



CEVAA

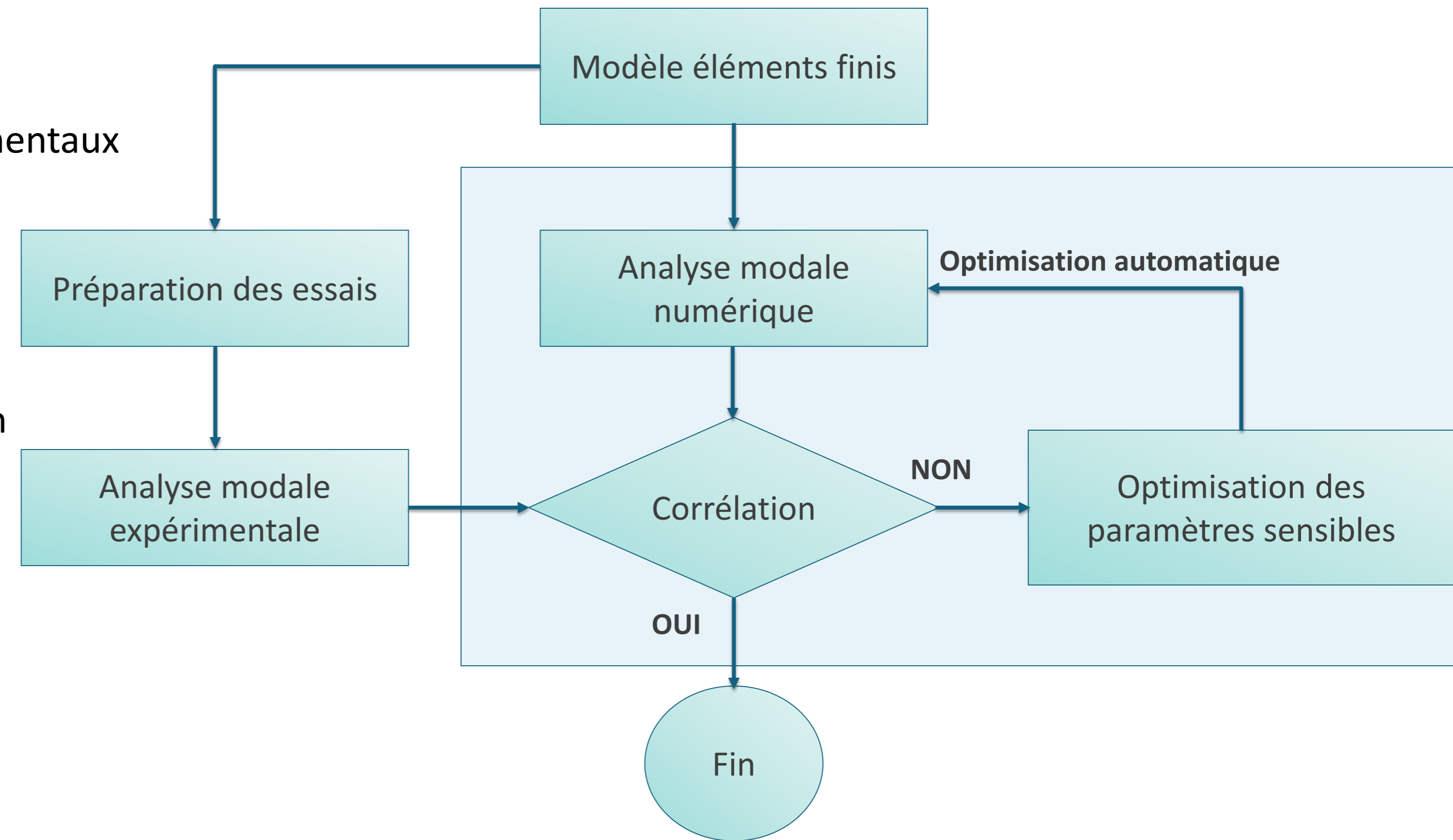
CENTRE D'EXPERTISE ET D'ESSAIS
VIBRATION / ACOUSTIQUE / FIABILITÉ



Sommaire

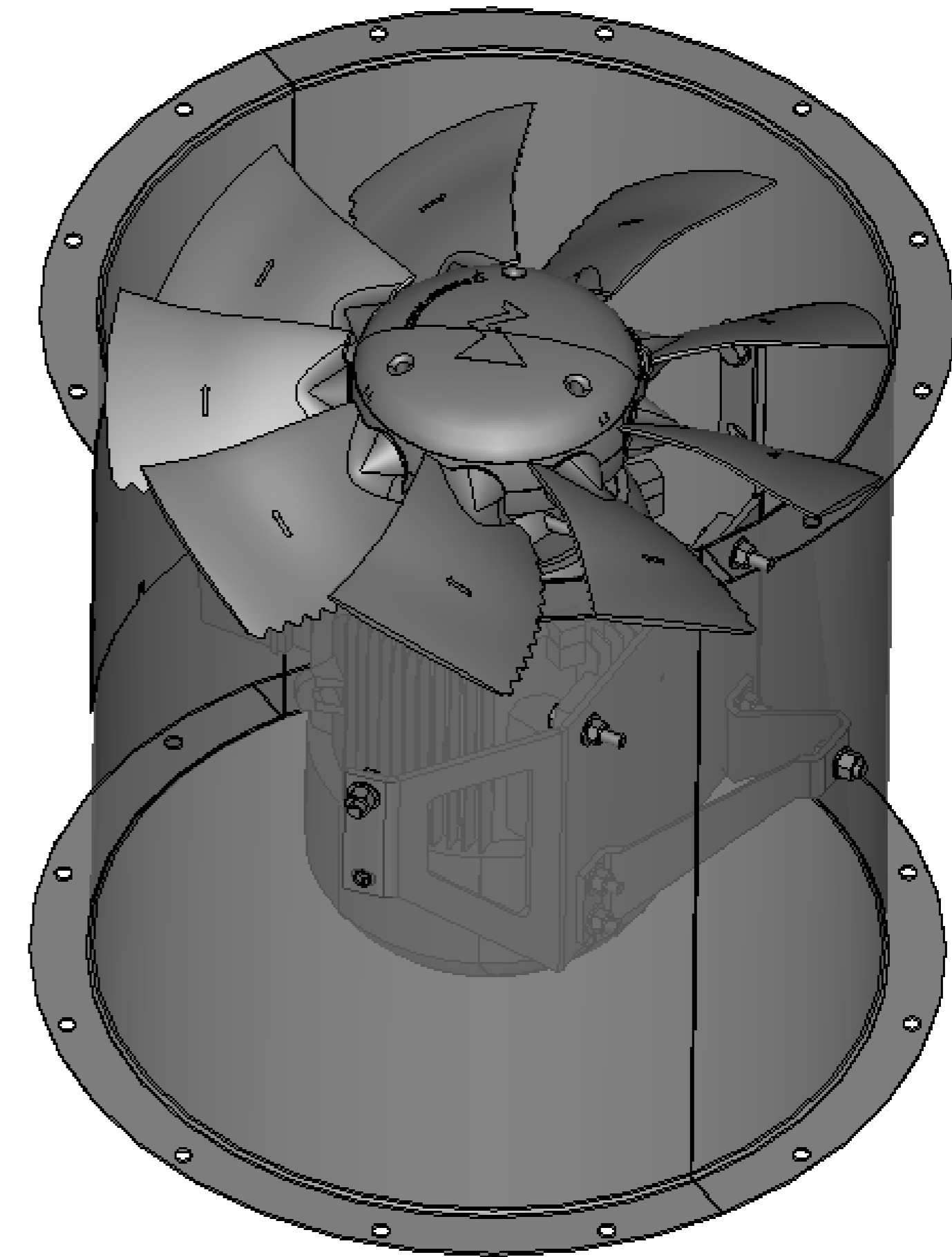
- Introduction
- Cas d'étude avec Code_Aster
- Corrélation – Recalage dans HyperWorks
- Conclusion

