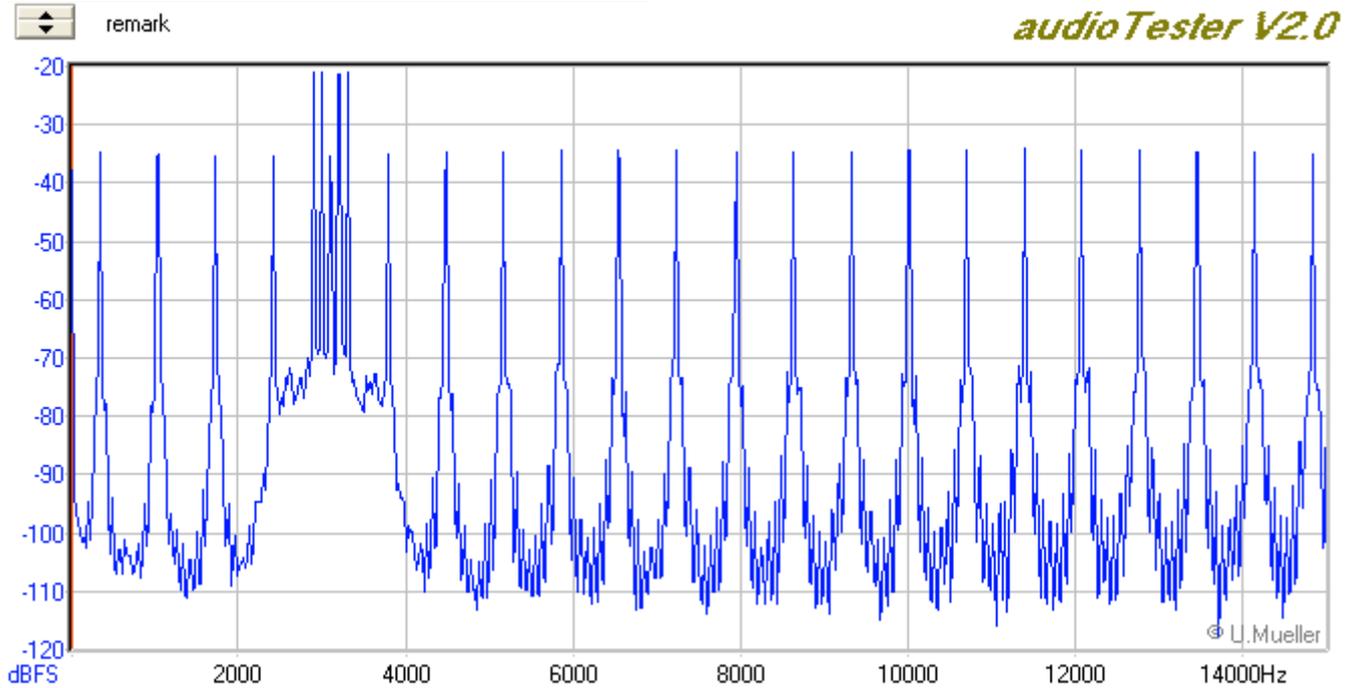
Spectre du signal de référence (sans compression) : Test_MP3.wav



On constate une dynamique très élevée, de l'ordre de 90dB (niveau de bruit = -110dBFS et niveau composante max = -20dBFS).

Le niveau de bruit de -110dBFS est atteint même entre 2 composantes très proches en fréquence.

Spectres du signal MP3 encodé par l'autoradio :

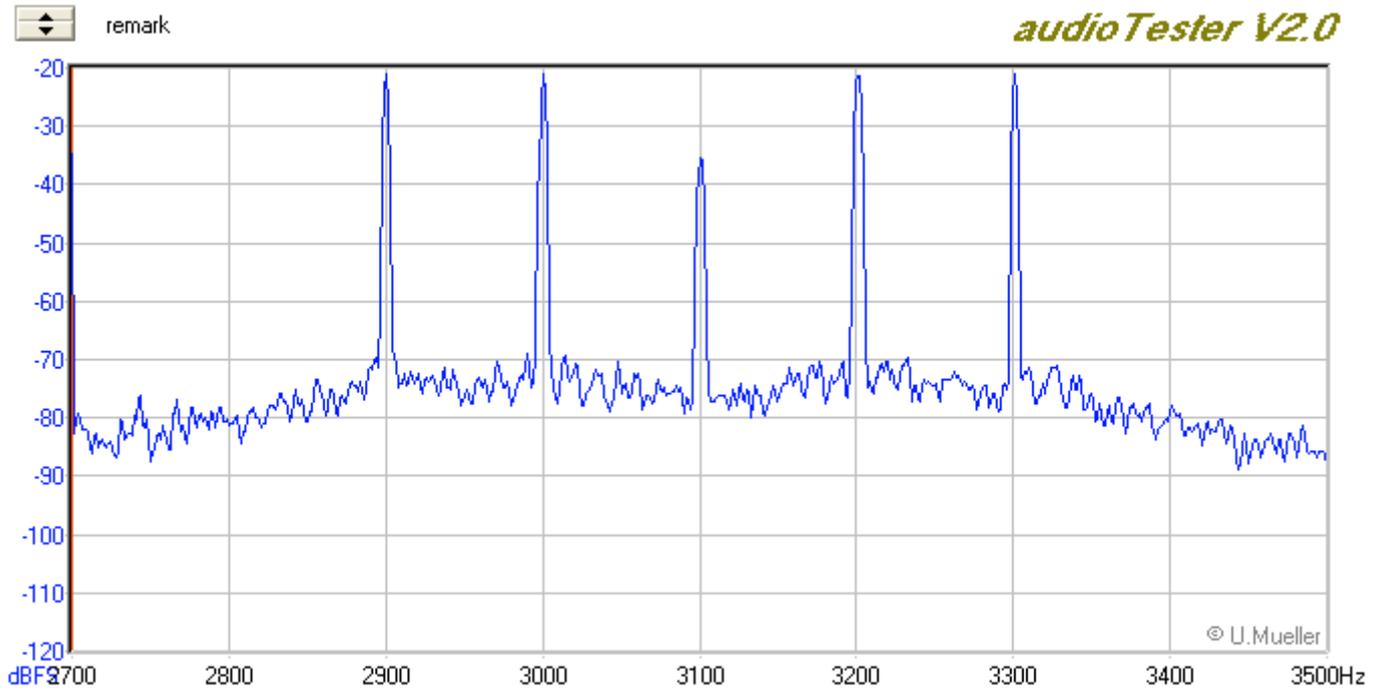


La réponse en fréquence est plate et atteint au moins 15kHz. Parfait sur ce point.

Par contre, le niveau du bruit de quantification augmente considérablement dès que les composantes sont proches en fréquence.

De plus, les raies s'élargissent vers le bas, ce qui est aussi une conséquence du bruit ajouté par le codeur.

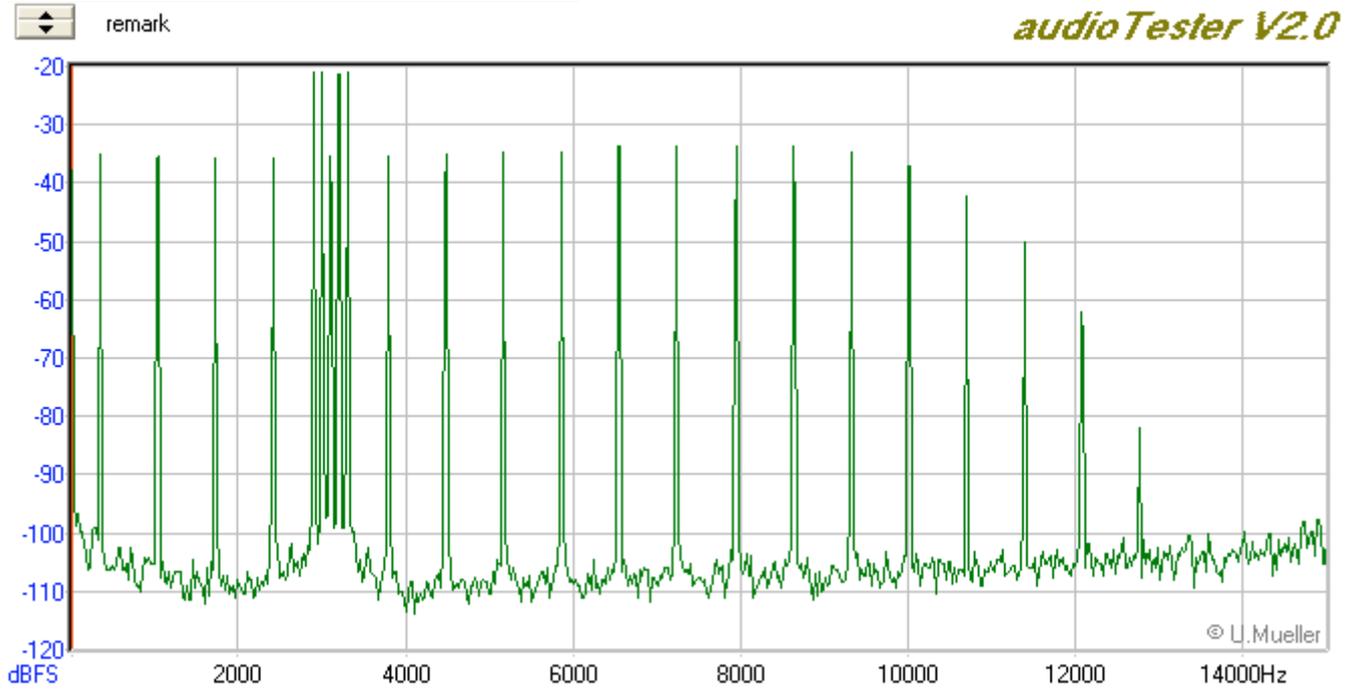
Zoom autour de 3100Hz



On constate que le niveau de bruit n'est plus que de -75 dBFS entre ces composantes (réjection de 53dB environ). Ceci est la conséquence de la réduction de la résolution de quantification des composantes dans ce domaine de fréquence par le codeur MP3 (il doit quantifier plusieurs composantes de niveau élevé dans chaque "bark" concerné : voir doc MP3).

Mais ce bruit n'est théoriquement pas audible, car masqué par les 5 composantes.

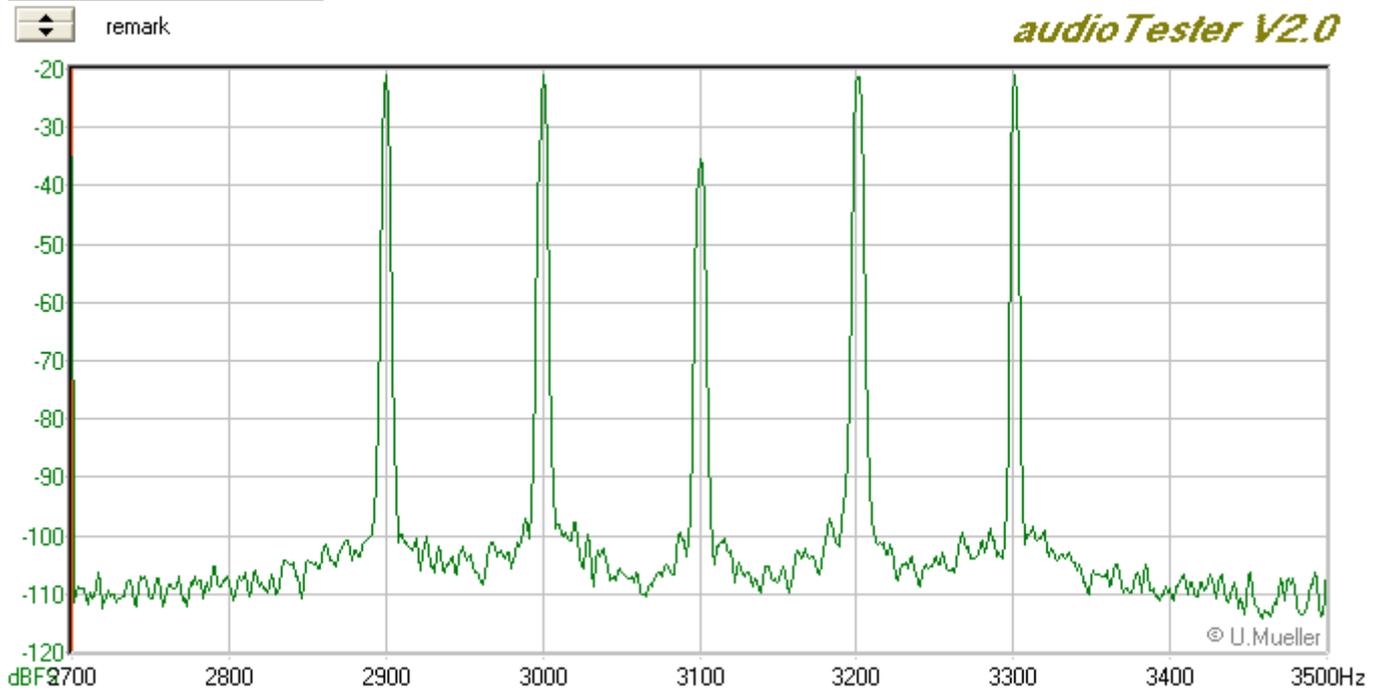
Spectres du signal MP3 codé par "Lame" :



La réponse en fréquence est volontairement limitée (c'est un choix du concepteur !).

Par contre, les raies sont plus étroites et le plancher de bruit entre les composantes "éloignées" est plus bas de qq dB.

