

L'acoustique, les fondations de tout système audio

Par Marc Philip

En préambule

J'ai écrit cet article afin de partager quelques connaissances et vous informer sur un sujet injustement méconnu.

Ces quelques lignes sont le témoignage de plusieurs années d'expérimentations en pratique de traitement acoustique, sans l'aide d'appareil de mesure, essentiellement dans des pièces de tailles moyennes (20m² à 40m²) et petites (12m² à 16m²), chez des professionnels et des particuliers.



Vulgarisés et simplifiés, je suis ingénieux, pas ingénieur 😊

Ces quelques conseils vous permettront, je l'espère, de vous apporter les informations nécessaires à une meilleure compréhension du sujet, dans l'espoir, que vous mesuriez enfin, à quel point votre système hi-fi est musical, en tous cas, bien au-delà de ce que vous pouvez imaginer.



Traitement du salon d'écoute

L'isolation acoustique vise à élaborer une solution afin de ne pas déranger les pièces adjacentes ou encore les voisins, avec le bruit généré.

Le traitement acoustique lui vise à rendre la reproduction du son dans la pièce dédiée à la Haute-Fidélité ou Cinéma maison, la plus agréable et naturelle qui soit.

L'acoustique, cette inconnue

Le salon d'écoute idéal se doit d'être bien isolé pour ne pas gêner ni les voisins, ni les autres occupants du lieu de vie et pour pouvoir profiter d'un silence permettant de mettre en évidence les détails contenus dans le message musical, même les plus infimes, partant de l'idée que moins il y a de bruits plus il y a de musique.

D'autre part cet espace aura si possible, le même temps de réverbération pour toutes les fréquences, ce temps se situe entre 0.5 et 0.6 secondes pour un Cinéma Maison (donc court, environnement feutré), et entre 0.7 et 0.8 secondes en mode Haute-Fidélité (stéréo), environnement plus réverbérant, donc plus riche en harmoniques.

Si le temps de réverbération est trop long le son devient confus, mais très « vivant ». S'il est trop court, le son va sembler étouffé, terne.

Trop Long : c'est un son avec de la réverbération, comme dans une salle de bain ou une grande salle de classe vide, voire l'intérieur d'une église;

Trop Court : c'est un son sourd, comme dans un « garde robes » rempli de vêtements.

Si vous êtes encore en train de lire ces lignes, c'est que vous êtes convaincus de l'utilité d'un bon traitement acoustique et nous sommes donc d'accord pour dire que la meilleure paire d'enceintes du monde dans une acoustique médiocre ne sonnera jamais à son plein et réel potentiel.

Il va donc falloir faire des compromis en essayant de trouver un équilibre satisfaisant pour maximiser notre plaisir de Mélomane et d'Audiophile tout en respectant notre WAF et faire avec le mobilier, la décoration, l'architecture,...

Une salle dont tous les murs sont absorbants évite certains phénomènes acoustiques gênants tels que les filtres en peigne (interférences entre l'onde directe et l'onde réfléchi par une surface, avant d'atteindre

l'oreille), le traitement de ces phénomènes ne nécessite qu'un traitement local aux emplacements de ces réflexions primaires.

Un écho se forme quand un son se trouve coincé entre deux murs distants parallèles, lisses et durs (Flutter echo).

Le son rebondit alors d'un mur à l'autre, du plafond au sol, jusqu'à qu'il perde de sa puissance.

N'oubliez pas non plus que le son rayonne à 360° autour de l'enceinte avec plus ou moins de puissance.

Le son se reflète sur les murs et plafond et finit toujours par vous revenir aux oreilles avec un temps de retard sans rapport au message initial.

En premier lieu il faut compter avec le temps de réverbération « Tr », Il est possible de modifier l'acoustique de la pièce en modifiant la nature des surfaces de celle-ci ou son ameublement, c'est le dosage entre les éléments absorbeurs, réflecteurs et diffracteurs (ou diffuseurs) qui déterminent la qualité du rendu sonore.

Dans certains cas il faut aussi faire appel à des résonateurs.

