



# GMC 721 – Rayonnement acoustique des structures

Projet: Conception, fabrication et validation d'un  
encoffrement acoustique

Professeur: Alain Berry - Etudiants: Jonathan Pertuisel, Simon Lopez et Charles Dutreix



UNIVERSITÉ DE  
**SHERBROOKE**



## TABLE DES MATIERES

<b>OBJECTIFS DU PROJET</b> .....	<b>3</b>
<b>CONSIGNES</b> .....	<b>3</b>
LA SOURCE SONORE A ISOLER.....	3
FABRICATION DE L'ENCOFFREMENT .....	3
MESURE DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES .....	3
<b>CONCEPTION DE L'ENCOFFREMENT</b> .....	<b>4</b>
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT .....	4
CARACTERISTIQUES D'UN ENCOFFREMENT .....	5
ETAPES DE REALISATION.....	5
<i>Evaluer les contraintes.....</i>	<i>5</i>
<i>Isoler la source de bruit .....</i>	<i>5</i>
<i>Absorber le son à l'intérieur de l'encoffrement .....</i>	<i>6</i>
<i>Supprimer les fuites acoustiques et traites les ouvertures.....</i>	<i>7</i>
<i>Découpler l'encoffrement.....</i>	<i>8</i>
<b>CALCULS THEORIQUES</b> .....	<b>8</b>
MODELE UTILISE .....	8
SCRIPT MATLAB.....	8
$IL(W)$ , $IL_{GLOBAL}$ ET $IL_M$ .....	10
CALCULS AVEC PREDIX .....	11
<b>REALISATION DE L'ENCOFFREMENT</b> .....	<b>13</b>
MODELE CATIA.....	13
FABRICATION DE LA BOITE .....	14
<i>Système de fermeture du petit encoffrement .....</i>	<i>14</i>
<i>Système de fermeture du grand encoffrement .....</i>	<i>15</i>
<i>Jonction entre le couvercle et le reste de la boîte .....</i>	<i>16</i>
BUDGET .....	18
<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>19</b>
RESULTATS .....	19
COMPARAISON.....	20
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>21</b>

## OBJECTIFS DU PROJET

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

## CONSIGNES

### LA SOURCE SONORE A ISOLER

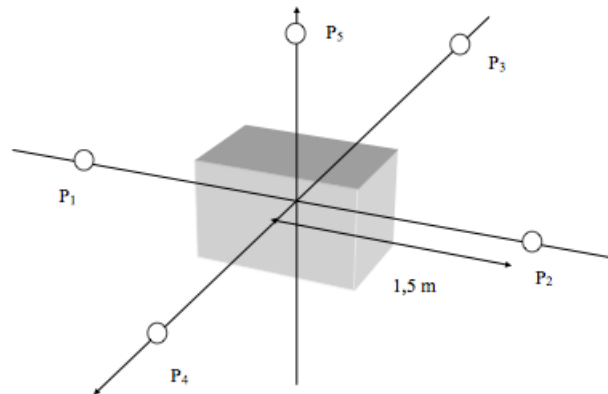
- La source est un haut parleur mid-range M-Audio Studiophile DX4 (manuel d'utilisation en annexe).
- Dimensions : 21 cm (H) x 15 cm (L) x 16 cm (P).
- Poids : 5,4 kg.
- Le haut-parleur sera installé en position verticale dans l'encoffrement.
- Il sera connecté à un ordinateur externe muni d'une carte 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.

### 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.
- 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.

### MESURE DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES

- La procédure de test et la conduite des tests sont sous la responsabilité de l'enseignant.
- La figure suivante 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.



- 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 octaves

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

- b. L'indicateur permettant de quantifier la performance de l'encoffrement sur la bande de fréquences mesurée sera la perte par insertion globale. **Il devra être supérieur à 15dB.**

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

- c. Le métrique final pour quantifier le compromis entre isolation acoustique et légèreté est défini comme :  $IL = IL - 10 \log (M^2)$ , où M est la masse de l'encoffrement.

- 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 à l'issue de la mesure du 12 avril.

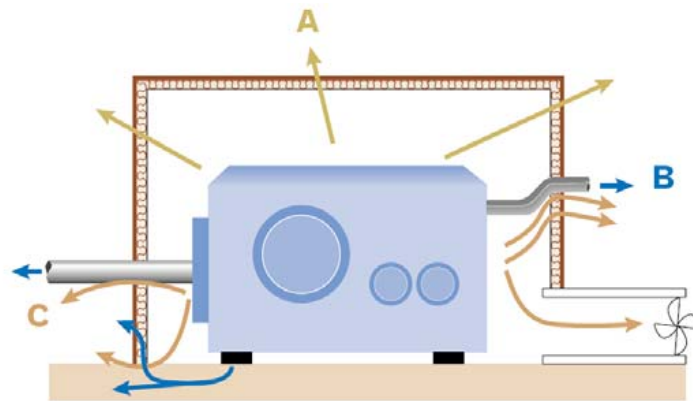
## CONCEPTION DE L'ENCOFFREMENT

Un encoffrement est une enceinte présentant un isolement phonique élevé, à l'intérieur de laquelle est placée une machine bruyante.

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le schéma ci-dessus représente les différentes voies de transmission sonore d'un encoffrement,

il faut donc veiller à réduire ces transmissions:



- Voie A: transmission aérienne du son par les parois de l'encoffrement.
- Voie B: transmission des vibrations de la machine par les liaisons solides et les parois de l'encoffrement.
- Voie C: transmission par les fuites et les ouvertures.

## CARACTERISTIQUES D'UN ENCOFFREMENT

Les caractéristiques d'isolation des parois de l'encoffrement suivent les mêmes principes que celles des cloisons. Une attention très poussée doit être apportée aux fuites.

Les précautions à prendre à l'intérieur de l'encoffrement sont :

- parois homogènes de masse et d'amortissements suffisants
- absorber le son à l'intérieur de l'encoffrement
- éviter tous les liens possibles entre la machine et l'encoffrement.

