

Réduction du bruit par traitement des nacelles

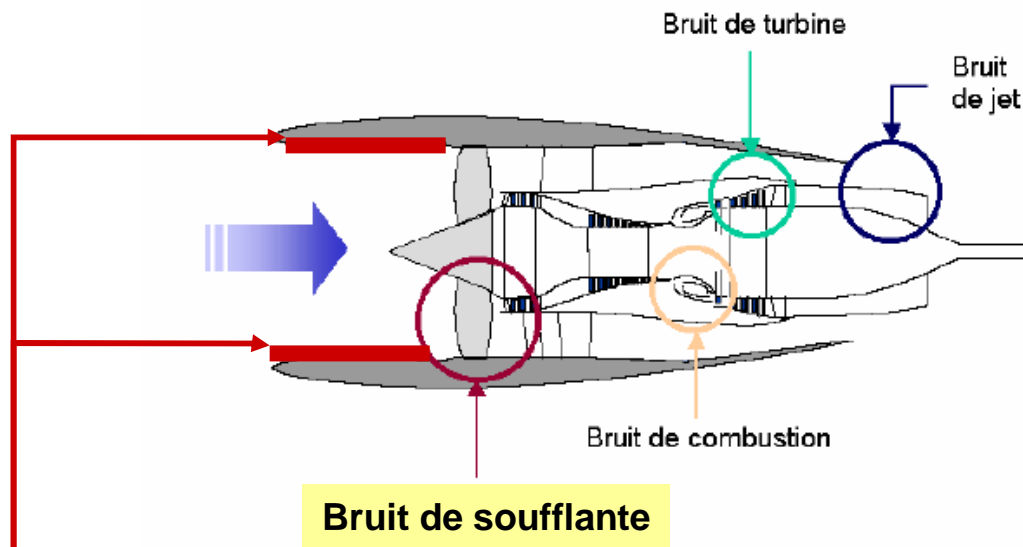
Objectif :

décrire globalement la démarche permettant de concevoir les traitements acoustiques des nacelles de turboréacteur

- Quel type de bruit ?
- Conditions aux limites pour le traitement ➡ impédance optimale
- Réalisation
- Performances, tests

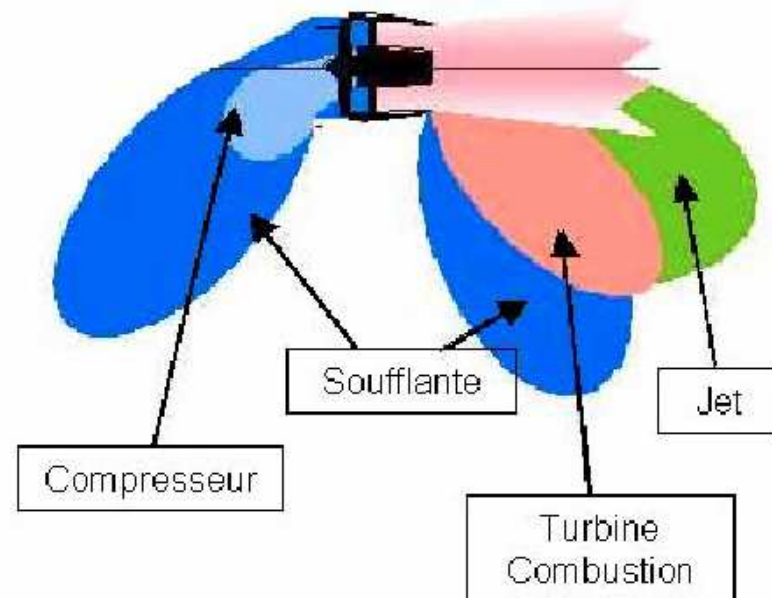
1. Caractéristiques du bruit à réduire

Sources de bruit

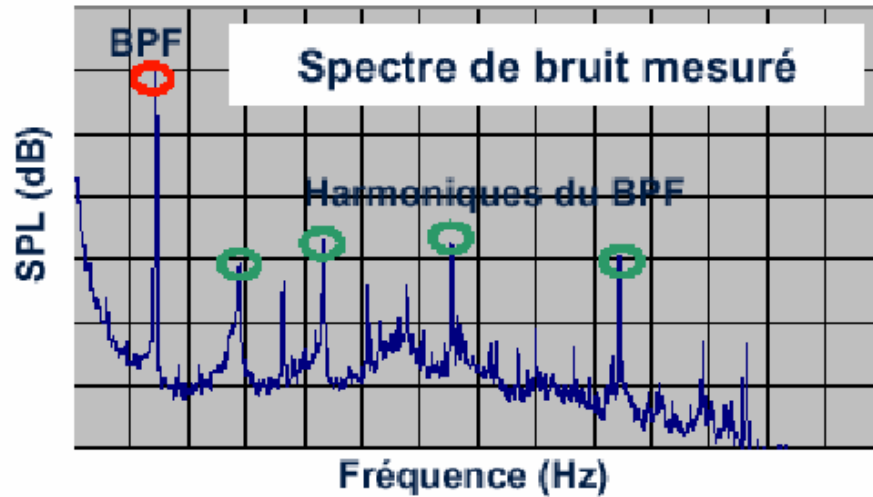


Emplacements possibles pour traitement

Directivité

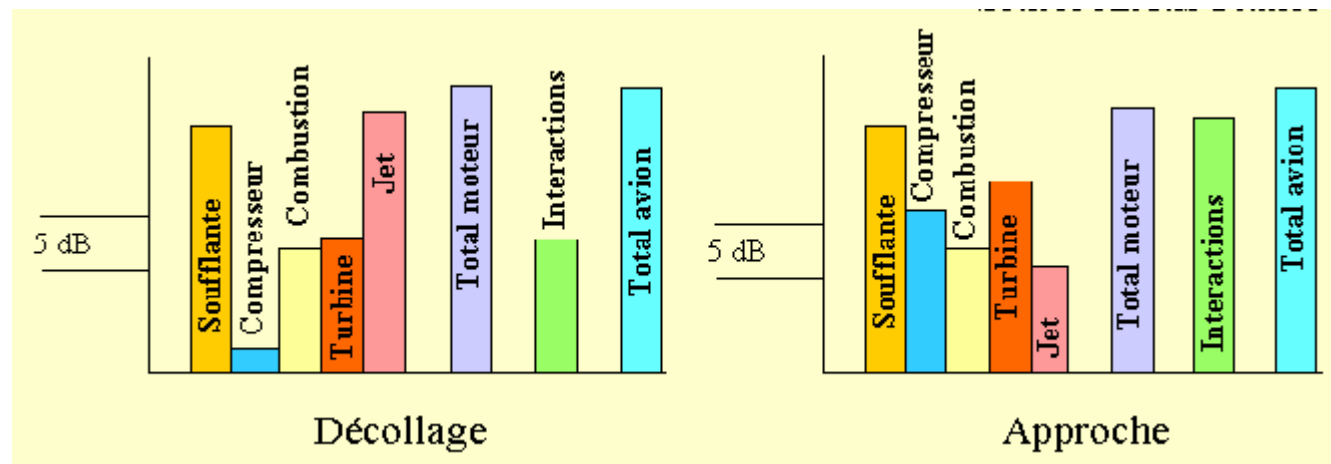


*Sources des illustrations : Airbus et Snecma
Journée matériaux absorbants pour l'acoustique
Onera, Janvier 2003*



Essentiellement bruit de raies

Fréquences dépendent du régime moteur



Contribution de la soufflante toujours importante

Synthèse :

Caractéristiques du bruit : bruit de raies, évolutif

Traitement principalement appliqué en entrée nacelle

conduit avec écoulement (typiquement Mach 0.3)

niveaux acoustiques en paroi de nacelle > 140 dB

conduit de grand diamètre, modes propagatifs avec des incidences diverses

rayonnement (directivité)

Enoncé du problème :

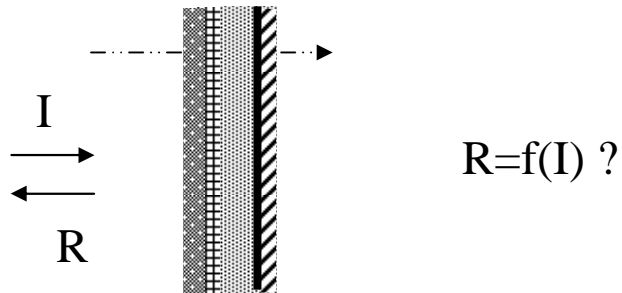
trouver le traitement acoustique produisant la meilleure réduction de bruit (EPNdB)

modélisation

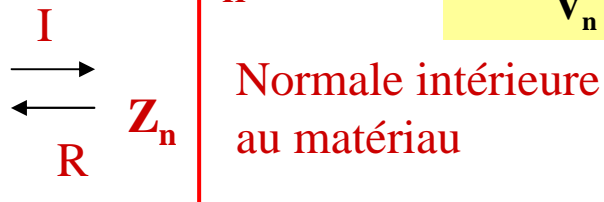
réalisation

2. Détermination de l'impédance optimale

Traitement acoustique : généralement modélisé par une condition aux limites d'impédance



Problème équivalent



Dépend de la fréquence

$$Z_n = R_n + i X_n$$

Résistance(>0)

Réactance

Mesure ou modèle

Matériau à réaction localisée

Connaissant Z , on peut calculer les caractéristiques de l'onde réfléchie/onde incidente