Le résonateur dit de Helmotz peut être un panneau de bois qui va en vibrant absorber les fréquences de résonance indésirables ou un système de boîte ou tubes en PVC, qui va piéger les dites fréquences sur lesquelles ils ont accordés, les deux systèmes doivent faire l'objet de calculs précis pour être efficaces. Je n'utilise que rarement ce type de panneau, du fait d'une relative complexité de réalisation et de mise en œuvre.

Temps de réverbération

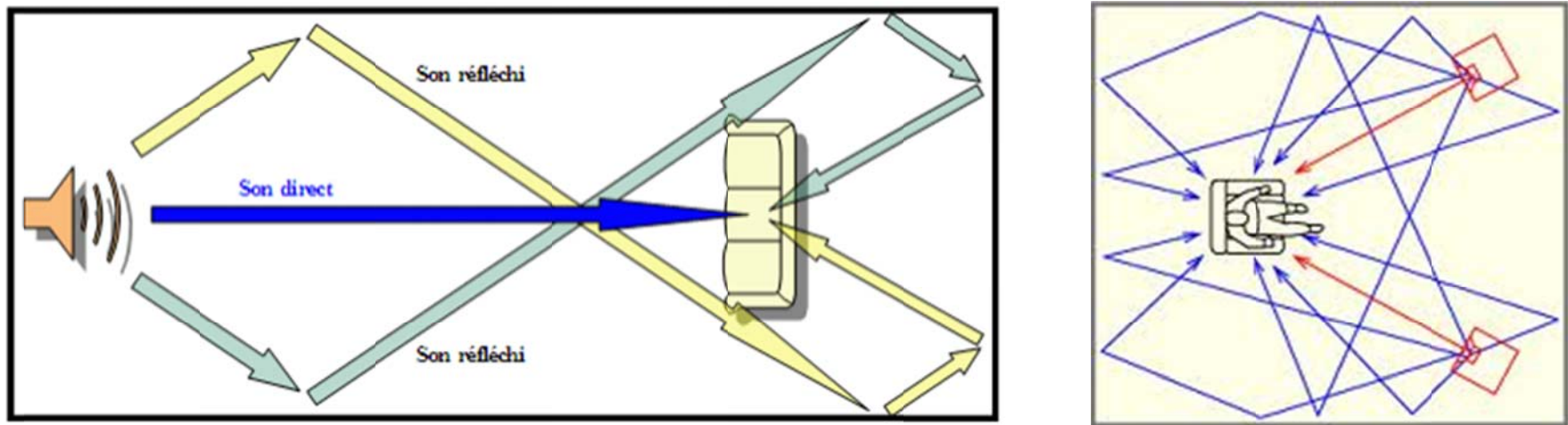
Le temps de réverbération (la durée entre la fin du son et la fin de ses réverbérations) donne la sensation d'espace. Plus la réverbération est longue et plus vous aurez la sensation d'être dans une grande pièce.

Le traitement acoustique va consister à bien gérer les réflexions utiles et les réflexions inutiles ou parasites.

Pour caractériser le comportement acoustique de la salle en moyenne et hautes fréquences, il convient d'en déterminer le temps de réverbération appelé » TR60 ‹, c'est à dire le temps qui est mis par l'énergie sonore pour décroître de 60 dB jusqu'à l'extinction de la source sonore.

Pour diffracter une onde, la hauteur de l'obstacle doit être proportionnelle à la longueur de l'onde. Un relief de 3 cm est efficace à partir de 5,7kHz seulement.

A 50Hz il faut un relief de 3.40 mètres pour diffracter une onde et une épaisseur de 1.70 mètre pour l'absorber, voilà pourquoi traiter le grave est difficile en bas de 200 hZ



Il est conseillé de travailler à la fois le contenant et le contenu, car si on veut adapter notre salon à la musique, il faut maîtriser la réverbération, ce qui est l'élément fondamental du traitement acoustique.

On optimise ensuite le résultat en fonction des surfaces absorbantes, réfléchissantes, diffusantes ou diffractantes dans la pièce, d'où l'idée de se servir en premier du mobilier afin de créer du relief dans la pièce.

