

---

## AHLV100 - Guide d'onde à sortie anéchoïque

---

### Résumé :

Un guide d'onde rectiligne à sortie anéchoïque, à parois rigides, dont le milieu de propagation est de l'air "normal", est excité par un piston vibrant harmoniquement.

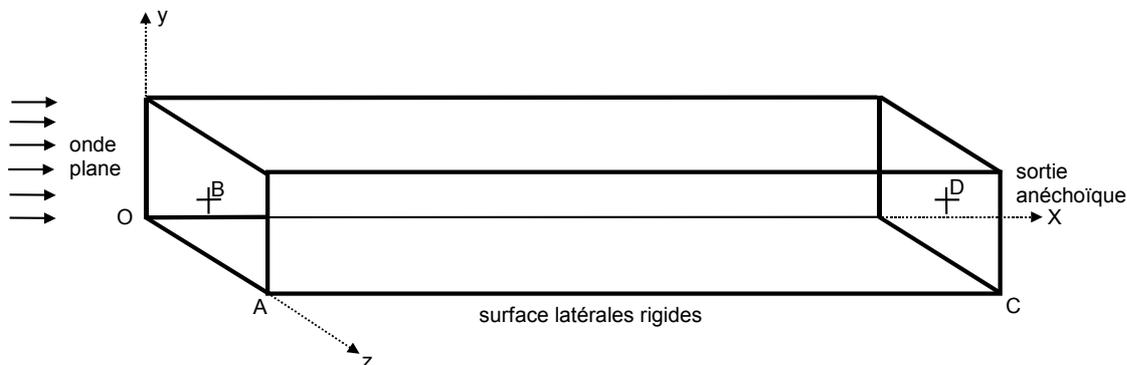
On calcule par une formulation acoustique le champ de pression acoustique de la réponse harmonique pour 13 modélisations différentes. Les résultats sont testés en 2 points à l'entrée et 2 points à la sortie.

Ils permettent de valider les matrices de rigidité, de masse, d'amortissement (impédance), le vecteur source (vitesse normale imposée) ainsi que les opérateurs de post-traitements.

Les résultats de référence proviennent d'un calcul analytique.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie



Tube à section rectangulaire :

longueur :  $L = l_x = 1.0 \text{ m}$

hauteur :  $h = l_y = 0.1 \text{ m}$

largeur :  $l = l_z = 0.2 \text{ m}$

Coordonnées des points (en  $m$ ) :

|   | A    | B    | C    | D    |
|---|------|------|------|------|
| x | 0.   | 0.   | 1.00 | 1.00 |
| y | 0.   | 0.05 | 0.   | 0.05 |
| z | 0.20 | 0.10 | 0.20 | 0.10 |

### 1.2 Propriétés des matériaux

Air :

$$\rho_c = 1.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$c_0 = 343. \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

### 1.3 Conditions aux limites et chargement

Vitesse normale à l'entrée

$$V = V_n \times \exp(i\omega t) \text{ avec } V_n = 0.014 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$f = 500 \text{ Hz}$$

Impédance à l'extrémité CD

$$Z = \rho_0 \cdot c_0 = 445.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$$

## 2 Solution de référence

### 2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution analytique générale pour un guide d'onde s'écrit :

$(\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y, \mathbf{e}_z)$  étant le repère orthonormé associé aux coordonnées cartésiennes  $(x, y, z)$

- pour la pression :

$$p(x, y, z) = A \exp(ikx) + B \exp(-ikx)$$

- pour la vitesse vibratoire :

$$\mathbf{V}(x, y, z) = -\frac{1}{\rho_0 \cdot c_0} [A \exp(ikx) - B \exp(-ikx)] \mathbf{e}_x$$

- A et B sont déterminées par les conditions aux limites :

$$\text{en } x = 0 \quad V_n = V_{n0}$$

$$\text{en } x = L \quad p(L, y, z) = Z \cdot \mathbf{V}(L, y, z) \cdot \mathbf{n}_L$$

$$A = B \left( \frac{Z - \rho_0 \cdot c_0}{Z + \rho_0 \cdot c_0} \right) \exp(-2ikL) \quad \text{et} \quad B = \frac{\rho_0 \cdot c_0 \cdot V_n}{\left( \frac{Z - \rho_0 \cdot c_0}{Z + \rho_0 \cdot c_0} \right) \exp(-2ikL) - 1} \quad \text{avec } k = \frac{\omega}{c_0}$$

Dans le cas étudié, la sortie du guide est anéchoïque :  $Z = \rho_0 c_0$ . On a donc :

- pour la pression :

$$p(x, y, z) = \rho_0 c_0 V_n \exp(-ikx)$$

- pour la vitesse :

$$\mathbf{V}(x, y, z) = -V_n \exp(-ikx) \cdot \mathbf{e}_x$$

- et pour l'intensité acoustique :

$$\mathbf{I} = \frac{1}{2} p \mathbf{V}^* = \frac{1}{2} \rho_0 c_0 V_n^2 \cdot \mathbf{e}_x$$

C'est-à-dire Intensité acoustique active uniforme dans tout le guide et parallèle à l'axe.