Par exemple, pour une onde plane en incidence normale

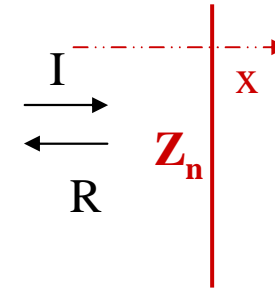
$$P(\mathbf{x}) = \mathbf{I} e^{-ik_0 x} + \mathbf{R} e^{ik_0 x}$$

$$V(\mathbf{x}) = \frac{1}{Z_0} (\mathbf{I} e^{-ik_0 x} - \mathbf{R} e^{ik_0 x})$$

$$Z_0 = \rho_0 C_0$$

C. L. : en $x=0$, $Z=Z_n$

$$Z_n = Z_0 \frac{I + R}{I - R}$$



$$r = \frac{R}{I} = \frac{Z_n - Z_0}{Z_n + Z_0}$$

Coefficient de réflexion en amplitude

Absorption parfaite = pas de réflexion

Se produit lorsque

$$Z_n = Z_0$$

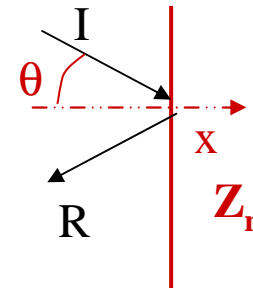
Adaptation d'impédance

Pour une incidence θ

$$r(\theta) = \frac{R}{I} = \frac{Z_n \cos \theta - Z_0}{Z_n \cos \theta + Z_0}$$

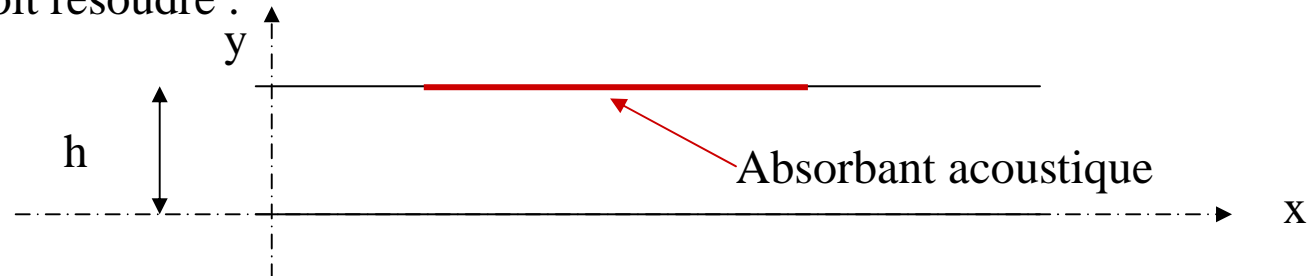
Pas de réflexion lorsque

$$Z_n = Z_0 / \cos \theta$$



**Prise en compte du champ acoustique incident sur la paroi
(géométrie, source, surface couverte, écoulement, ...)**

Dans un problème classique de propagation en conduit (en 2D), sans écoulement, on doit résoudre :



$$\frac{1}{C_0^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 0$$

Équation des ondes

$$\zeta = \frac{Z}{\rho_0 C_0} = \frac{Z}{Z_0} \quad \text{donné en paroi (y=h)} \quad + \text{ C.L.}$$

À exprimer uniquement en fonction de l'inconnue, la pression

$$\zeta = \frac{p}{v} \quad \text{vitesse dirigée vers l'intérieur du matériau}$$

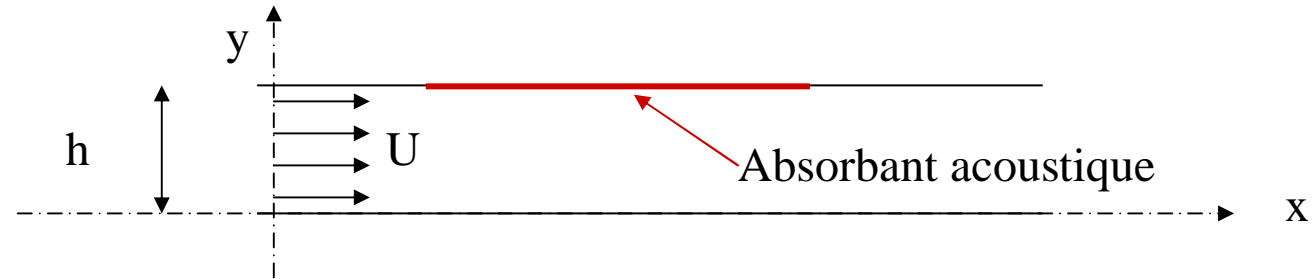
Equation d'Euler: $\rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} = \rho_0 j\omega v = -\frac{\partial p}{\partial y}$ pour une onde monochromatique $e^{j\omega t}$

Finalement, la C.L s'écrit : $j\omega\rho_0 p = -\zeta \frac{\partial p}{\partial y}$ C.L. mixte

Résolution : séparation des variables \Rightarrow 2 problèmes découplés suivant x et y
+ équation de dispersion

Condition aux limites d'impédance en présence d'un écoulement

Hypothèse : propagation d'une onde dans un conduit 2D avec un écoulement uniforme suivant son axe x.



On utilise des variables adimensionnées :

P par $\rho_0 C_0^2$
 V par C_0
 les longueurs par h
 le temps par h/C_0

Équation des ondes

$$\frac{D^2 p}{Dt^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 0$$

avec

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + M \frac{\partial}{\partial x}$$

$$M = U/C_0$$

Nombre de Mach

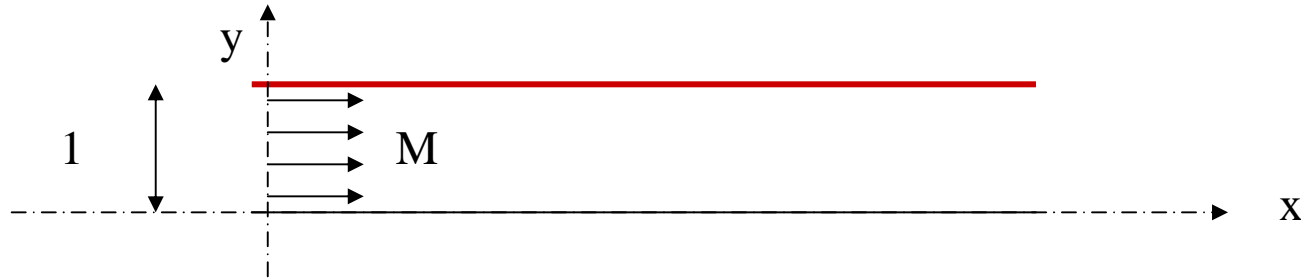
↑
Dérivation suivant le mouvement moyen

Pour une onde monochromatique $\frac{\partial}{\partial t} = j\Omega$
 $e^{j\Omega t}$

$$\Omega = \frac{2\pi f h}{C_0}$$

Fréquence adimensionnelle

$$\frac{D}{Dt} = j\Omega + M \frac{\partial}{\partial x}$$



Absorbant : modélisation par un C.L. d'impédance Z supposée uniforme, connue, en $y=1$

$$\text{Impédance spécifique : } \zeta = \frac{Z}{\rho_0 C_0} = \frac{Z}{Z_0}$$

L'impédance est définie comme étant le rapport entre pression et vitesse normale à la paroi

Quelle vitesse? Vitesse en paroi v_p mais dirigée vers l'intérieur du matériau

Donc, en $y = 1$:

$$\zeta = \frac{p}{v_p}$$

Par définition, v_p est la dérivée du déplacement suivant y de la paroi $v_p = \frac{\partial \xi_p}{\partial t} = j\Omega \xi_p$

On fera l'hypothèse de l'**égalité des déplacements fluide/paroi en paroi** : $\xi_p = \xi_f = \xi$

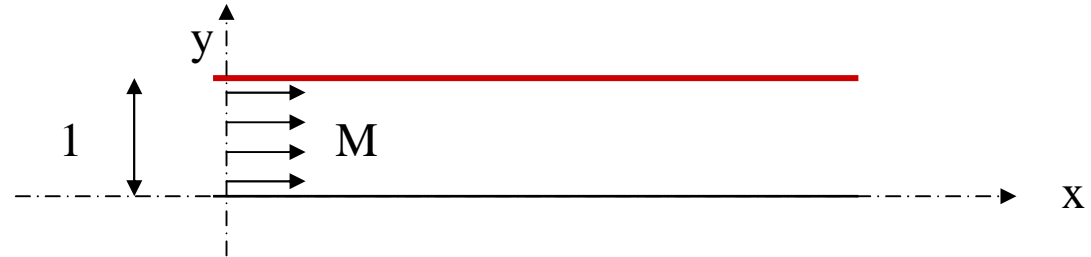
Avec par définition : $v_f = \frac{D\xi_f}{Dt} = \left(j\Omega + M \frac{\partial}{\partial x} \right) \xi_f$

Finalement $v_f = \frac{D}{Dt} \xi = \frac{D}{Dt} \left(\frac{v_p}{j\Omega} \right) = \frac{D}{Dt} \left(\frac{p}{j\Omega \zeta} \right)$ pour $y = 1$

Il reste à relier p et v pour le fluide : équation de quantité de mouvement $\frac{Dv_f}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial y}$

Donc la C.L en $y = 1$ s'écrit $\frac{\partial p}{\partial y} = -\frac{D^2}{Dt^2} \left(\frac{p}{j\Omega \zeta} \right) = -\left(j\Omega + M \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{p}{j\Omega \zeta} \right)$

Résolution du problème



$$\frac{D^2 p}{Dt^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = -\frac{D^2}{Dt^2} \left(\frac{p}{j\Omega\zeta} \right) = -\left(j\Omega + M \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{p}{j\Omega\zeta} \right) \quad \text{en } y = 1 \quad (2) \quad \text{couplage}$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0 \quad \text{en } y = 0 \quad (3)$$

on suppose le conduit infini, on cherche des solutions du type $p(x, y) = \Phi(x) \Psi(y)$