Ces solutions permettent d'obtenir une clarté, une intelligibilité, mais surtout une image stéréo 3D idéale et un équilibre tonal idéal, notez que cet exercice est complexe dans un environnement domestique et sera plus simple pour celles et ceux qui ont un salon dédié.

J'ai dit complexe ... pas impossible.

Voici un exemple de traitement du plafond au-dessus de la zone d'écoute, avec des panneaux quadratiques de type 2D montés sur rails afin de pouvoir affiner le réglage.





magazine
audio

Le son qui parcourt la distance la plus courte est celui qui est propagé directement sans aucune réflexion, donc sans absorption, le reste sont des réflexions indirectes.

Ce qui nous conduit à l'utilisation de panneaux soit absorbeurs, soit diffuseurs en alternance et quand le WAF* le permet

*WAF : Wife Acceptance Factor



Les panneaux de fibre enveloppés de tissu absorbant sont le traitement traditionnel pour traiter les échos et le flutter échos qui sont provoqués par des réflexions entre les murs parallèles durs, ce qui est généralement (malheureusement) le cas.

Je parle de panneaux de fibre de verre compressée, comme ceux que j'utilise habituellement, cela même que l'on retrouve dans l'industrie du cinéma et qui offrent l'avantage d'être relativement fin (2,5cm), avec un large choix de coloris tout en offrant un NRC idéal de 0,80.

NRC : Noise Reduction Coefficient

On pourra selon les cas, choisir d'installer ces panneaux de fibre avec plus ou moins d'espace avec leur support (mur), afin d'augmenter leur efficacité selon la nature des réverbérations et matériaux de la pièce.

Concrètement

Voici à quoi ressemblent les différents panneaux une fois correctement installés :

Les panneaux de couleur saumon (orange) sont des absorbeurs courbes et plats, le panneau avec les petits carrés est un diffuseur quadratique de type 2D (mon préféré), remarquez les bass corner dans les angles qui servent à une meilleure gestion du grave.



Le diffuseur quadratique permet d'éliminer les échos flottants sans altérer le temps de réverbération, c'est de loin la solution que je préconise et utilise à titre personnel.

Tandis que l'absorption réduit les échos, elle produit également une acoustique mate et sans vie quand elle est mal dosée, ce qui n'est pas vraiment mieux.

Le manque d'ambiance fait ressembler la salle plus petite psycho-acoustiquement parlant et réduit les niveaux acoustiques de la parole ce qui rend la conversation et la compréhension du message musical difficile.

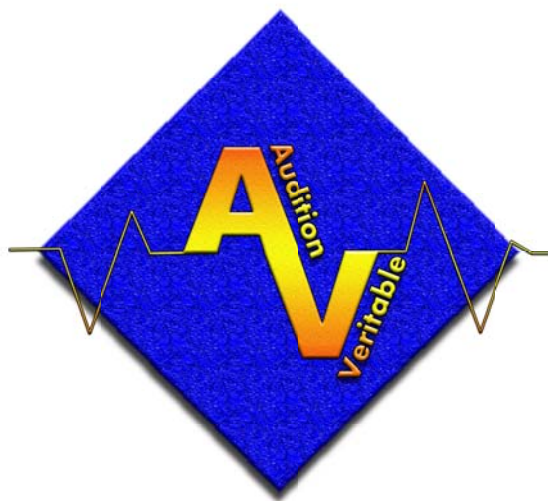
L'idée est de convertir les petites salles et faire croire qu'elles sont plus grandes, même si elles sont construites avec des surfaces parallèles plates; le but étant de recréer une bonne intelligibilité de la parole, la qualité de son, et une ambiance normale, confortable, par l'utilisation de panneaux idoines; c'est un exercice que nous avons réalisé dans notre salon d'écoute, voir plus bas.

Problèmes identifiés

Les réflexions primaires et secondaires sur des surfaces parallèles dures produisent les échos qui sont perçus comme une coloration des timbres et dégradent la qualité de son, l'intelligibilité des voix notamment, l'agressivité sur les médiums-hautes fréquences et l'apparition de toniques désagréables.

