

Comparaison de trois techniques de mesure optique plein champ appliquées à la mesure de vibrations de flexion

Patrick O'Donoghue*¹, François Gautier¹, Erwan Meteyer¹, Thomas Durand-Texte¹, Mathieu Secail-Geraud¹, Félix Foucart¹, Olivier Robin², Alain Berry², Manuel Melon¹, Charles Pézerat¹, Adrien Pelat¹, Pascal Picart¹

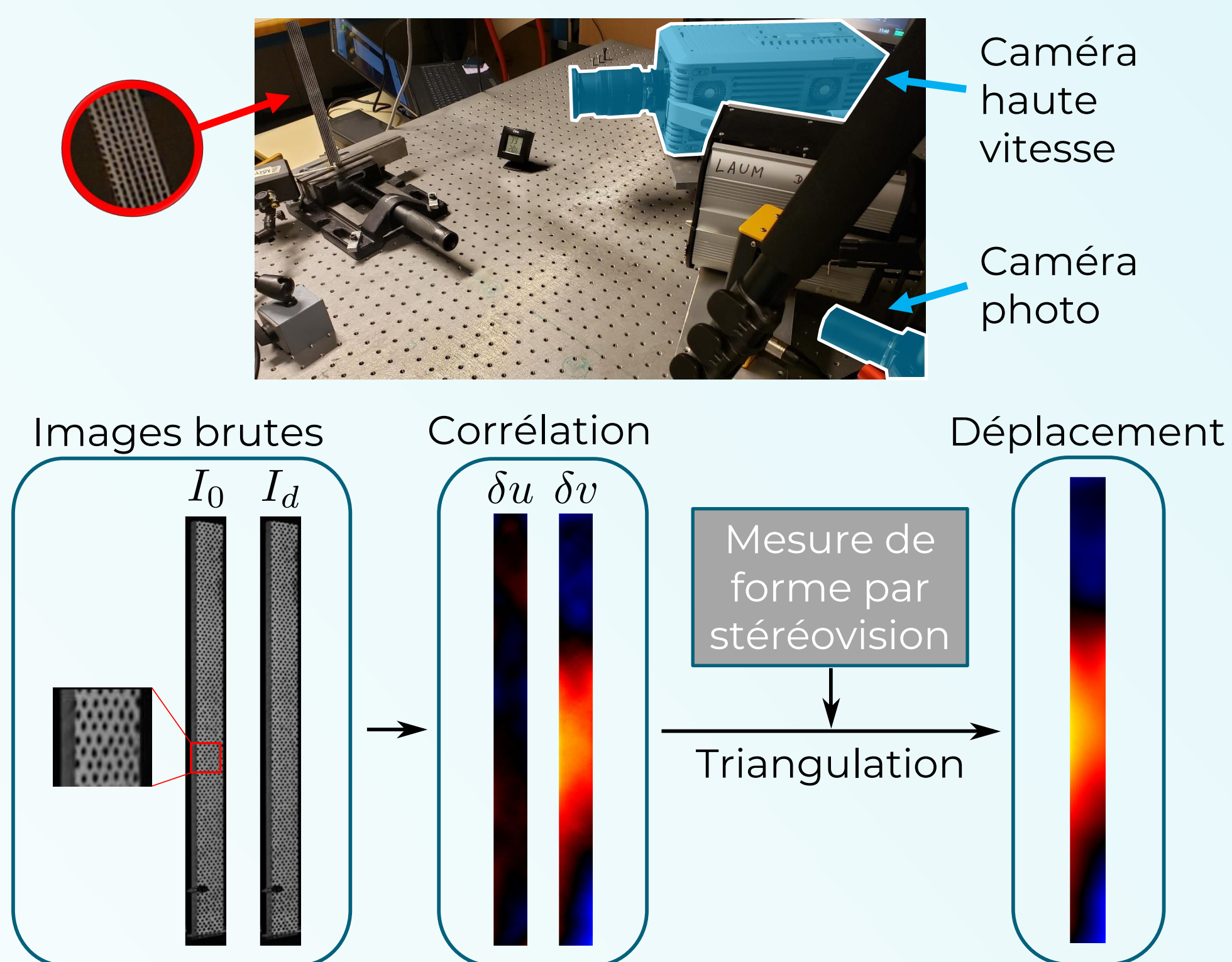
¹ Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Mans (LAUM), UMR 6613, Institut d'Acoustique - Graduate School (IA-GS), CNRS, Le Mans Université, France
² Centre de Recherche Acoustique-Signal-Humain de l'Université de Sherbrooke (CRASH-UdeS), Université de Sherbrooke, Canada