(séparation des variables)

On remplace dans (1) : $\Rightarrow \begin{cases} \frac{d^2 \Psi}{dy^2} = \text{cste} = -\kappa^2 \\ + \text{C.L. en } y=0 \text{ et } y=1 \end{cases}$

$$\Rightarrow (1-M^2) \frac{1}{\Phi} \frac{d^2 \Phi}{dx^2} - 2jM\Omega \frac{1}{\Phi} \frac{d\Phi}{dx} + \Omega^2 - \kappa^2 = 0$$

D'où $\Phi(x) = A e^{-jk_x x}$ avec

$$k_x = \frac{-\Omega M \pm \sqrt{\Omega^2 - (1-M^2)\kappa^2}}{1-M^2}$$

Relation de dispersion

On reporte suivant y :

$$\frac{d^2\Psi}{dy^2} = \text{cste} = -\kappa^2$$

$$\frac{d\Psi}{dy} = 0 \quad \text{en } y=0$$

$$\frac{d\Psi}{dy} = \frac{\Omega}{j\zeta} \left(1 - M \frac{k_x}{\Omega}\right)^2 \Psi \quad \text{en } y=1$$

On cherche la solution sous la forme $\Psi(y) = \Lambda \cos(\kappa y)$ (dérivée nulle en $y=0$)

Ce qui conduit par application de la C.L. en $y=1$ à $\kappa \tan(\kappa) = \frac{j\Omega}{\zeta} \left(1 - M \frac{k_x}{\Omega}\right)^2$

2 équations couplées reliant les nombres d'onde suivant x et y

Résolution numérique possible mais difficultés car il y a une infinité de solutions (modes)

En général on part d'un point où la solution est connue (paroi rigide $\text{Im}(Z)=-\infty$)

Autre démarche : toujours avec une méthode de séparation des variables et de décomposition modale, on cherche à obtenir des équations totalement découplées suivant x et y

On s'appuie sur une décomposition suivant les modes du conduit rigide, sans écoulement

$$p(x, y) = \Phi(x) \Psi(y) = \sum_n \Phi_n(x) \Psi_n(y)$$



Notation vectorielle

Avec

$$\Psi_n(y) = \Lambda_n \cos(\gamma_n y)$$

$$\begin{cases} \gamma_n = n\pi \\ \Lambda_0 = 1, \Lambda_n = \sqrt{2} \end{cases}$$

Base orthonormée


$$\int_0^1 \Psi_m(y) \Psi_n(y) dy = \delta_{m,n}$$


On projette ensuite l'équation des ondes sur ces modes

$$\int_0^1 \left(\frac{D^2 p}{Dt^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \right) \Psi_n(y) dy = 0$$

Pour $n=1, \dots$

(1) (2) (3)

(1)  $\left(j\Omega + M \frac{d}{dx} \right)^2 \Phi$

(2)  $-\frac{d^2 \Phi}{dx^2}$

$$(3) \Rightarrow \int_0^1 -\frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \Psi_n(y) dy = - \left[\Psi_n(y) \frac{\partial p}{\partial y} \right]_0^1 + \int_0^1 \frac{\partial p}{\partial y} \frac{d\Psi_n}{dy} dy$$

(3.1)
(3.2)

$$(3.1) \Rightarrow -\Psi_n(1) \frac{\partial p}{\partial y} \Big|_{y=1} = \Psi_n(1) \frac{D^2}{Dt^2} \left(\frac{p}{j\Omega\zeta} \right) \Big|_{y=1} = \Psi_n(1) \left(j\Omega + M \frac{\partial}{\partial x} \right)^2 \left(\frac{p}{j\Omega\zeta} \right) \Big|_{y=1}$$

$$= \Psi_n(1) \sum_m \Psi_m(1) \left(j\Omega + M \frac{d}{dx} \right)^2 \left(\frac{\Phi_m}{j\Omega\zeta} \right)$$

Soit encore en écriture vectorielle

$$C \left(j\Omega + M \frac{d}{dx} \right)^2 \left(\frac{\Phi}{j\Omega\zeta} \right)$$

où on a défini la matrice C des C.L. sur l'absorbant $C_{m,n} = \Psi_m(1) \Psi_n(1)$

$$(3.2) \Rightarrow \underbrace{\left[\frac{d\Psi_n}{dy} p \right]_0^1}_0 - \int_0^1 p \frac{d^2 \Psi_n}{dy^2} dy = \int_0^1 p \gamma_n^2 \Psi_n dy$$

Modes
du conduit rigide

en écriture vectorielle $\Gamma \Phi$

où on a défini la matrice Γ diagonale $\Gamma = \text{diag}(\gamma_n^2)$

Bilan :

$$\left(j\Omega + M \frac{d}{dx} \right)^2 \Phi - \frac{d^2 \Phi}{dx^2} + C \left(j\Omega + M \frac{d}{dx} \right)^2 \left(\frac{\Phi}{j\Omega \zeta} \right) + \Gamma \Phi = 0$$

Soit encore :

$$M_1 \frac{d^2 \Phi}{dx^2} = M_2 \frac{d\Phi}{dx} + M_3 \Phi$$

avec

$$\begin{cases} M_1 = (1 - M^2) \text{Id} - \frac{CM^2}{j\Omega \zeta} \\ M_2 = 2jM\Omega \left(\text{Id} + \frac{C}{j\Omega \zeta} \right) \\ M_3 = \Omega^2 \left(\text{Id} + \frac{C}{j\Omega \zeta} \right) + \Gamma \end{cases}$$

$$\frac{d}{dx} \begin{bmatrix} \Phi \\ \Theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ M_1^{-1}M_3 & M_1^{-1}M_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi \\ \Theta \end{bmatrix}$$

Où on a posé

$$\Theta = \frac{d\Phi}{dx}$$

Les valeurs propres et vecteurs propres de cette matrice déterminent les modes suivant x

λ_n

X_n



$$k_{n,x} = j\lambda_n$$

car $\frac{d\Phi}{dx} = -jk_{n,x} \Phi$

$$\Phi(x) = A e^{-jk_{n,x}x}$$

Classement suivant le signe des valeurs propres

2 familles : propagation suivant les x croissants $k_{n,x}^+$ X_n^+

$$\text{Im}(k_{n,x}) < 0$$

ou suivant les x décroissants $k_{n,x}^-$ X_n^-

$$\text{Im}(k_{n,x}) > 0$$

Pour chaque famille, on fabrique la matrice diagonale

$$E_x^+ = \left(e^{-jk_{n,x}^+ x} \right)$$

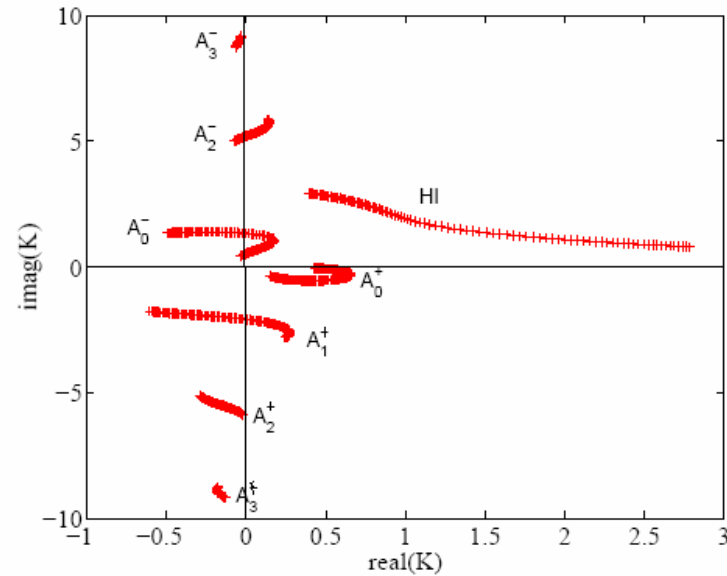
$$E_x^- = \left(e^{-jk_{n,x}^- x} \right)$$

La solution s'écrit alors $\Phi(x) = AX^+E_x^+ + BX^-E_x^-$

A et B sont les vecteurs des amplitudes modales

On recompose ensuite avec les modes suivant y

Le triage des modes est un problème délicat



*Thèse M. Leroux
LAUM, 2005*

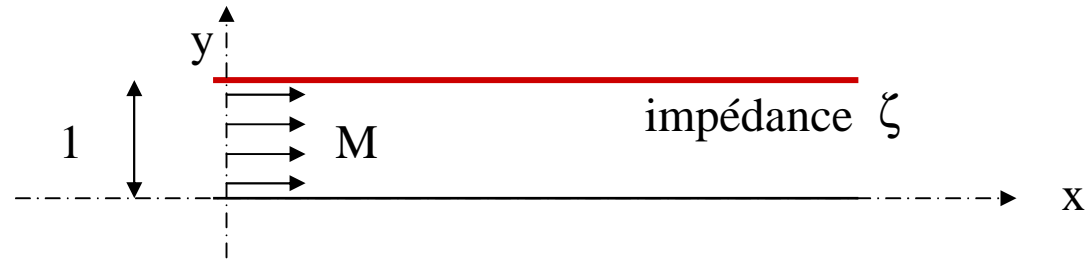
Evolution des modes avec la fréquence (de 1000 à 2000 Hz)

A_n^\pm : modes acoustiques

HI : mode hydrodynamique, instable

Mach 0.3, Traitement d'impédance Z qui évolue avec la fréquence

Impédance optimale



Déterminer l'impédance qui produit la meilleure réduction de bruit

La meilleure réduction de bruit ?