Des surfaces absorbantes sont souvent employées pour résoudre ce problème, avec comme effet secondaire, malheureusement, de rendre la salle trop « morte » comme nous le disions plus haut, trop c'est comme pas assez, il faut savoir doser.

Quand des « panneaux » sont espacés et montés avec une cavité d'air, l'absorption de certaines basses fréquences peut également être envisagée.



Un son si bon et des prix si bas
que c'est quasi illégal !

Exemple de traitement de la réverbération par l'installation de panneaux absorbants placés au plafond.



L'idéal, vous l'aurez compris, est de fournir la diffusion utile au-dessus de la limite de diffraction comparés à une surface réfléchissante plate.

Placer les panneaux absorbants en arrière des enceintes acoustiques et légèrement en avant de chaque côté des enceintes, voire au plafond à la même distance.

Mélanger au maximum les matériaux différents, au sol, sur les murs et le plafond, avec des esthétiques particulières : par exemple 2 ou 3 matériaux différents et de formes différents selon la hauteur sur une surface verticale.

La difficulté est toujours de trouver la solution permettant suffisamment d'absorption aux fréquences basses.

Installation

Des tasseaux en bois, peuvent idéalement servir de support.

Les panneaux peuvent être clouées, vissés ou collées directement sur la surface du mur ou être montées avec une cavité arrière d'air pour la gestion des basses fréquences.

Dans le cas d'un résonateur de Helmholtz, un panneau semi-rigide de fibre de verre ou de bois, contreplaqué de 1/4" ou 1 cm d'épais peut être monté.

Pour normaliser et maintenir l'espacement approprié, un montage avec des lamelles de bois verticales peut être intéressant.

Pour une utilisation comme panneaux sur le mur, une armature de bois dur est suggérée, mais pas de MDF. Tout ceci doit être idéalement calculé, mais peut aussi faire l'objet d'essais empiriques dans le cas des lattes de bois.

Préférer une disposition symétrique par rapport à l'axe principal de propagation.



Traitement par réflexions

Les réflexions indirectes par les surfaces lisses derrière et sur les côtés des haut-parleurs dénaturent les timbres et créent une image stéréo instable.

Pour remédier efficacement à ce phénomène, des panneaux absorbants peuvent être disposés aux endroits pré-définis pour traiter ces premières réflexions et favoriser dans un second temps l'image stéréo en 3D (largeur, profondeur et hauteur).

Toujours l'exemple de traitement de la réverbération par l'installation de panneaux absorbants placés au plafond, remarquez l'espace de quelques cm laissé avec le support, c'est un bon moyen de se créer par la même occasion du relief.

Pour augmenter l'efficacité des basses fréquences on appose des panneaux absorbants plats conventionnels ou ronds, associés à des « bass corner ».

Les petites salles ont besoin d'une surface très efficace pour absorber les premières réflexions sur une large gamme de fréquences et ce sont ces petites salles qui sont les plus difficiles à traiter, du fait de résonances de basse plus concentrées.

Notre conseil

Fabriquez ou achetez tout fait, un panneau avec une forme évasée avec une cavité d'air en arrière. Ce support va ainsi améliorer la réponse basse fréquence et augmenter l'angle de diffusion des mid et hautes fréquences, nous appelons ce modèle un omni diffuseur.

Retenez que Le temps de réverbération « Tr » optimum dépend en principe du style de musique et que les sons enregistrés comportent de la réverbération, « naturelle » celle de la salle dans le cas d'enregistrement en direct ou « live », soit des effets



de réverbération artificielle dans les enregistrements en studio qui utilisent des DSP.

De nombreuses formules ont été établies pour lier les valeurs de temps de réverbération en tenant compte de la forme et du pouvoir d'absorption des locaux.

La plus ancienne et aussi la plus simple, est la formule de Sabine.

* Sabine a été un acousticien Américain réputé, pionnier dans son domaine.

Formule de Sabine : $T_r = 0,16 V/A$ – (V étant le volume en m³ et A la « surface d'absorption » du local en m².)