Les fréquences propres sont données pour le guide fermé aux deux extrémités par :

$$f_{m,n,p} = \frac{c_0}{2} \left( \frac{m^2}{1_x^2} + \frac{n^2}{1_y^2} + \frac{p^2}{1_z^2} \right)^{1/2} \quad \text{où } m, n, p \text{ sont des entiers positifs.}$$

### 2.2 Résultats de référence

Pression aux points  $A, B, C, D$  (pour les modélisations A, B, C, D, E).

Intensité acoustique aux points  $A, B, C, D$  (pour les modélisations A et C).

Fréquences propres n°2 à n°9.

### 2.3 Incertitude sur la solution

Solution analytique

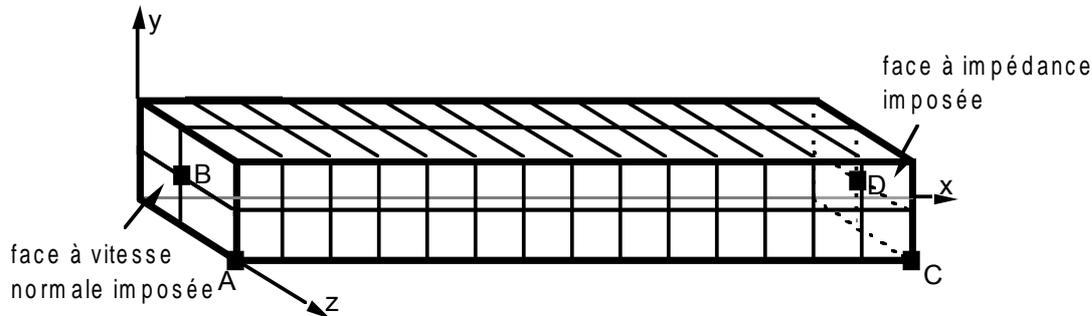
### 2.4 Références bibliographiques

- BOUIZI A. Résolution des équations de l'acoustique linéaire par une méthode d'éléments finis mixtes - Thèse (1989).

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments 3D 'ACOUSTIQUE' (ACOU\_HEXA20 et ACOU\_FACE8)



Découpage = 15 mailles HEXA20 selon l'axe des  $x$   
2 mailles HEXA20 selon l'axe des  $y$   
2 mailles HEXA20 selon l'axe des  $z$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: Entrée Vnor: RI 0.014 0.)  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: Sortie Impe: RI 445.9 0.)

Nom des nœuds  $A=No1$   $B=No780$   $C=No751$   $D=No763$

### 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 471  
Nombre de mailles et types : 60 HEXA20 8 QUAD8

## 4 Résultats de la modélisation A

### 4.1 Valeurs testées

| Localisation                | Grandeurs                   | Référence  | tolérance |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|-----------|
| $A$                         | $p$ (réel)                  | -6.2426    | 0.1 %     |
|                             | $p$ (imag)                  | 0.0000     | 0.1 %     |
|                             | $p$ (dB)                    | 109.9      | 0.1%      |
|                             | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437     | 3 %       |
|                             | Intensité Acoustique (imag) | 0          | 3.5E-4    |
|                             | $B$                         | $p$ (réel) | -6.2426   |
| $p$ (imag)                  |                             | 0.0000     | 0.1 %     |
| $p$ (dB)                    |                             | 109.9      | 0.1%      |
| Intensité Acoustique (réel) |                             | 0.0437     | 3 %       |
| Intensité Acoustique (imag) |                             | 0          | 3.5E-4    |
| $C$                         |                             | $p$ (réel) | 6.0237    |
|                             | $p$ (imag)                  | 1.6387     | 0.1 %     |
|                             | $p$ (dB)                    | 109.9      | 0.1%      |
|                             | Intensité Acoustique (réel) | 0.04037    | 3 %       |
|                             | Intensité Acoustique (imag) | 0          | 3.5E-4    |
|                             | $D$                         | $p$ (réel) | 6.0237    |
| $p$ (imag)                  |                             | 1.6387     | 0.1 %     |

|                             |  |        |        |
|-----------------------------|--|--------|--------|
| $p$ (dB)                    |  | 109.9  | 0.1%   |
| Intensité Acoustique (réel) |  | 0.0437 | 3 %    |
| Intensité Acoustique (imag) |  | 0      | 3.5E-4 |

| Ordre du mode propre<br>$i$ | Fréquence |     |     | Référence | tolérance |
|-----------------------------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
|                             | $m$       | $n$ | $p$ |           |           |
| 2                           | 1         | 0   | 0   | 171.5     | 0.01 %    |
| 3                           | 2         | 0   | 0   | 343.0     | 0.01 %    |
| 4                           | 3         | 0   | 0   | 514.5     | 0.1 %     |
| 5                           | 4         | 0   | 0   | 686.0     | 1 %       |
| 6                           | 5         | 0   | 0   | 857.5     | 0.1 %     |
| 7                           | 0         | 0   | 1   | 857.5     | 0.5 %     |
| 8                           | 1         | 0   | 1   | 874.482   | 0.5 %     |
| 9                           | 2         | 0   | 1   | 923.556   | 0.5 %     |

## 4.2 Remarque

On teste les résultats de deux manières différentes :