- Divergence entre les résultats numériques et expérimentaux
 - Paramètres matériaux
 - Géométrie de la structure
 - Conditions aux limites
- Code_Aster permet l'utilisation d'outils de corrélation
 - Projection de maillage
 - Matrice de MAC
 - Synthèse de FRF

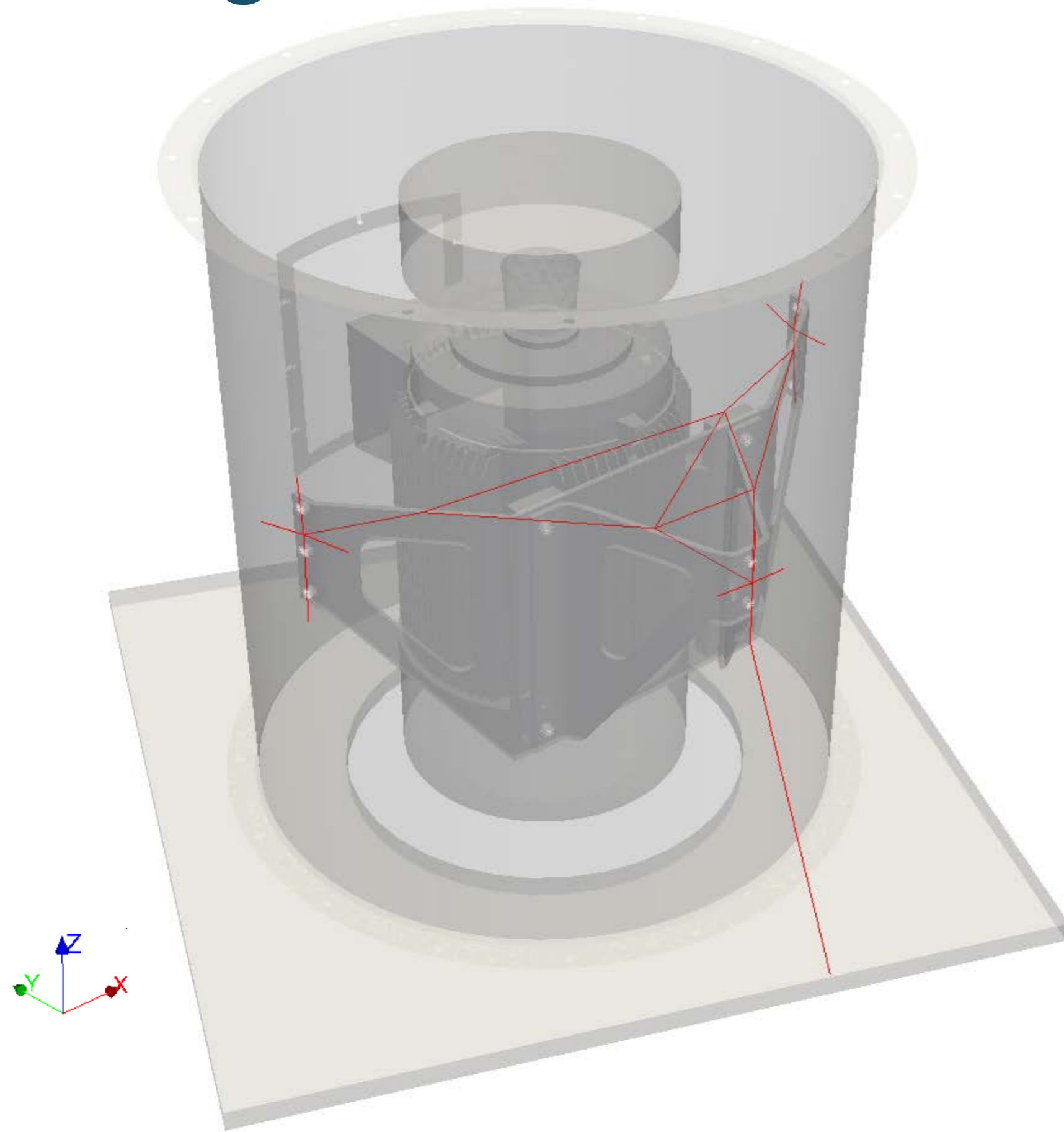


- **Présentation d'un cas d'étude**

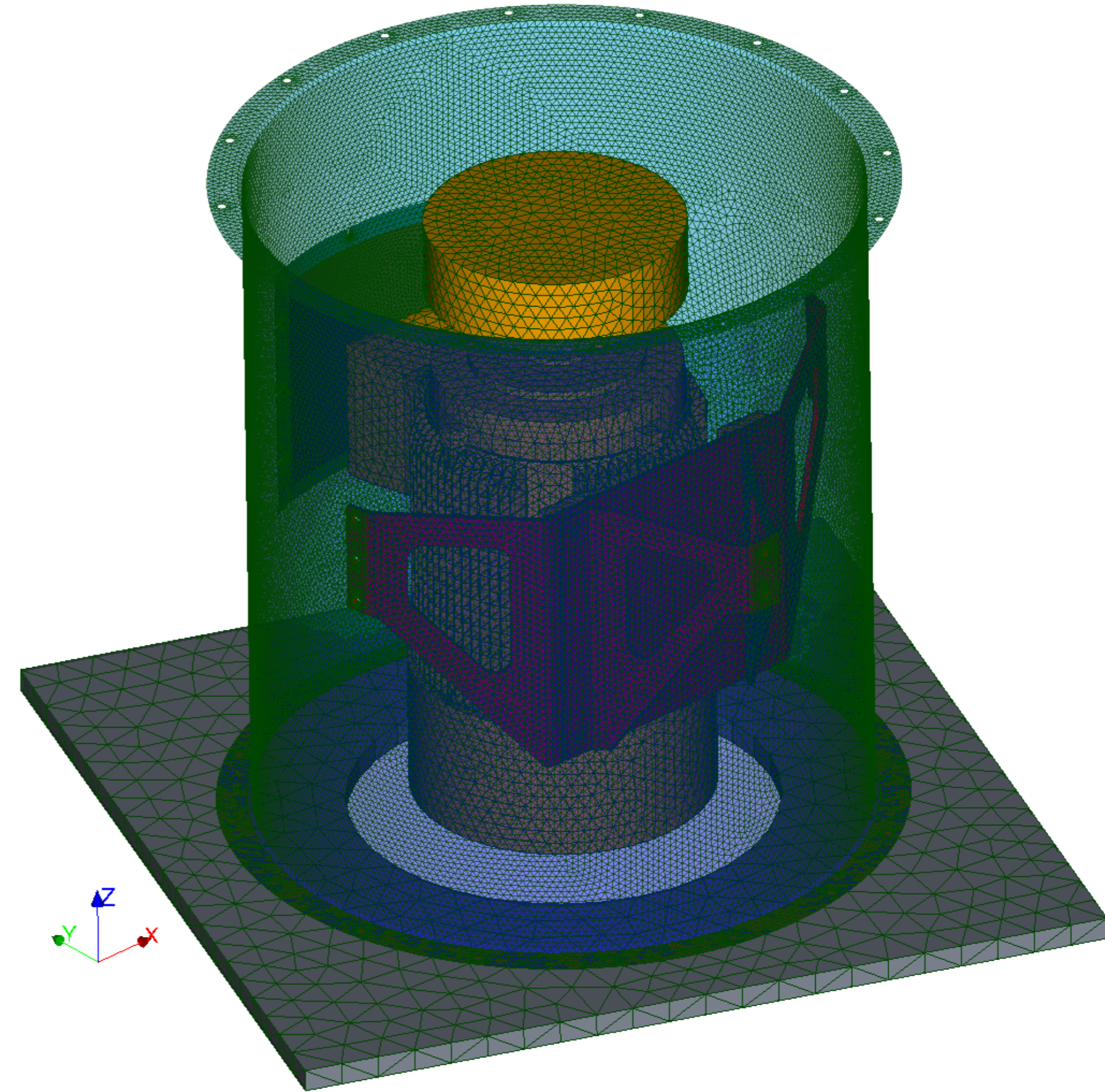
- Etude dynamique d'un ventilateur