Il faut connaître la nature de tous les matériaux présents en surface dans le local, ce qui signifie : murs, plafond, sol, objets divers comme le mobilier, les objets de décoration, etc... et leurs coefficients d'absorption respectifs, ce qui peut être assez compliqué... vous trouverez sur le net bon nombre de feuilles de calculs au format Excel qui vous aiderons dans cette tâche.

Pour corriger la réverbération, il suffit souvent de meubler la pièce aux bons endroits, tout simplement... créer du relief, c'est un bon début.

Les panneaux latéraux en forme de dents de scie, à alvéoles ou à angles sont intéressants, il faut s'assurer que les éléments soient polarisés avec la partie absorbante côté enceintes et adopter un principe de réelle diffraction ou diffusion face au point d'écoute et en arrière de la position d'écoute quand la pièce est de taille réduite.

- l'absorption dans les fréquences élevées est obtenue avec des matériaux à porosité ouverte, de type laine de verre ou roche peu couverte, et types fibres et textiles.
- l'absorption dans les fréquences basses nécessite de l'espace pour installer des membranes ou des résonateurs dont l'encombrement peut s'avérer important si l'on veut obtenir un T_r faible, voire utiliser des « bass-trapp » de forme circulaire ou tubulaire.

- l'absorption dans les fréquences moyennes peut être réalisée avec des matériaux poreux épais, des petits résonateurs en plaques, mais je préfère de loin utiliser des diffuseurs quadratiques verticaux spécifiques d'une profondeur de minimum 25 cm.

Exemple de traitement acoustique dans l'une des salles hi-fi de la boutique Audioshop à Montréal



Dans tous les cas il faut alterner plusieurs types de matériaux absorbant et diffusant dans toutes les bandes de fréquence. (cqfd).
Petit rappel : L'oreille humaine perçoit des sons dont les fréquences varient entre 16 et 20 000 Hertz :

- De 16 à 200 Hz ce sont les infra basses et basses fréquences,
- De 200 à 2000 Hz, les fréquences bas et haut médiums,
- De 2000 à 20 000 Hz les fréquences aiguës.

Ceci dit, en fonction de l'âge notre audition va faiblir, en moyenne un individu va être capable d'entendre des sons jusqu'à 16 000 Hz.

Le traitement acoustique apporte une solution à...

1 = Apparition de résonances marquées, surtout dans le bas du spectre. (Bourdonnement, son de tonneau), le grave mal géré va masquer le reste du spectre avec pour conséquence de limiter la dynamique subjective du médium aigu et de réduire l'image stéréo sur les 3 plans, on constate alors une image (sound stage) basse, étroite et peu profonde.

Image stéréo = Représentation psycho-acoustique de l'effet stéréophonique en 3D (Hauteur, Largeur et Profondeur).

2 = Importante coloration du son, variable selon la position des enceintes et du point d'écoute, d'où l'importance de ne pas « coller » les enceintes au mur et de positionner son fauteuil à 1 mètre du mur.

3 = Échos flottants, conséquence directe de la présence d'ondes stationnaires, créer du relief partout limite voire évite ce phénomène, voilà pourquoi une simple table basse et un fauteuil sont souvent appréciés et salutaire.

4 = Un Temps de réverbération trop long entraînant une perte de définition et une mauvaise cohérence des timbres sonores, idem que précédemment, retenir l'idée de meubler au sol et sur les murs, dans un premier temps pour ralentir le phénomène.