Zoom autour de 3100Hz



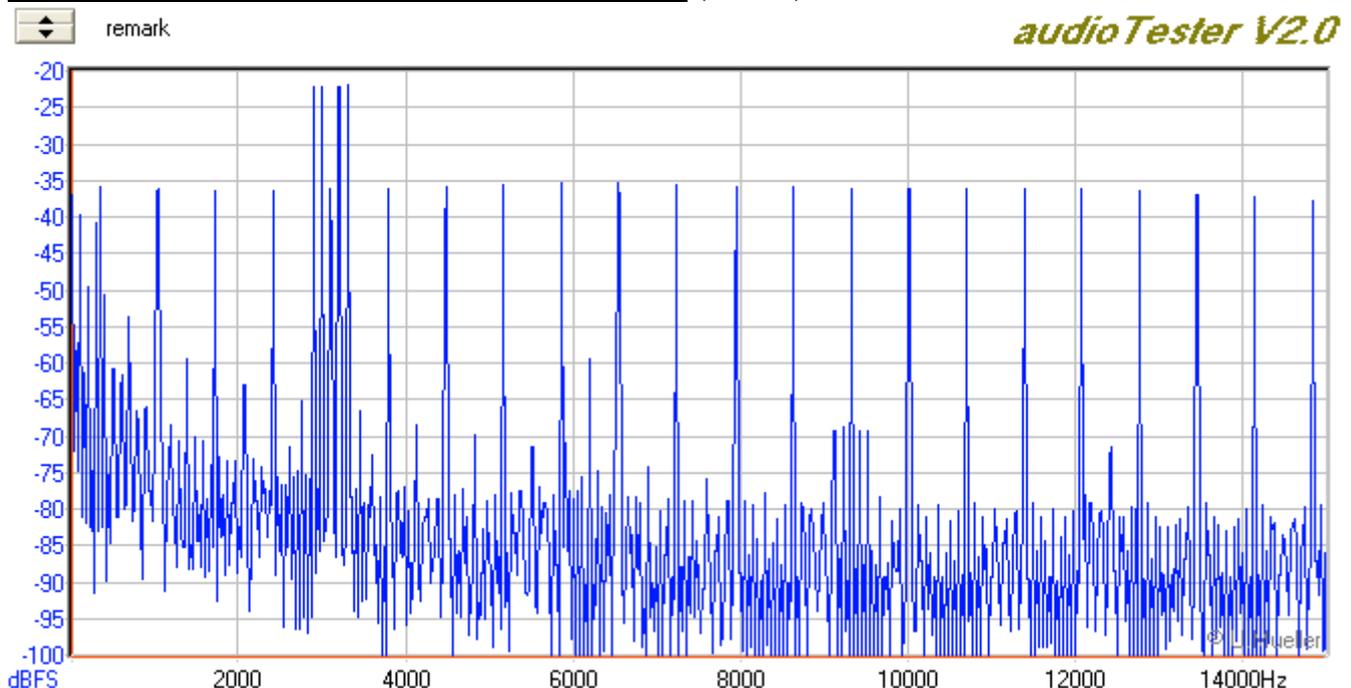
On constate ici une nette amélioration par rapport au codeur MP3 de l'autoradio : le niveau de bruit entre les composantes "proches" est de -105dBFS environ, soit 30dB de mieux !

2.2 Source = FM

Mode opératoire :

- Lecture du fichier "Test_MP3.wav" sur le PC avec "CDex Player".
- La sortie audio du PC est la source du codeur MPX. La sortie doit être amplifiée (x5 environ) pour obtenir un niveau suffisant. Il faut supprimer toute composante continue.
- Codeur MPX NATIONAL VP-7635A :
 - Entrée externe stéréo
 - Mode "mono"
 - Préaccentuation : 50 μ S
- La sortie MPX du codeur module le générateur RF (90MHz/60dB μ V/ Δ F=75kHz).
- Sortie du géné RF sur l'entrée antenne
- Autoradio accordé sur 90MHz
- Les sorties HP de l'autoradio en mode commun et atténuées (voir précédemment) sont connectées sur les entrées "ligne" du PC.
- Le signal audio est analysé avec AudioTester (44,1kHz/32768pts)

Spectre du signal audio démodulé par l'autoradio (voie G)



On ajuste le niveau de sortie du codeur MPX pour optimiser le spectre du signal audio démodulé :

- rapport "niveau composantes"/"niveau bruit" le plus grand possible
- pas de pompage

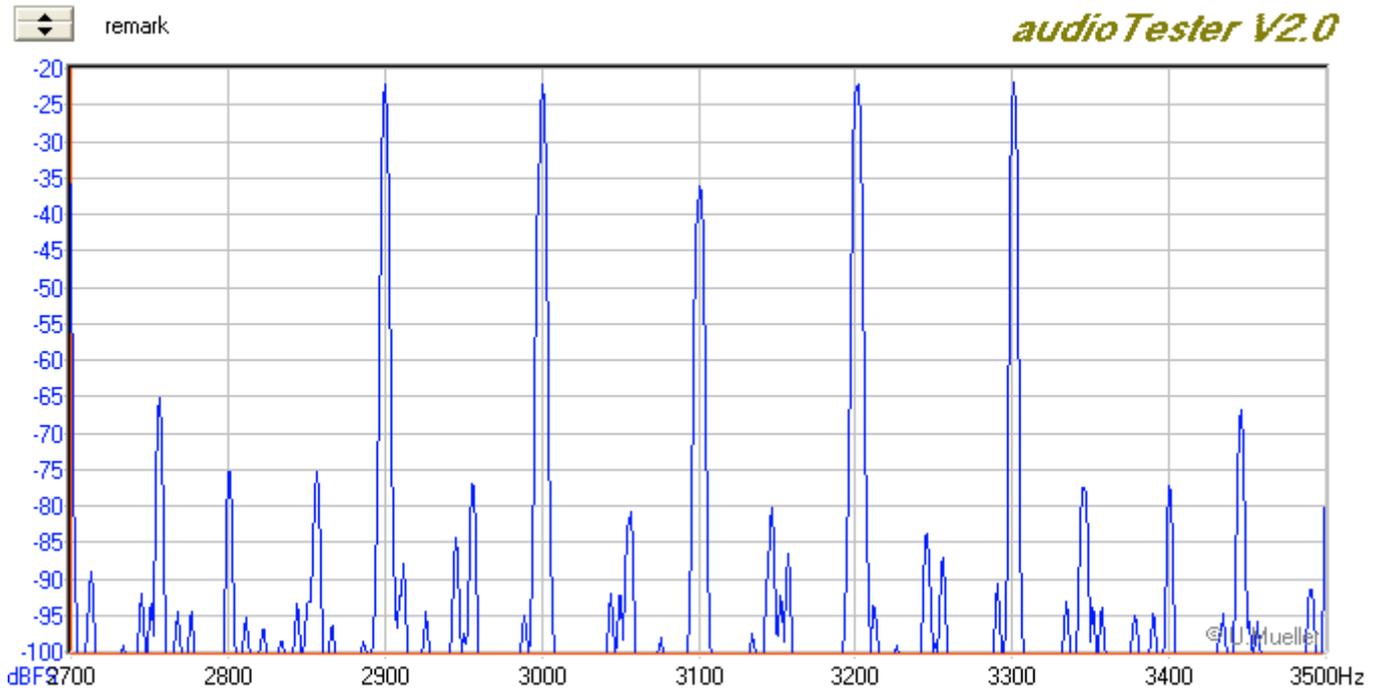
Il faut également agir sur le volume de l'autoradio (sans excès !) et le niveau d'enregistrement de l'entrée ligne.

Pour faciliter les comparaisons, on peut aussi s'arranger pour obtenir les mêmes niveaux des composantes que la source "Test_MP3.wav".

Commentaires :

- Réponse en fréquence assez plate (moins de 3dB de variation jusqu'à 15kHz).
- Apparition de qq composantes indésirables : ronflette 50Hz, harmoniques (notamment pour les composantes de part et d'autre de 3100Hz) et bruit supplémentaire

Zoom autour de 3100Hz

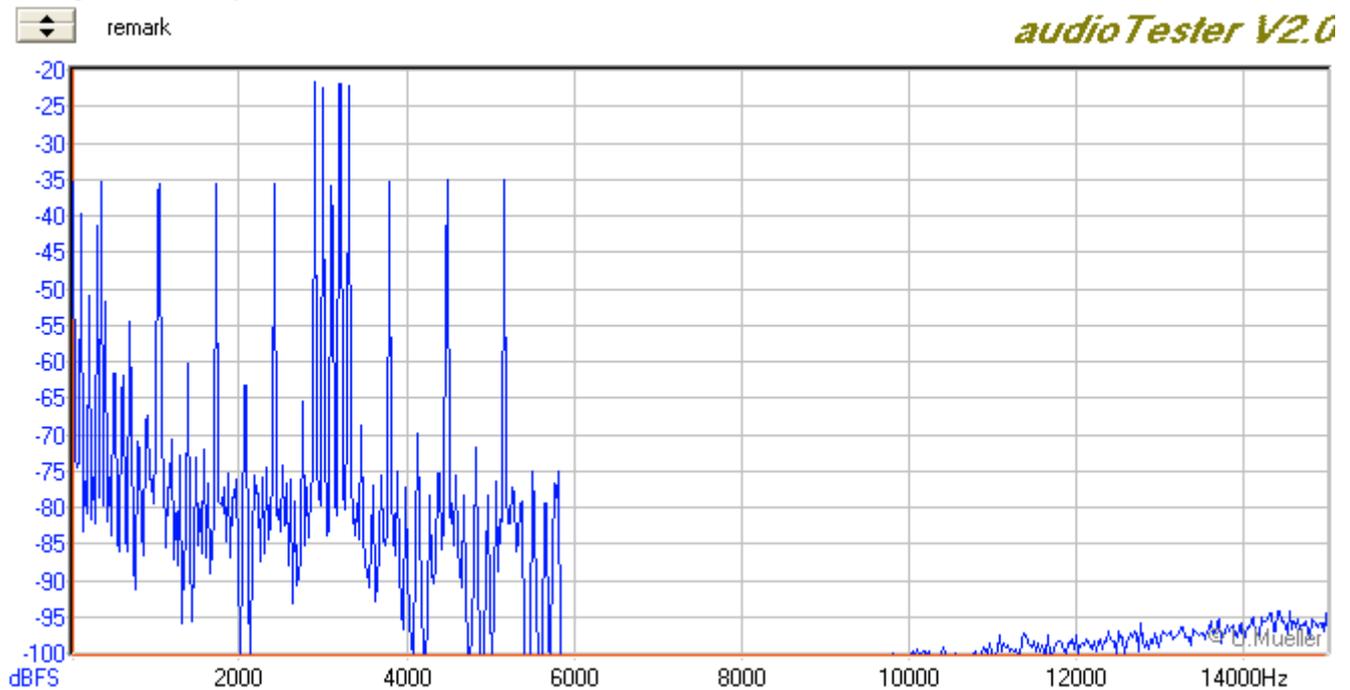


On constate que :

- les niveaux relatifs sont bien respectés (13dB d'écart)
- l'apparition de composantes indésirables de niveau 43dB à 63dB inférieur

Spectre du signal enregistré sur la mémoire flash USB par l'autoradio

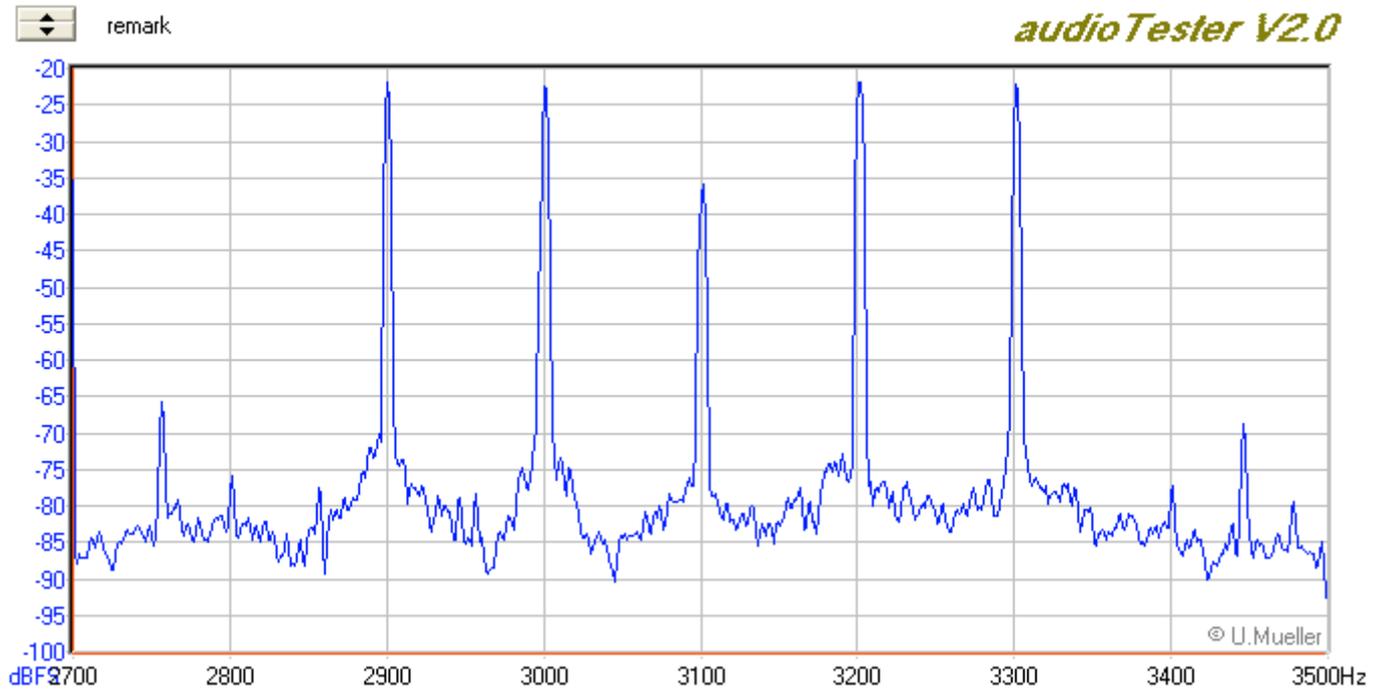
Le signal est analysé et lu sur le PC.



