

GMC 721 - Rayonnement acoustique des structures
Professeur : Alain Berry
ÉTÉ 2017

**PROJET: CONCEPTION, FABRICATION ET VALIDATION D'UN
ENCOFFREMENT ACOUSTIQUE**

Consignes et critères d'évaluation

1. OBJECTIFS DU PROJET

Concevoir, réaliser et tester un encoffrement léger devant isoler le rayonnement d'une source sonore sur une bande de fréquences étendue. L'encoffrement devra procurer une perte par insertion minimale de 15 dB tout en ayant une masse minimale.

2. CONSIGNES

2.1 Équipes : 2 étudiants;

2.2 La source sonore à isoler :

- La source est un haut parleur mid-range M-Audio Studiophile DX4 (manuel d'utilisation en annexe).
- Dimensions : 21 cm (H) x 15 cm (L) x 16 cm (P).
- Poids : 5,4 kg.
- Le haut-parleur sera installé en position verticale dans l'encoffrement.
- Il sera connecté à un ordinateur externe muni d'une carte de son via une entrée ligne RCA avec prise jack et à l'alimentation électrique via un cordon.
- Le signal d'entrée du haut-parleur sera un bruit blanc sur la bande 100 Hz - 10 kHz.
- L'installation du haut-parleur dans l'encoffrement et son branchement seront faits pendant la mesure des performances (voir **2.5**). Cette installation ne devra pas prendre plus de 5 minutes.

- 1 haut-parleur sera disponible au laboratoire du GAUS (C1-2039) via Chantal Simard, technicienne de laboratoire (chantal.simard@usherbrooke.ca)

2.3 Calculs :

- Des calculs permettant de guider les choix de conception et de prédire les performances acoustiques de l'encoffrement devront être effectués. Les méthodes de calculs sont au choix des équipes.

2.4 Fabrication de l'encoffrement :

- Dimensions extérieures inférieures à 1m dans les 3 directions.
- Les équipes fourniront l'ensemble des matériaux nécessaires à la fabrication.
- Un budget maximal de 100\$ / équipe est alloué par le département, exclusivement pour l'achat des matériaux devant servir à la construction de l'encoffrement (remboursement sur présentation des factures).
- La fabrication pourra être faite dans un espace de travail du laboratoire du GAUS (C1-2039) en utilisant la boîte à outils du GAUS, dans les heures ouvrables du laboratoire. Contacter à l'avance Chantal Simard, technicienne de laboratoire (chantal.simard@usherbrooke.ca)
- L'accès aux machines-outils du GAUS n'est pas autorisé. Les activités de fabrication devront être faites dans le respect des consignes de sécurité de la Faculté.

2.5 Mesure des performances acoustiques :

- La procédure de test et la conduite des tests sont sous la responsabilité de l'enseignant.
- Les mesures seront faites **le vendredi 11 août 2017 de 8h30 à midi** dans la chambre semi-anéchoïque du GAUS (C1-2039).
- La figure 1 illustre le protocole de mesure : l'encoffrement sera installé sur un support à 1m environ du sol, des matériaux acoustiques seront placés au sol pour minimiser l'effet des réflexions. La mesure de pressions sonores P_i sera effectuée aux 5 positions indiquées sur la figure 1. Les points de mesure seront à une distance fixe de 1.5m environ du centre géométrique de l'encoffrement.