Recette gagnante

La précision s'obtient surtout par le contrôle des résonances de la pièce;



- La directivité s'obtient par la forme de la pièce et/ou en traitant les premières et secondes réflexions.
- Le réalisme s'obtient par le placement adéquat des enceintes acoustiques, à une distance appropriée du mur arrière (de mon point de vue, 90 cm au moins et plus selon les cas, il n'est pas rare d'obtenir d'excellents résultats à 1,50 mètre, quand cela est permis) et l'adoption d'un diffuseur de type 2D au centre

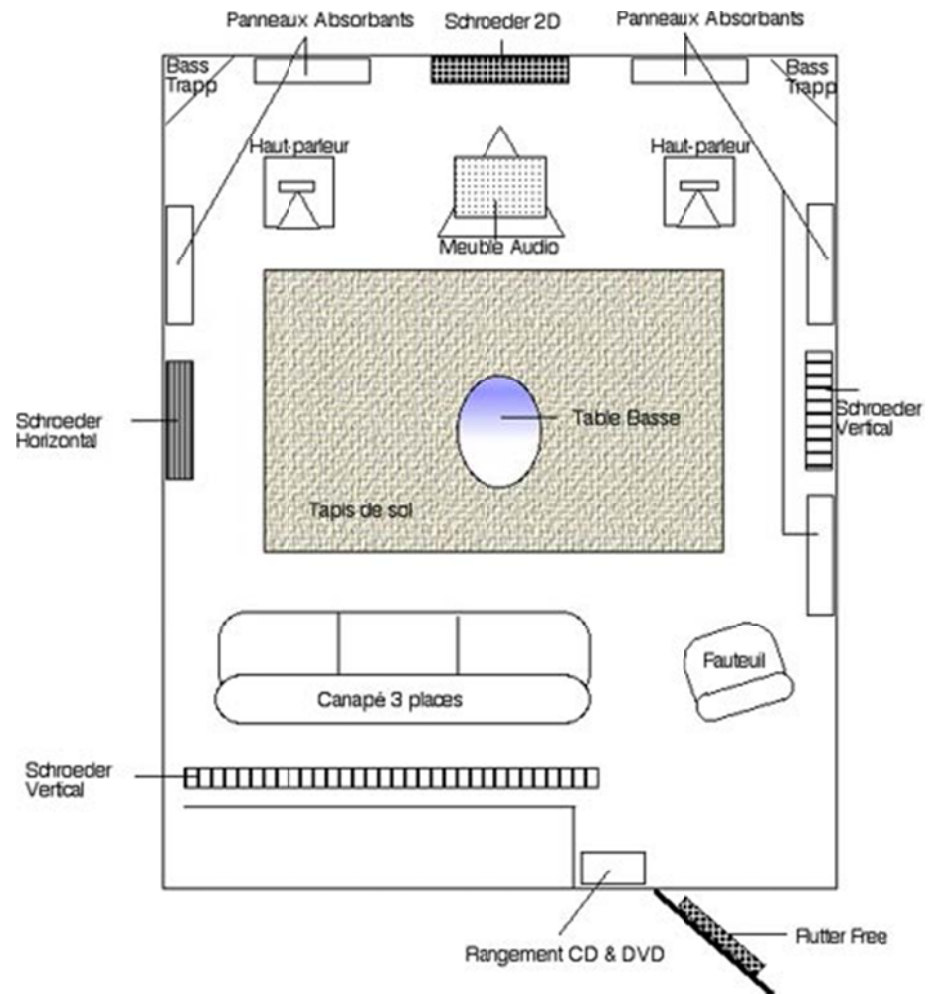
arrière des enceintes, la combinaison des 2 points précédents, des matériaux utilisés, un peu d'empirisme et un soupçon de chance 😊

Exemple de traitement acoustique de notre salon d'écoute, initialement : 4,5 mètres (14,8 pieds) de long / 3,55 mètres (11,6 pieds) de large / 1,84 mètres 6 pieds de haut

Certains de mes collègues acousticiens diplômés pour la plupart, ont tous affirmés qu'il était impossible de rendre viable une écoute en haute-fidélité dans cet espace trop confiné et plafond bas... j'ai apporté la preuve du contraire, mais il a fallu essayer de nombreuses solutions avant d'en arriver au but final.

Au tout début le son était « maigre », pas de basses, des aigus agressifs, un médium « aigret », puis vient le temps d'améliorer notre acoustique et d'entendre au fur et à mesure que nous avançons dans notre démarche, les progrès réalisés, pour aboutir à un confort d'écoute bien supérieur à la moyenne.