On constate :

- Une très forte limitation de la bande passante : 5900Hz environ
- Les composantes dans la bande passante sont correctement enregistrées
- Le bruit n'est pas accentué
- Certaines composantes indésirables sont même éliminées par le codeur MP3 !

Zoom autour de 3100Hz



L'élimination de certaines composantes indésirables est évidente dans ce spectre. Par contre, le bruit inter-composantes (quand elles sont proches) est légèrement augmenté.

3. Lecture de fichiers MP3

On réalise des tests objectifs (analyses spectrales) et des tests subjectifs (écoutes comparatives) avec les fichiers sonores suivants :

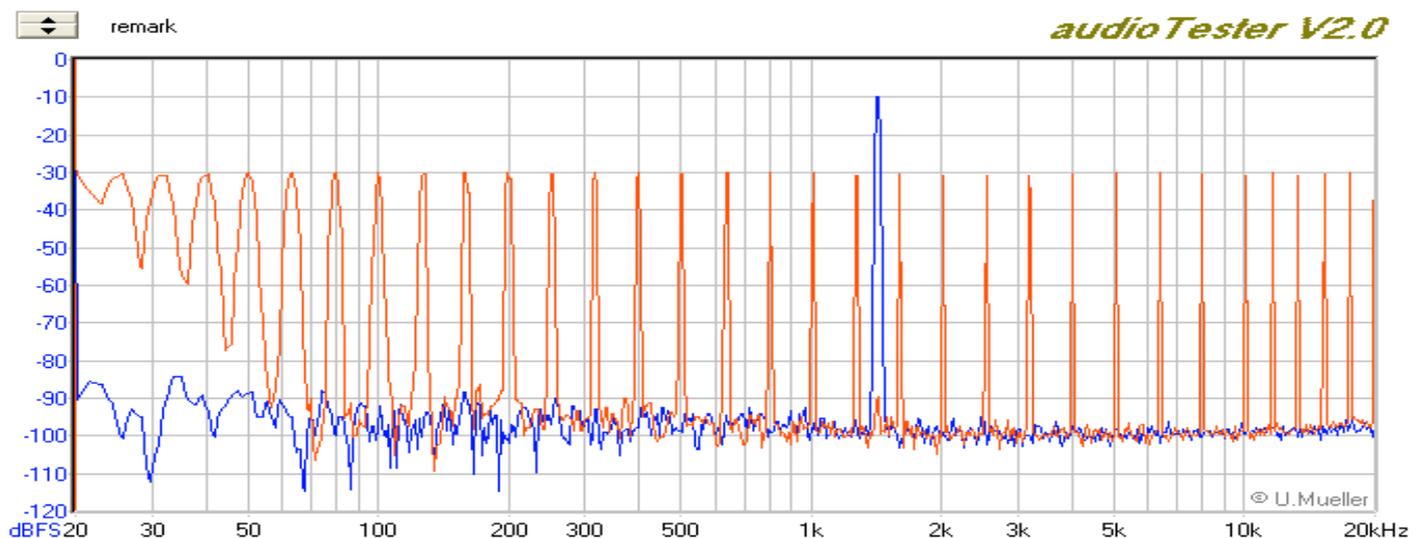
- "Multi tons D + sweep L" :
 - Voie D : tonalités sinusoïdales multiples à répartition logarithmique entre 20Hz et 20kHz
 - Voie G : sinusoïde pure de niveau -3dBFS et de fréquence variant progressivement de 20Hz à 20kHz.
- "Test MP3" : le même que précédemment
- "Castagnettes" et "Clavecin" : pour les tests d'écoute

Ces fichiers sont codés en MP3 avec "Lame" à différents débits : 128, 64 et 32 kbps. Ils sont copiés sur la mémoire flash USB.

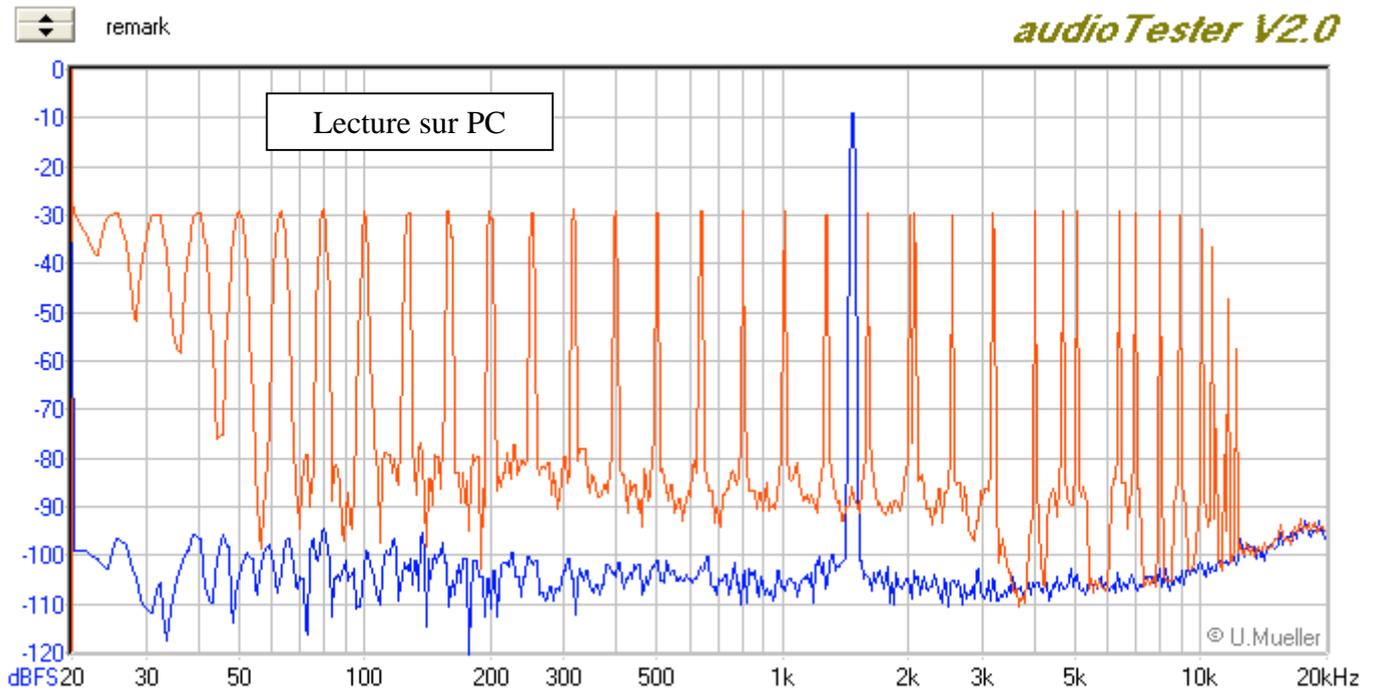
On compare les spectres obtenus à la lecture des fichiers sur PC (la "référence") à la lecture des mêmes fichiers sur l'autoradio via la clef USB

3.1 "Multi tons D + sweep L"

3.1.1 Référence : fichier .wav lu sur PC

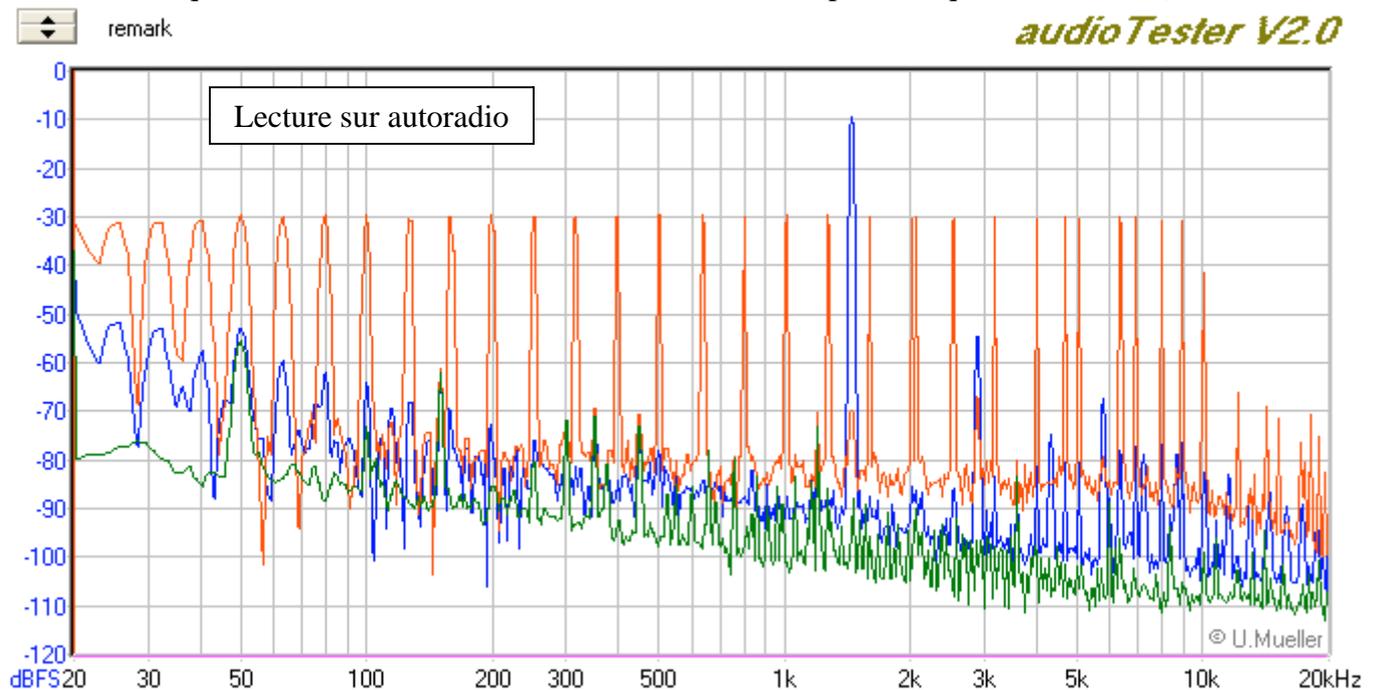


3.1.2 128 kbps



On constate que le codeur à "ajouté" qq composantes non présentes dans la référence (par exemple : au-dessus de 2kHz et en dessous de 5kHz). Il s'agit évidemment d'un défaut !

La voie G ne comporte qu'une composante, ce qui permet au codeur MP3 de lui attribuer une haute résolution de quantification et donc un niveau de bruit très bas (plus bas que la référence !).

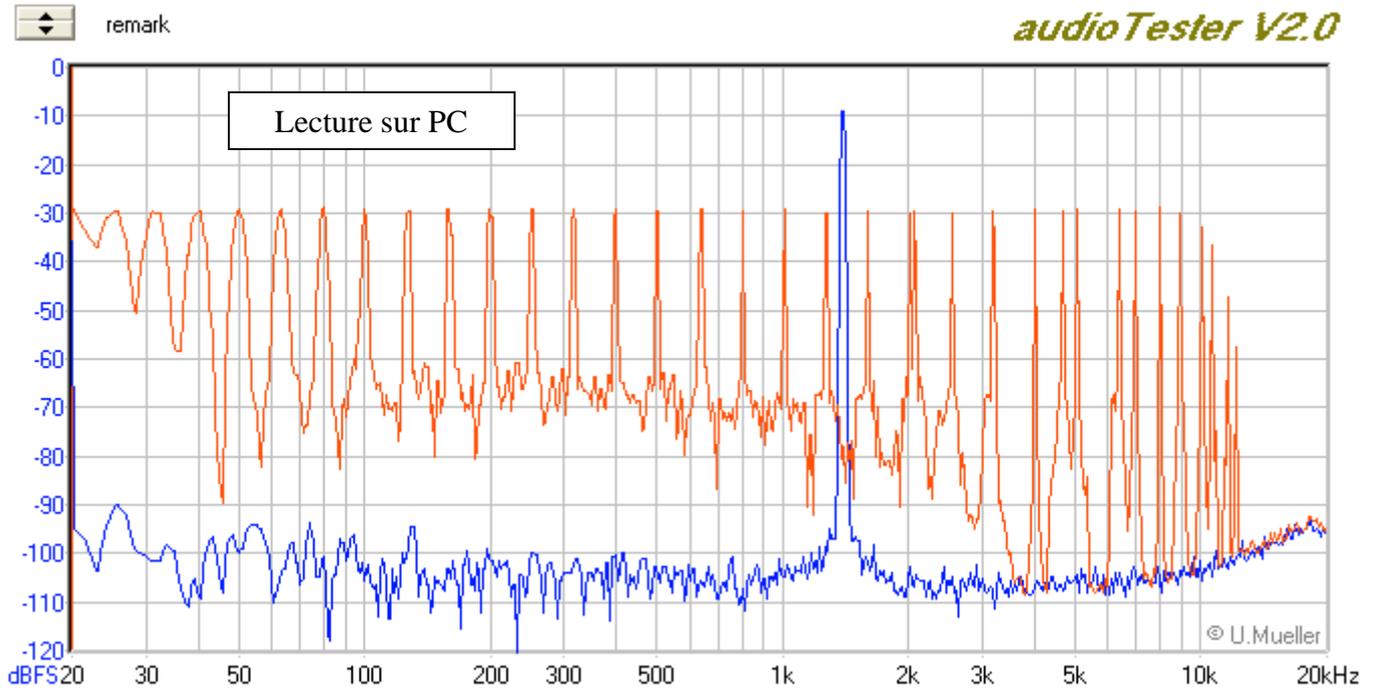


Le niveau du bruit est augmenté, mais assez peu. On a représenté en vert le spectre obtenu en mode "pause" : la composante "50Hz" est assez forte et certaines composantes sont dues au câblage et à l'environnement (PC bruyant et autres équipements numériques).