 - Mesures expérimentales des modes de vibration de la structure
 - Création d'un modèle numérique
- Essais effectués par le CEVAA et modèle numérique par Tangent'Delta, en 2013
- Corrélation des résultats
 - Recalage des ressorts modélisant les liaisons vis - écrous



- Maillages



Maillage expérimental : 21 nœuds, 63 DDL



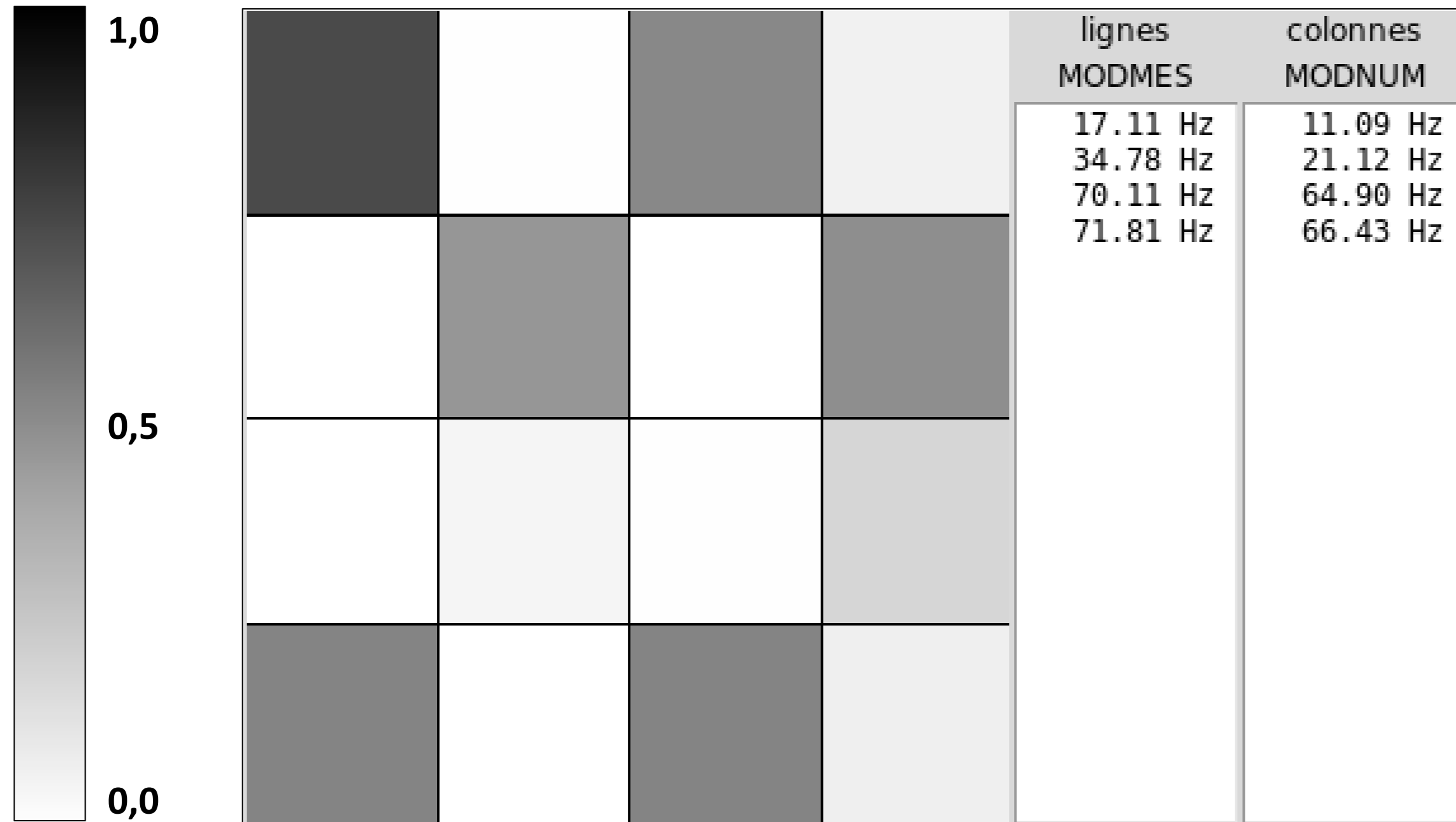
Maillage numérique : 65 932 nœuds, 303 831 DDL