Pour tout dire, bien au-delà de nos espérances. Les efforts déployés dans notre cas, n'ont pas été vains, bien au contraire, ce qui paraissait impossible à la base est devenu réalité, nous vous invitons à vous questionner sur la pertinence de l'acoustique, qui pourrait bien solutionner pour un grand nombre d'entre vous, des problèmes jusqu'à lors insolubles.



Oui, mais concrètement, quelles sont les améliorations que l'on est en droit d'attendre ?

Disons, que c'est un peu comme le jour et la nuit... même avec du matériel modeste, vous pouvez vous attendre à une spectaculaire avancée vers une musicalité hors pair. Le son n'est plus agressif, les basses sont tenues, fermes, profondes quand c'est nécessaire, l'image stéréo est holographique, le grain des instruments est plus réaliste, que ce soit du piano, de la guitare, des percussions, de la contrebasse, de la flûte, opéra; le premier mot qui nous vient est : Naturel

Je n'ai rien d'autre à ajouter, essayer c'est l'adopter.

Un témoignage très intéressant

Je vous suggère la lecture de : [l'expérience de Alain Provencher.](#)

Mon point de vue :

Posez-vous les bonnes questions lors de l'élaboration de votre installation, oubliez dans un premier temps, tout accessoire « exotique », les câbles « miraculeux et hors de prix », tout changement de matériel sur un coup de tête ou sur l'influence d'un vendeur adroit, pour vous concentrer en premier lieu sur : Le traitement Acoustique.

Vous aurez bien du temps pour essayer d'autres options, accessoires, matériels, ... etc; une fois ce point réglé.

Cette démarche vous fera gagner, du temps, de l'argent et en bout de ligne votre plaisir d'écoute sera décuplée et pour longtemps.

Voici le résultat avant/après dans notre salon d'écoute de 16m²

Au début était la pièce « ordinaire »



Nous avons continué à améliorer notre salon d'écoute en travaillant le plafond et passer à une hauteur de 2 mètres : Lire l'article <http://www.magazine-audio.com/2007/traitement-acoustique-le-plafond/>