Observations :

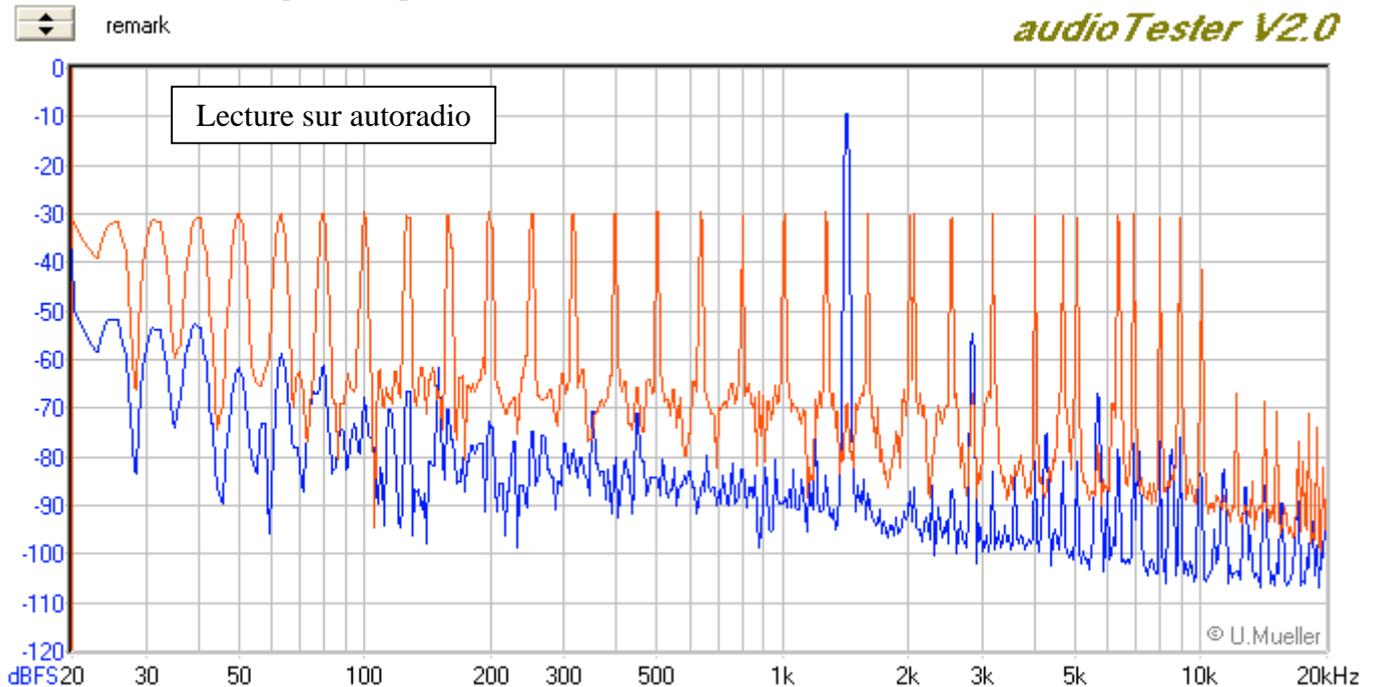
- La bande passante est légèrement réduite dans les aigus
- Les planchers de bruit sont à peine plus élevés.
- Le codeur MP3 de l'autoradio "ajoute" aussi quelques composantes indésirables aux mêmes fréquences (anomalies de l'algorithme de base ?).
- L'isolation des voies n'est pas parfaite (défaut de l'ampli et non du codeur)
- Les harmoniques de distorsion sur la voie G sont très visibles (origine = ampli)

3.1.3 64 kbps



Observations par rapport à 128kbps :

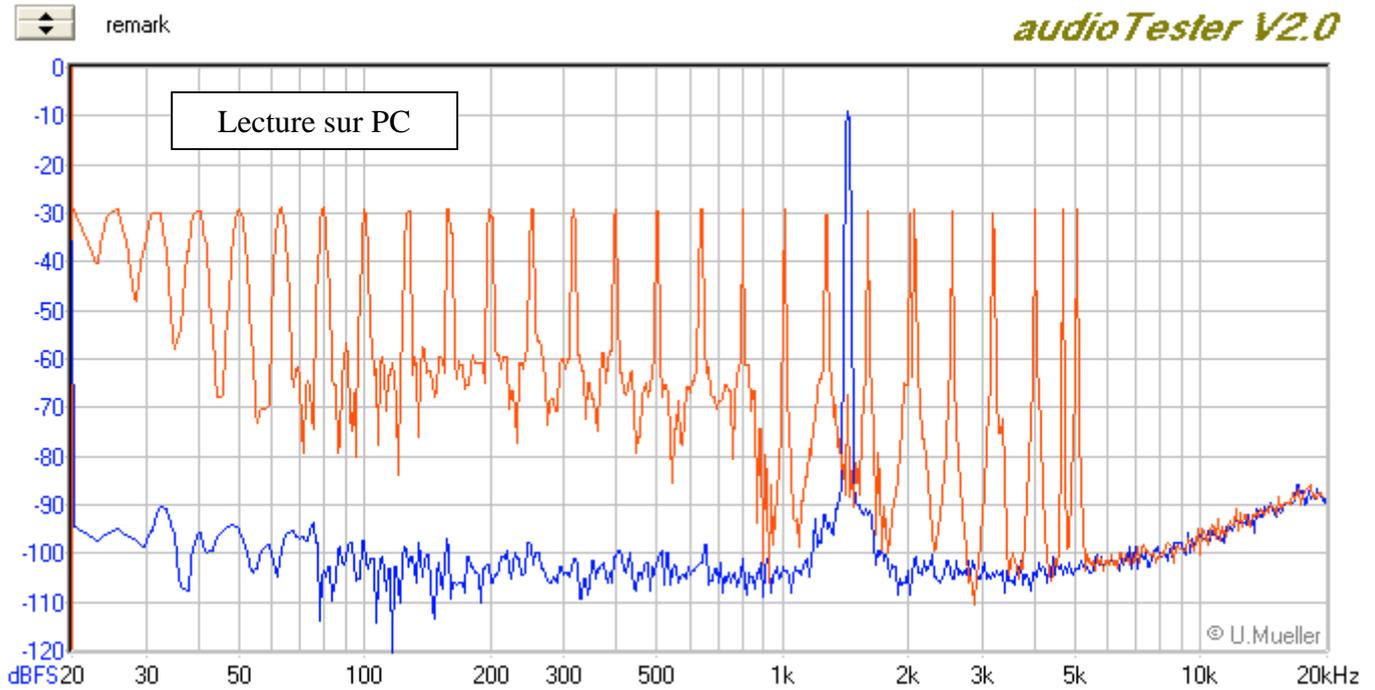
- Voie G : pas de différence notable
- Voie D : augmentation notable du niveau de bruit entre les composantes (jusqu'à +20dB)
plus (+ !) de composantes indésirables ajoutées
bande passante peu modifiée



Observations par rapport à 128kbps :

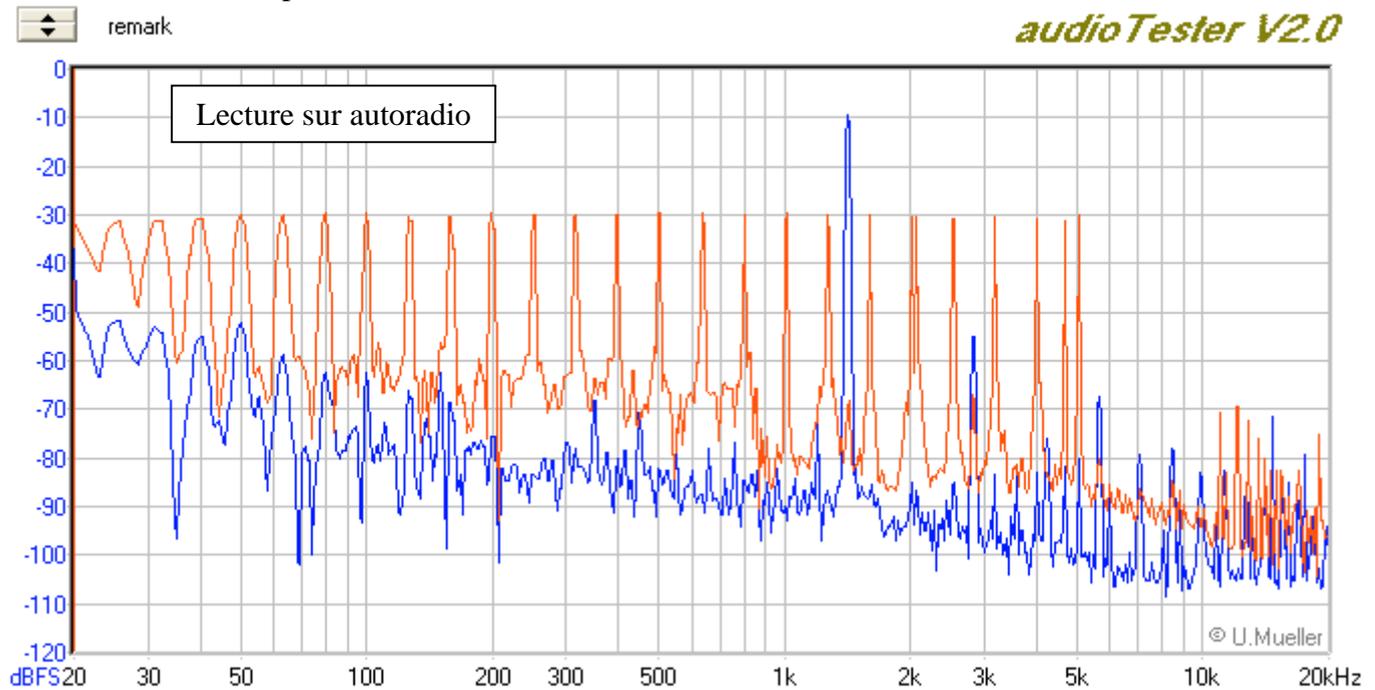
- Voie G : pas de différence notable
- Voie D : augmentation du niveau de bruit entre les composantes
bande passante peu modifiée

3.1.4 32kbps



Observations par rapport à 64kbps :

- Voie G : pied plus large
- Voie D : augmentation notable du niveau de bruit entre les composantes bande passante fortement réduite à 5kHz environ



Observations par rapport à 64kbps :

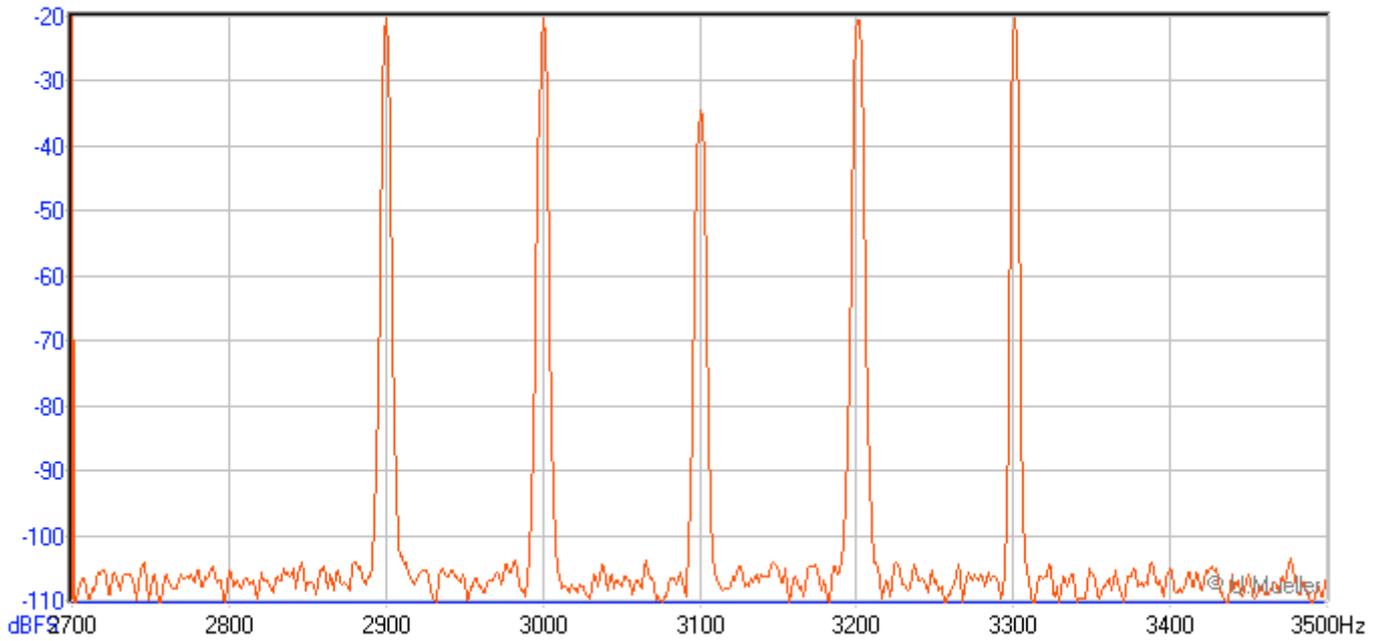
- Voie G : peu de différences
- Voie D : peu d'augmentation du niveau de bruit entre les composantes bande passante fortement réduite à 5kHz environ