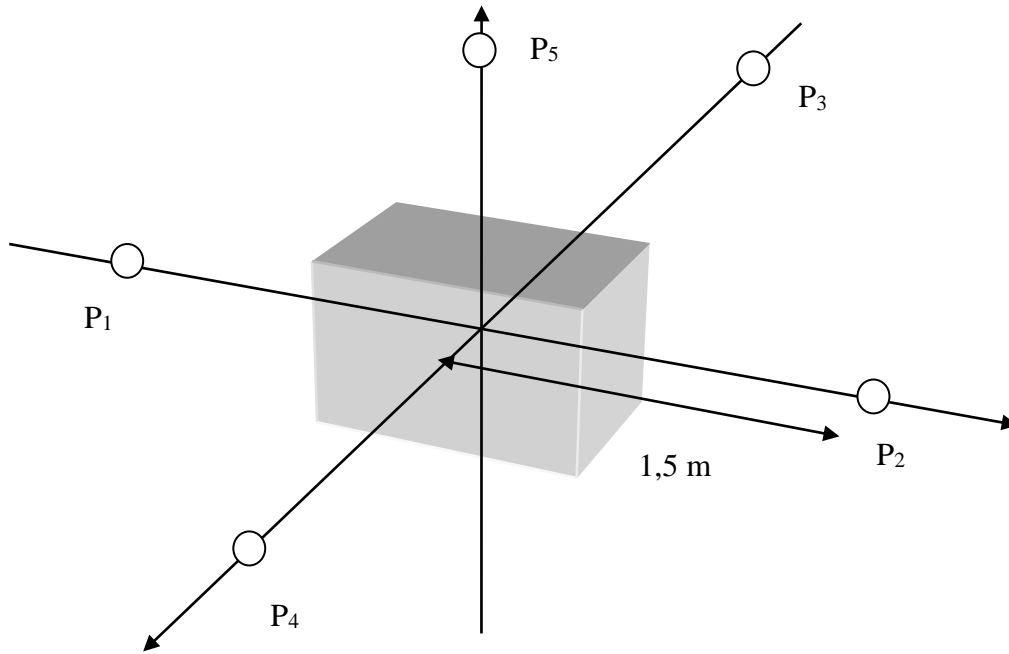


Figure 1. Protocole de mesure de la performance acoustique d'un encoffrement.

○ Le protocole de test inclut les étapes suivantes :

1. Mesure des pressions sonores rayonnées par la source en absence d'encoffrement en bandes 1/3 octave $P_{i,sans}(\omega)$
2. Mesure des pressions sonores rayonnées par la source en présence de l'encoffrement en bandes 1/3 octave $P_{i,avec}(\omega)$
3. Calcul des indicateurs de performance :
 - a. Calcul de la perte par insertion de l'encoffrement en bandes 1/3 octave

$$IL(\omega) = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_i |P_{i,sans}(\omega)|^2}{\sum_i |P_{i,avec}(\omega)|^2} \right).$$

- b. L'indicateur permettant de quantifier la performance de l'encoffrement sur la bande de fréquences mesurée sera la perte par insertion globale

$$IL = 10 \log_{10} \left(\frac{\int \sum_i |P_{i,sans}(\omega)|^2 d\omega}{\int \sum_i |P_{i,avec}(\omega)|^2 d\omega} \right), \text{ où l'intégration en fréquence sera faite entre}$$

100 Hz et 8 kHz. **IL devra être supérieur à 15dB.**

- c. Le métrique final pour quantifier le compromis entre isolation acoustique et légèreté est défini comme : $IL_M = IL - 10 \log_{10}(M^2)$, où M est la masse de l'enclassement.
- Les résultats pour $P_{i,sans}(\omega)$, $P_{i,avec}(\omega)$, $IL(\omega)$, IL et IL_M seront fournis aux équipes sous forme d'un fichier .xls à l'issue de la mesure du 11 août.

2.6 Rapport :

- Le rapport inclura le concept et les données techniques de l'enclassement, les calculs de prédiction de ses performances, les résultats de la mesure de performance et une discussion.
- Le rapport sera dactylographié et limité à 25 pages (excluant les annexes, éventuellement manuscrites).
- Remise du rapport **le 18 août 2017**.

3. ÉVALUATION

Les critères d'évaluation du projet sont :

- Pertinence du concept, soin de la réalisation : 25%
- Justesse et précision des calculs : 25%
- Qualité des performances mesurées (l'indicateur final est IL_M mais $IL(\omega)$ et IL seront aussi utilisés pour juger des performances) : 30%
- Qualité de la discussion des résultats : 20%

Le projet compte pour 40% de la note finale totale du cours.

ANNEXE : MANUEL DU STUDIOPHILE DX4

M-AUDIO

Studiophile DX4

Guide de l'utilisateur

Introduction

Merci d'avoir choisi le système de monitoring audio Studiophile DX4. Les moniteurs de la gamme Studiophile de M-Audio sont utilisés par les meilleurs ingénieurs du son et producteurs partout dans le monde. Avec les Studiophile DX4, vous pouvez maintenant bénéficier du même niveau professionnel de qualité audio sur votre bureau.