www.magazine-audio.com © Marc Philip 2007

Vue arrière de mon salon d'écoute, chose que l'on montre trop rarement



Autre vue du système depuis la position d'écoute

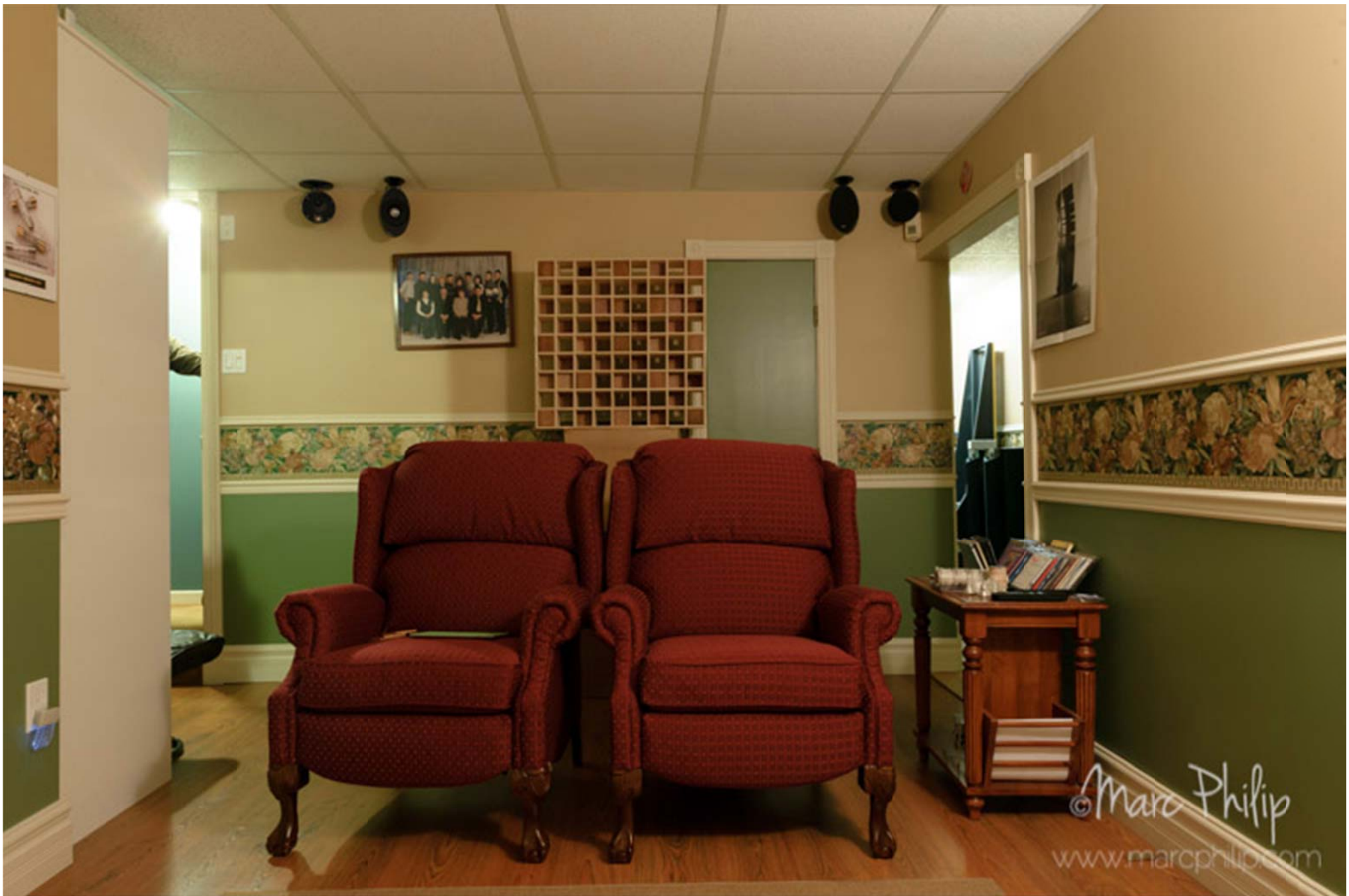


Depuis, nous avons encore travaillé, ailleurs et en particulier dans la nouvelle maison d'Alain Provencher, l'un des collaborateurs du magazine : <http://www.magazine-audio.com/hi-fi-set-up/le-systeme-dalain/>

Ou chez Mr S.L : <http://www.magazine-audio.com/2011/acoustique-chez-mr-s-l/139/>



Salle # 2 de Chez Audition Véritable du 170 chemin Lebel à Rivière-du-Loup 418-863-3333



Salle # 2 de Chez Audition Véritable du 170 chemin Lebel à Rivière-du-Loup 418-863-3333

Matériel disponible très performant :



Cet texte a été rédigé en grande partie par Marc PHILIP rédacteur indépendant, tous droits réservés, copyright 2006, les textes et photos sont la propriété de l'auteur et du magazine, [sous licence creative commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Bonne journée et bonnes écoutes.

Tout le matériel et le service d'acoustique sont disponibles chez :



Audition Véritable
Voir notre politique du meilleur prix garanti
auditionveritable@hotmail.ca

Un son si bon et des prix si bas que c'est quasi illégal!
Tél : 418 - 863 - 3333



Nous privilégions la qualité des rencontres avec nos clients pour que l'on puisse prendre le temps d'être en mesure de bien cerner leurs besoins et de leur offrir ce dont ils ont vraiment besoin.

Nous rencontrons nos clients sur rendez-vous seulement dans une atmosphère feutrée et cela pour plusieurs raisons. Nos clients n'ont pas besoin d'attendre, aussitôt arrivés nous nous occupons d'eux et nous pouvons discuter, regarder, écouter, comparer bien à l'aise sans nous faire déranger

Prenez rendez-vous, nous avons du matériel audio et vidéo, mais nous vous invitons à apporter vos CD et vos films si vous désirez comparer.

Chez Audition véritable nous avons une politique pour vous protéger

Voir notre politique du meilleur prix garanti