Contexte

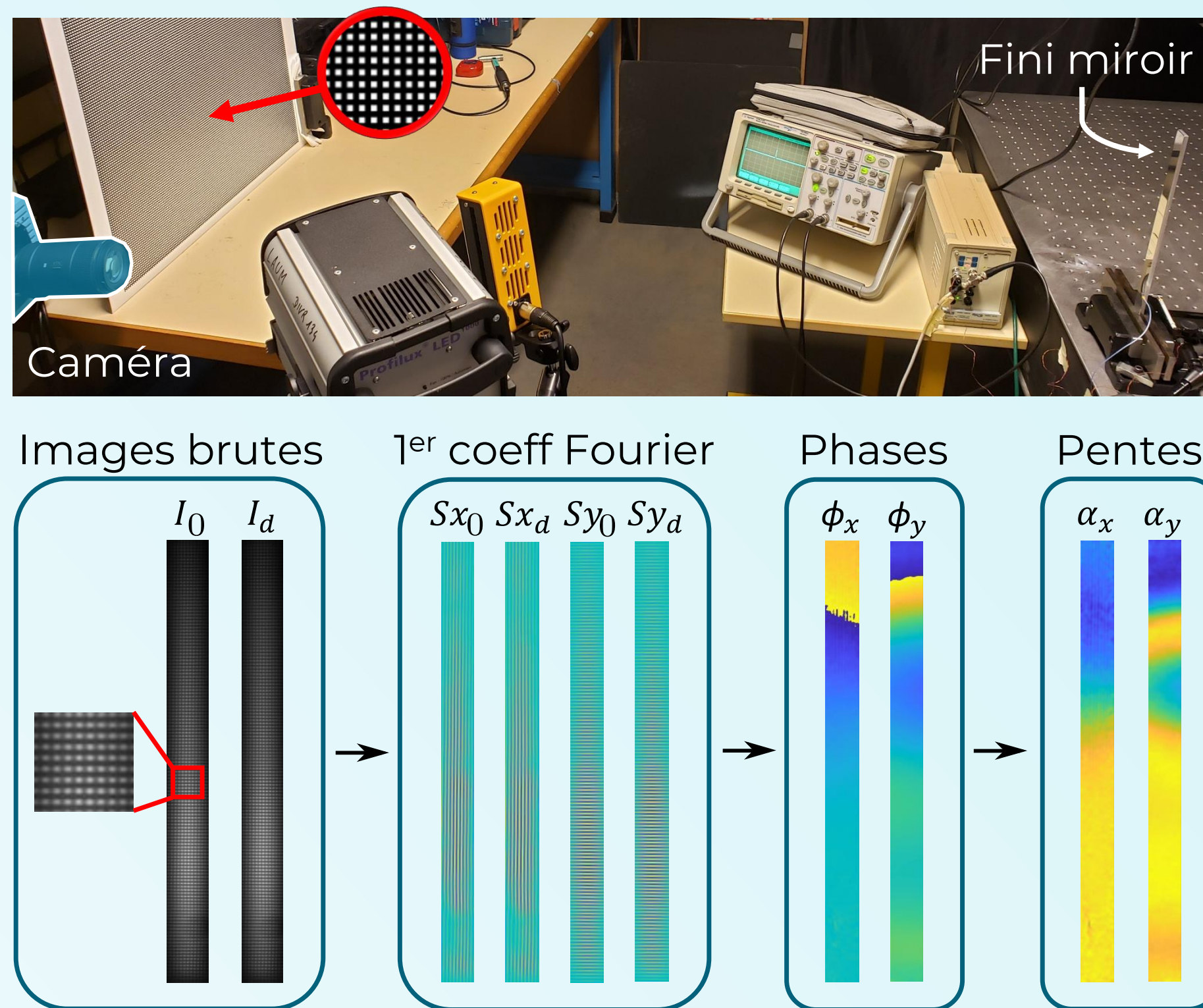
Les techniques de mesure optique plein champ permettent la capture **synchrone** du champ vibratoire d'une structure en quelques secondes pour l'étude de phénomènes **non répétables** ou **instationnaires** (chocs, frottements, turbulence). Leur utilisation en vibroacoustique est grandissante et nécessite une **comparaison quantitative et qualitative**.