Les Studiophile DX4 ont été conçus et testés par des ingénieurs du son chevronnés afin de répondre à vos besoins de monitoring audio de bureau. Leur fonction principale est de fournir un son original et pur, sans coloration superflue. Les moniteurs DX4 ont une amplificateur intégré, et acceptent de façon directe des signaux de niveau de ligne provenant de sources variées.

Les moniteurs Studiophile DX4 ont été conçus pour éliminer toutes les restrictions inhérentes aux enceintes de bureau ordinaires dans l'environnement audionumérique. Les Studiophile DX4 offrent une conception de caisson stylée, des enceintes optimisées, une technologie de crossover avancée et une grande puissance pour assurer un son de la plus haute fidélité pour des moniteurs audio de cette taille. Opti•Image, la technologie "wave guide" propriétaire de M-Audio, assure également un rendu stéréo amélioré. Donnez plus de vie à votre musique sur ordinateur, à vos jeux et à vos DVD avec les Studiophile DX4 !

Contenu de l'emballage

L'emballage de vos Studiophile DX4 contient :

- Deux haut-parleurs DX4 (Gauche et Droit)
- Un câble de haut-parleur
- Un câble audio mini-jack vers RCA
- Un câble d'alimentation détachable
- Manuel d'utilisation
- Résultats de tests pour les DX4 que vous avez achetées

Caractéristiques des Studiophile DX4

Woofers - Le woofer a un diamètre de 10 cm avec un cône incurvé magnétiquement blindé, une bobine mobile à haute température et un amortisseur en mousse alvéolée. Il est conçu pour fournir une réponse en fréquences moyennes et basses équilibrée. Cette conception est utilisée pour réagir avec exactitude au signal d'entrée et fournir une réponse précise et une distorsion minimale même avec des entrées de niveau très bas.

Tweeters - Grâce au dôme 1 pouce (2,54 cm) en mylar avec blindage magnétique spécialement conçu, le tweeter offre un son original sans distorsion ainsi qu'une réponse extrêmement naturelle. Il minimise le temps de réaction au moyen de son dôme en mylar de forme spéciale, et réduit également la résonance grâce à sa technologie unique d'amortissement interne. De plus, la technologie "wave guide" OptiImage est incorporée dans le tweeter pour améliorer le rendu stéréo.

Port de sous-fréquences - L'orifice situé sur la face arrière est appelé port de sous-fréquences et est conçu pour émettre des fréquences extrêmement basses.

Enceinte - L'enceinte des DX4 joue un rôle aussi important que les autres composants. Elle est constituée de panneaux MDF de haute densité et d'un renforcement intérieur exceptionnel permettant d'assurer des performances plus stables. L'enceinte des DX4 a été conçue pour absorber les vibrations et les impacts dans des conditions extrêmes.

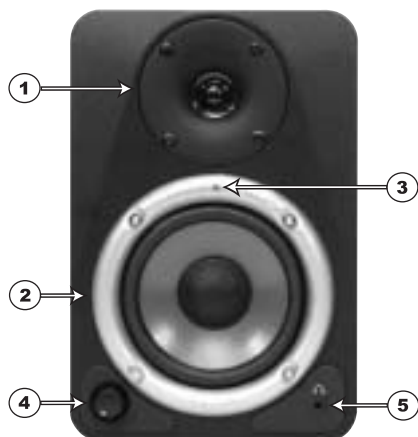
Diviseurs de fréquences et amplificateurs de puissance - Les diviseurs de fréquences actifs et les amplificateurs de puissance des DX4 ont été spécialement mis au point pour le woofer et le tweeter des DX4. Le diviseur distribue les fréquences basses, moyennes et hautes aux différents composants afin de réduire la distorsion et les pertes de son, ce qui permet d'obtenir un son naturel et équilibré.

Contrôle des fréquences moyennes - Le contrôle des fréquences moyennes sur le panneau arrière des DX4 compense les caractéristiques acoustiques de la pièce. Il offre un contrôle important sur le son et la présence des DX4, et permet aux DX4 de s'adapter à des espaces différents.