- Projection du maillage numérique sur le maillage expérimental pour comparaison des résultats

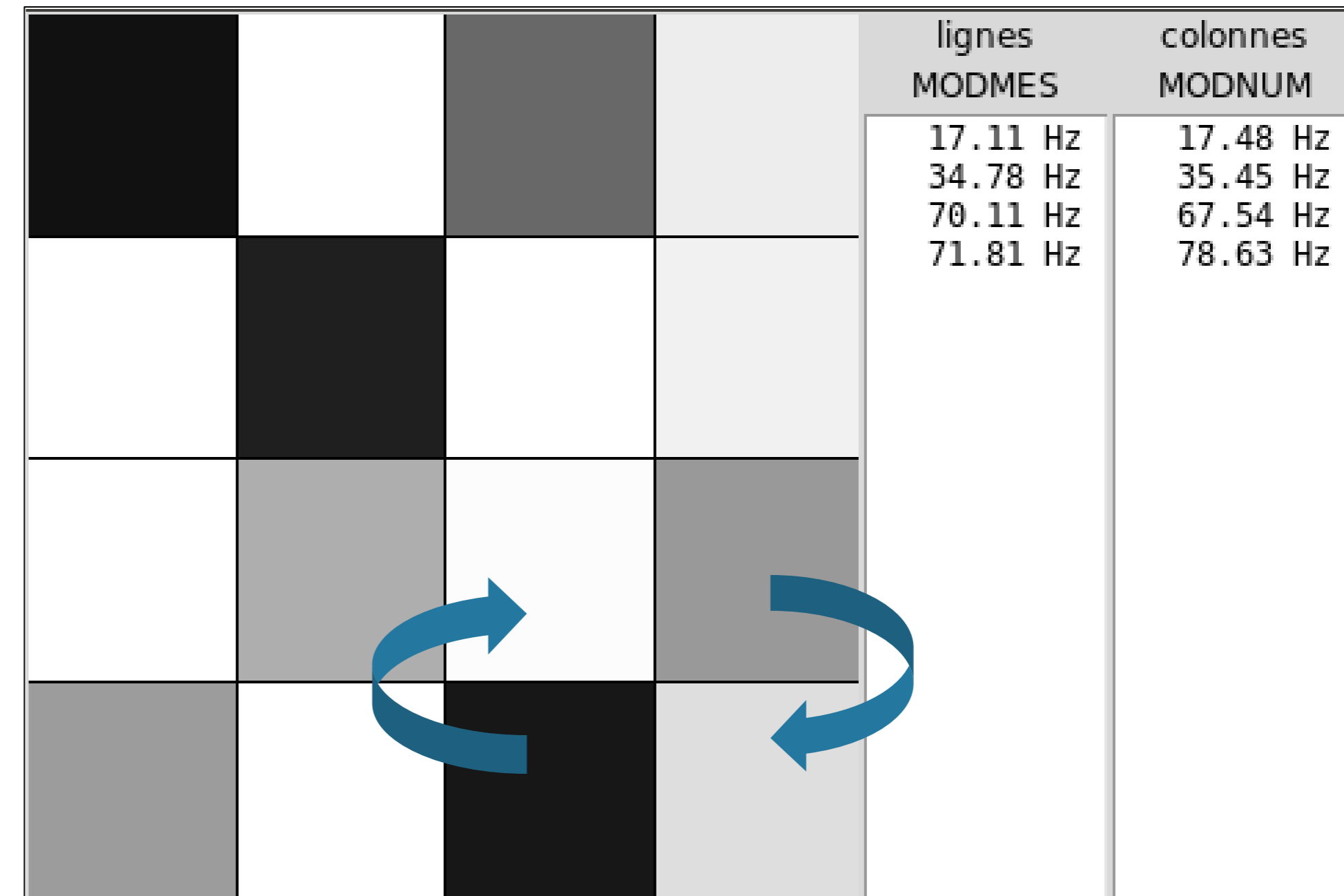
Corrélation: Code_Aster

- Corrélation calcul – essai et Recalage

$$MAC_{ij} = \frac{(\Phi_i^H W \Phi_j)^2}{(\Phi_i^H W \Phi_i)(\Phi_j^H W \Phi_j)}$$



Raideur liaison = 100 000 N/m



Raideur liaison = 1 780 000 N/m

- Hypothèse d'une raideur unique suivant les directions X, Y et Z, pour chacune des liaisons
- Recalage automatique par optimisation de la raideur des liaisons pour obtenir une matrice MAC diagonale
- Appariement manuel des modes propres