3.2 "Test MP3"

3.2.1 Référence : fichier .wav

remark

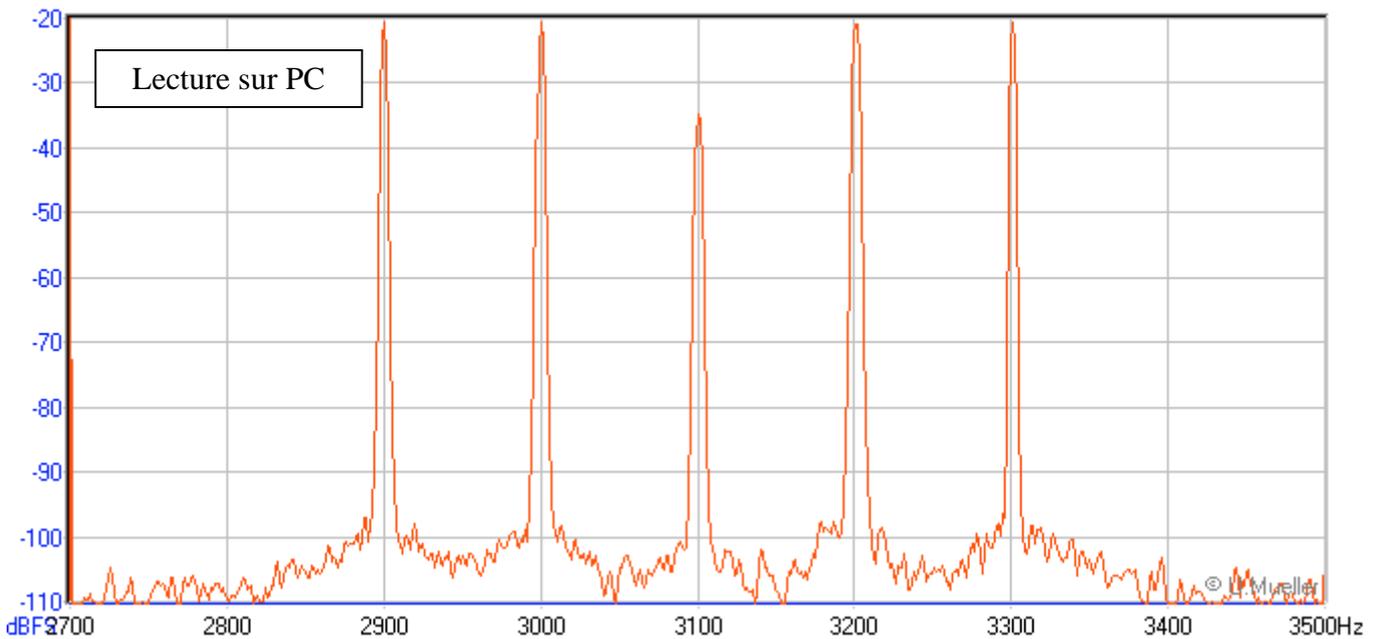
audioTester V2.0



3.2.2 128kbps

remark

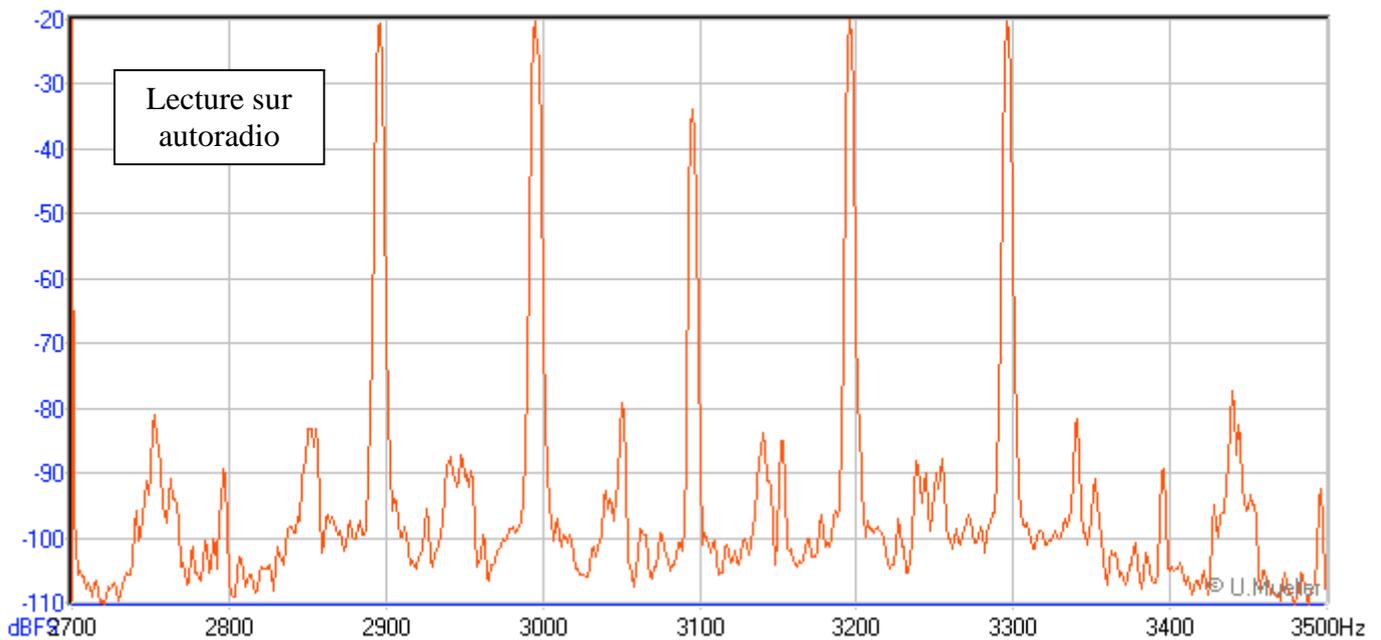
audioTester V2.0



Le niveau du bruit au pied des raies est à peine relevé : c'est parfait !

remark

audioTester V2.0



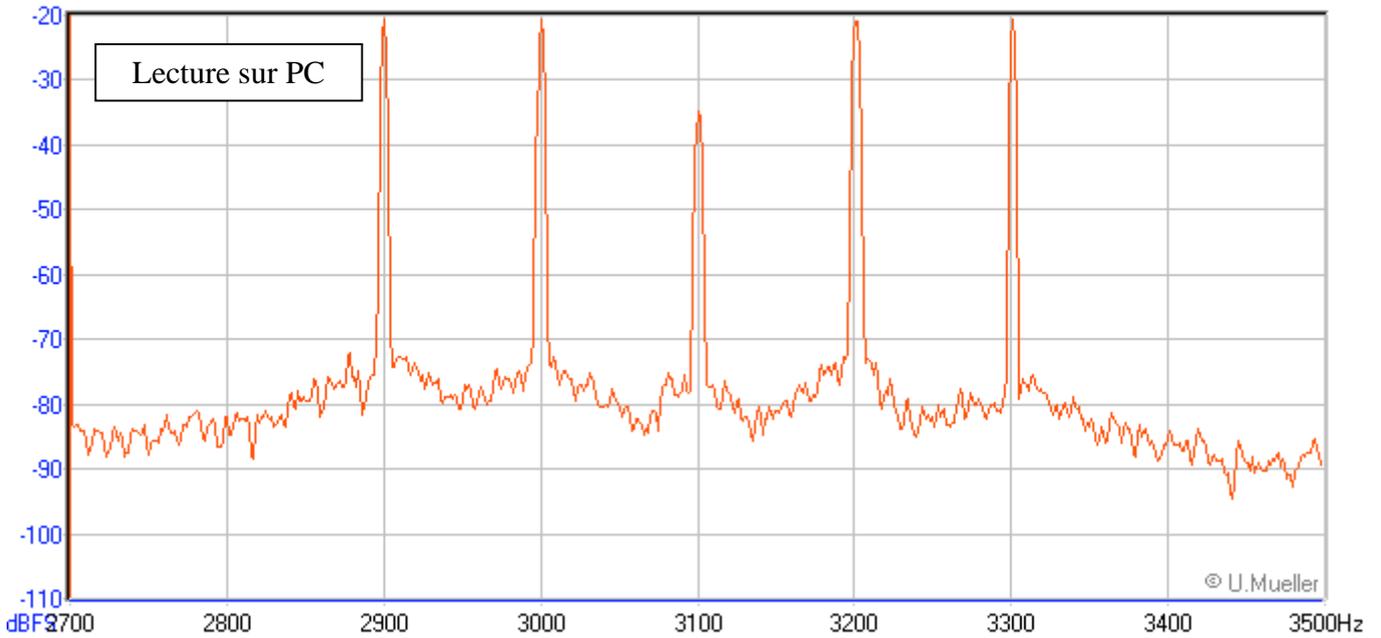
Observations :

- Des composantes indésirables apparaissent entre les raies principales (de niveau 60dB plus faible)
- Les fréquences des composantes utiles sont légèrement décalées vers le bas (environ 5Hz à 3100Hz, soit -0,16%)

3.2.3 64 kbps

remark

audioTester V2.0

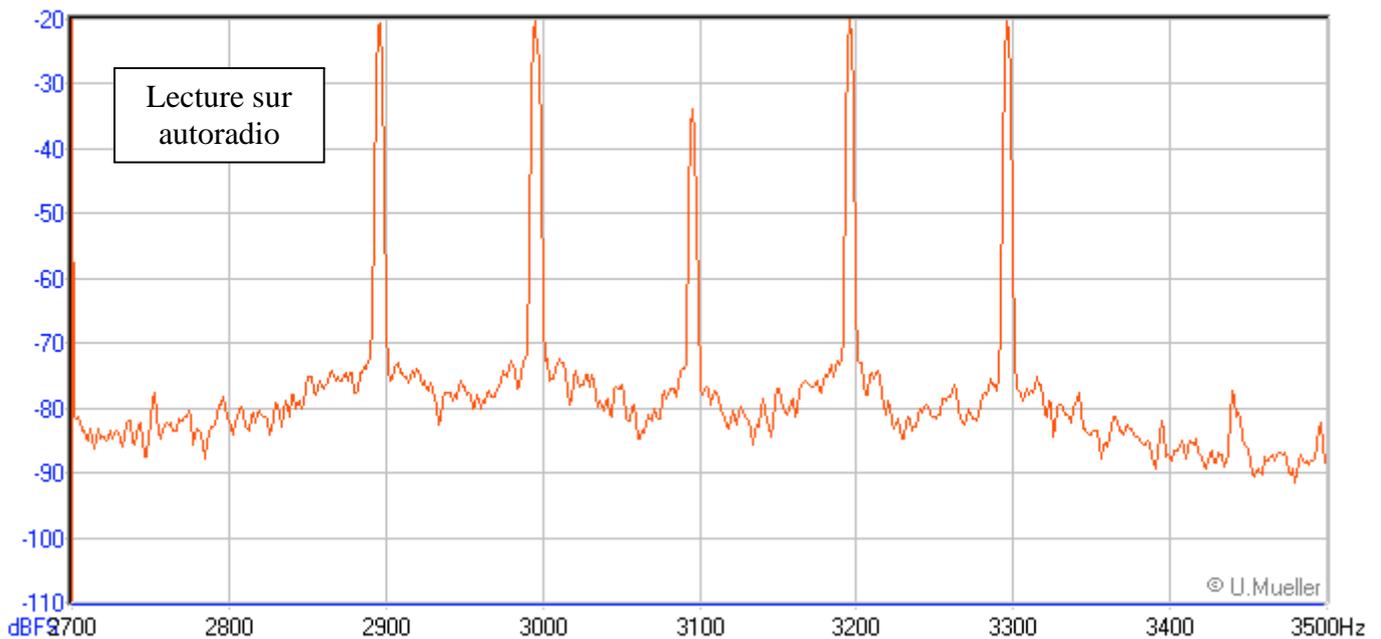


Observations (par rapport à 128kbps) :