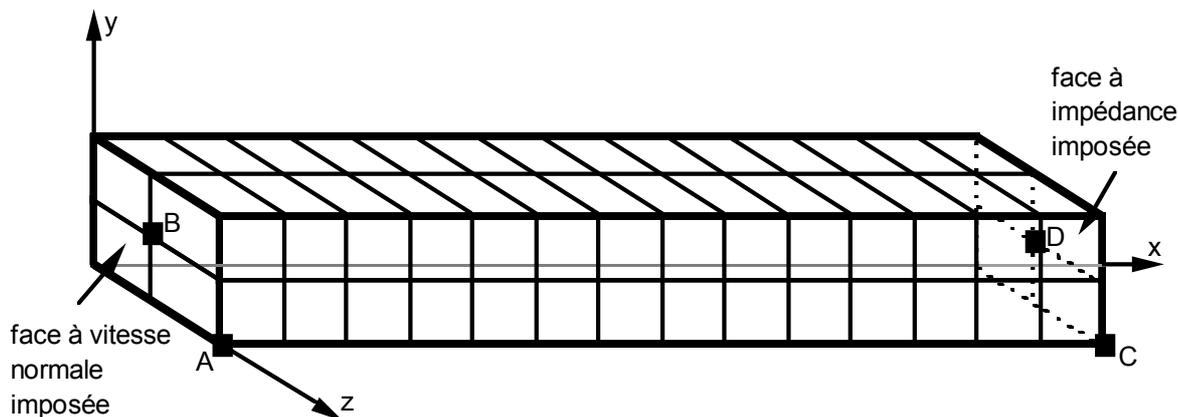
- par la procédure habituelle en utilisant `DYNA_LINE_HARM` ;
- par un calcul décomposé en commandes d'algèbre linéaire `COMB_MATR_ASSE`, `CREA_CHAMP`, `FACTORISER`, `RESOUDRE`.

Les tests sont donc dédoublés et on vérifie que les résultats sont cohérents.

## 5 Modélisation B

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression potentiel des déplacements éléments '3D\_FLUIDE' (MEFL\_HEX20 et MEFL\_FACE8)



Découpage = 15 mailles HEXA20 selon l'axe des  $x$   
2 mailles HEXA20 selon l'axe des  $y$   
2 mailles HEXA20 selon l'axe des  $z$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (GROUP\_MA: Entrée VNOR: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (GROUP\_MA: Sortie IMPE: 445.9 )

Nom des nœuds  $A=No1$   $B=No780$   $C=No751$   $D=No763$

### 5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 471  
Nombre de mailles et types : 60 HEXA20 8 QUAD8

## 6 Résultats de la modélisation B

### 6.1 Valeurs testées

| Localisation | Référence         | Référence | tolérance |
|--------------|-------------------|-----------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel})$  | -6.2426   | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$  | 0.0       | 0.1 %     |
|              | $p(\text{dB})$    | 109.8867  | 0.1%      |
|              | $ p $             | 6.2426    | 0.1 %     |
| $B$          | $p(\text{angle})$ | 180.0°    | 0.1 %     |
|              | $p(\text{dB})$    | 109.8867  | 0.1 %     |
|              | $ p $             | 6.2426    | 0.1 %     |
| $C$          | $p(\text{angle})$ | 15.2186°  | 0.1 %     |
|              | $p(\text{dB})$    |           | 0.1 %     |
|              | $ p $             |           |           |

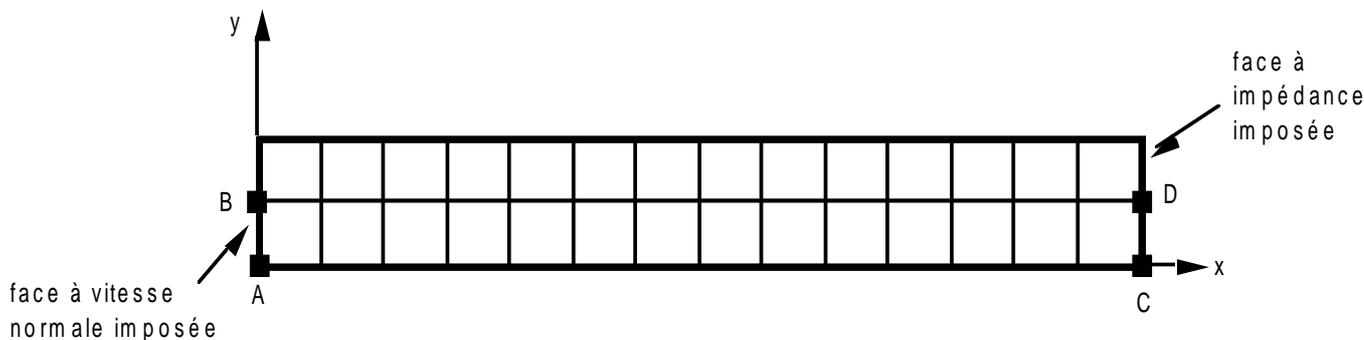
---

|     |                   |          |       |
|-----|-------------------|----------|-------|
| $D$ | $ p $             | 6.2426   | 0.1 % |
|     | $p(\text{angle})$ | 15.2186° | 0.1 % |
|     | $p(\text{dB})$    | 109.8867 | 0.1 % |

## 7 Modélisation D

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression potentiel des déplacements éléments '2D\_FLUIDE' (MEFLSE3 et MEFLQU8)



Découpage = 15 mailles QUAD8 selon l'axe des  $x$   
2 mailles QUAD8 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (GROUP\_MA: Entrée VNOR: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (GROUP\_MA: Sortie IMPE: 445.9 )