Publication : O'Donoghue P., et al. (2023) Comparison of three full-field optical measurement techniques applied to vibration analysis. *En révision à Scientific Reports.*

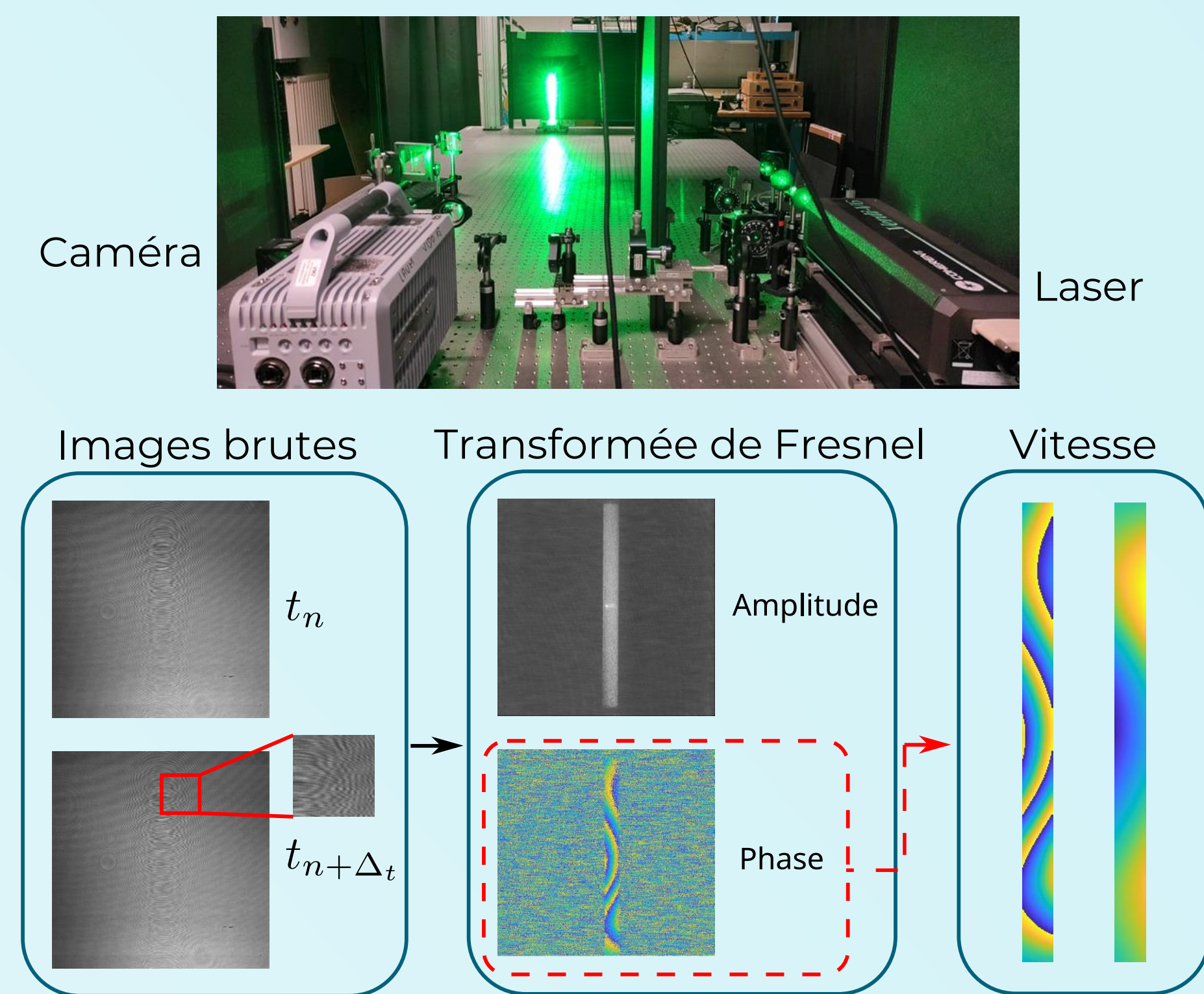
Mesure de déplacement hors plan par corrélation d'images numériques