Définir un critère

Dans les applications, au final c'est le critère qui permet d'évaluer la gêne, EPNdB

Difficile à calculer !

Autres critères (indicateurs) :

- réduction de la puissance rayonnée *Perte par insertion* Insertion Loss (IL)

$$\begin{aligned} \text{IL (dB)} &= L_{W_1} - L_{W_2} \\ &= 10 \log(W_1 / W_2) \end{aligned}$$

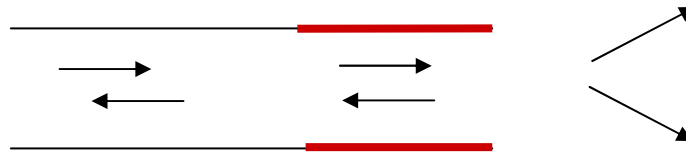
Différence de puissance rayonnée avec (W_2)
et sans (W_1) le traitement

Représente véritablement l'apport du traitement

Encore difficile, mais réalisable

Par rapport aux calculs développés précédemment, il faut prendre en compte en plus :

- la longueur finie du traitement



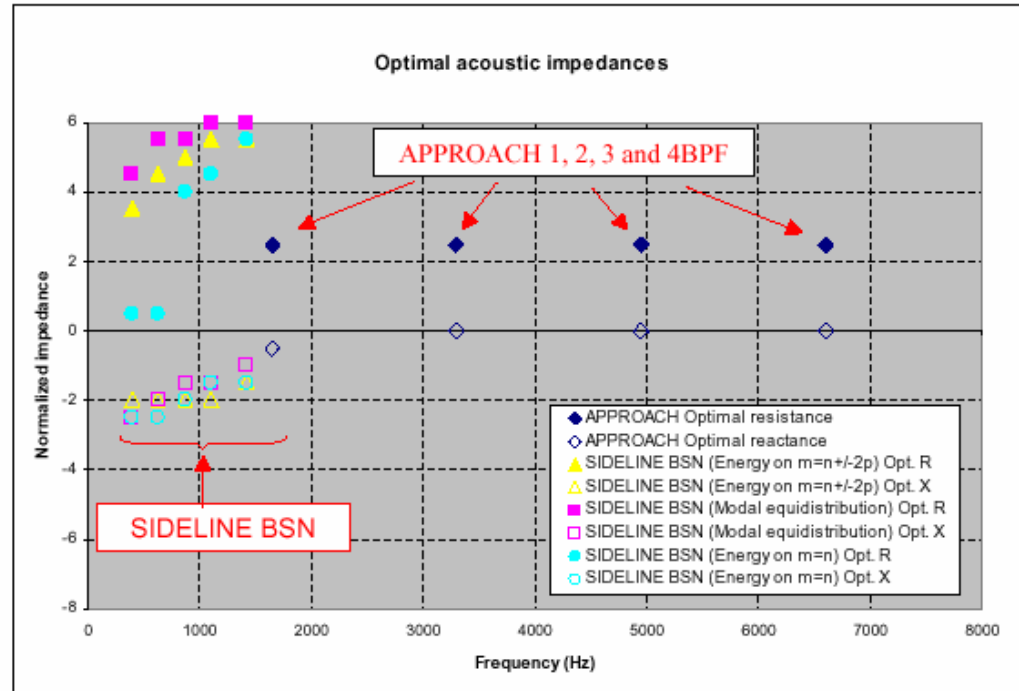
- le rayonnement (impédance de rayonnement)

- la source !

Souvent, on suppose une équi-répartition sur les modes propagatifs

Airbus

Entrées d'air



Snecma

Ø Résistance acoustique optimale de l'ordre de 2 à 3 (1000 à 5000 Hz) à régime partiel (approche). Pour les fréquences inférieures à 1000 Hz, des résistances plus faibles sont souhaitées, alors qu'au dessus de 4000 Hz, il faut être plus résistif. Pour le décollage, il faut plutôt viser 3 à 4.

Ø Réactance acoustique optimale de l'ordre de - 0.5 à - 1 sur toute la plage de fréquences et des valeurs un peu plus négatives à fort régime.

Sources : Journée matériaux absorbants pour l'acoustique
Onera, Janvier 2003

Formules approchées

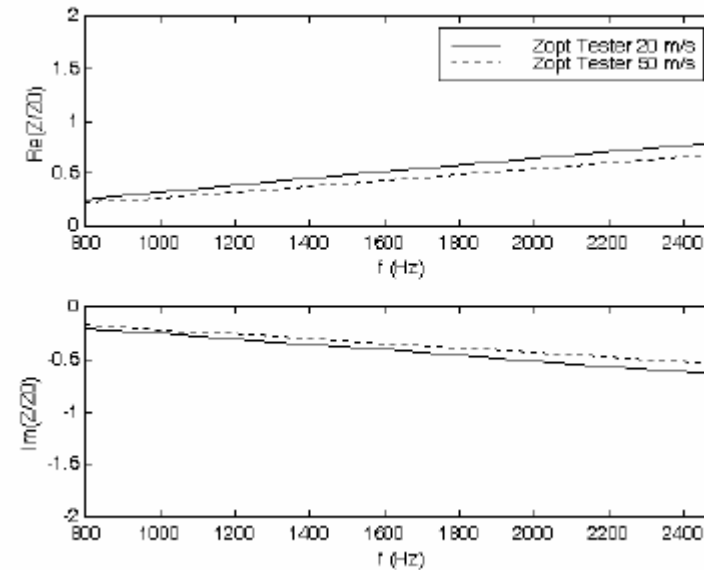
Tester, JSV, 28(2)

- Hypothèses :
- Conduite infinie
 - Une paroi avec impédance uniforme
 - L'atténuation dépend uniquement de celle du mode le moins atténué

L'atténuation est calculée à partir du nombre d'onde axial de ce mode

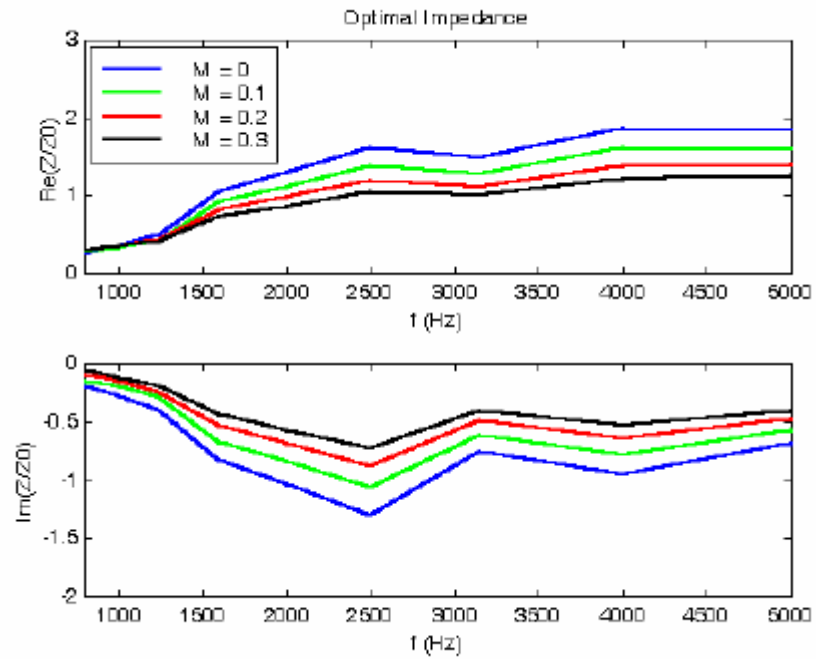
$$\zeta_{\text{opt}} = \frac{0.929 - j0.744}{(1+M)^2} \frac{kh}{\pi}$$

$$h=0.066$$



Mode plan seul mode propagatif

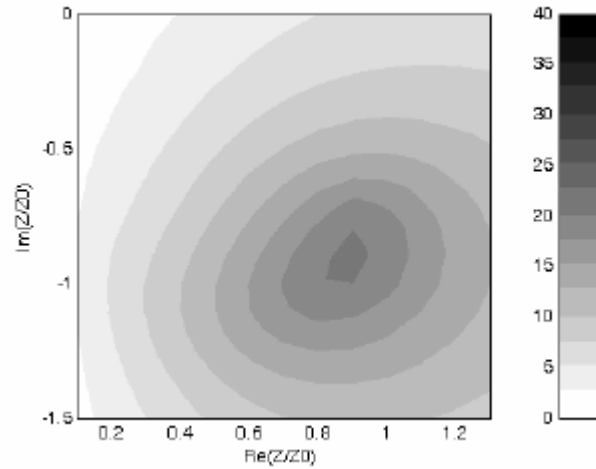
Pour un conduit avec des modes supérieurs propagatifs



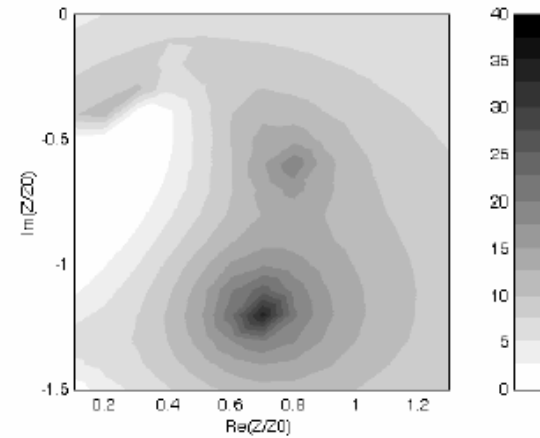
Mais le calcul doit être conduit pour chaque configuration

Sensibilité

Insertion Loss, $f=2500$ Hz (mode plan), une paroi traitée



traitement de longueur infinie
Écoulement 50 m/s



traitement de longueur finie
Écoulement 20 m/s

*Thèse N. Sellen
LMFA, 2003*



Réaliser précisément l'impédance

2. Réalisation du traitement absorbant

Contraintes

Emcombrement (<5 cm)

Masse <8kg/m², de 6 à 12 m² couverts

Coût <10k€ / m²

Ecoulement : jusqu'à Mach 0.5

Aérodynamique : pas d'impact

Climatiques : drainage de l'eau

Thermiques : -50°C à 100°C

Mécaniques : tenue en fatigue,

Maintenance : liquides de nettoyage

Chimiques : corrosion

Durée de vie : de 100 000 à 200 000 h

CEM, ...