Les précautions à prendre à l'extérieur de l'encoffrement sont :

- empêcher les fuites par les ouvertures,
- supprimer les fuites acoustiques.

## ETAPES DE REALISATION

### EVALUER LES CONTRAINTES

Ici, les principales contraintes sont des contraintes de prix (100\$), de poids qui doit être minimal et de volume puisque les dimensions doivent être inférieures à 1m dans les trois directions.

Nous allons donc principalement déterminer nos matériaux en fonction de leur prix, qui est le critère principal.

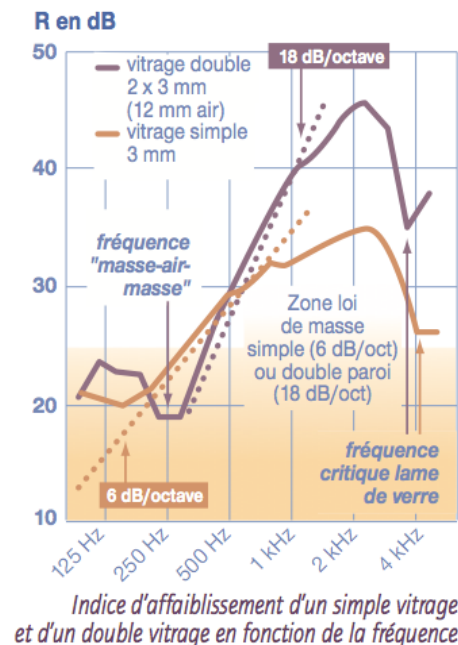
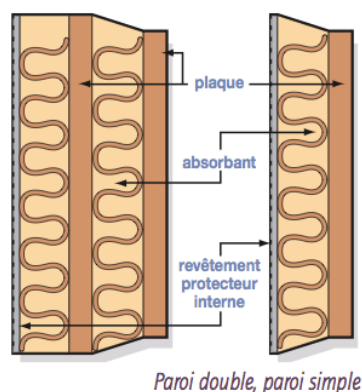
### ISOLER LA SOURCE DE BRUIT

L'isolement de la source sera assuré par les parois. Nous allons donc chercher à trouver le

meilleur compromis pour assurer un affaiblissement maximal du son.

Les détails de la source sonore sont détaillés plus haut dans le rapport. Le signal d'entrée du haut-parleur sera un bruit blanc sur la bande 100 Hz - 10 kHz.

Il reste maintenant à déterminer si nous réalisons une simple paroi ou une double paroi :



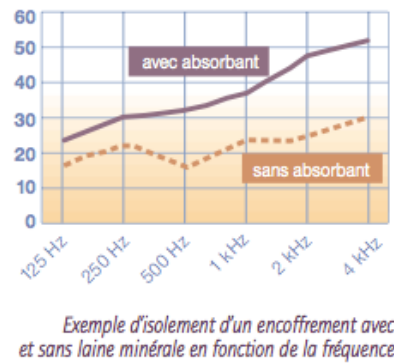
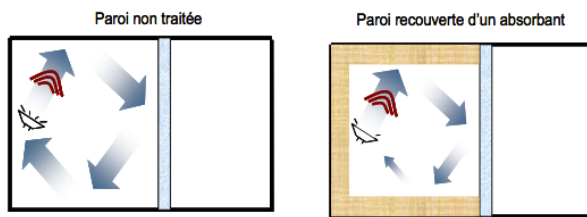
Nous voyons rapidement avec ce graphique que la double paroi est beaucoup plus efficace au delà de 500 Hz. Il faut cependant penser que cette double paroi implique une masse plus importante de la boîte. En émettant l'hypothèse grossière que le poids de la boîte sera doublé avec cette double paroi, cela implique une réduction de 6 dB de la perte par insertion, ce qui est acceptable vis à vis de l'affaiblissement plus important crée par cette double paroi.

Cependant, nous verrons ici l'apparition de fréquences critiques des parois et de respiration de cette double paroi. Il faudra donc veiller à décaler ces fréquences au maximum en dehors de notre bande de fréquence pour ne pas qu'elles aient un impact sur l'isolation.

En raison de notre contrainte de prix et la facilité de réalisation, le choix du matériau se tourne vers du bois. Le bois utilisé pour la réalisation des parois sera du bois à forte densité la paroi interne et à moyenne densité pour la paroi externe. Nous détaillerons ce choix plus tard.

## ABSORBER LE SON A L'INTERIEUR DE L'ENCOFFREMENT

Le niveau de bruit à l'intérieur de l'encoffrement augmente par réverbération ; ce qui supprime l'affaiblissement dû à la paroi. Les matériaux absorbants sont donc utilisés par parer à ce problème.



Nous cherchons donc à utiliser un absorbant avec un coefficient d'absorption proche de 1 sur toute la bande de fréquence de notre mesure et ayant un cout assez faible.

Le choix va très vite se porter sur les laines minérales en raison du prix trop élevé des mousses absorbantes. Nous allons donc utiliser de la laine de verre du fait de son bon coefficient d'absorption sur notre bande de fréquence et de son prix acceptable. Elle sera positionnée entre les deux parois ainsi qu'entre notre enceinte et la première paroi.

Nous n'utiliserons pas de revêtement protecteur en raison de la difficulté de réalisation ainsi que d'un risque de dépassement de budget.