Description des panneaux avant et arrière

Avant

Remarque : Cette image montre le panneau avant du haut-parleur gauche. Tandis que ce panneau contient le woofer et le tweeter, la diode d'alimentation, le contrôle du volume et le jack de sortie casque, le panneau avant du haut-parleur droit contient uniquement le woofer et le tweeter.

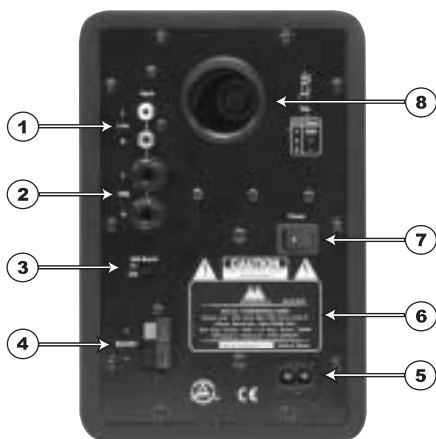


1. TWEETER
2. WOOFER
3. DIODE D'ALIMENTATION : Cette diode bleue s'allume quand l'alimentation des DX4 est allumée.

4. **CONTRÔLE DU VOLUME** : Ce contrôle détermine le volume de sortie des haut-parleurs DX4.
5. **JACK DE SORTIE CASQUE** : ce mini-jack fournit en sortie un signal stéréo identique à la sortie haut-parleur des DX4. Quand le casque est branché sur ce jack, le volume des haut-parleurs DX4 est coupé et le volume du casque est contrôlé par le contrôle du volume.

Arrière

Remarque : Cette image montre le panneau arrière du haut-parleur gauche. Le panneau arrière du haut-parleur droit ne contient qu'un seul terminal de haut-parleur, pour la connexion avec le terminal de haut-parleur de ce haut-parleur gauche.



1. **ENTRÉES de ligne RCA (G et D)** - Il y a deux entrées ligne RCA, marquées comme suit :

- "L" - Entrée de canal gauche (jack blanc) et
- "R" - Entrée de canal droit (jack rouge)

Ces jacks acceptent des connexions d'entrée RCA standard avec câblage asymétrique. Le câble audio mini-jack-vers-RCA permet aux utilisateurs de connecter les DX4 à d'autres équipements acceptant des connexions par mini-jack.

2. **ENTRÉES TRS (G et D)** - Il y a deux entrées ligne Jack, marquées comme suit :

- "L" - Entrée canal gauche et
- "R" - Entrée canal droite.

Ces prises acceptent des jacks 6,35 mm symétriques ou asymétriques.

La connexion asymétrique peut être réalisée avec des connecteurs à deux ou trois conducteurs (TS ou TRS). Une prise à deux conducteurs (TS) connecte

automatiquement l'entrée négative du signal à la masse. Une prise à trois conducteurs (TRS), en câblage asymétrique, offre l'option de laisser l'entrée négative ouverte ou connectée à la masse. Nous vous recommandons de connecter à la masse le signal négatif non utilisé. Pour ce faire il suffit de relier la bague (signal négatif) au corps (masse) du connecteur TRS.

En cas de câblage symétrique, une fiche symétrique à trois conducteurs est nécessaire.

Le câblage d'entrée TRS est le suivant :

- POINTE Point chaud (+)
- BAGUE Point froid (-)
- CORPS Masse (Blindage)

Remarque : L'entrée des connecteurs TRS et RCA est additionnée, ce qui permet d'utiliser les deux sorties simultanément.

3. Commutateur de sélection des fréquences médium : Ce commutateur à 2 positions détermine le réglage de mode Sélection des fréquences médium. Le réglage "Out" produit une courbe de réponse "plate", tandis que le réglage "In" renforce les fréquences médium.
4. TERMINAUX DE HAUT-PARLEURS : Le panneau arrière des enceintes de haut-parleur gauche et droit contient un terminal de haut-parleur à action-ressort. Le câble de haut-parleur inclus doit être utilisé pour connecter le terminal du haut-parleur de gauche au terminal du haut-parleur droit.
5. PRISE D'ALIMENTATION : Accepte un câble de ligne 2 circuits détachable pour alimenter le système DX4.
6. ÉTIQUETTE PRODUIT : Cette étiquette contient les informations de modèle et le numéro de série des DX4.
7. INTERRUPTEUR D'ALIMENTATION : Cet interrupteur permet d'allumer et d'éteindre le système DX4. La position allumé est indiquée par un point blanc sur l'interrupteur.
8. PORT DE SOUS-FRÉQUENCES : Ce port aide à reproduire les fréquences très basses en prenant en charge les fréquences inférieures à 60 Hz.