Nom des nœuds  $A=No1$   $B=No780$   $C=No151$   $D=No153$

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125  
Nombre de mailles et types : 30 QUAD8 4 SEG3

## 8 Résultats de la modélisation D

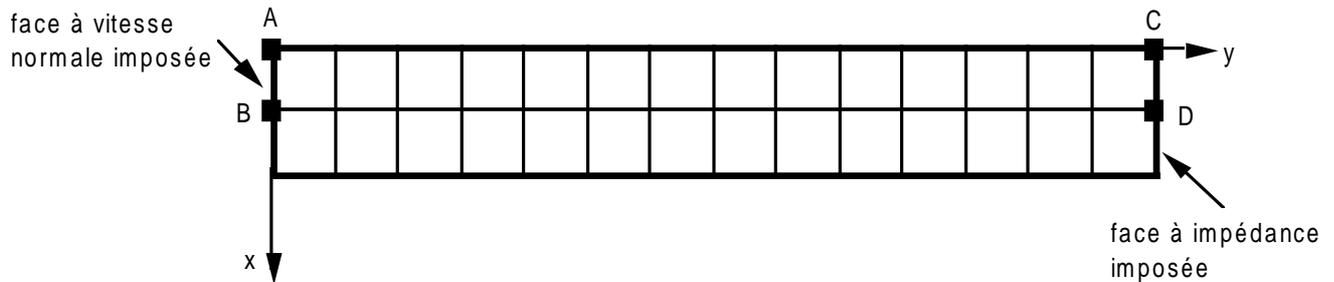
### 8.1 Valeurs testées

| Localisation | Grandeurs        | Référence | % différence |
|--------------|------------------|-----------|--------------|
| $A$          | $p(\text{réel})$ | -6.2426   | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 0.0       | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |
| $B$          | $p(\text{réel})$ | -6.2426   | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 0.0       | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |
| $C$          | $p(\text{réel})$ | 6.0237    | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 1.6387    | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |
| $D$          | $p(\text{réel})$ | 6.0237    | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 1.6387    | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |

## 9 Modélisation E

### 9.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression potentiel des déplacements éléments 'AXIS\_FLUIDE' (MEAXFLS3 et MEAXFLQ8)



Découpage = 15 mailles QUAD8 selon l'axe des  $x$   
2 mailles QUAD8 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (GROUP\_MA: Entrée VNOR: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (GROUP\_MA: Sortie IMPE: 445.9 )

Nom des nœuds  $A=No1$   $B=No780$   $C=No151$   $D=No153$

### 9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125  
Nombre de mailles et types : 30 QUAD8 4 SEG3

## 10 Résultats de la modélisation E

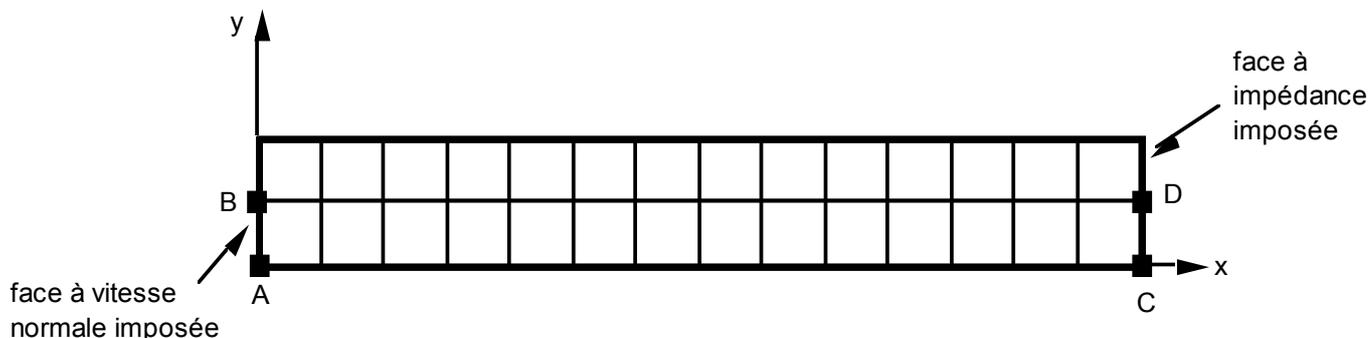
### 10.1 Valeurs testées

| Localisation | Grandeurs        | Référence | % différence |
|--------------|------------------|-----------|--------------|
| $A$          | $p(\text{réel})$ | -6.2426   | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 0.0       | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |
| $B$          | $p(\text{réel})$ | -6.2426   | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 0.0       | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |
| $C$          | $p(\text{réel})$ | 6.0237    | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 1.6387    | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |
| $D$          | $p(\text{réel})$ | 6.0237    | 0.1%         |
|              | $p(\text{imag})$ | 1.6387    | 0.1%         |
|              | $p(\text{dB})$   | 109.8867  | 0.1%         |

## 11 Modélisation F

### 11.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments PLAN 'ACOUSTIQUE' (SEG3 et QUAD8)



Découpage = 15 mailles QUAD8 selon l'axe des  $x$   
2 mailles QUAD8 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: Entrée Vnor: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: Sortie Impe: 445.9 )