- **Corrélation calcul – essai et Recalage**

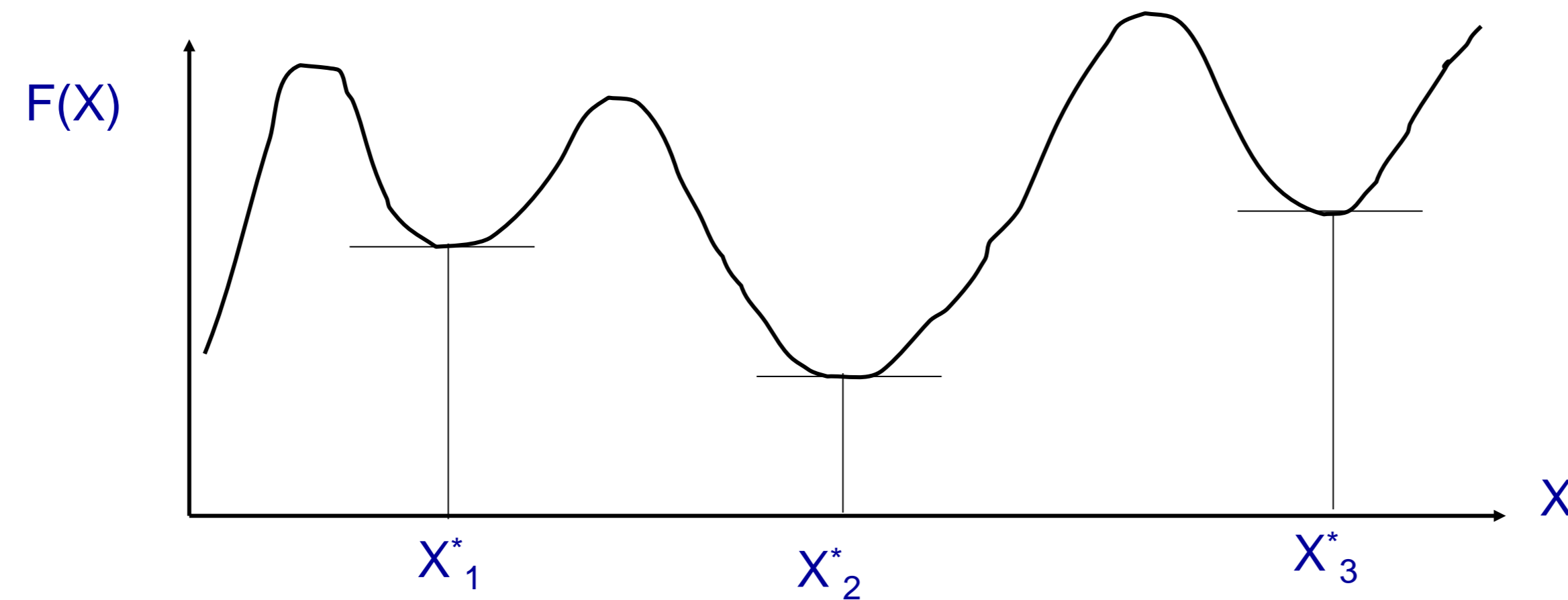
Mode	Fréquence mesurée (Hz)	Fréquence calculée par Tangent'Delta (Hz)	Fréquence calculée par recalage automatique (Hz)
1	17,1	17,5	17,5
2	/	25,6	25,4
3	34,8	35,3	35,4
4	/	43,9	42,1
5	71,8	69,1	67,5
6	70,1	78,6	78,6
7	/	93,5	91,9

- Recalage manuel sur les raideurs des liaisons, effectué par Tangent'Delta en 2013
- Visualisation des déformées pour appariement des modes numériques et expérimentaux
- La raideur finale obtenue par Tangent'Delta était de 2 MN/m, pour 1,78 MN/m avec Code_Aster

→ Le recalage automatique programmé sous Code_Aster permet de retrouver des résultats sensiblement égaux en quelques heures d'étude

- **Optimisation**

- Minimiser la fonction objectif



- L'optimum global ne peut être trouvé que si l'ensemble de l'espace de recherche est analysé
- Un moyen pratique de détecter le minimum global est de lancer plusieurs recherches à partir de valeurs de départ différentes

- Optimisation – Raideur unique

Optimisation par méthode de Levenberg

Raideur de début (N/m)	Raideur finale (N/m)
500	4800
10 000	6500
50 000	16 000
500 000	1 780 000
1 000 000	1 780 000

Convergence
« manuelle »

Raideur de début (N/m)	Raideur finale (N/m)
1000	2200
10 000	2200
100 000	1 780 000
1 000 000	1 780 000

Base expérimentale réduite à 3 modes sur 5

Base expérimentale réduite à 4 modes sur 5

$K > 3 \cdot 10^6 \text{ N/m} \rightarrow$ Erreur de calcul avec arrêt du programme

• Optimisation – Raideurs différentes en translation et uniques en rotation

Optimisation par méthode de Levenberg

Raideur de début (N/m)		Raideur finale (N/m)	
100 000		Aucune convergence	
1 000 000	X	473 000	
	Y	3 000 000	
	Z	3 000 000	

} Borne supérieure de l'intervalle atteinte

Base expérimentale réduite à 3 modes sur 5

Optimisation par méthode FMIN (Nelder-Mead Simplex algorithm)