Installation

Pour assurer à votre système DX4 une performance optimale, nous vous invitons à lire attentivement les instructions suivantes avant de démarrer l'installation.

Précautions à prendre

Manipulation : Les haut-parleurs DX4 sont emballés de façon serrée dans la boîte ; vous devez donc faire attention en les sortant. Afin d'éviter que les moniteurs ne soit endommagés, tenez-les toujours par les deux côtés (et non l'avant ou l'arrière) lorsque vous les retirez de la boîte. Même lorsque les moniteurs ont déjà été sortis de la boîte, évitez de toucher leurs cônes. Ceci pourrait les abîmer. Veillez à ne pas toucher les cônes des haut-parleurs (le woofer ou le tweeter).

Connexions : Connectez les entrées RCA ou TRS de votre unité DX4 aux sorties correspondantes d'une carte son ou d'une console de jeu. Pour les connexions aux entrées, nous vous recommandons d'utiliser des câbles de haute qualité. Avant d'effectuer les connexions nécessaires, mettez les moniteurs DX4 hors tension et réduisez leur volume au minimum.

Alimentation requise : Les DX4 intégrant leur propre amplificateur, ils doivent être connectés à une prise de courant à l'aide des câbles d'alimentation CA fournis. Avant de brancher l'alimentation, assurez-vous que la tension des DX4 correspond à la tension de votre alimentation.

ATTENTION ! - L'utilisation d'une tension inappropriée peut entraîner une situation de danger et/ou de dommage aux composants des haut-parleurs non couverts par leur garantie.

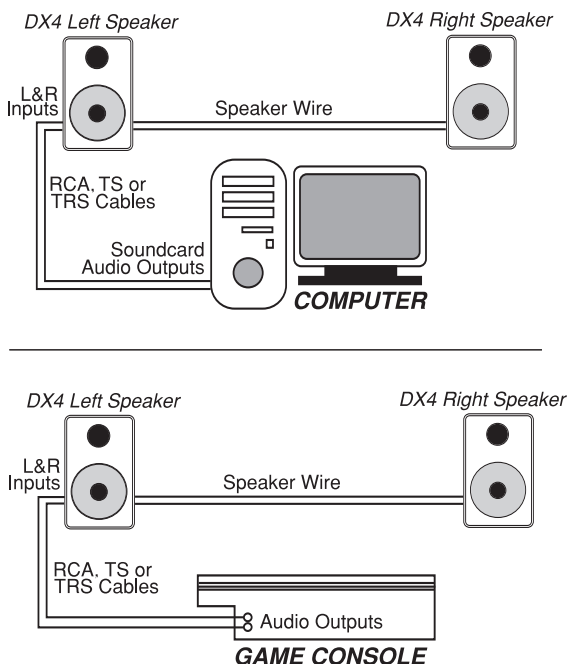
Connexion du câble de haut-parleur

Utilisez les câbles de haut-parleur inclus avec les DX4 pour connecter les haut-parleurs droit et gauche par les terminaux à ressort.

Connexion à une carte son ou à une console de jeu

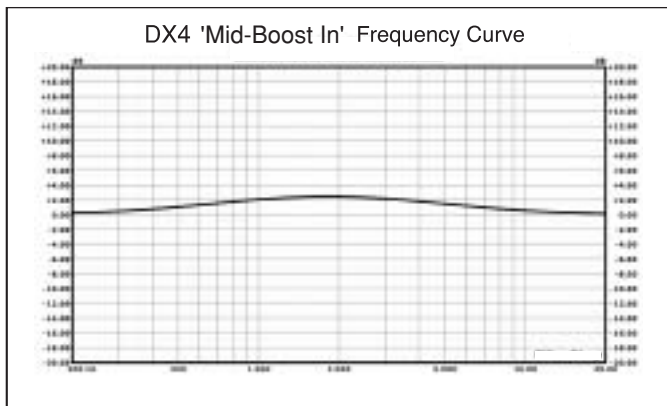
Avant de connecter les DX4, assurez-vous que l'appareil que vous connectez aux DX4 et que le système DX4 lui-même sont éteints.