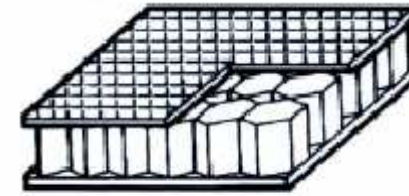
Entrée d'air



Pas de matériau poreux classique

Matériaux : plaques métalliques perforées, toiles métalliques posés sur la paroi par L'intermédiaire d'un nid d'abeille

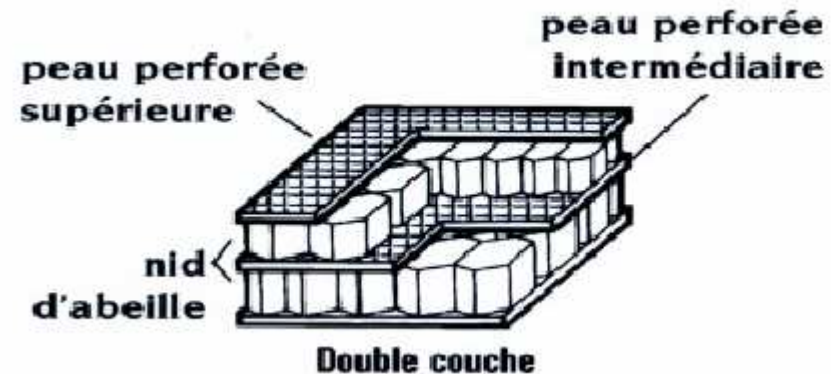
Structures simple couche :
SDOF: single degree of freedom liner



Simple couche

Structures double couche :
DDOF: double degree of freedom liner

Pour une efficacité plus large-bande
Mais difficultés pour la réalisation



Double couche

« Peaux » :

-Plaques perforées :

non linéaire, sensible à l'écoulement, très faible bande passante
faible coût

-Toiles ou feutres métalliques, microperforations

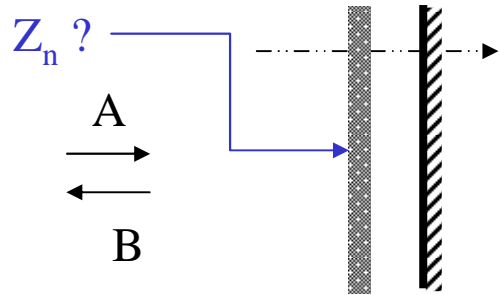
Linéaire, peu sensible à l'écoulement, bande passante un peu plus large

Modélisation de l'absorbant

Présence du nid d'abeille



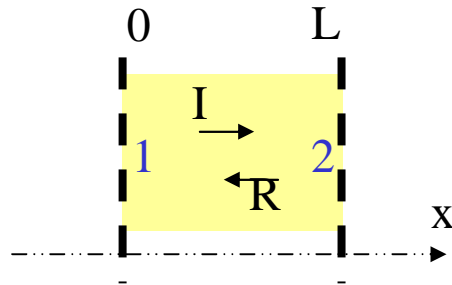
Matériau à réaction localisée
jusqu'à une certaine fréquence
 $Z_n?$



Méthode: on part du fond rigide (impédance infinie)
on remonte vers la surface

- Transport dans un milieu homogène
- Passage par la peau

Transport



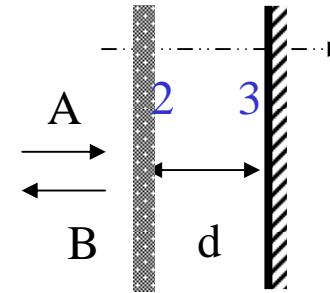
$$P_1 = I + R$$

$$P_2 = Ie^{-ikL} + Re^{ikL}$$

$$Z_c V_1 = I - R$$

$$Z_c V_2 = Ie^{-ikL} - Re^{ikL}$$

$$Z_1 = Z_c \frac{-jZ_2 \cot(kL) + Z_c}{Z_2 - jZ_c \cot(kL)}$$

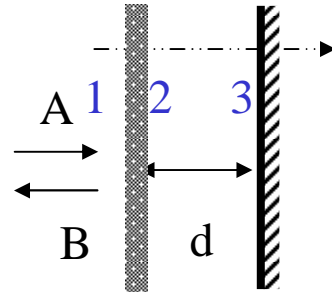


Ici $Z_3 = \infty$

$$Z_2 = -jZ_0 \cot(kd)$$

Passage par la peau

Toile ou feutre métallique : modélisés par leur résistance R



$$Z_1 = Z_2 + R = -jZ_0 \cot(kd) + R$$

\swarrow \searrow
Im(Z) Re(Z)

Choix du tissu : dicté par $\text{Re}(Z_{\text{opt}})$

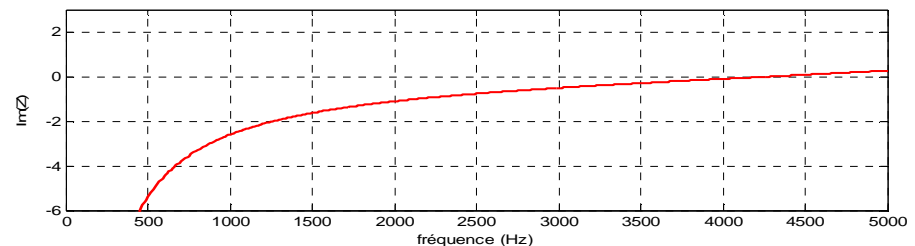
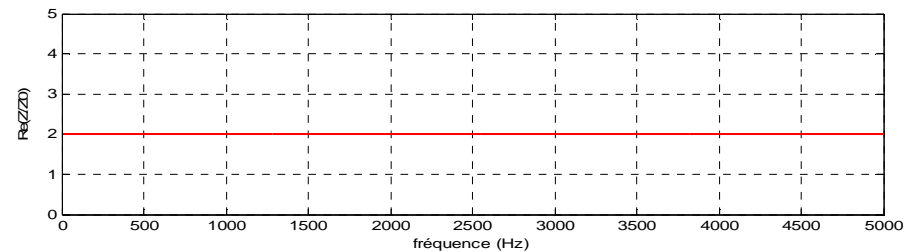
Choix de la hauteur du nid d'abeille : dicté par $\text{Im}(Z_{\text{opt}})$

Par exemple

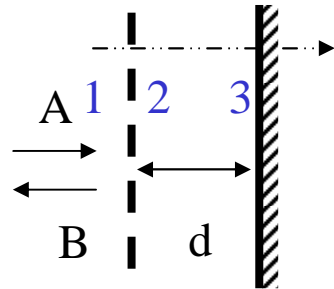
Pour réaliser $\text{Im}(Z)$ proche de $-0.5 Z_0$
sur la gamme 1000-5000 Hz

Calcul de d pour 3000 Hz

$$d = 2 \text{ cm}$$



Pour une plaque perforée

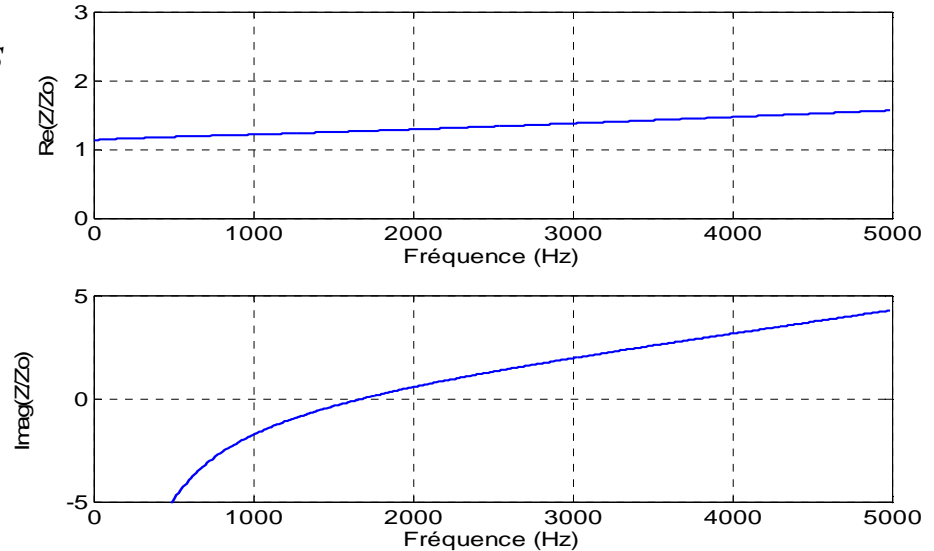


$$Z_1 = Z_2 + Z_p = -jZ_0 \cot(kd) + Z_p$$

Z_p Partie réelle frottements au col, rayonnement, effets de surface...
 Partie imaginaire effets col, rayonnement, ...