1 000 000	X	440 935
	Y	4 646 607
	Z	1 596 461

70 itérations

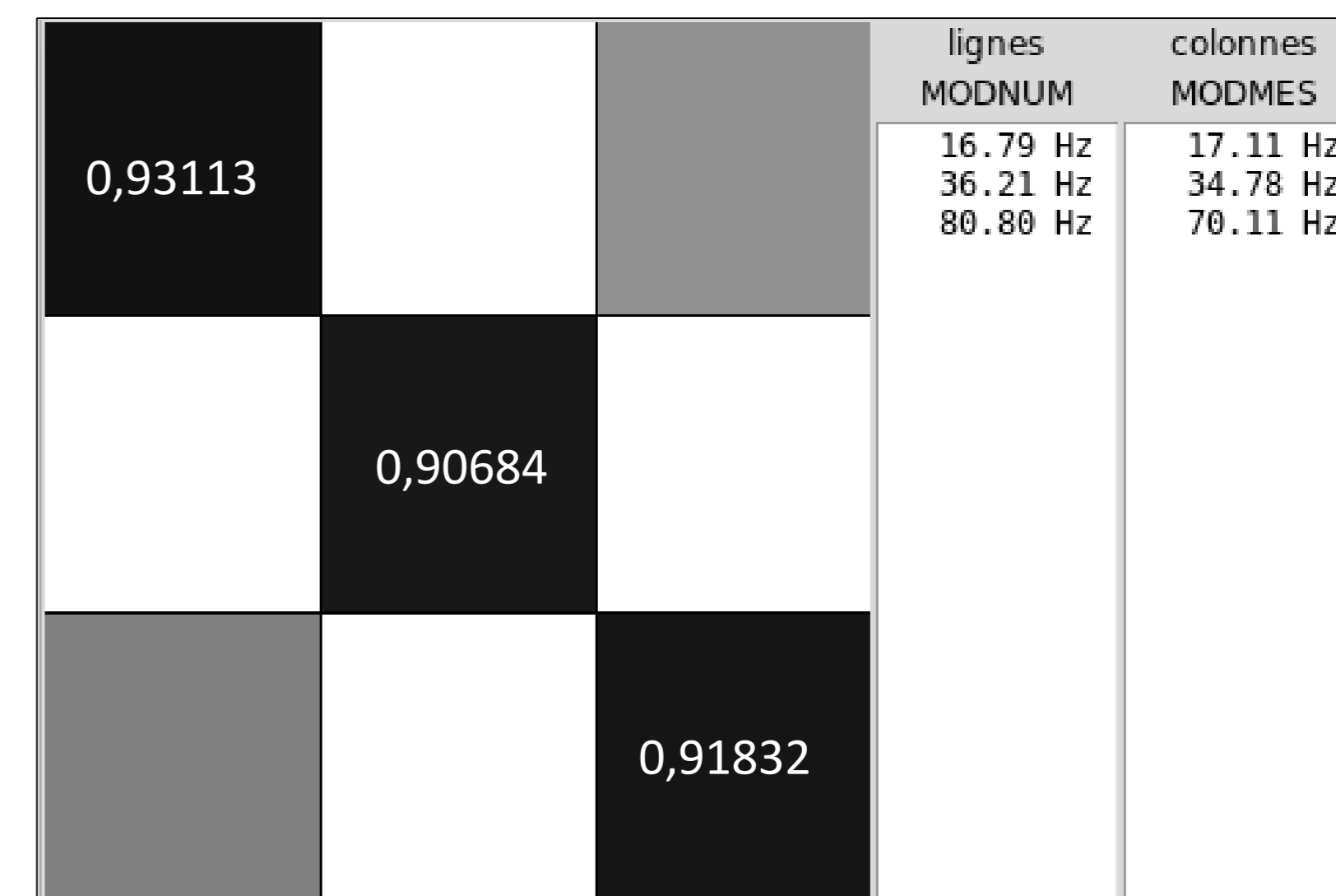
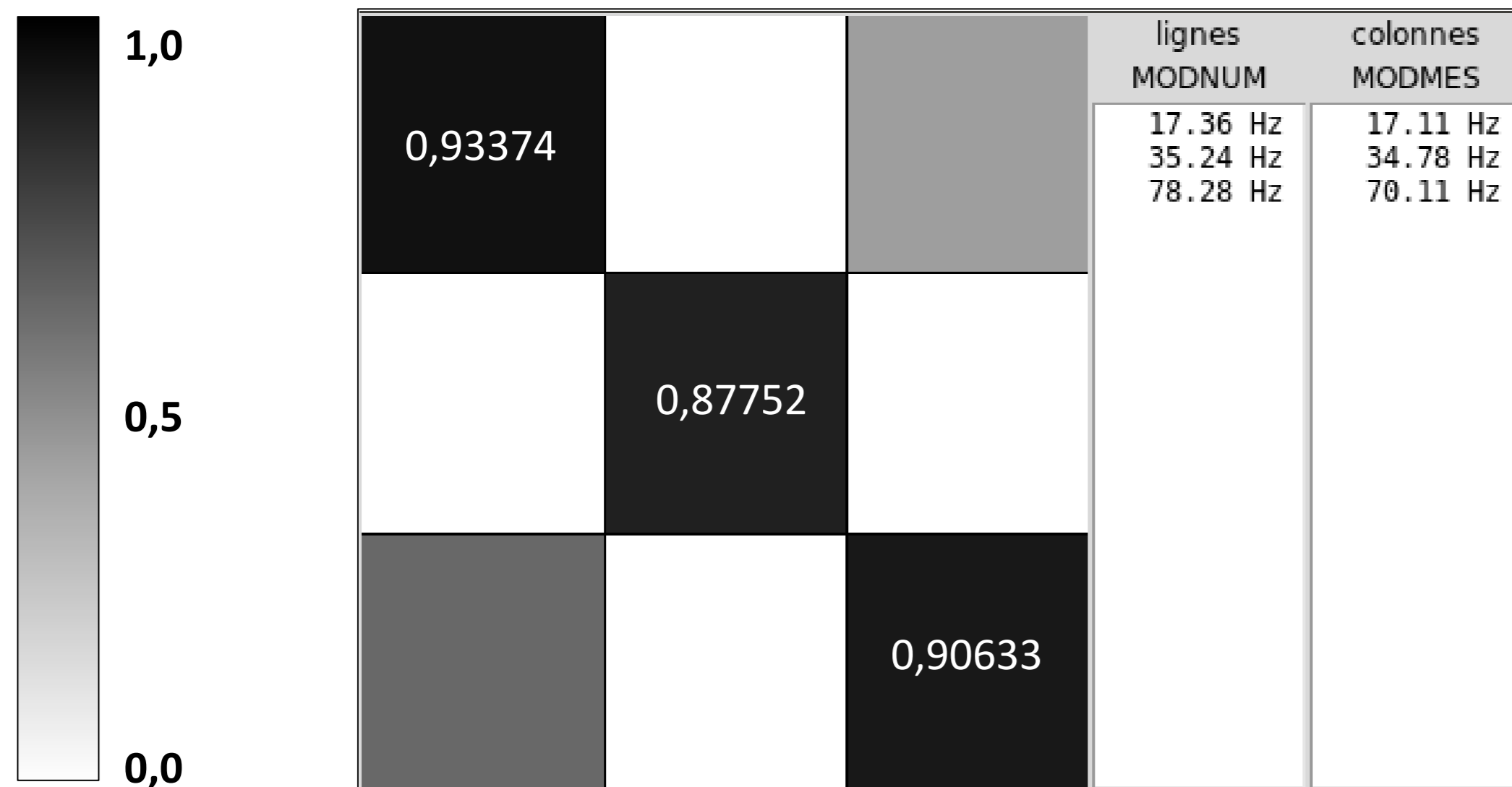
1 000 000	X	446 122
	Y	3 820 671
	Z	1 776 461