Branchez le câble approprié RCA, TRS ou TS aux connecteurs de sortie correspondants de la carte son de l'ordinateur ou de la console de jeu.



Réglage du commutateur de gestion des fréquences moyennes

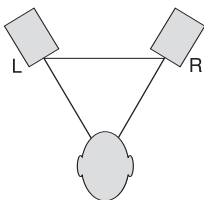
Ce commutateur à deux positions vous permet de choisir la gestion "In" ou "Out" des fréquences médium. La position Out produit une réponse de fréquence médium plate pour des conditions de monitoring et d'écoute normales. La position In rapprochera la scène sonore du point d'écoute.



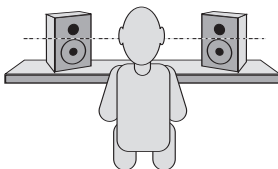
Placement des DX4

Le placement des haut-parleurs est un des éléments les plus importants pour réaliser un monitoring précis du son. Pour bénéficier de la performance optimale des DX4 dans votre monitoring, un environnement d'écoute approprié et un placement correct sont nécessaires. Veuillez vous référer à ce qui suit pour placer correctement vos DX4.

1. Les deux unités et l'auditeur doivent être placés de façon à former un triangle équilatéral. Reportez-vous au schéma suivant :

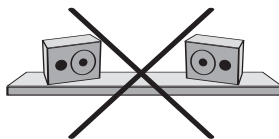


2. Positionnez les enceintes de manière à ce que le haut des woofers soit au même niveau que vos oreilles dans un environnement d'écoute normal. Reportez-vous au schéma suivant :



3. Placez les DX4 gauche et droit verticalement et dans le bon sens. Il n'est pas

conseillé de placer les DX4 en position horizontale.



Important : NE BLOQUEZ PAS la circulation d'air devant ou entre les moniteurs. Retirez également des éléments réfléchissants comme du verre, des miroirs ou du métal de l'environnement de monitoring, et placez ces éléments hors de la trajectoire du son provenant des DX4.

Contacter M-Audio

Pour davantage de fichiers, d'aide ou de pilotes pour ce produit, nous vous invitons à consulter la partie assistance (support) de notre site web principal : <http://www.m-audio.com>.

Si vous avez des questions ou si vous souhaitez faire des commentaires ou des suggestions à propos de ce produit ou de tout autre produit M-Audio, nous vous invitons à nous contacter directement à l'aide des informations suivantes :

M-AUDIO U.S.

5795 Martin Road, Irwindale, CA 91706-6211, U.S.A.

Sales Information:	626-633-9050
Sales Information (email):	info@m-audio.com
Tech Support:	626-633-9055
Tech Support (email):	techsupt@m-audio.com
Fax:	626-633-9060
Internet Home Page:	http://www.m-audio.com

M-AUDIO Deutschland (Germany)

Kuhallmand 34, D-74613 Ohringen, Germany

Sales Information:	49 7941 98 7000
Sales Information (email):	info@m-audio.de
Technical Support:	49 7941 98 70030
Technical Support (email):	support@m-audio.de
Fax:	07941 98 70070
Internet Home Page:	http://www.m-audio.de

M-AUDIO U.K.

Unit 5, Saracen Industrial Estate, Mark Road,
Hemel Hempstead, Herts HP2 7BJ, England

Sales Information (phone):	44 (0) 1442 416590
Sales Information (fax):	44 (0) 1442 246832
Sales Information (email):	info@maudio.co.uk
Technical Support (PC):	44 (0) 1309 671301
Technical Support (Mac):	44 (0) 1765 650072
Technical Support (email):	richard@maudio.freemove.co.uk
Internet Home Page:	http://www.maudio.co.uk

M-AUDIO Canada

1400 St-Jean Baptiste Ave. #150
Quebec City, QC G2E 5B7, Canada

Tel:	418-872-0444
Fax:	418-872-0034
Email:	midimancanada@m-audio.com

Internet Home Page: <http://www.m-audio.ca>

M-AUDIO France

Unit 5, Saracen Industrial Estate, Mark Road
Hemel Hempstead, Herts HP2 7BJ, England