Modèles empiriques, mesures nécessaires

Taux de perforation : 5%
 Épaisseur plaque : 1.5 mm
 Diamètre perforation: .3 mm
 Distance arrière : 20 mm

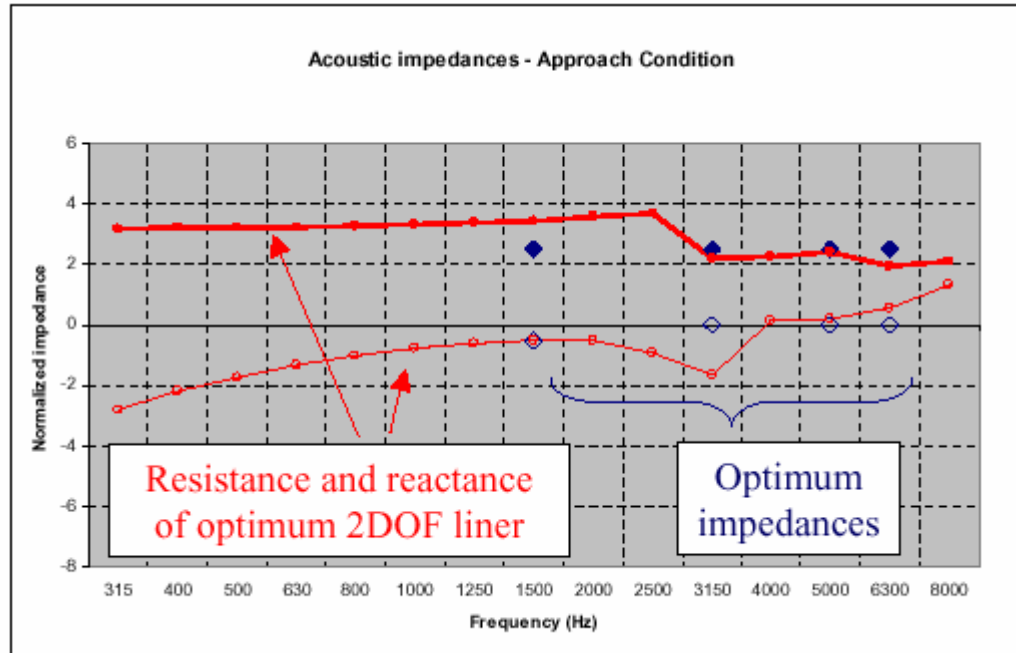


Comportement non-linéaire, absorption augmente avec le niveau sonore,
 influence écoulement

Pour une efficacité sur une bande de fréquences plus large

Structure à 2 couches

Airbus



3. Tests

Modèles semi-empiriques
Comportement non linéaire
Effet de l'écoulement



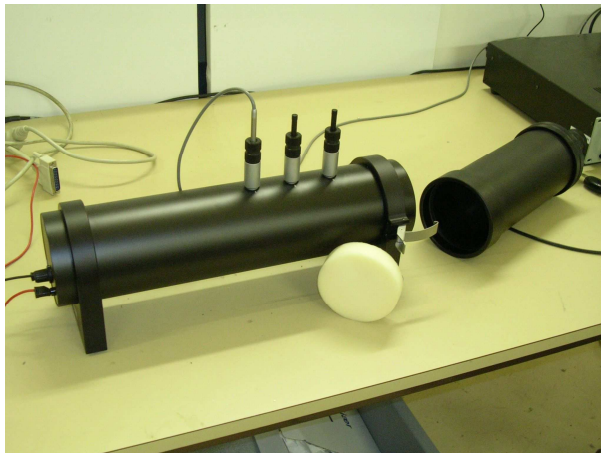
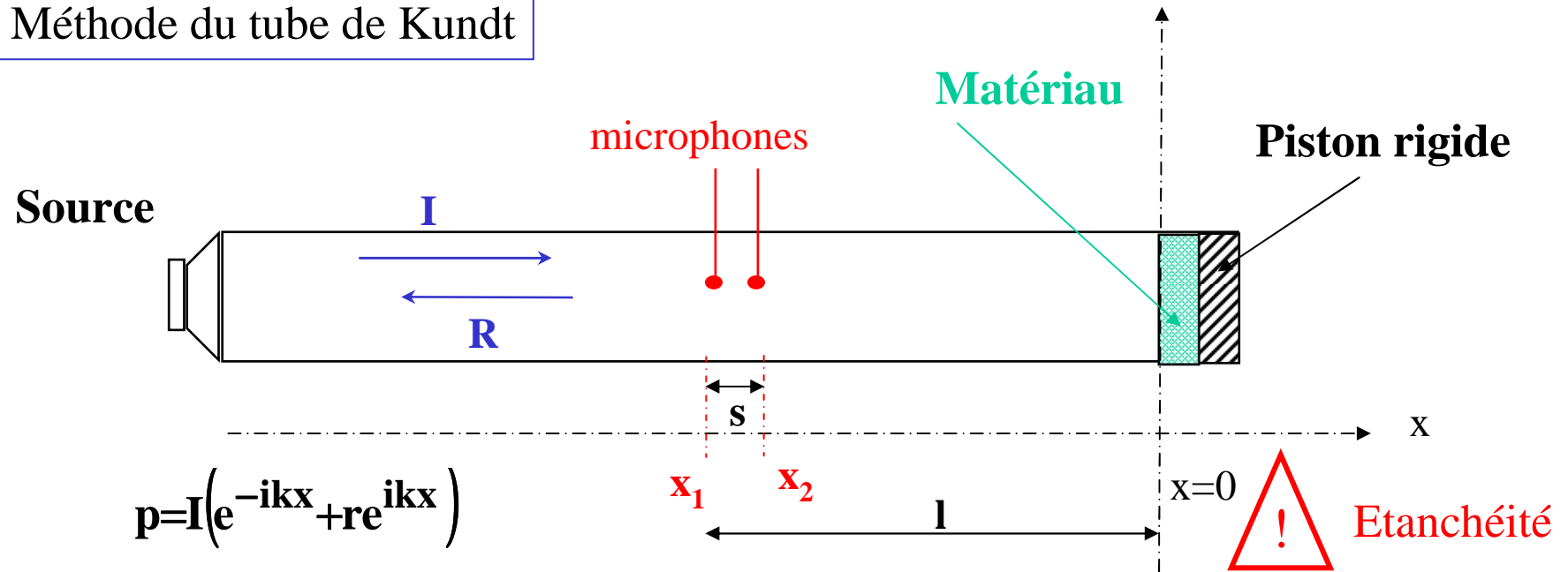
Tests nécessaires

Il faut des tests intermédiaires pour sélectionner petit à petit la meilleure solution

Mesure au Tube de Kundt de l'impédance (cf TP)

- prise en compte du niveau de pression
- mesures avec écoulement

Méthode du tube de Kundt



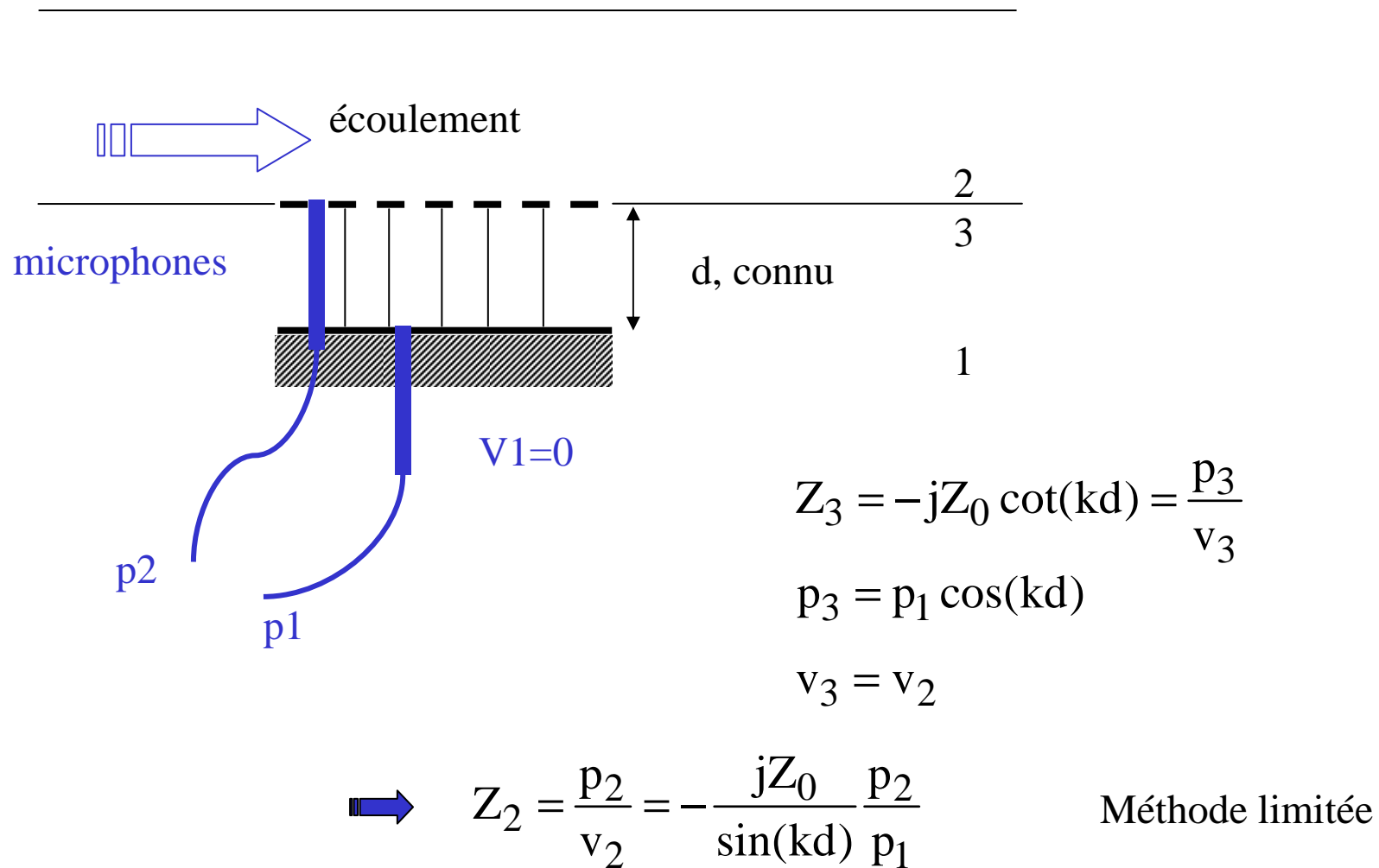
Mesure de la fonction de réponse en fréquence

$$h_{12} = \frac{p(x_2)}{p(x_1)} = \frac{e^{-ikx_2} + re^{ikx_2}}{e^{-ikx_1} + re^{ikx_1}}$$

$$Z_n = iZ_0 \frac{\sin[k(l-s)] - h_{12}\sin(kl)}{h_{12}\cos(kl) - \cos[k(l-s)]}$$