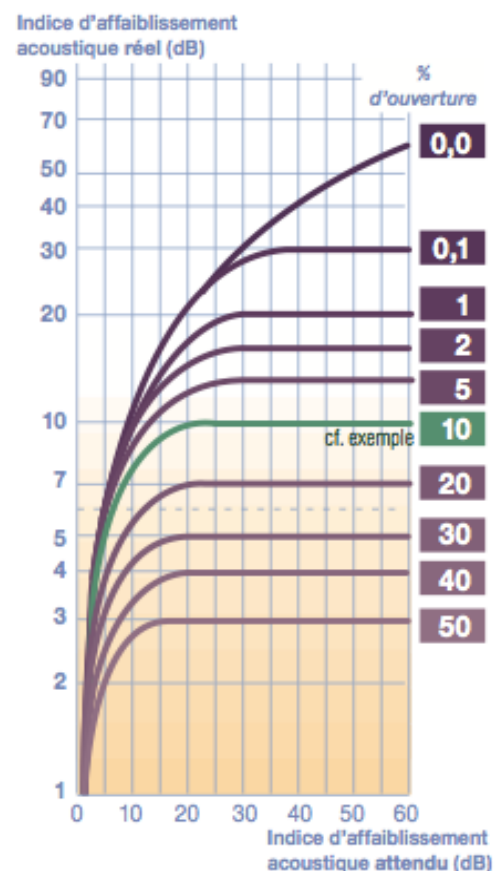
## SUPPRIMER LES FUITES ACOUSTIQUES ET TRAITER LES OUVERTURES

Toute ouverture entraine des fuites du bruit à l'extérieur de l'encoffrement. On voit en effet que 10% d'ouverture réduisent inévitablement l'affaiblissement à une valeur de 10 dB.

Il faut donc les supprimer au maximum en réduisant les ouvertures et les étanchéifiant bien ainsi qu'en colmatant à l'aide de joints les différentes fuites possibles créés pendant la réalisation de la boîte.

Nous allons donc utiliser des joints de fenêtre pour étanchéifier les ouvertures nécessaires au passage de l'enceinte. Ces joints seront serrés à l'aide de clips qui viendront maintenir les parties de la boîte entre elles.

L'ouverture sur la paroi interne pour le passage du câble d'alimentation sera colmatée avec de la patafix et les différentes fuites seront réduites au maximum avec de la pate isolante.





L'encoffrement ne doit pas, ou au minimum, être en contact avec l'encoffrement, de sorte que les vibrations de l'enceinte ne soient pas transmises à la structure. Nous allons donc simplement poser notre enceinte sur la laine de verre pour réduire les vibrations. De même, nous n'allons pas réaliser de liaison solide entre les deux parois pour ne pas que les vibrations se transmettent. Le positionnement se fera grâce à la laine de verre présente entre les parois.

## CALCULS THEORIQUES

### MODELE UTILISE

Après quelques recherches d'un modèle théorique nous permettant de calculer la perte par insertion d'un encoffrement, nous décidons d'adopter le modèle présenté par le CETIM.

Celui-ci nous permet ainsi de trouver la perte par insertion  $D$  en utilisant l'indice d'affaiblissement et le coefficient d'absorption moyen.



$$D = 10 \log \frac{W}{W_r} = 10 \log \frac{1}{\tau} - 10 \log \left( 0,3 + \frac{1 - \bar{\alpha}}{\bar{\alpha}} \frac{S}{S_i} \right).$$

Cette formule, qui permet de calculer une efficacité globale du capot, est souvent donnée sous une forme encore simplifiée, où il est considéré que

- la surface intérieure  $S_i$  est équivalente à l'aire du capot  $S$  :  $S/S_i \cong 1$ ,
- le coefficient d'absorption moyen  $\bar{\alpha}$  est sensiblement inférieur à 1 pour que

$$\frac{\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \approx \bar{\alpha} \quad \text{et} \quad \frac{1}{\bar{\alpha}} \gg 0,3.$$

Ces approximations conduisent à la relation

$$D' = R + 10 \log \bar{\alpha}.$$



Le coefficient d'absorption moyen de notre encoffrement est de 0,9.

### SCRIPT MATLAB

Il reste maintenant à calculer l'indice d'affaiblissement pour une double paroi. Le script Matlab suivant nous permet de trouver cet indice ainsi que la perte par insertion.



On choisit de modéliser notre source par un champ diffus d'ondes planes allant de 0 à 70 degrés.

L'encoffrement est donc en bois d'épaisseur 1/2 pouce pour la paroi extérieure et 3/4 de pouce pour la paroi intérieure. On peut approximer la masse volumique à  $750 \text{ kg/m}^3$ . Le module d'Young est d'environ 4 Gpa et le coefficient de Poisson de 0.21. Les valeurs standards  $c_0$  et  $r_0$  de l'air sont utilisées.



Le calcul est ici fait pour des parois infinies et nous avons ici choisi une valeur de 8cm entre les parois. Elle permet d'abaisser les fréquences de respiration mais aussi de garder un poids raisonnable.