Sales Information:	0810 001 105
Sales Information (email):	info@m-audio-france.com
Technical Support:	0820 00 731
Technical Support (email):	support@m-audio-france.com
Fax:	44 (0) 144 224 6832
Internet Home Page:	http://www.maudio.co.uk

M-AUDIO Japan

Annex Building 6F, 2-18-10 Marunouchi
Naka-Ku, Nagoya 460-0002, Japan

Tel:	81 52 218 3375
Fax:	81 52 218 0875
Technical Support:	0820 00 731
Email:	info@m-audio.co.jp

Internet Home Page: <http://www.m-audio.co.jp>

Pour toutes les mises à jour de documents et manuels français, veuillez visiter la page web **www.m-audio.com**.

Informations de garantie

Conditions de garantie

M-Audio garantit que les produits sont dépourvus de défauts de matériaux et de fabrication, dans le cadre d'un usage normal et pour autant que le produit soit en possession de son acquéreur originel et que celui-ci soit enregistré. Consultez www.m-audio.com/warrantypour pour prendre connaissance des conditions et des limitations s'appliquant à votre produit spécifique.

Enregistrement de garantie

Merci d'enregistrer votre nouveau produit M-Audio. Le faire immédiatement permet à la fois de vous donner une couverture de garantie complète et d'aider M-Audio à développer et à fabriquer les produits de la plus grande qualité qui soit. Enregistrez-vous en ligne à www.m-audio.com/register pour recevoir des mises à jour GRATUITES du produit et pour avoir une chance de gagner des équipements GRATUITS M-Audio.

Annexe A – Caractéristiques techniques

Type : moniteur de studio deux voies

Woofers : cône blindé 10 cm diam. incurvé avec blindage magnétique, bobine mobile à haute température et amortisseur en mousse alvéolée.

Tweeter : dôme 1" diam., blindage magnétique avec dôme mylar spécialement formé

Bande passante : 70Hz - 20kHz

Fréquences de crossover : 2,2kHz

RMS SPL @ 1 mètre : 101,5 dB

Plage dynamique : >95dB

Rapport signal-bruit : >90dB (typique, pondéré A)

Connecteurs d'entrée : connecteurs d'entrée de ligne RCA gauche et droit, connecteurs d'entrée symétriques/asymétriques TRS gauche et droit.

Polarité : le branchement d'un signal positif sur l'entrée + provoque un déplacement du woofer vers l'extérieur.

Puissance dynamique : 18 watts/ 4 Ω avec 2 canaux connectés

Impédance d'entrée : 20k Ohm symétrique, 10k Ohm asymétrique

Sensibilité d'entrée : une entrée de bruit rose de 100 mV produit en sortie une valeur SPL de 90dBA à une distance d'un mètre avec le volume au maximum

Protection : interférence RF, limitation du courant de sortie, surchauffement, fréquences transitoires à la mise sous tension et hors tension, filtre subsonique

Témoin : diode d'alimentation bleue sur la face avant

Alimentation requise : 120V/~60Hz, 230V/~50Hz pi 110V/50Hz/60Hz ; alimentation par câble de ligne 2 circuits détachable.

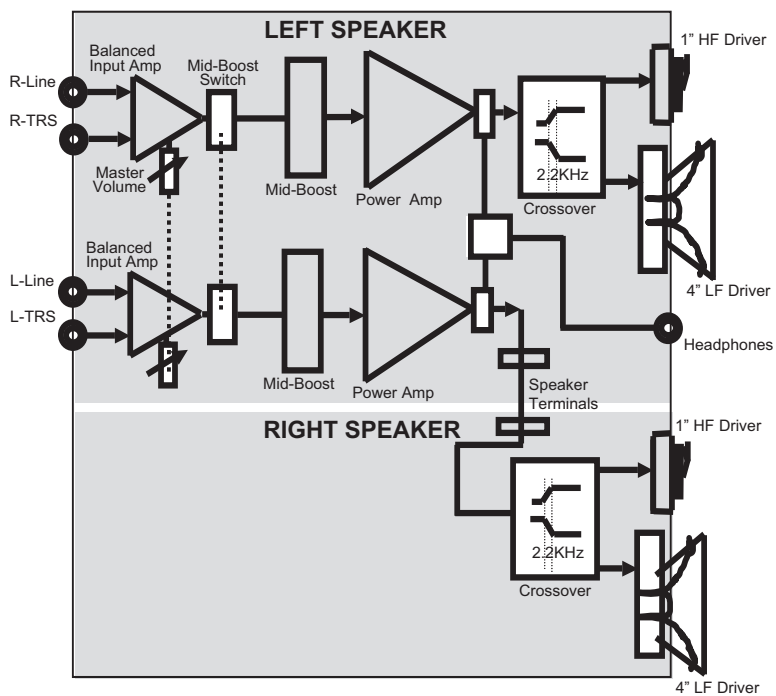
Cabinet : panneaux MDF plaqués vinyle.