De manière générale, la mesure de la réponse fréquentielle entre deux points permet de « séparer » deux ondes (I et R ici)

Méthode à 2 microphones pour SDOF

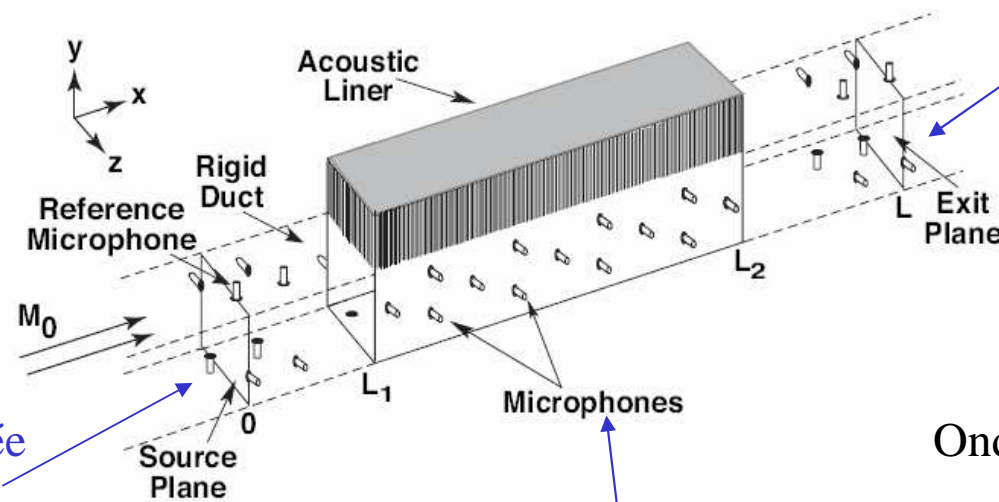


Mesure directe de la vitesse acoustique délicate (LDV, sonde microflow)

Identification directe de l'impédance en écoulement

GIT, Grazing Incidence Tube, NASA

Mach 0.5
SPL : 160 dB



Impédance mesurée
Méthode à 2 microphones

Pression mesurée
en entrée

Onde plane

Jones, Watson, Parrott
AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference 2005

Détermination de l'impédance par identification au modèle de propagation

Mesures énergétiques

Perte par transmission

Transmission Loss (TL)

$$\begin{aligned} \text{TL (dB)} &= L_{W_i} - L_{W_t} \\ &= 10 \log(1/\alpha_t) \end{aligned}$$

Suppose une terminaison anéchoïque
Indépendant de la source. Prédiction facile

Perte par insertion

Insertion Loss (IL)

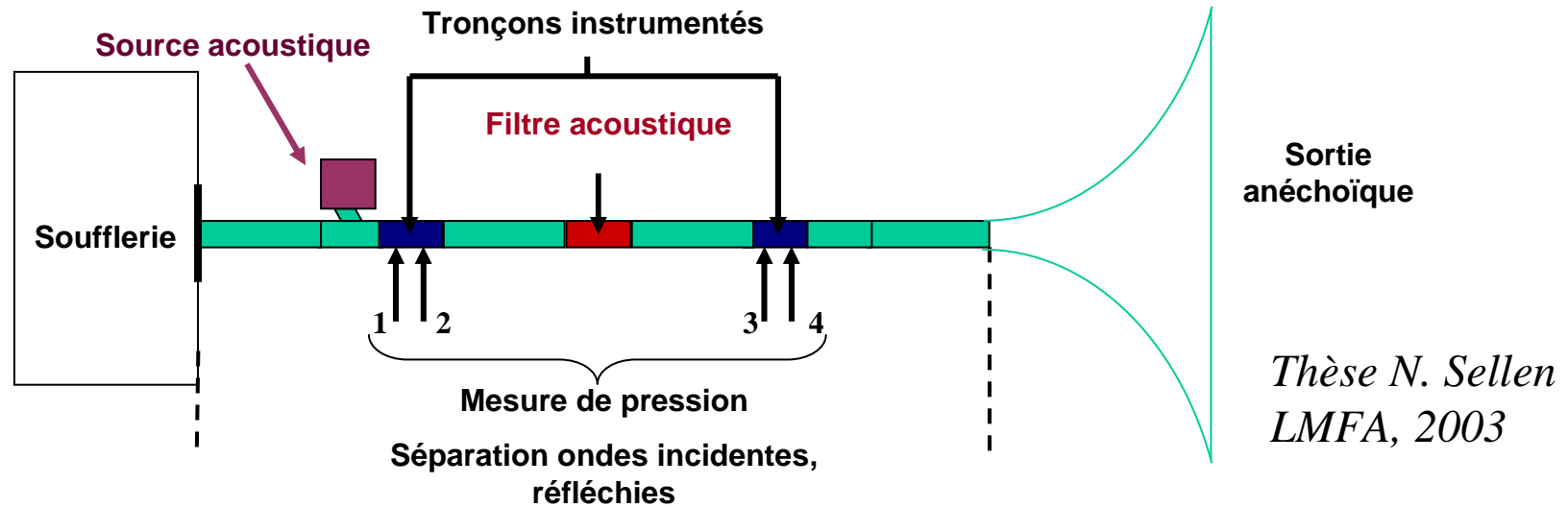
$$\begin{aligned} \text{IL (dB)} &= L_{W_1} - L_{W_2} \\ &= 10 \log(W_1/W_2) \end{aligned}$$

Différence de puissance rayonnée avec (W_2)
et sans (W_1) le traitement
Représente véritablement l'apport du traitement
Pb: mesure de puissance rayonnée

Mesure du TL

Perte par transmission

Transmission Loss



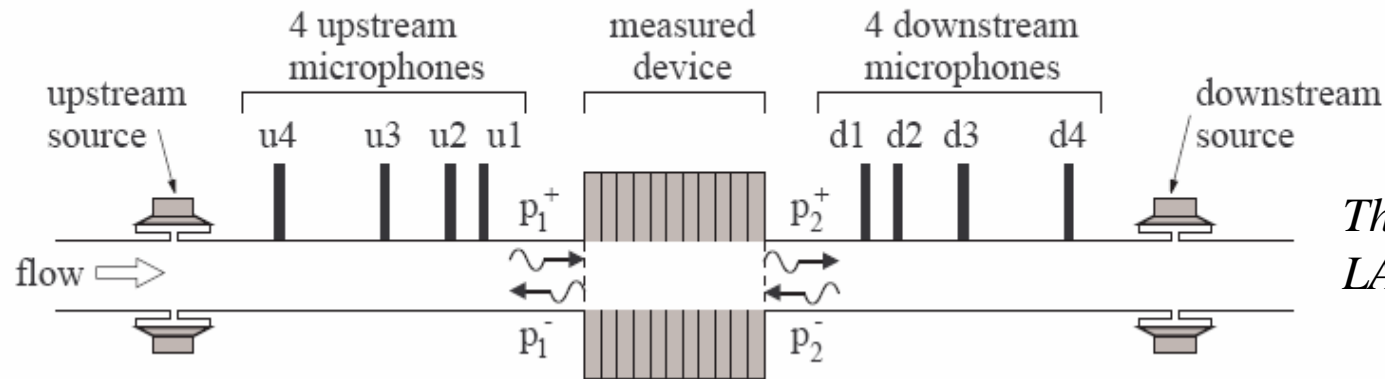
Permet de déterminer le rapport T/I (amplitude de l'onde transmise/onde incidente) à partir de la mesure des réponses fréquentielles en amont et en aval (cf TDK)

Inconvénient : terminaison anéchoïque
Onde plane

Mesure basée sur le formalisme analytique développé précédemment

Méthode à 2 sources pour s'affranchir de la terminaison anéchoïque (TA)

On cherche à déterminer les coefficients de transmission en TA



Les amplitudes amont et aval de la pression aux extrémités du traitement sont reliées en TA par :

$$\begin{pmatrix} p_1^- \\ p_2^+ \end{pmatrix} = [S] \begin{pmatrix} p_1^+ \\ p_2^- \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} R^+ & T^- \\ T^+ & R^- \end{bmatrix} \begin{pmatrix} p_1^+ \\ p_2^- \end{pmatrix}$$