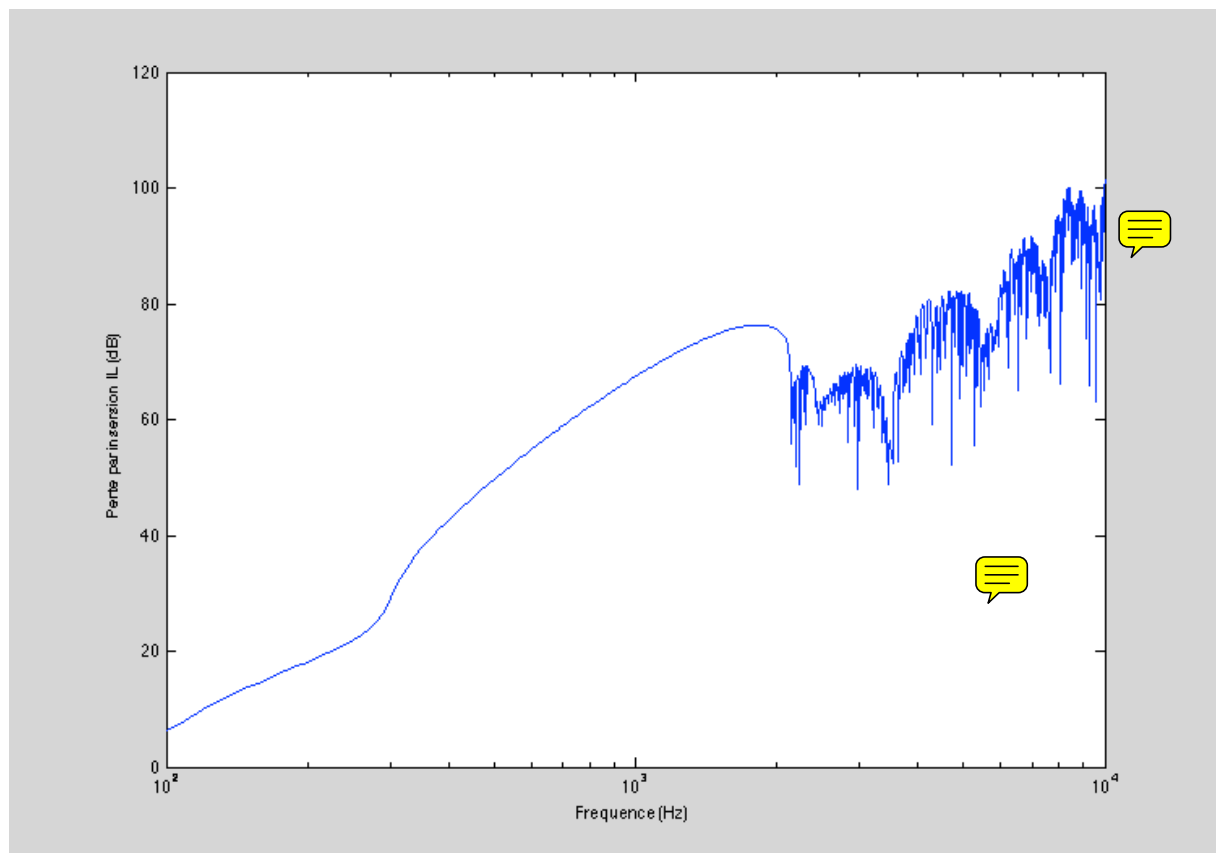
```
clear all
close all

roair=1,2;
c0=342;

e=0.08;
E=4e9;
roparoi1=1000;
roparoi2=750;
nu=0.21;
h1=0.0127/2;
h2=0.01272;
mu1=roparoi1*h1;
mu2=roparoi2*h2;
D1=E*h1^3/(12*(1-nu^2));
D2=E*h2^3/(12*(1-nu^2));
ang=1:70;
f=100:10:10000;
T=[length(ang),length(f)];
masse=10.8;

for angle=1:length(ang)
    teta=ang(angle)*pi/180;
    fresp1=sqrt(2*c0^2*roair/(e*mu1*cos(teta)^2))/(2*pi);
    fresp2=sqrt(2*c0^2*roair/(e*mu2*cos(teta)^2))/(2*pi);
for freq=1:length(f)
    w=2*pi*f(freq);
    k=w/c0;
    M=[-1 1 1 0 -mu1*w^2+D1*k^4*sin(teta)^4 0 ; 0 -exp(j*k*cos(teta)*e) -
exp(-j*k*cos(teta)*e) exp(j*k*cos(teta)*e) 0 -mu2*w^2+D2*k^4*sin(teta)^4 ;
-j*k*cos(teta) 0 0 0 -roair*w^2 0 ; 0 j*k*cos(teta) -j*k*cos(teta) 0 -
roair*w^2 0 ; 0 j*k*cos(teta)*exp(j*k*cos(teta)*e) -j*k*cos(teta)*exp(-
j*k*cos(teta)*e) 0 0 -roair*w.^2 ; 0 0 0 j*k*cos(teta)*exp(j*k*cos(teta)*e)
0 -roair*w^2];
    A=[1 ; 0 ; -j*k*cos(teta) ; 0 ; 0 ; 0];
    Sol=inv(M)*A;
    Solu(angle,freq)=abs(Sol(4,1));
end
end
frespiration1=mean(fresp1)
frespiration2=mean(fresp2)
r=20*log10(1./mean(Solu));
IL=r+10*log(0.9);
ILglobal=20*log10(1/mean(transpose(mean(Solu))))
ILm=ILglobal-10*log10(masse^2)

figure;
semilogx(f,IL,'linewidth',1);
xlabel('Frequence (Hz)')
ylabel('Perte par insersion IL (dB)')
```



$$f_{\text{respiration1}} = 316 \text{ Hz}$$

$$f_{\text{respiration2}} = 258 \text{ Hz}$$

$$IL_{\text{global}} = 49 \text{ dB}$$

$$IL_m = 28,6 \text{ dB}$$

Les valeurs des fréquences de respiration sont encore hautes mais il aurait fallu faire un encoffrement très grand pour pouvoir les abaisser en dessous de 100 Hz. Nous avons donc privilégié le poids de notre encoffrement.

On obtient donc ici une valeur de **46dB** pour la perte par insertion globale et une perte métrique finale de **25,6 dB**. Ces calculs ne tiennent pas compte de l'absorbant mis dans l'encoffrement.

Nous avons donc décidé d'utiliser le logiciel Predix pour pouvoir modéliser l'absorbant

## CALCULS AVEC PREDIX

Nous avons ici modélisé notre boîte par des parois infinies et la source par un champ diffus d'ondes planes allant de 0 à 70 degrés.

Le modèle utilise pour les parois et un modèle de plaques ou l'on rentre les caractéristiques mécaniques du matériau.