Dimensions : 21,5 cm (H) x 14,6 cm (L) x 15,9 cm (P)

Poids : 5,4 kg / paire (environ, sans emballage)

* Les caractéristiques techniques ci-dessus sont susceptibles d'être modifiées sans avertissement préalable

Annexe B - Schéma fonctionnel



IMPORTANT SAFETY INSTRUCTION

1. READ INSTRUCTIONS

All the safety and operating instructions should be read before the appliance is operated.

2. RETAIN INSTRUCTIONS

The safety and operating instructions should be retained for future reference.

3. HEED WARNINGS

All warnings on the appliance and in the operating instructions should be adhered to.

4. FOLLOW INSTRUCTIONS

All operating and use instructions should be followed.

5. WATER AND MOISTURE

The appliance should not be used near water - for example, near a bathtub, washbowl, kitchen sink, laundry tub, in a wet basement, or near a swimming pool, etc.

6. CARTS AND STANDS

The appliance should be used only with a cart or stand that is recommended by the manufacturer.

- 6A. An appliance and cart combination should be moved with care. Quick stops, excessive force, and uneven surfaces may cause the appliance and cart combination to overturn.



7. WALL OR CEILING MOUNTING

This equipment is not designed for use mounted on a wall or a ceiling.

8. VENTILATION

The appliance should be situated so that its location or position does not interfere with its proper ventilation. For example, the appliance should not be situated on a bed, sofa, rug, or similar surface that may block the ventilation openings, or placed in a built-in installation, such as bookcase or cabinet that may impede the flow of air through the ventilation openings.

At least 30cm free space around the unit for normal ventilation is required.

9. HEAT

Do not install near any heat sources such as radiators, heat registers, stoves, or other apparatus (including amplifiers) that produce heat.

10. CLEANING

The appliance should be cleaned only with dry cloth.

11. POWER SOURCES

The appliance should be connected to a power supply only of the type described in the operating instructions or as marked on the appliance.

12. POWER CORD PROTECTION

Power-supply cords should be routed so that they are not likely to be walked on or pinched by items placed upon or against them, paying particular attention to cords at plugs, convenience receptacles, and the point where they exit from the appliance.

13. POLARIZED PLUG

Do not defeat the safety purpose of the polarized or grounding-type plug. A polarized plug has two blades with one wider than the other. A grounding type plug has two blades and a third grounding prong. The wide blade or the third prong are provided for your safety. When the provided plug does not fit into your outlet, consult an electrician for replacement of the obsolete outlet.

14. UNPLUG POWER CORD

Unplug this apparatus during lightning storms or when unused for long periods of time.

15. OBJECT AND LIQUID ENTRY

No object filled with liquids, such as vases, etc. shall be placed on the apparatus.

16. ACCESSORIES

Only use attachments/accessories specified by the manufacturer.

17. SERVICING

The user should not attempt to service the appliance beyond that described in the operating instructions. All other servicing should be referred to qualified service personnel.

18. DAMAGE REQUIRING SERVICE

The appliance should be serviced by qualified service personnel when:

- a) The power-supply cord or the plug has been damaged; or
- b) Objects have fallen, or liquid has been spilled into the appliance; or
- c) The appliance has been exposed to rain; or
- d) The appliance does not appear to operate normally or exhibits a marked change in performance; or
- e) The appliance has been dropped, or the enclosure is damaged.