- Le niveau du bruit est fortement augmenté entre les composantes proches (+25dB)

remark

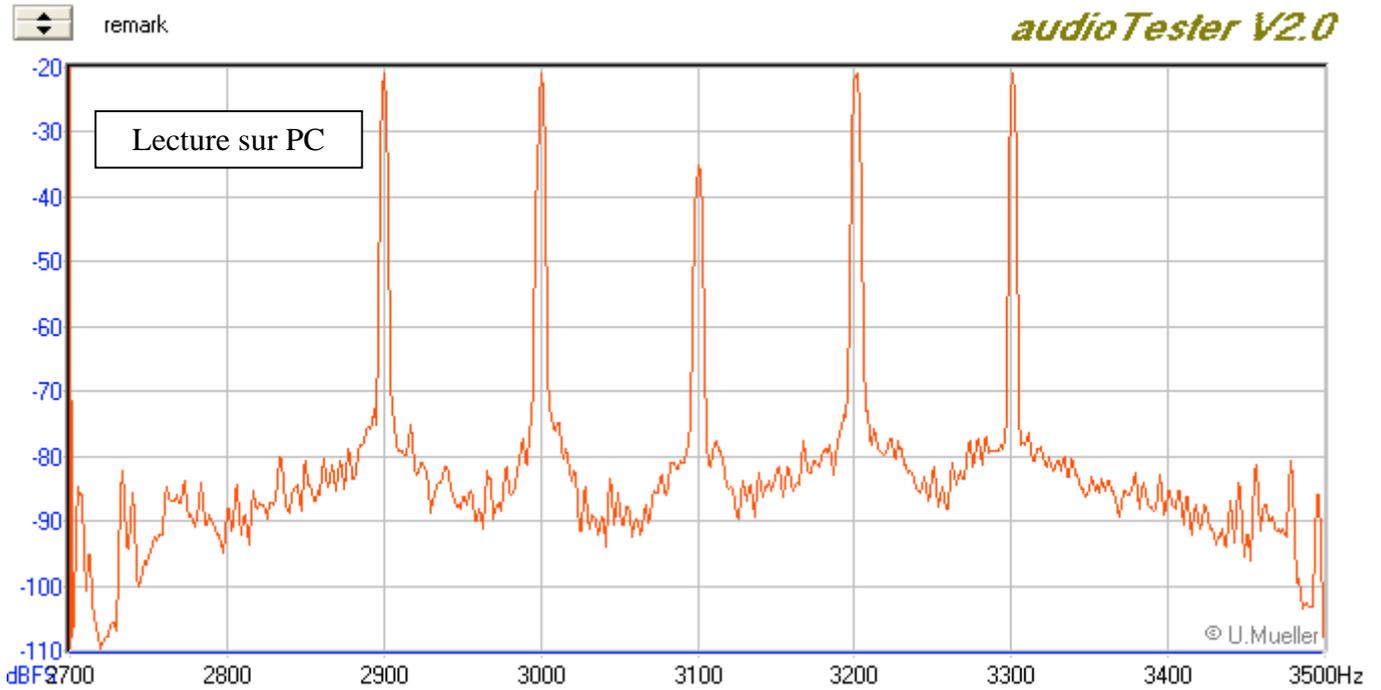
audioTester V2.0



Observations (par rapport au décodeur PC à 64kbps) :

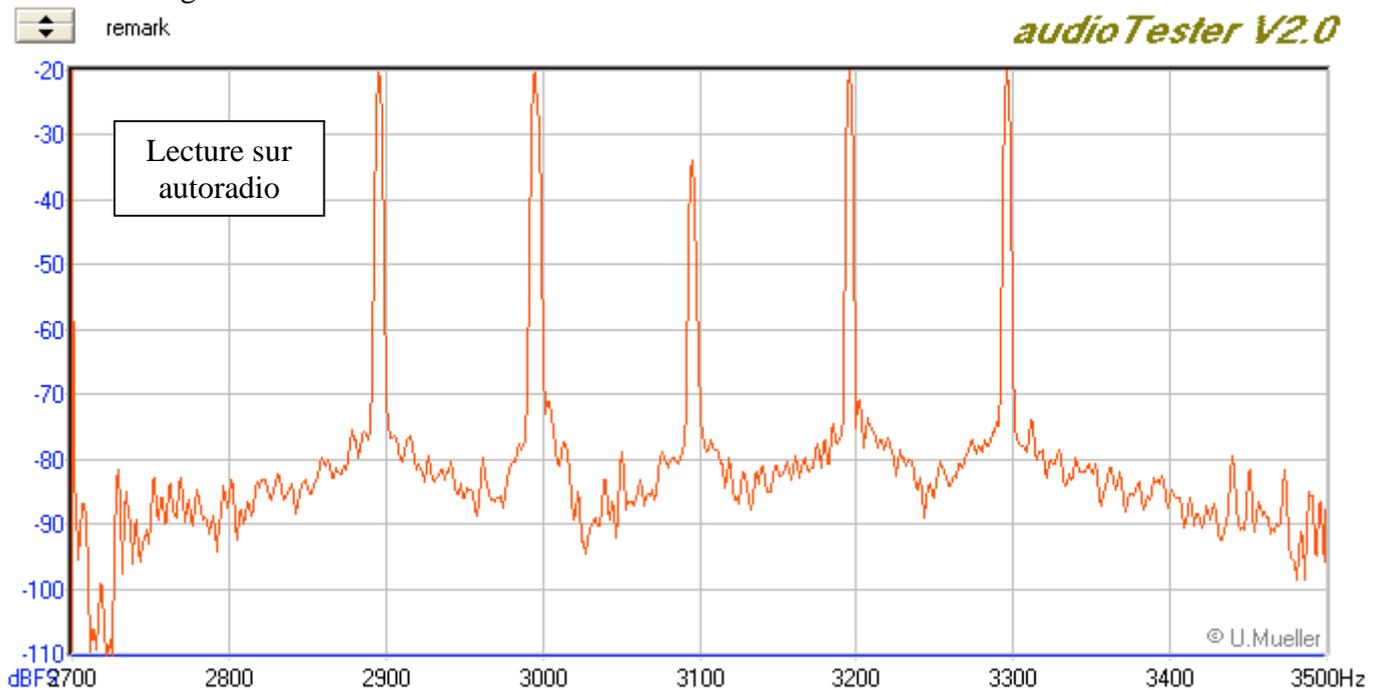
- Les résultats sont très proches.

3.2.4 32 kbps



Observations (par rapport à 64kbps) :

- Peu de dégradation



Observations (par rapport au décodeur PC à 64kbps) :

Les résultats sont très proches.

Conclusion : le décodeur MP3 de l'autoradio est optimisé pour 64kbps. L'amélioration à 128kbps ne concerne que le niveau du bruit légèrement inférieur.

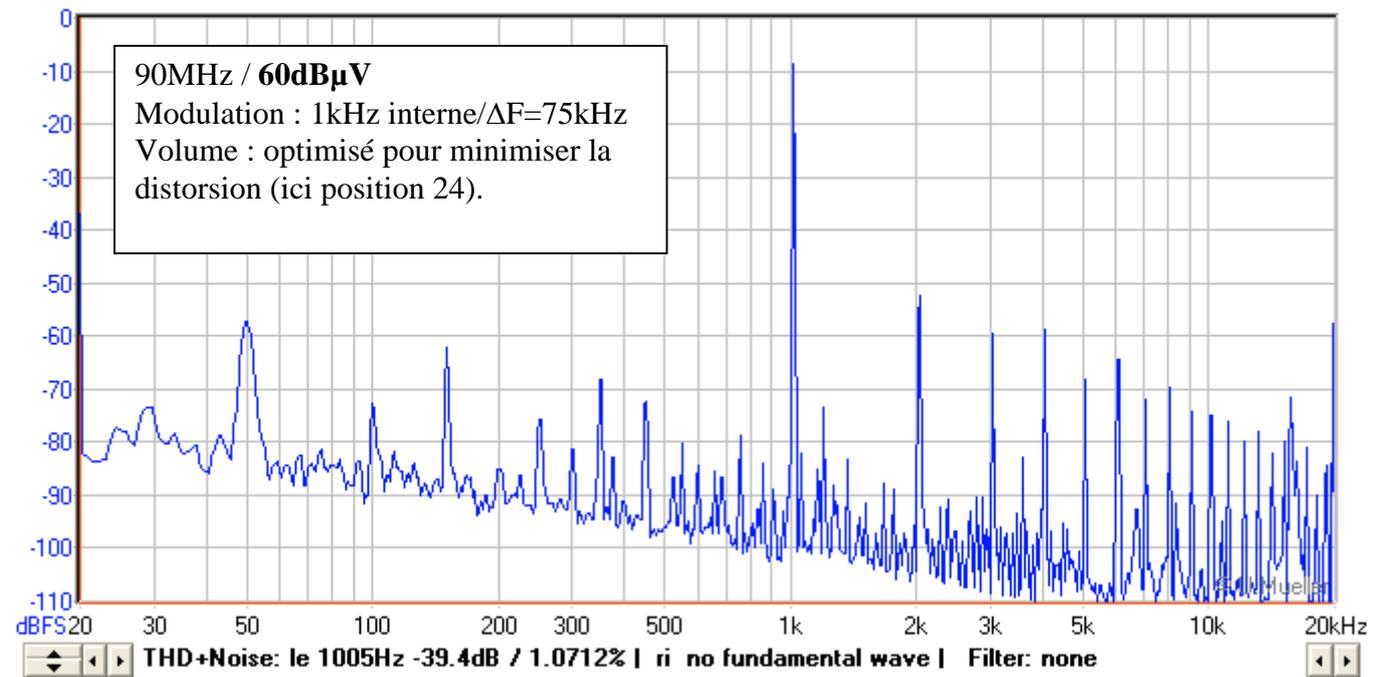
4. Réception FM

4.1 Distorsion et sensibilité

4.1.1 En monophonie

remark

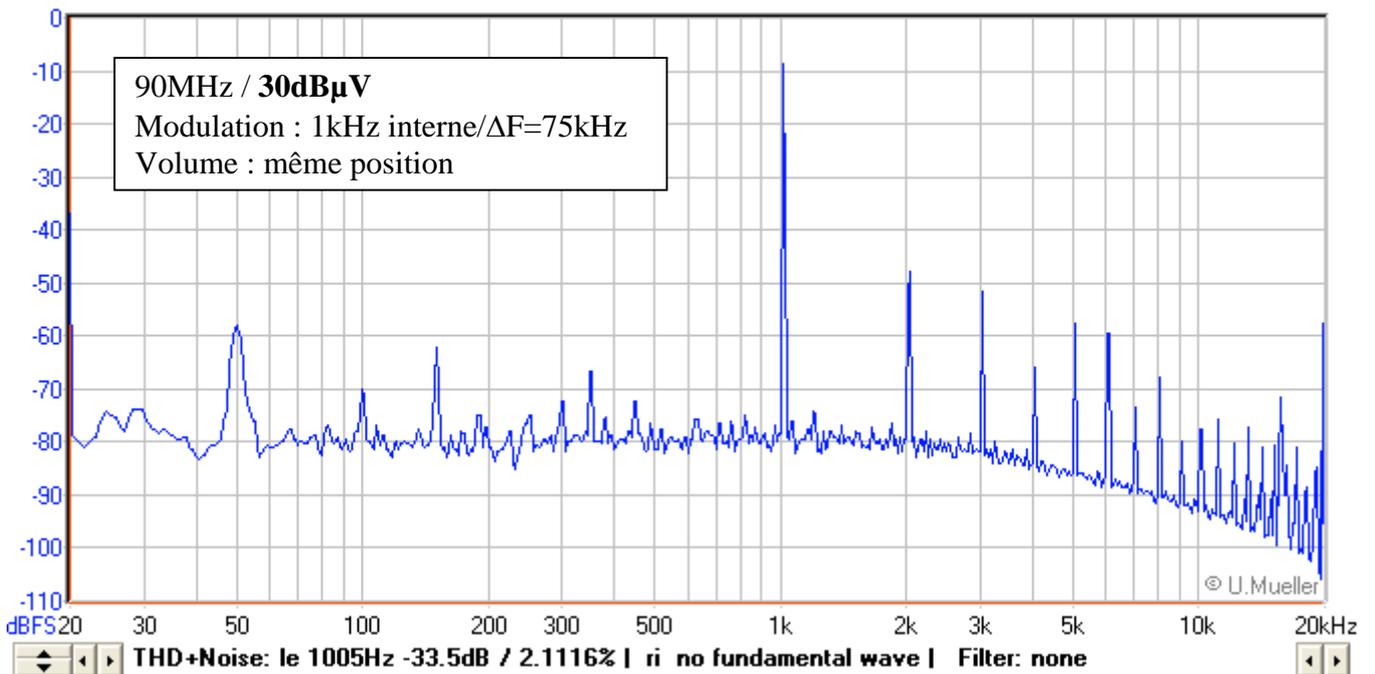
audioTester V2.0



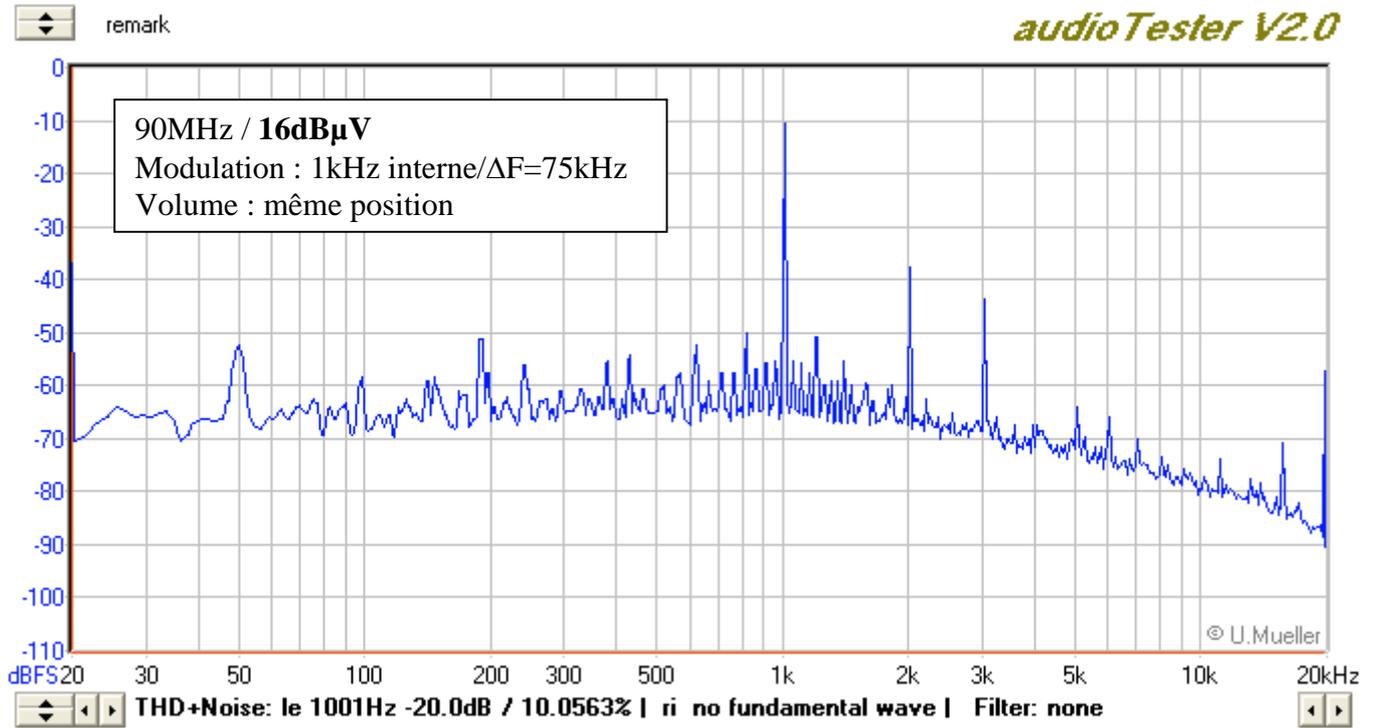
Les performances sont "honorables" pour un autoradio

remark

audioTester V2.0



On constate les effets du filtre de désaccentuation qui réduit le bruit au-dessus de 2kHz.