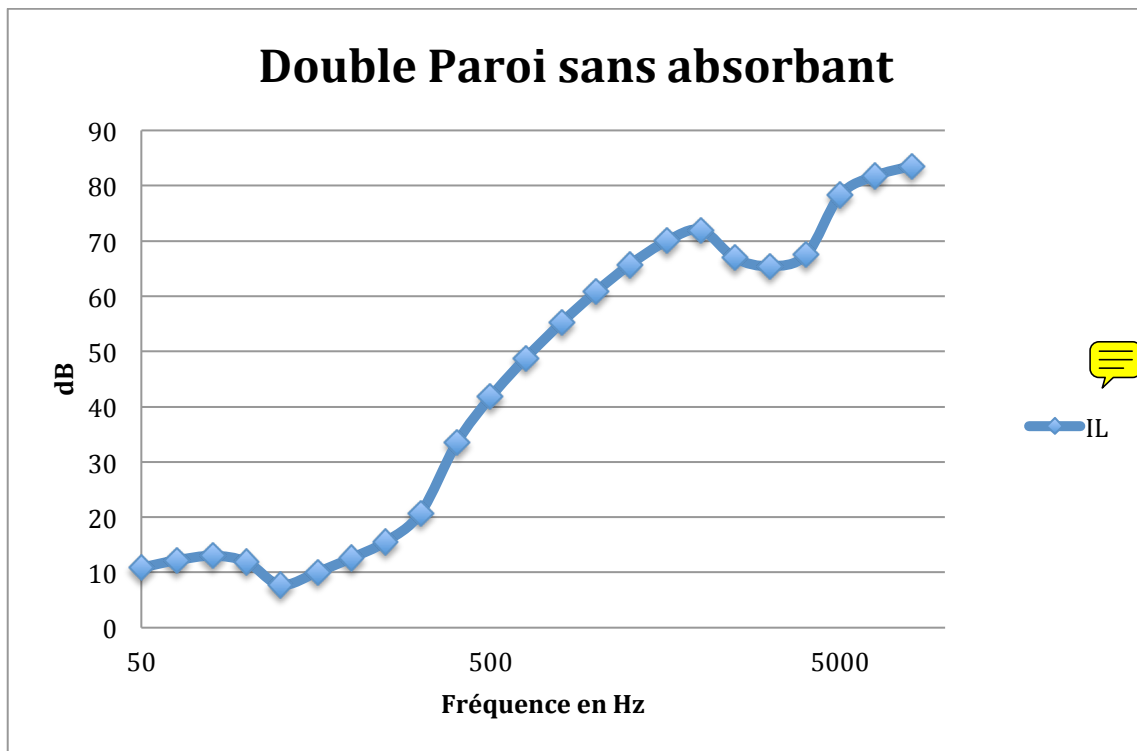
Le modèle utilisé pour la laine de verre est un modèle de Miki. Les valeurs de masse volumique ( $20\text{kg/m}^3$ ), célérité ( $270\text{ m/s}^2$ ) et résistivité ( $9000\text{ Ns/m}^4$ ) de la laine sont rentrées.

The screenshot displays the H:\Predix software interface, which is used for acoustic modeling. The interface is divided into several sections:

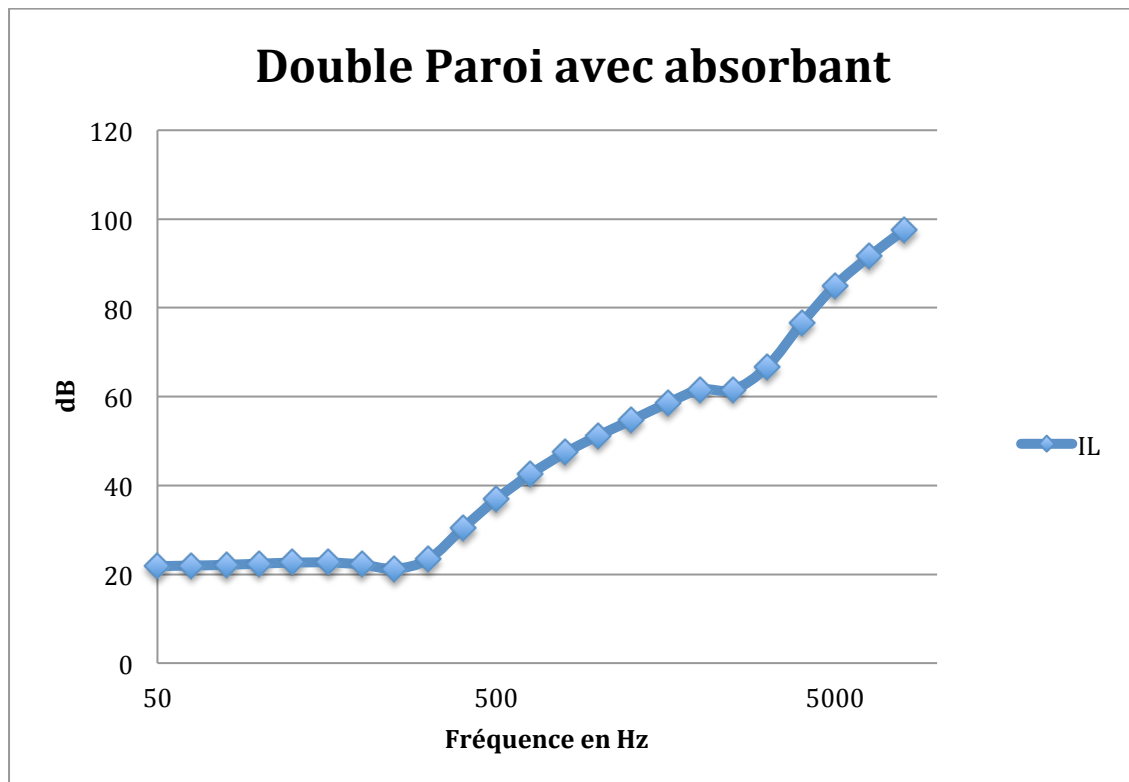
- Solver Type:** Set to TMM.
- Size of Panel:** Lx (m) and Ly (m) are both set to 1.
- Problem Type:** Set to Insertion Loss.
- Air Properties:** Includes fields for Density (kg/m³), Speed (m/s), and Loss for both Emitting and Receiving Media.
- Frequency Band Type:** Set to 1/3 octave.
- Frequency Range:** Fmin (Hz) is 50, Fmax (Hz) is 8000, and Fstep (Hz) is 10.
- Excitation Type:** Set to Diffuse field, with a Max angle (°) of 90.
- Layer Type:** A list of material types including Fluid, Plate, Impervious Film, Resistive Film, Perforated Film, Porous (Elastic), Porous (Limp), Porous (Rigid), and Porous (Miki).
- Multilayer Sequence:** A list of layers including Plate\_1, Porous (Miki)\_16, and Plate\_5.
- Description of Multilayer:** A detailed view of the multilayer structure, showing three layers: 1. Plate\_1 (bois hdf, 6.3 mm), 2. Porous (Miki)\_16 (laine verre, 80 mm), and 3. Plate\_5 (bois mdf, 12.7 mm).