176 itérations

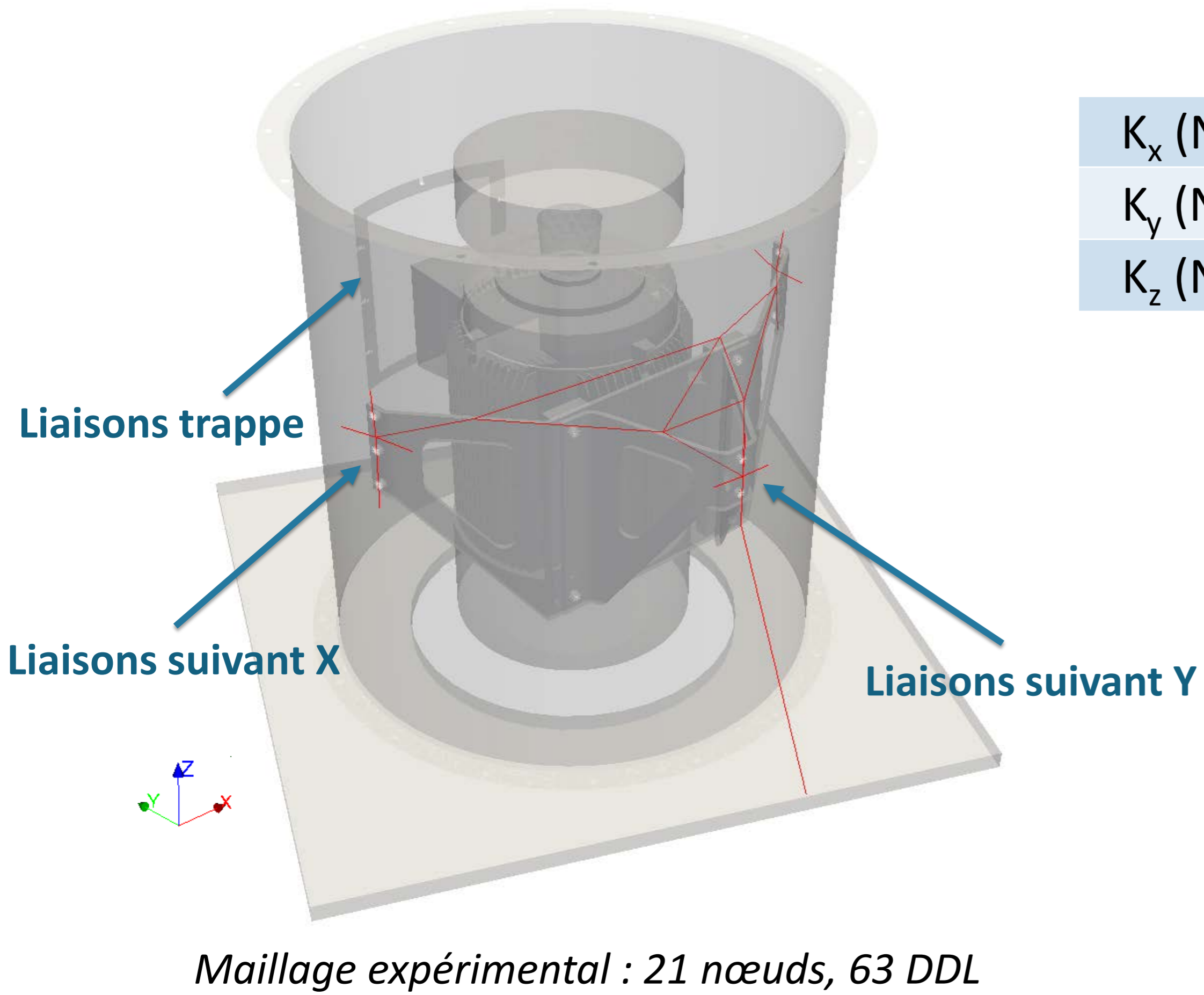
- Optimisation – Raideurs différentes en translation et uniques en rotation

$K_x = 1\,700\,000\text{ N/m}$
$K_y = 1\,700\,000\text{ N/m}$
$K_z = 1\,700\,000\text{ N/m}$

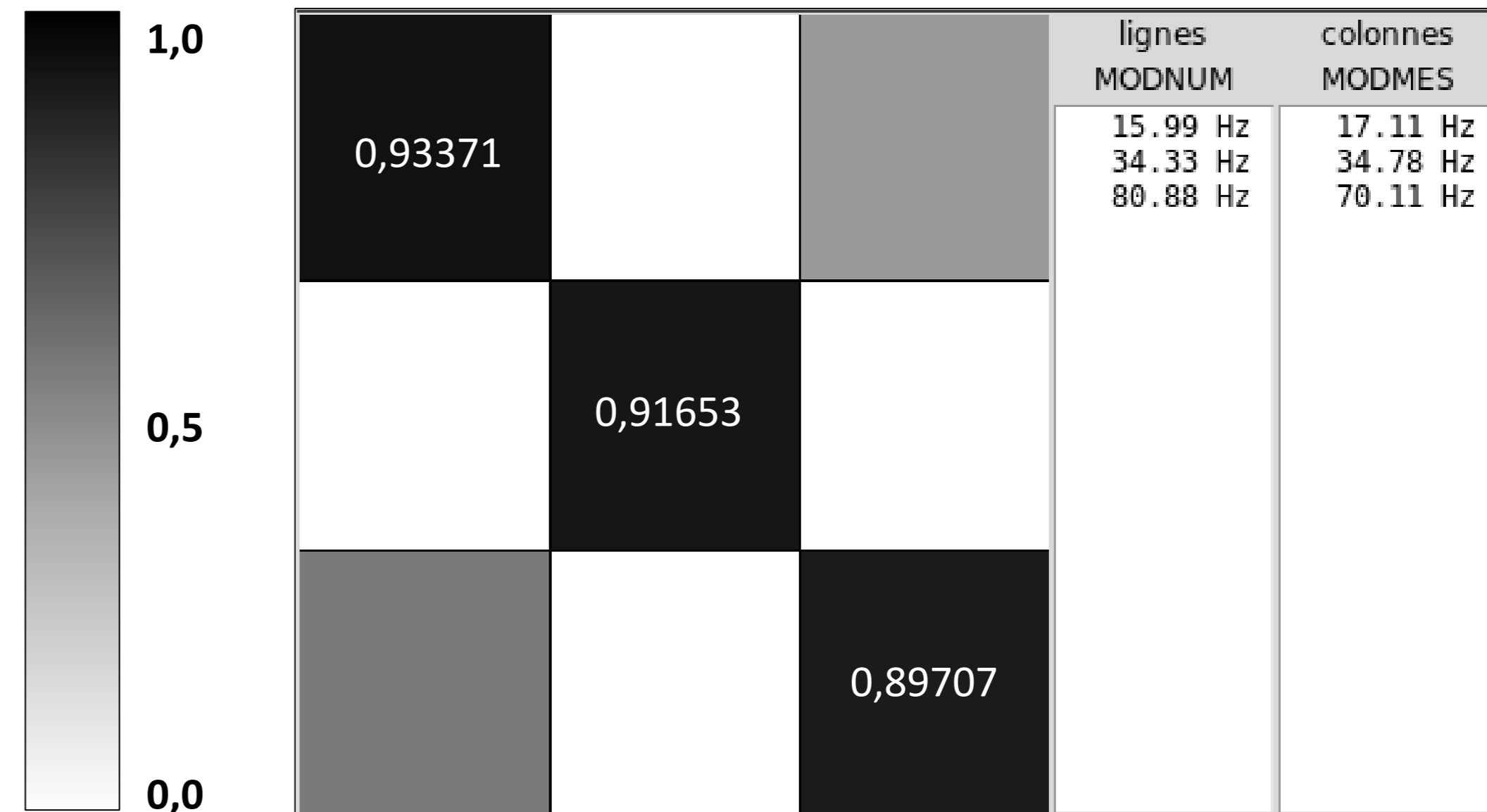
$K_x = 440\,935\text{ N/m}$
$K_y = 4\,646\,607\text{ N/m}$
$K_z = 1\,596\,461\text{ N/m}$