Conclusion : sensibilité pour SINAD=20dB : 16dBµV

4.1.2 Stéréophonie

On utilise le codeur multiplex pour moduler le générateur RF.

Le générateur RF est utilisé avec une modulation externe : sensibilité mesurée : 75kHz pour 6Vcc à 1kHz

- **Seuil de détection stéréo**

Le codeur MPX ne produit que le signal pilot 19kHz.

Pour un niveau RF de 60dBµV, on agit progressivement sur le niveau du signal pilot en observant la réaction du récepteur FM de l'autoradio :

- Allumage de l'indicateur "stéréo" : pour 340mVc.c., soit $\Delta F=4,25$ kHz
- Extinction de l'indicateur "stéréo" : pour 255mVc.c., soit $\Delta F=3,2$ kHz

La valeur nominale est de 9% de 75kHz, soit : 6,75kHz. Les résultats sont satisfaisants

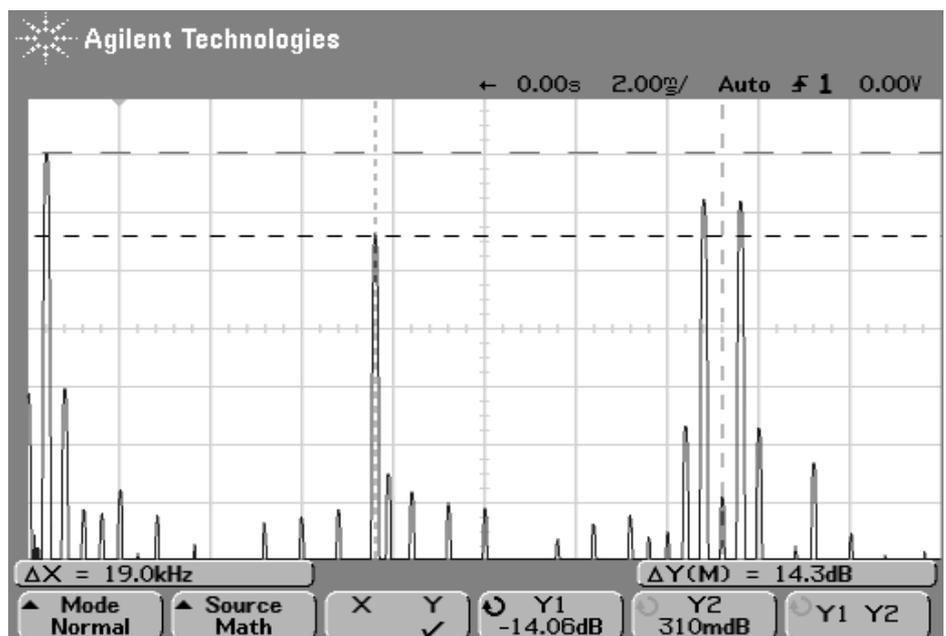
- Pour $\Delta F=6,75$ kHz (soit un signal pilot de 540mVc.c., soit -14,4dBV), l'indicateur "stéréo" s'allume pour un niveau RF de 9dBµV

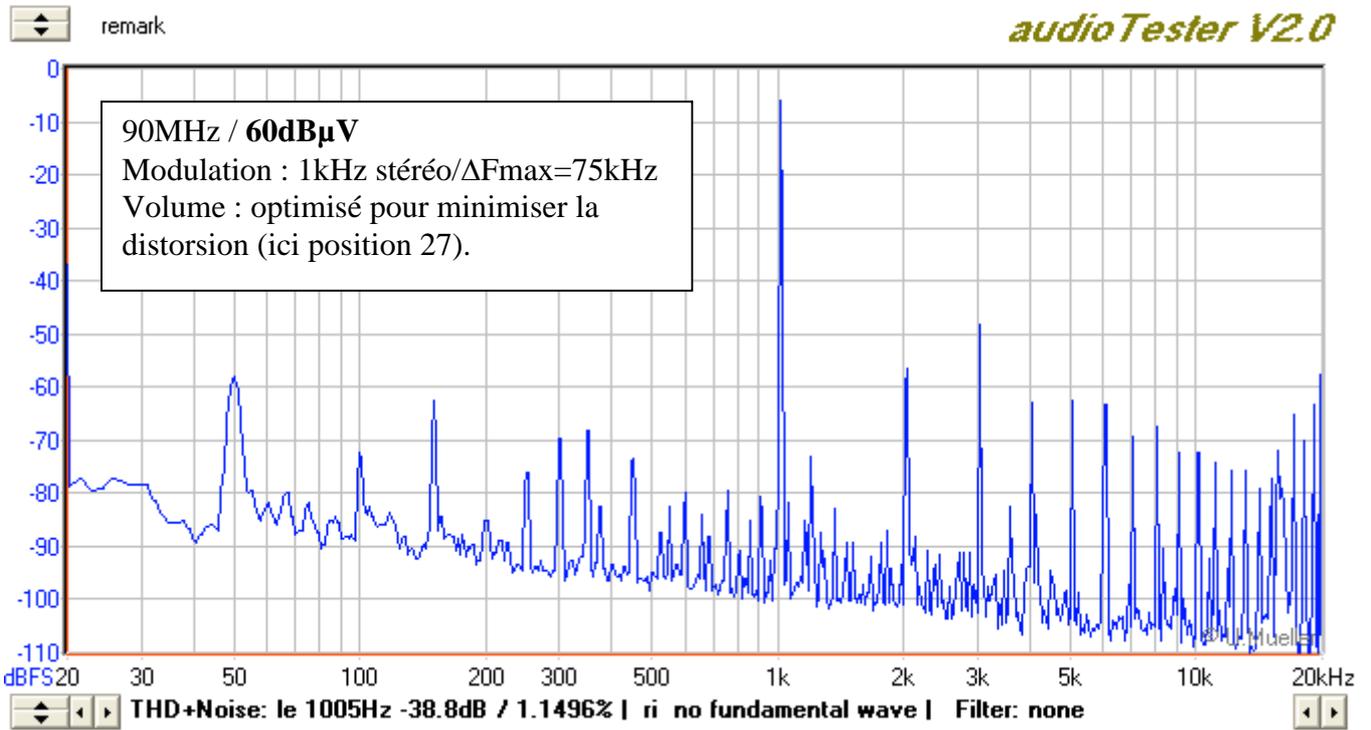
- **Distorsion et sensibilité**

Spectre du signal MPX modulant :

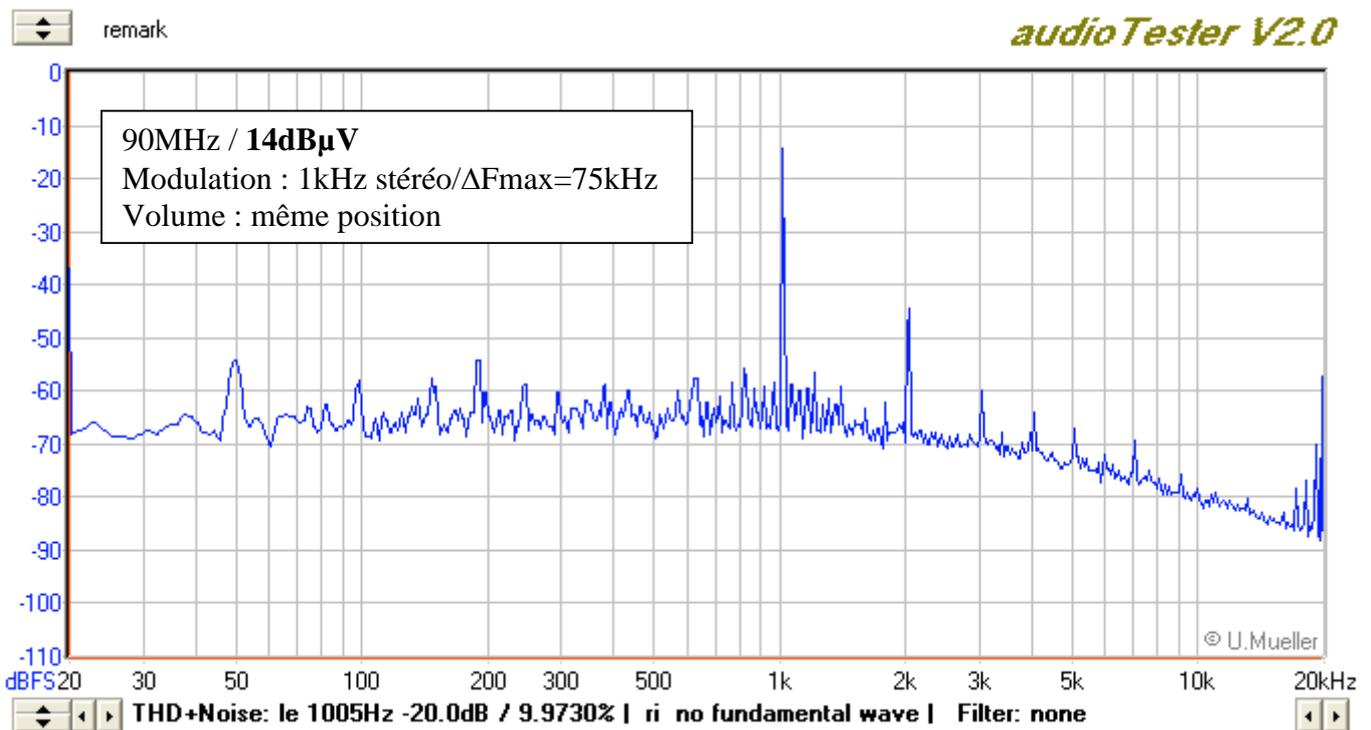
- Voie D : 1kHz interne
- Voie G : silence
- Niveau c.c. réglé pour obtenir $\Delta F_{max}=75$ kHz

On vérifie le niveau convenable de la sous-porteuse 19kHz (-14,06dBV=560mVc.c.)





La distorsion est légèrement augmentée

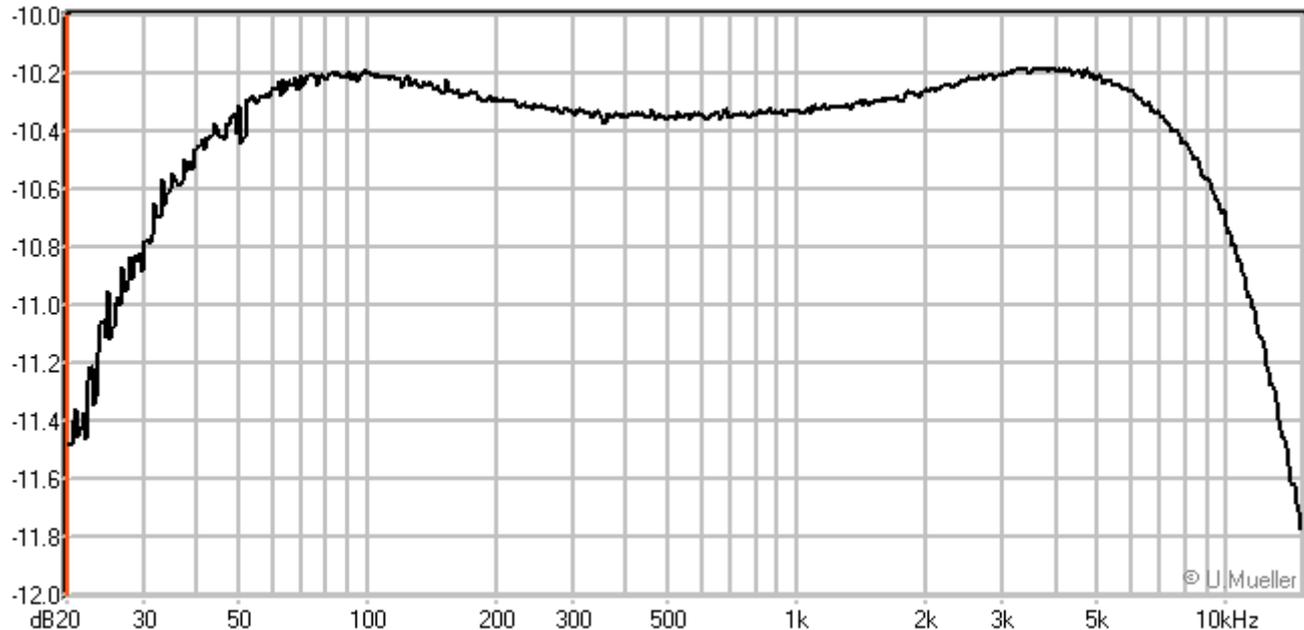


Pas de différence notable avec le résultat en mono (il est même meilleur ici !).