Nom des nœuds  $A = No1$   $B = No33$   $C = No2$   $D = No34$

### 11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125  
Nombre de mailles et types : 30 QUAD8 4 SEG3

## 12 Résultats de la modélisation F

### 12.1 Valeurs testées

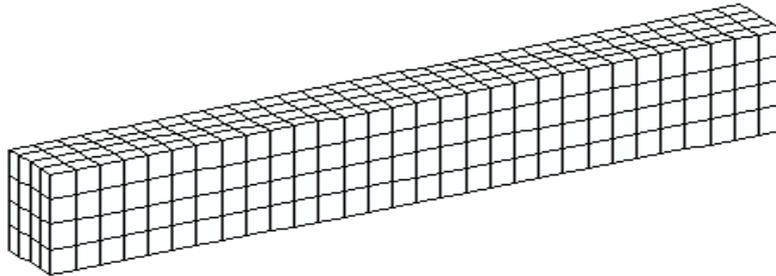
| Localisation | Grandeurs                   | Référence | tolérance |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3 %       |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 3.5E-4    |
| $B$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3 %       |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 3.5E-4    |
| $C$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.04037   | 3 %       |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 3.5E-4    |
| $D$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3 %       |

|                     |            |   |        |
|---------------------|------------|---|--------|
| Intensité<br>(imag) | Acoustique | 0 | 3.5E-4 |
|---------------------|------------|---|--------|

## 13 Modélisation G

### 13.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments 3D 'ACOUSTIQUE' (ACOU\_HEXA8 et ACOU\_FACE4)



Découpage = 30 mailles HEXA8 selon l'axe des  $x$   
4 mailles HEXA8 selon l'axe des  $y$   
4 mailles HEXA8 selon l'axe des  $z$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: velo Vnor: RI 0.014 0.)  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: impe Impe: RI 445.9 0.)

Nom des nœuds  $A = No69$   $B = No95$   $C = No65$   $D = No876$

### 13.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 775  
Nombre de mailles et types : 480 HEXA8 32 QUAD4

## 14 Résultats de la modélisation G

### 14.1 Valeurs testées

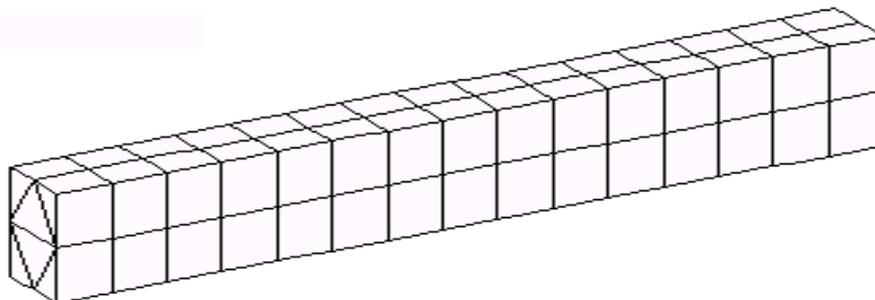
| Localisation | Grandeurs                     | Référence        | tolérance |
|--------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.3%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $B$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.3%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $C$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 4%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $D$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 4%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |

| Ordre du mode propre<br><i>i</i> | Fréquence |          |          | Référence | tolérance |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                                  | <i>m</i>  | <i>n</i> | <i>p</i> |           |           |
| 2                                | 1         | 0        | 0        | 171.5     | 0.1%      |
| 3                                | 2         | 0        | 0        | 343.0     | 0.2%      |
| 4                                | 3         | 0        | 0        | 514.5     | 0.5%      |
| 5                                | 4         | 0        | 0        | 686.0     | 1%        |
| 6                                | 5         | 0        | 0        | 857.5     | 2%        |
| 7                                | 0         | 0        | 1        | 857.5     | 3%        |
| 8                                | 1         | 0        | 1        | 874.482   | 3%        |
| 9                                | 2         | 0        | 1        | 923.556   | 3%        |

## 15 Modélisation H

### 15.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments 3D 'ACOUSTIQUE' (ACOU\_PENTA15 et ACOU\_FACE6)



Découpage = 15 mailles PENTA15 selon l'axe des  $x$   
2 mailles PENTA15 selon l'axe des  $y$   
2 mailles PENTA15 selon l'axe des  $z$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: velo Vnor: RI 0.014 0.)  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: impe Impe: RI 445.9 0.)

Nom des nœuds  $A=No28$   $B=No64$   $C=No24$   $D=No720$

### 15.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 456  
Nombre de mailles et types : 90 PENTA15 12 TRIA6

## 16 Résultats de la modélisation H

### 16.1 Valeurs testées

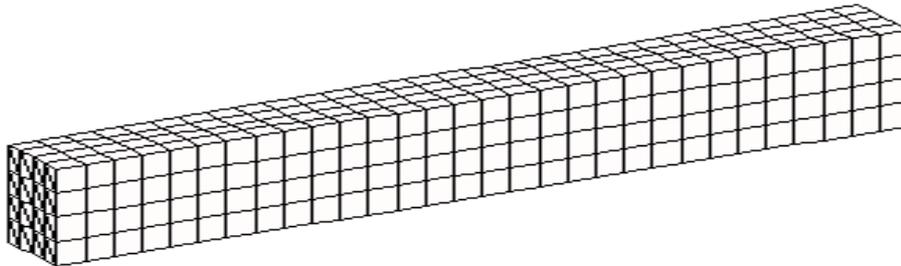
| Localisation | Grandeurs                     | Référence        | tolérance |
|--------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.1%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $B$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.1%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $C$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 0.1%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $D$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 0.1%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |

| Ordre du mode propre<br><i>i</i> |          |          |          | Fréquence | tolérance |
|----------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                                  | <i>m</i> | <i>n</i> | <i>p</i> | Référence |           |
| 2                                | 1        | 0        | 0        | 171.5     | 0.01%     |
| 3                                | 2        | 0        | 0        | 343.0     | 0.01%     |
| 4                                | 3        | 0        | 0        | 514.5     | 0.1%      |
| 5                                | 4        | 0        | 0        | 686.0     | 0.1%      |
| 6                                | 5        | 0        | 0        | 857.5     | 0.1%      |
| 7                                | 0        | 0        | 1        | 857.5     | 0.5%      |
| 8                                | 1        | 0        | 1        | 874.482   | 0.5%      |
| 9                                | 2        | 0        | 1        | 923.556   | 0.5%      |

## 17 Modélisation I

### 17.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments 3D 'ACOUSTIQUE' (ACOU\_PENTA6 et ACOU\_FACE3)



Découpage = 30 mailles PENTA6 selon l'axe des  $x$   
4 mailles PENTA6 selon l'axe des  $y$   
4 mailles PENTA6 selon l'axe des  $z$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: velo Vnor: RI 0.014 0.)  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: impe Impe: RI 445.9 0.)

Nom des nœuds  $A = No110$   $B = No156$   $C = No106$   $D = No939$

### 17.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 775  
Nombre de mailles et types : 960 PENTA6 64 TRIA3

## 18 Résultats de la modélisation I

### 18.1 Valeurs testées

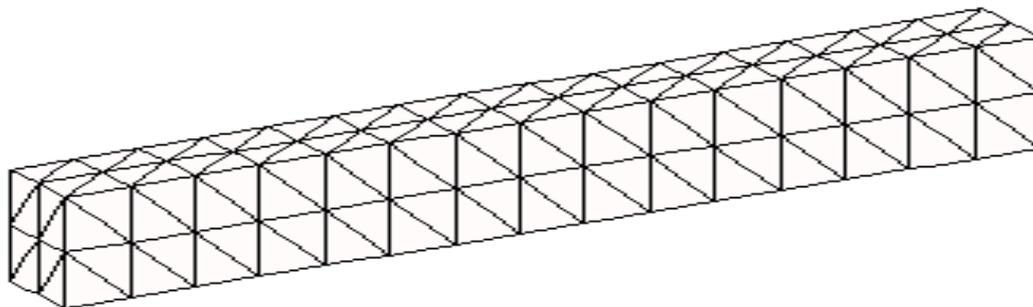
| Localisation | Grandeurs                     | Référence        | tolérance |
|--------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.3%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 2%        |
| $B$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.3%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 2%        |
| $C$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 4%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 2%        |
| $D$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 4%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 2%        |

| Ordre du mode propre<br><i>i</i> | Fréquence |          |          | Référence | tolérance |
|----------------------------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                                  | <i>m</i>  | <i>n</i> | <i>p</i> |           |           |
| 2                                | 1         | 0        | 0        | 171.5     | 0.1%      |
| 3                                | 2         | 0        | 0        | 343.0     | 0.2%      |
| 4                                | 3         | 0        | 0        | 514.5     | 0.5%      |
| 5                                | 4         | 0        | 0        | 686.0     | 1%        |
| 6                                | 5         | 0        | 0        | 857.5     | 2%        |
| 7                                | 0         | 0        | 1        | 857.5     | 3%        |
| 8                                | 1         | 0        | 1        | 874.482   | 3%        |
| 9                                | 2         | 0        | 1        | 923.556   | 3%        |

## 19 Modélisation J

### 19.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments 3D 'ACOUSTIQUE' (ACOU\_TETRA10 et ACOU\_FACE6)



Découpage = 15 mailles TETRA10 selon l'axe des *x*  
2 mailles TETRA10 selon l'axe des *y*  
2 mailles TETRA10 selon l'axe des *z*

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: velo Vnor: RI 0.014 0.)  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: impe Impe: RI 445.9 0.)

Nom des nœuds *A=No4 B=No76 C=No7 D=No73*

### 19.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 870  
Nombre de mailles et types : 421 TETRA10 16 TRIA6

## 20 Résultats de la modélisation J

### 20.1 Valeurs testées

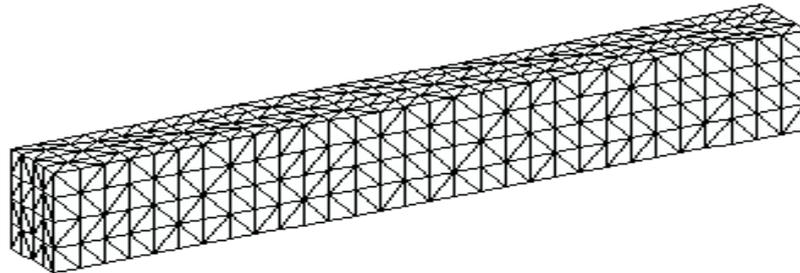
| Localisation | Grandeurs                     | Référence        | tolérance |
|--------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| A            | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.3%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| B            | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 0.3%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 4%        |
| C            | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 0.2%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 2%        |
| D            | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 0.2%      |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |

| Ordre du mode propre<br>$i$ | Fréquence |     |     | Référence | tolérance |
|-----------------------------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
|                             | $m$       | $n$ | $p$ |           |           |
| 2                           | 1         | 0   | 0   | 171.5     | 0.01%     |
| 3                           | 2         | 0   | 0   | 343.0     | 0.01%     |
| 4                           | 3         | 0   | 0   | 514.5     | 0.01%     |
| 5                           | 4         | 0   | 0   | 686.0     | 0.1%      |
| 6                           | 5         | 0   | 0   | 857.5     | 0.1%      |
| 7                           | 0         | 0   | 1   | 857.5     | 0.5%      |
| 8                           | 1         | 0   | 1   | 874.482   | 0.5%      |
| 9                           | 2         | 0   | 1   | 923.556   | 0.5%      |

## 21 Modélisation K

### 21.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments 3D 'ACOUSTIQUE' (ACOU\_TETRA4 et ACOU\_FACE3)



Découpage = 30 mailles TETRA4 selon l'axe des  $x$   
4 mailles TETRA4 selon l'axe des  $y$   
4 mailles TETRA4 selon l'axe des  $z$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: velo Vnor: RI 0.014 0.)  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: impe Impe: RI 445.9 0.)

Nom des nœuds  $A=No18$   $B=No521$   $C=No15$   $D=No1028$

### 21.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 685  
Nombre de mailles et types : 2180 TETRA4 64 TRIA6

## 22 Résultats de la modélisation K

### 22.1 Valeurs testées

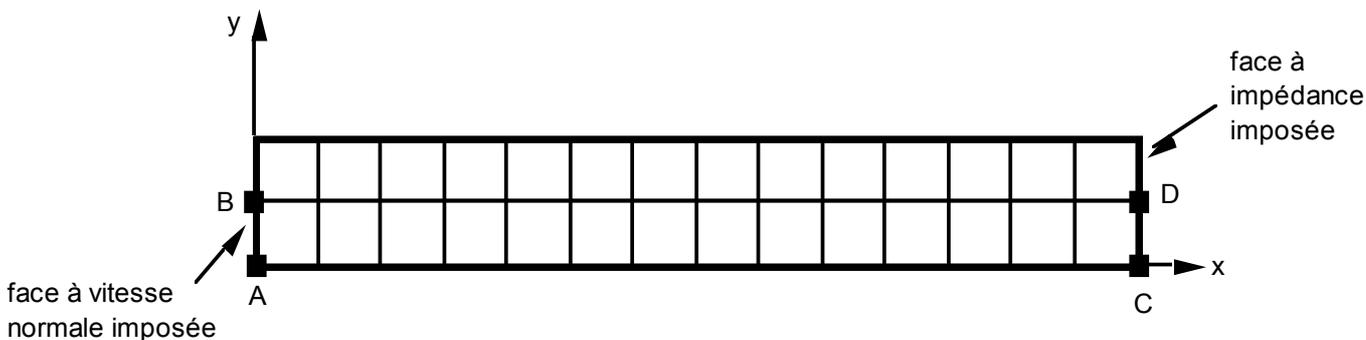
| Localisation | Grandeurs                     | Référence        | tolérance |
|--------------|-------------------------------|------------------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 1%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $B$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (-6.2426,0.0000) | 2%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $C$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 5%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |
| $D$          | $p(\text{réel}, \text{imag})$ | (6.0237,1.6387)  | 5%        |
|              | Intensité_Acou                | 0.0437           | 3%        |

| Ordre du mode propre<br>$i$ | Fréquence |     |     | Référence | tolérance |
|-----------------------------|-----------|-----|-----|-----------|-----------|
|                             | $m$       | $n$ | $p$ |           |           |
| 2                           | 1         | 0   | 0   | 171.5     | 0.2%      |
| 3                           | 2         | 0   | 0   | 343.0     | 0.3%      |
| 4                           | 3         | 0   | 0   | 514.5     | 0.6%      |
| 5                           | 4         | 0   | 0   | 686.0     | 1%        |
| 6                           | 5         | 0   | 0   | 857.5     | 2%        |
| 7                           | 0         | 0   | 1   | 857.5     | 3%        |
| 8                           | 1         | 0   | 1   | 874.482   | 3%        |
| 9                           | 2         | 0   | 1   | 923.556   | 4%        |

## 23 Modélisation M

### 23.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments PLAN 'ACOUSTIQUE' (SEG3 et QUAD8)



Découpage = 15 mailles QUAD8 selon l'axe des  $x$   
2 mailles QUAD8 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: Entrée Vnor: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: Sortie Impe: 445.9 )