A note at the bottom right of the Description of Multilayer section states: "Double-click on a layer in the 'Description of Multilayer' area to visualize/modify its properties".

Nous avons d'abord fait un calcul sans absorbant pour voir si le modèle Matlab et Predix correspondent puis nous avons fait des calculs en modélisant la laine de verre.



Les résultats concordent avec le calcul effectué sous Matlab.



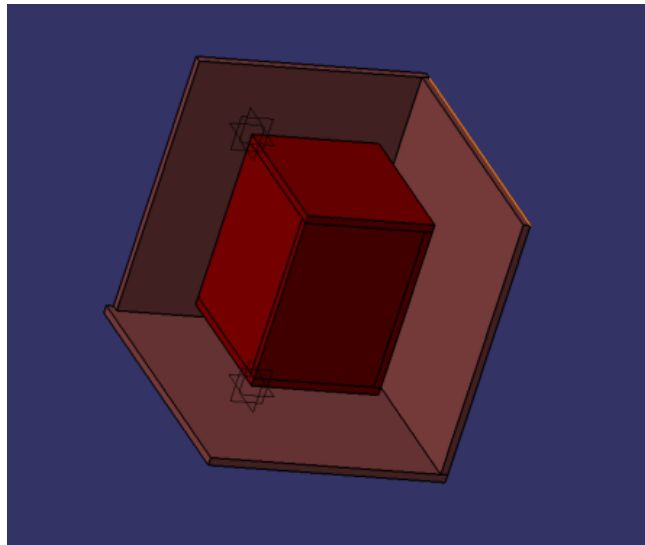
On voit ici que l'absorbant augmente les performances de notre encoffrement.

## REALISATION DE L'ENCOFFREMENT

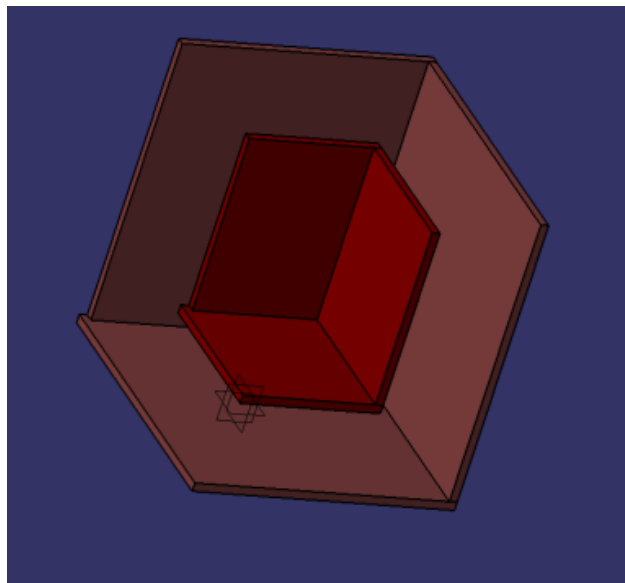
Nous disposons d'un budget de 100\$ pour fabriquer notre boîte, nous avons décidé suite au budget alloué et aux performances attendues en terme de poids et de performance acoustique de fabriquer une boîte à double-parois en bois et d'y incorporer de la laine de verre.

### MODELE CATIA

Nous avons d'abord fait un modèle assez grossier de la partie en bois de notre encoffrement (petit encoffrement + grand encoffrement) :



Encoffrement avec petit encoffrement fermé



Encoffrement avec petit encoffrement ouvert

## FABRICATION DE LA BOITE

Les 2 encoffrements sont donc espacés de 80mm comme calculé précédemment. Les dimensions des planches de bois utilisées sont regroupées dans le tableau suivant :

Pièce	Quantité	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Épaisseur (mm)
Grand encoffrement	4	402	384	12
	2	396	396	12
Petit encoffrement	4	250	200	6
	2	212	212	6

Pour les 2 encoffrements nous avons décidé de fixer 5 planches les unes aux autres comme expliqué dans le paragraphe suivant et de fixer un couvercle sur chacun des encoffrements une fois l'enceinte placée correctement.

Pour le grand encoffrement, les planches de bois sont fixées les unes aux autres à l'aide de 3 équerres en métal par jonction, elles-mêmes fixées aux planches de bois à l'aide de vis à bois de dimension 8  $\frac{3}{4}$ . Pour le petit encoffrement les planches de bois sont fixées les unes aux autres à l'aide d'une seule équerre en métal par jonction, elles-mêmes fixées aux planches de bois par un système vis-écrou de dimension 6. Une fois fixées à l'aide des équerres, chaque joint ainsi que chaque vis et écrou est ensuite recouvert d'isolant acoustique afin d'éviter au maximum les trous dans notre ensemble.

Le couvercle du petit encoffrement sera fixé à l'aide de 4 équerres en métal fixées sur le couvercle par un système de vis-écrou de dimension 6 et fixée sur la boîte via une goupille (en pratique on utilisera une vis pour respecter le budget), on repère chaque trou et chaque équerre par un numéro afin que la fermeture soit la plus rapide possible comme le montre la figure suivante :



### SYSTEME DE FERMETURE DU PETIT ENCOFFREMENT

Le couvercle du grand encoffrement sera fixé à l'aide d'un système de 4 fermoirs, néanmoins afin de fixer celui-ci sans abîmer notre boîte nous avons dû rajouter des morceaux de bois sur le dessus de notre couvercle, ceci a rajouté plus de masse mais nous préférons ajouter de la masse plutôt que de fragiliser notre ensemble et de créer des fissures ce qui diminuerait l'isolation

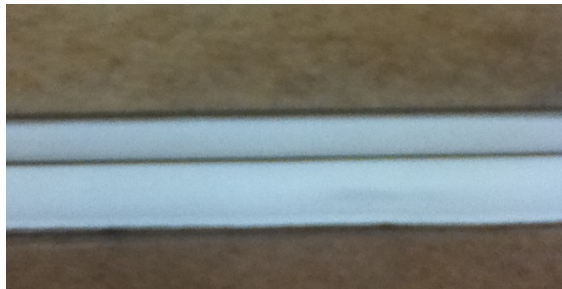
acoustique. On repère là aussi les crochets et les fermoirs par un numéro pour optimiser le temps de fermeture. On peut voir le résultat sur la figure suivante :