4.2 Bande passante en mono

Mode opératoire :

- AudioTester en mode "Sweep Measurement"
- Sortie "Line" D reliée sur entrée "Line" D : utilisée comme voie de référence
- Sortie "Line" G reliée sur entrée tonalité externe du codeur MPX
- Entrée "Line" G reliée sur sortie HP-G en mode commun atténuée.
- Codeur MPX : mode "mono" et préaccentuation sur 50 μ S
- Niveau de sortie réglé à 15kHz pour respecter : $\Delta F \leq 75$ kHz pour tonalité de 20Hz à 15kHz

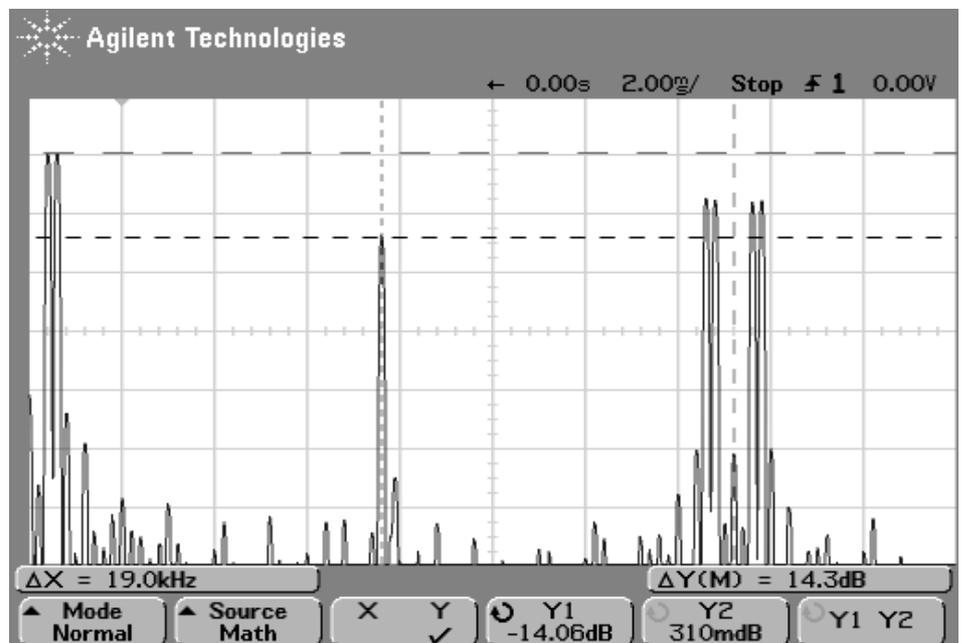


Le résultat est excellent : entre 20kHz et 15kHz, le niveau ne varie que de 1,6dB

4.3 Séparation des canaux D et G

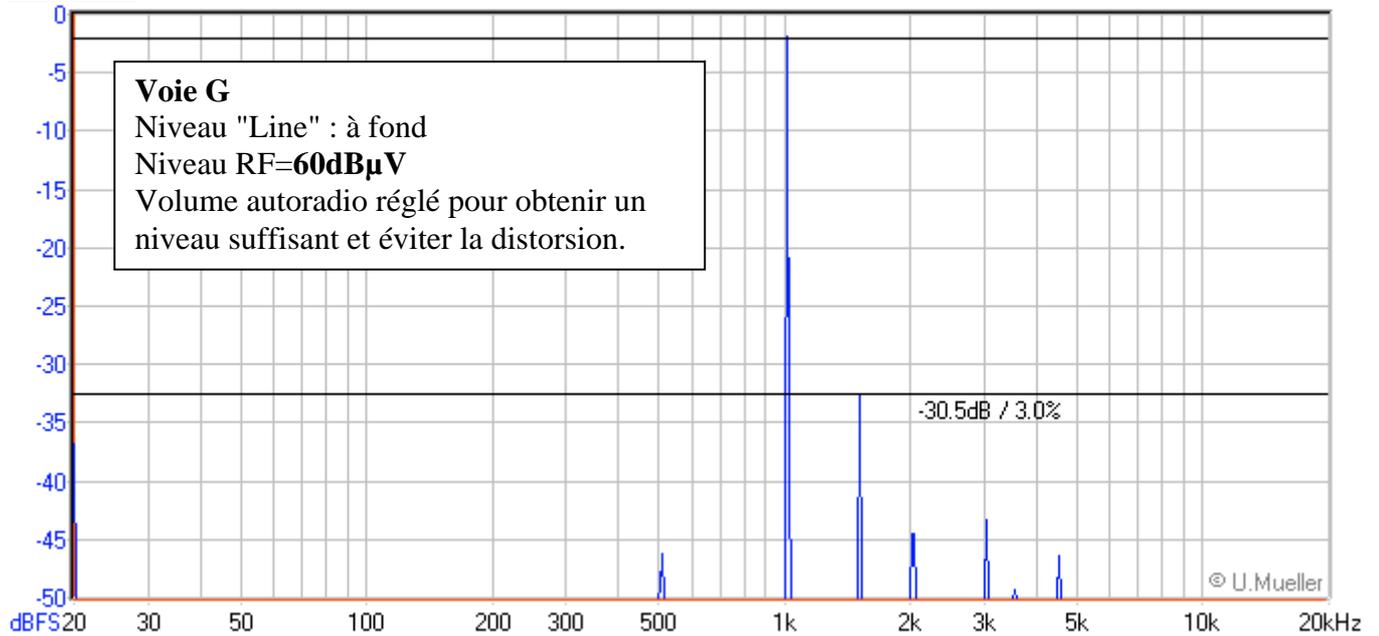
Mode opératoire :

- Codeur MPX :
 - Mode "Dual Tone" et "STEREO"
 - Canal L : interne 1kHz
 - Canal R : externe : 1,5kHz (PC ou générateur BF). Niveau réglé pour s'aligner avec la composante 1kHz (voir ci-contre).
 - Pas de préaccentuation
 - Niveau de sortie ajusté pour obtenir $\Delta F_{max} = 75$ kHz sur le générateur RF
- On vérifie ci-contre le niveau convenable de la sous-porteuse 19kHz (-14,06dBV=560mVc.c.)



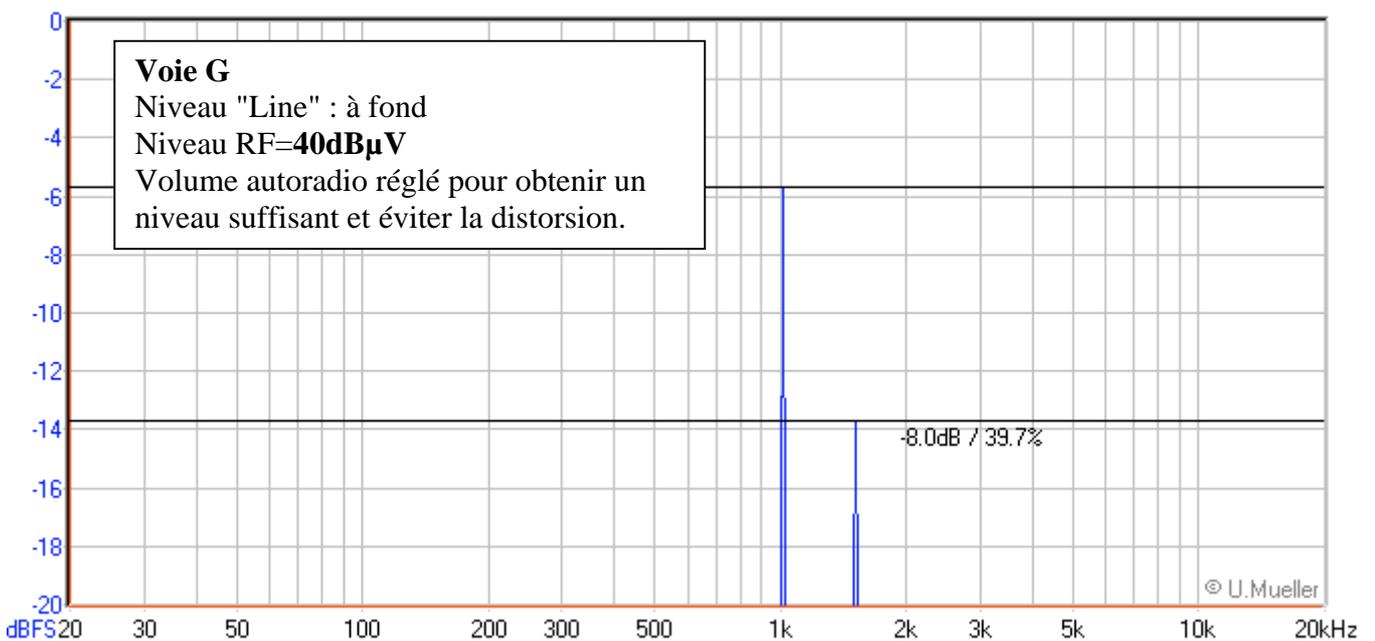
- AudioTester en mode "Analyse spectrale"
- Sorties HP-D et HP-G de l'autoradio (en mode commun et atténuées) reliées sur l'entrée "Line" du PC.

Résultats :



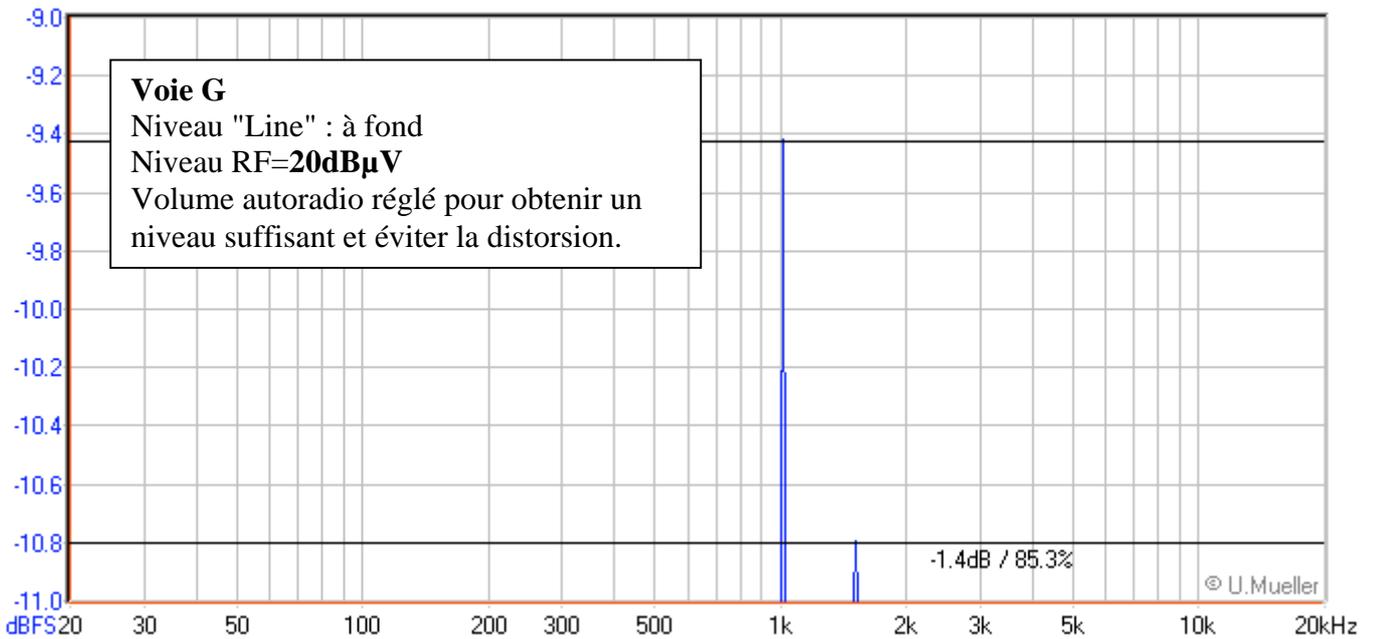
Observations :

On constate la présence d'une composante de fréquence 1,5kHz (voie D) qui devrait être absente. La **réjection est de 30dB**. La spécification annoncée par le constructeur (séparation des canaux >30dB à 1kHz) est juste respectée.



Observations :

La dégradation est rapide. Avec un niveau RF de 40dBµV, la **réjection n'est plus que de 8dB**.



Observations :

Avec un niveau RF de 20dB μ V, **il n'y a plus de stéréo.**

4.4 Réjection fréquence image

Mode opératoire :

- Générateur RF
 - modulation interne : 1kHz/ Δ F=75kHz
 - mémoire 0 : 90MHz/20dB μ V
 - mémoire 1 : 111,4MHz/70dB μ V (fréquence image si accord sur 90MHz)
- AudioTester en mode "Analyse spectrale" sur la voie G et mesure SINAD
- Sortie HP-G de l'autoradio (en mode commun et atténuée) reliée sur l'entrée "Line" du PC.

Résultats :

- Accord sur 88MHz
 - à 88MHz : SINAD=20dB pour niveau RF = 17dB μ V
 - à 109,4MHz : SINAD=20dB pour niveau RF = 63dB μ V
 - On en déduit une **réjection de la fréquence image de 46dB.**
- Accord sur 98MHz
 - à 98MHz : SINAD=20dB pour niveau RF = 18dB μ V
 - à 119,4MHz : SINAD=20dB pour niveau RF = 76dB μ V
 - On en déduit une **réjection de la fréquence image de 58dB.**
- Accord sur 108MHz
 - à 108MHz : SINAD=20dB pour niveau RF = 24dB μ V
 - à 129,4MHz : SINAD=20dB pour niveau RF = 64dB μ V
 - On en déduit une **réjection de la fréquence image de 40dB.**

Attention : s'assurer de l'absence d'émissions locales sur les fréquences de mesure.