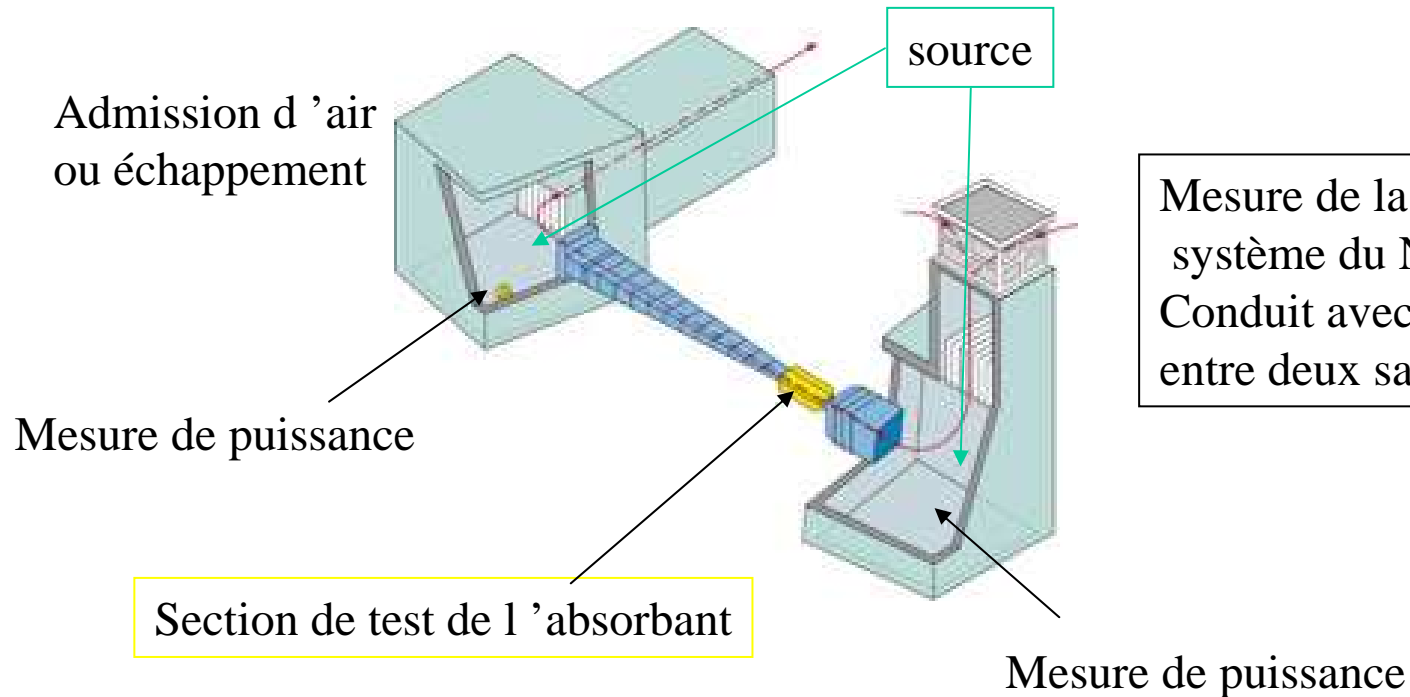
La matrice S est déterminée par 2 mesures successives, source aval ou source amont en marche grâce à des mesures de réponses fréquentielles aux microphones amont et aval (cf TDK)

Rq. : cela suppose la connaissance des nombres d'onde en écoulement dans les sections rigides

Mesure de l'IL

Perte par insertion

Insertion Loss



$$IL = \Delta Lw_{\text{avec absorbant}} - \Delta Lw_{\text{sans absorbant}}$$

Différence de puissance rayonnée avec et sans le traitement
Représente véritablement l'apport du traitement

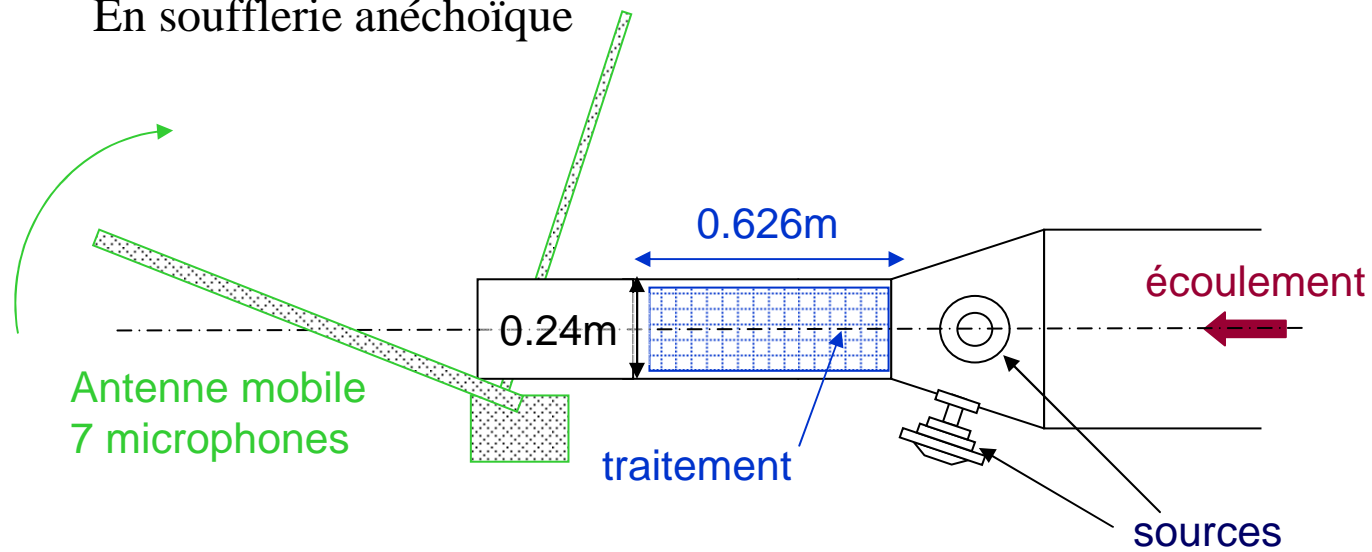
Mais pas toujours représentatif de l'application finale !

Mesure de l'IL

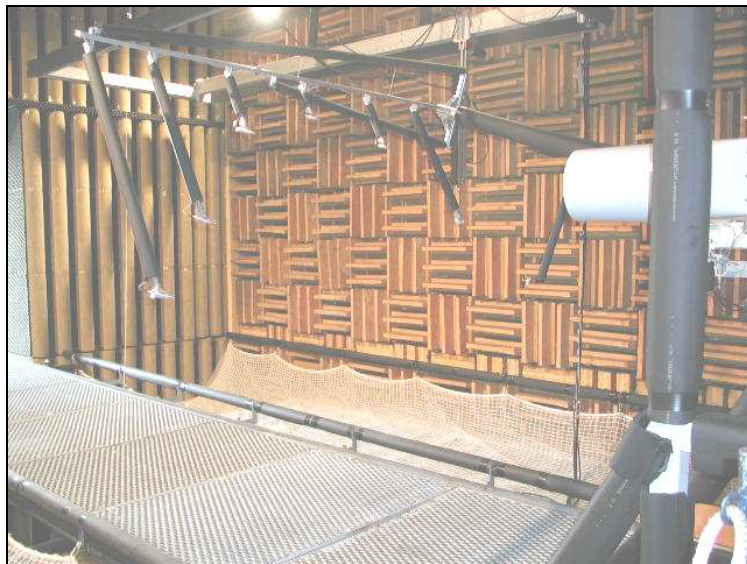
Perte par insertion

Insertion Loss

En soufflerie anéchoïque



*Thèse B. Mazeaud
LMFA, 2005*



1/4 de sphère décrit par l'antenne mobile

Calcul de la puissance rayonnée par intégration

Essais échelle réelle

Airbus, Rolls Royce



Figure 7. Zero Splice Intake installed on the Rolls-Royce test bed

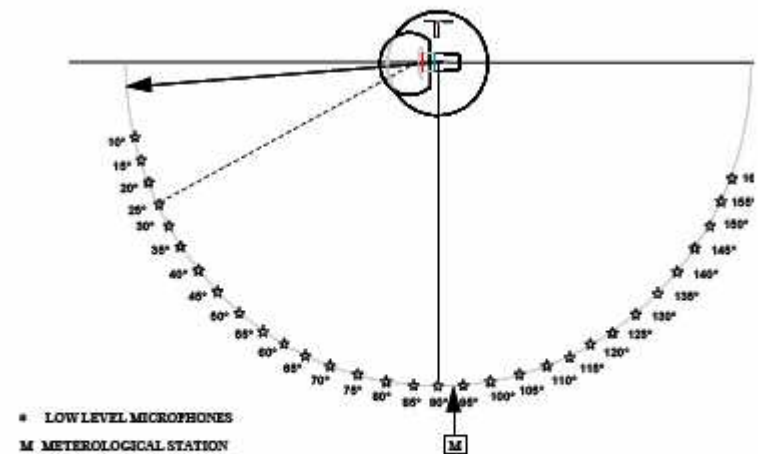


Figure 8. Rolls-Royce 11 Bed lay out

*Gantie, Batard, Baker, Schwaller
AIAA Aeroacoustics conference, 2006*

Conclusions

Conception d'un traitement : un problème difficile

- Modélisation nécessaire mais toujours simplifiée
- Contraintes multiples
- Mesures représentatives
- Basses fréquences de plus en plus présentes



Réductions de 4 à 5 dB au décollage et 2dB à l'atterrissage

La réalisation (conception mécanique) est difficile et induit parfois de fortes réduction de l'efficacité

Par exemple : zero-splice liner
(élimination des joints d'assemblage
entre panneaux de traitement)



Réduction supplémentaire :
jusqu'à 7dB annoncés par Airbus