Nom des nœuds  $A=N01$   $B=N033$   $C=N02$   $D=N034$

### 23.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 125  
Nombre de mailles et types : 30 QUAD8 4 SEG3

## 24 Résultats de la modélisation M

### 24.1 Valeurs testées

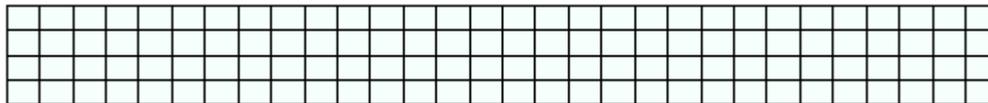
| Localisation | Grandeurs                   | Référence | tolérance |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3 %       |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 3.5E-4    |
| $B$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.1 %     |

|          |                                |         |        |
|----------|--------------------------------|---------|--------|
|          | $p(\text{imag})$               | 0.0000  | 0.1 %  |
|          | Intensité Acoustique (réel)    | 0.0437  | 3 %    |
|          | Intensité Acoustique<br>(imag) | 0       | 3.5E-4 |
| <i>C</i> | $p(\text{réel})$               | 6.0237  | 0.1 %  |
|          | $p(\text{imag})$               | 1.6387  | 0.1 %  |
|          | Intensité Acoustique (réel)    | 0.04037 | 3 %    |
|          | Intensité Acoustique<br>(imag) | 0       | 3.5E-4 |
| <i>D</i> | $p(\text{réel})$               | 6.0237  | 0.1 %  |
|          | $p(\text{imag})$               | 1.6387  | 0.1 %  |
|          | Intensité Acoustique (réel)    | 0.0437  | 3 %    |
|          | Intensité Acoustique<br>(imag) | 0       | 3.5E-4 |

## 25 Modélisation Q

### 25.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments PLAN 'ACOUSTIQUE' (SEG2 et QUAD4)



Découpage = 30 mailles QUAD4 selon l'axe des  $x$   
4 mailles QUAD4 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: Entrée Vnor: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: Sortie Impe: 445.9 )

Nom des nœuds  $A=No1$   $B=No237$   $C=No2$   $D=No205$

### 25.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 155  
Nombre de mailles et types : 120 QUAD8 8 SEG2

## 26 Résultats de la modélisation Q

### 26.1 Valeurs testées

| Localisation | Grandeurs                   | Référence | tolérance |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.3 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.3 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 1.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 6.5E-3    |
| $B$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.3 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.3 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 1.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 6.5E-3    |
| $C$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 4 %       |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 4 %       |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.04037   | 1.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 6.6E-4    |
| $D$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 4 %       |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 4 %       |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 1.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 6.6E-3    |

## 27 Modélisation R

### 27.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments PLAN 'ACOUSTIQUE' (SEG3 et TRIA6)



Découpage = 15 mailles TRIA6 selon l'axe des  $x$   
2 mailles TRIA6 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: Entrée Vnor: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: Sortie Impe: 445.9 )

Nom des nœuds  $A=No1$   $B=No5$   $C=No2$   $D=No6$

### 27.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 155  
Nombre de mailles et types : 60 TRIA6 4 SEG3

## 28 Résultats de la modélisation R

### 28.1 Valeurs testées

| Localisation | Grandeurs                   | Référence | tolérance |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.2 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.2 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 5.0E-3    |
| $B$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 4.5E-3    |
| $C$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 0.3 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 0.3 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.04037   | 2.0 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 2.5E-4    |
| $D$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 2.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 3.5E-4    |

## 29 Modélisation S

### 29.1 Caractéristiques de la modélisation

Formulation pression éléments PLAN 'ACOUSTIQUE' (SEG2 et TRIA3)



Découpage = 30 mailles TRIA3 selon l'axe des  $x$   
4 mailles TRIA3 selon l'axe des  $y$

Conditions limites :

VITE\_FACE: (Group\_ma: Entrée Vnor: 0.014 )  
IMPE\_FACE: (Group\_ma: Sortie Impe: 445.9 )

Nom des nœuds  $A = No1$   $B = No237$   $C = No2$   $D = No205$

### 29.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 155  
Nombre de mailles et types : 240 TRIA3 8 SEG2

## 30 Résultats de la modélisation S

### 30.1 Valeurs testées

| Localisation | Grandeurs                   | Référence | tolérance |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| $A$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 1.0 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 1.0 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 3.0 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 6.0E-3    |
| $B$          | $p(\text{réel})$            | -6.2426   | 0.1 %     |
|              | $p(\text{imag})$            | 0.0000    | 0.1 %     |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 2.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 6.5E-3    |
| $C$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 7 %       |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 7 %       |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.04037   | 1.0 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 7.0E-3    |
| $D$          | $p(\text{réel})$            | 6.0237    | 6 %       |
|              | $p(\text{imag})$            | 1.6387    | 6 %       |
|              | Intensité Acoustique (réel) | 0.0437    | 2.5 %     |
|              | Intensité Acoustique (imag) | 0         | 7.0E-3    |

## 31 Modélisation T

---

### 31.1 Caractéristiques de la modélisation

On reprend intégralement la modélisation A en ne modifiant que la célérité  $CELE\_C$  du matériau : sa partie réelle reste inchangée à  $343\text{ m.s}^{-1}$  alors que la partie imaginaire passe de  $0$  à  $10\text{ m.s}^{-1}$ .

## 32 Résultats de la modélisation T

---

### 32.1 Valeurs testées

On analyse les mêmes grandeurs que pour la modélisation A, mais uniquement pour des tests de non-régression.

## 33 Synthèse des résultats

---

Les modélisations donnent les résultats attendus.

Dans les modélisations utilisant des tétraèdres ou des triangles, la distribution des pressions est moins uniforme que dans les autres cas, conséquence de la non-uniformité du maillage.