---

#### SYSTEME DE FERMETURE DU GRAND ENCOFFREMENT

Nous avons appliqué, pour le petit et le grand encoffrement, sur la boîte et le couvercle une bande de caoutchouc au niveau de la jonction entre les deux parties afin encore d'améliorer l'isolation acoustique. En effet ces bandes seront alors compressées l'une contre l'autre procurant ainsi une bonne isolation acoustique et évitant les trous au niveau de la jonction. De plus un tel système permet de laisser sortir les fils d'alimentation et de prise son de l'enceinte sans laisser de trous dans notre ensemble, comme le montre la figure suivante :



## JONCTION ENTRE LE COUVERCLE ET LE RESTE DE LA BOITE

Nous avons ensuite découpé la laine de verre aux dimensions voulues pour remplir l'espace entre nos 2 encoffrements et l'espace entre l'enceinte et notre petit encoffrement. Ainsi que la laine de verre qui sera placée sur nos 2 couvercles. Voici les encoffrements terminés :



Petit et grand encoffrements ouverts

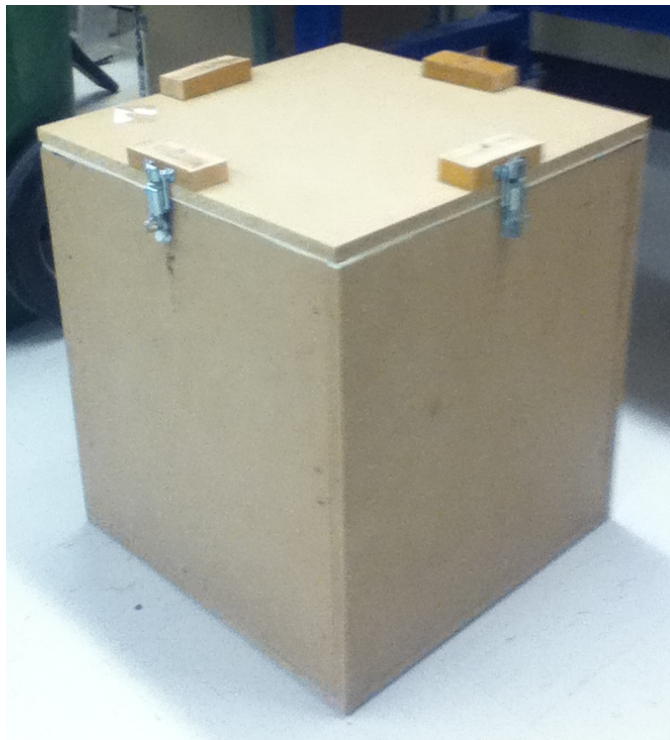


Grand encoffrement ouvert





Petit encoffrement ouvert



Boîte complète fermée

Une fois nos encoffrements construits et assemblés, nous avons fait un premier test avec l'enceinte afin de voir si celle-ci rentrait correctement dans notre encoffrement. Nous nous sommes alors rendu compte que les fils de prise son de l'enceinte rentraient dans notre encoffrement mais que le câble d'alimentation lui ne passait pas. Nous avons donc percé un trou dans notre petit encoffrement afin de faire passer cette prise et nous avons utilisé de la pâte adhésive pour colmater les espaces restants.

## BUDGET

Afin de réaliser un tel encoffrement nous avons dû utiliser un budget de 101.76\$ découpé comme suit :

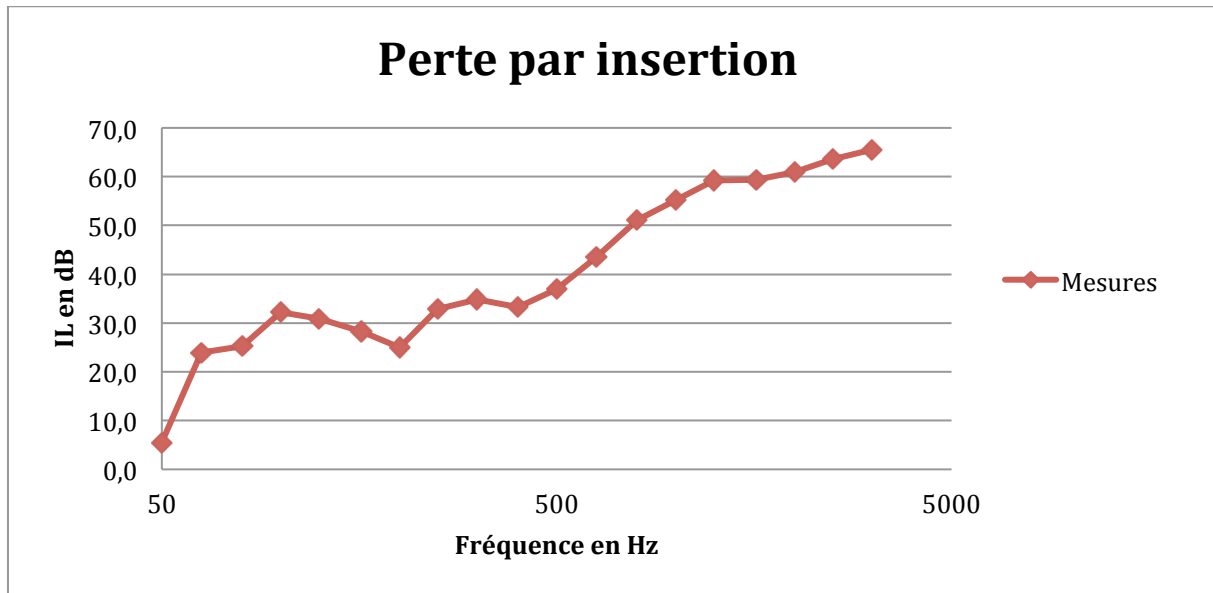
Matériel		Prix Hors taxes (\$)
Planches de bois + découpe RONA	Panneau MDF 1/2x4x4	13,96
	Panneau MASON 1/4x2x4	6,19
	Coupe (x7)	10,43
Sous-Total		30,58
Laine de verre RONA		15,99
Système d'étanchéité RONA	Adhésif PL200	4,19
	Adhésif Acoustique	4,79
	Ruban caoutchouc	8,95
	Fusil-calfeutrage	3,29
Sous-Total		21,22
Système de fixation planches RONA	Équerre coin 1 ¾ (x10)	3,09
	Équerre coin ¾ (x40)	3,78
Sous-Total		6,87
Visserie RONA	Vis à bois 8 ¾	4,46
	Clous ordinaires 1.25	2,29
Sous-Total		6,75
Système de fermeture RONA	Fermeur (x4)	8,98
TOTAL		90,39 + taxes