- Optimisation – Raideurs divisées en trois groupes



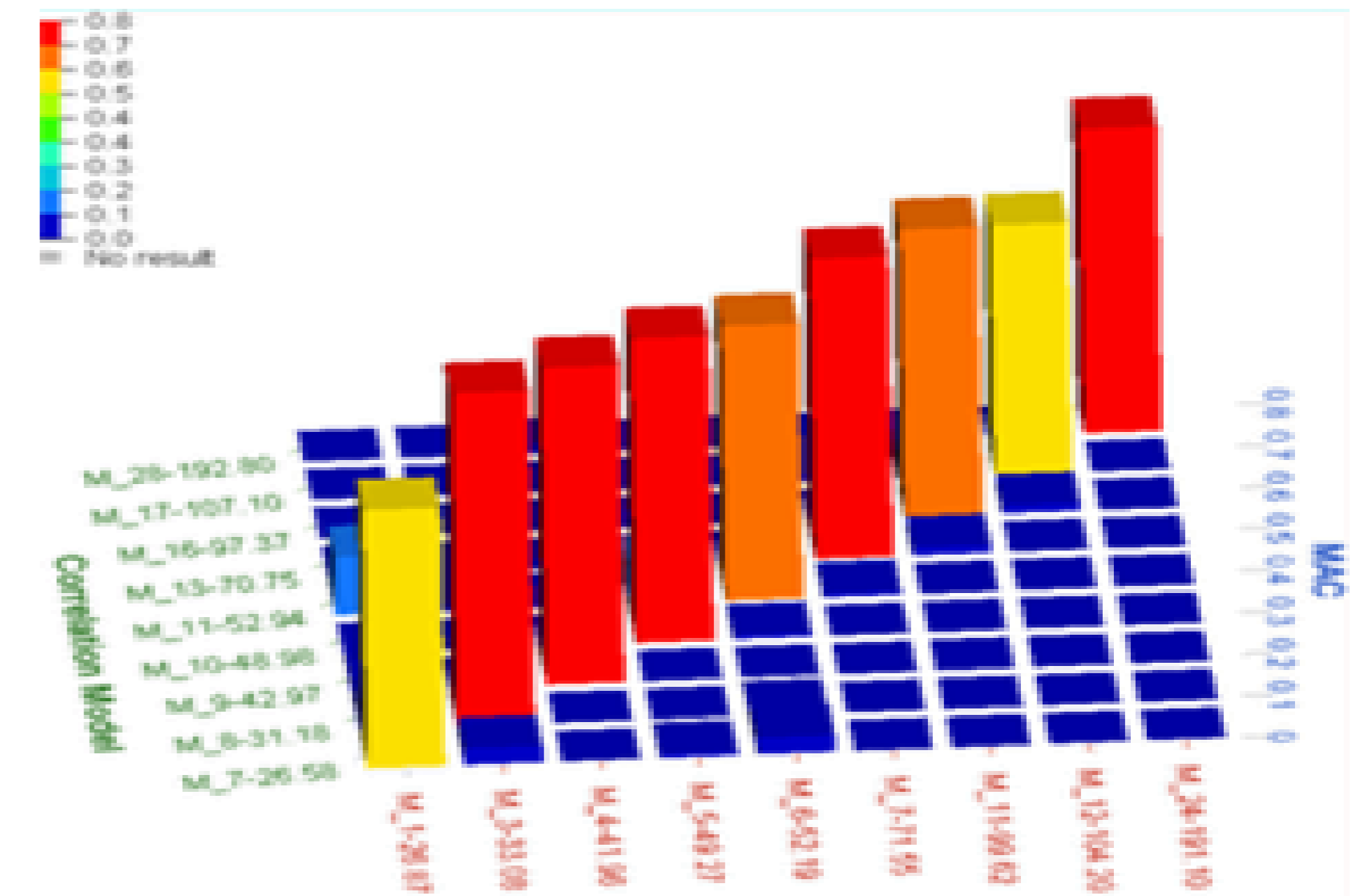
	Liaisons trappe	Liaisons suivant X	Liaisons suivant Y
K_x (N/m)	935 570	721 635	694 043
K_y (N/m)	937 355	1 365 773	2 095 737
K_z (N/m)	548 066	101 730	1 802 270



• Corrélation calcul – essai et Recalage

- Corrélation calcul - essai possible dans HyperView avec le module NVH
 - Projection de maillage
 - Construction de matrice MAC ou COMAC
- Recalage du modèle numérique difficile avec HyperStudy
 - Définition de tout type de grandeur en paramètre de conception
 - Recalage d'un modèle en dynamique s'effectue seulement sur les fréquences de résonance
 - Appariement manuel impossible avec l'interface d'HyperStudy
 - Nécessité de programmer un calcul de MAC avec HyperMath

→ Utilisation d'HyperWorks seulement dans le cas d'étude de corrélation



- **Code_Aster**
 - Calcul de matrice de MAC
 - Appariement des modes manuel ou par programme Python
 - Recalage du modèle numérique automatique
- **HyperWorks**
 - Corrélation avec le module NVH d'HyperView
 - Recalage compliqué, il est nécessaire de développer un programme de recalage avec HyperMath