On obtient après applications des taxes en vigueur au Québec un total de 101,76\$.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### RESULTATS

Après les essais réalisés en chambre anéchoïque, voici le tracé de la perte par insertion de l'encoffrement ainsi que la valeur de la perte par insertion globale:

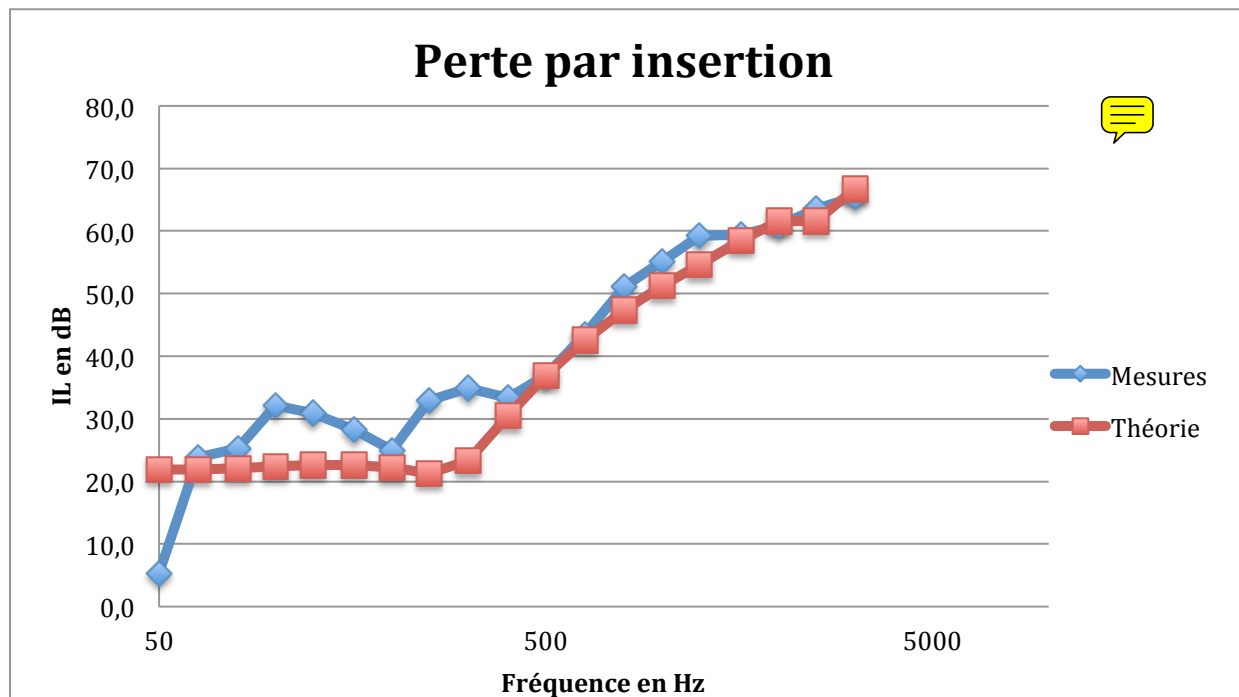


$IL_{global} :$   
40,9 dB



$IL_M :$   
20,3 dB

La valeur minimale de 15dB attendue pour la perte par insertion globale est ici bien respectée et la masse raisonnable de notre encoffrement nous permet d'avoir un métrique final de 20,3 dB, le compromis isolation acoustique-légèreté semble donc ici assez bon.



On remarque tout de suite une différence entre les deux courbes pour les basses fréquences. Le modèle théorique ne semble pas convenir puisque la courbe est constante et ne fait pas apparaître les différents modes de notre boîte, qui sont visible sur la courbe de mesure. Le modèle théorique utilisé est un modèle de plaque infinie et la source est un champ diffus. Ce modèle est plus réaliste pour les hautes fréquences.

On remarque que la théorie et la pratique concordent assez bien en hautes fréquences. Cependant il aurait été logique de s'attendre à des valeurs plus faibles pour notre mesure du fait des fuites qui existent dans notre boîte ainsi que des transmissions par vibrations.

Ce dernier problème pourrait venir des mesures. En effet, lors du test, nous avons eu des difficultés à mettre en place l'enceinte de le premier encoffrement. On peut penser que :

- Le potentiomètre du niveau sonore est pu bouger (malgré la fixation de ce dernier par de de la pâte adhésive)
- La laine de verre, compacte dans le petit encoffrement, a pu rentrer en contact avec la membrane.

## CONCLUSION

Ce projet s'inscrit dans une démarche d'ingénierie avec d'abord une approche théorique basée sur l'utilisation de modèle pour prédire les performances et concevoir notre encoffrement tout en ayant des contraintes à respecter (budget, dimensions) puis sur une réalisation de l'encoffrement suivie d'une série de mesures visant à comparer théorie et pratique. Nous avons ainsi pu constater la difficulté de trouver un modèle théorique correct sur toute notre bande de fréquence. Les écarts de résultats sont nombreux et peuvent être interprétés de différentes manières. Il ne faut donc pas uniquement se fier à la théorie lors de ce type de projet et une approche pratique parallèle est souhaitable.