Mesure de pentes de flexion par déflectométrie optique



Mesure de vitesse vibratoire par holographie optique numérique

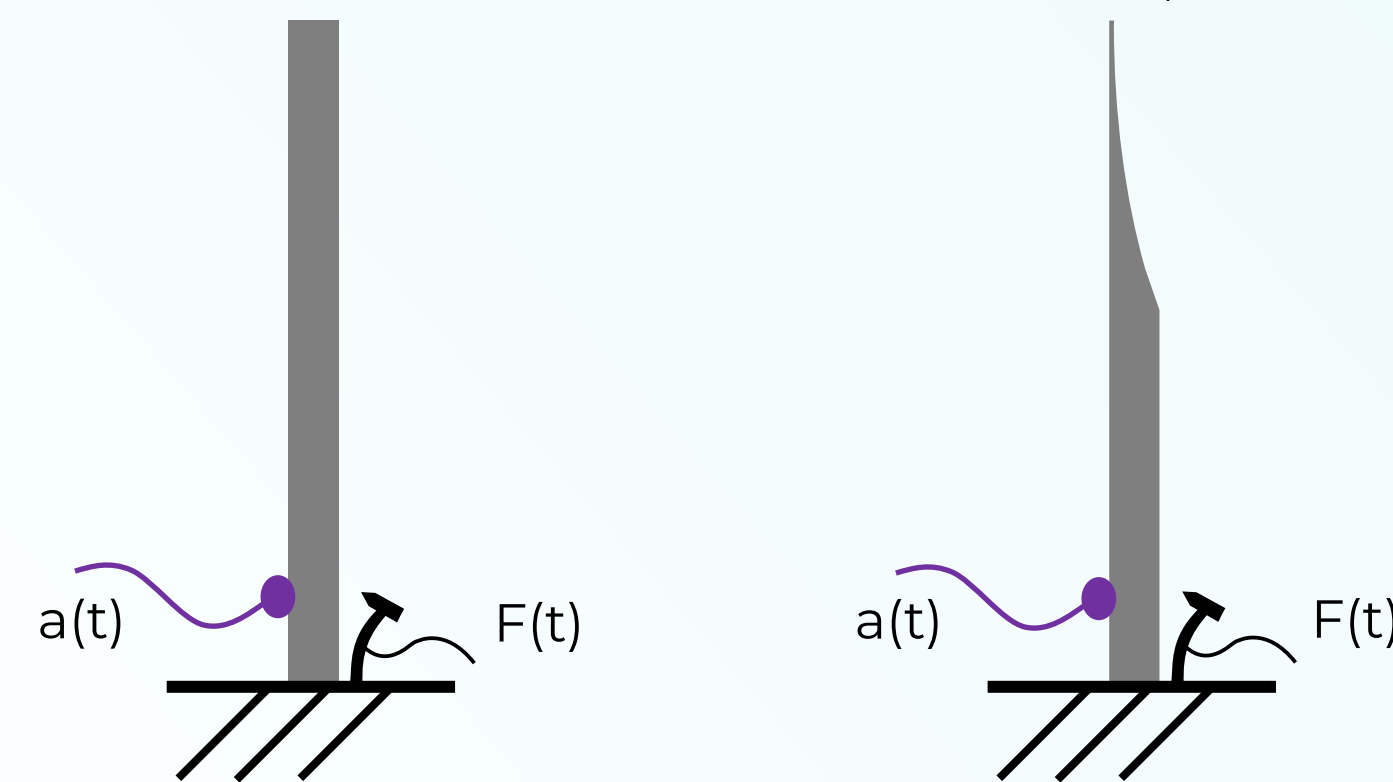


Méthodologie

Structures test

Poutre uniforme
Montrer chaque technique dans sa plage de bon fonctionnement

Poutre non uniforme
Explorer les limites des techniques en terme de dynamique, résolution, mise en œuvre, etc.



Face 2 :
Déflectométrie
Accéléromètre

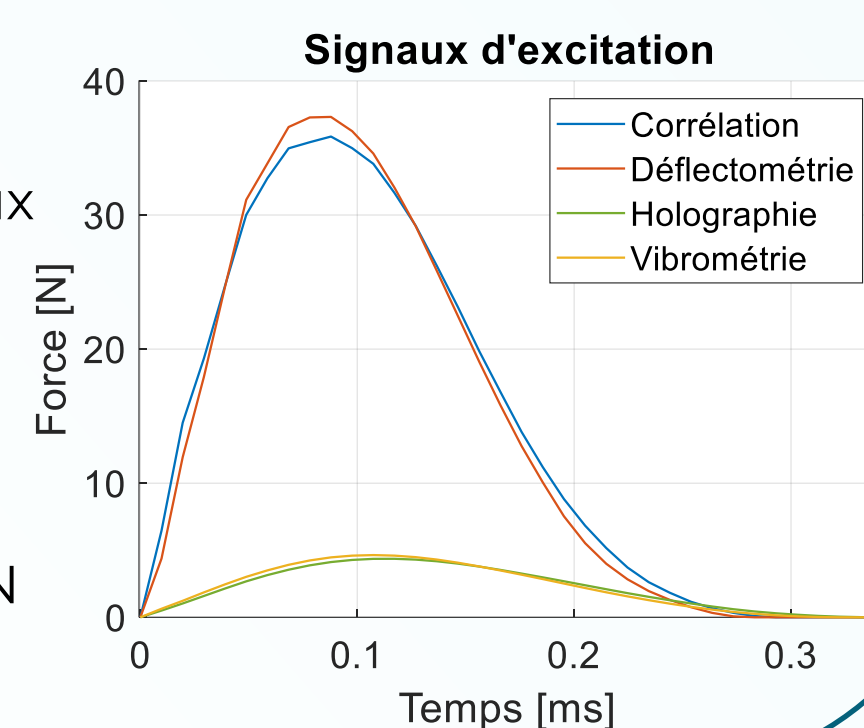


Face 1 :
Corrélation
Holographie
Vibrométrie

Excitations

Adaptation de l'excitation aux techniques :

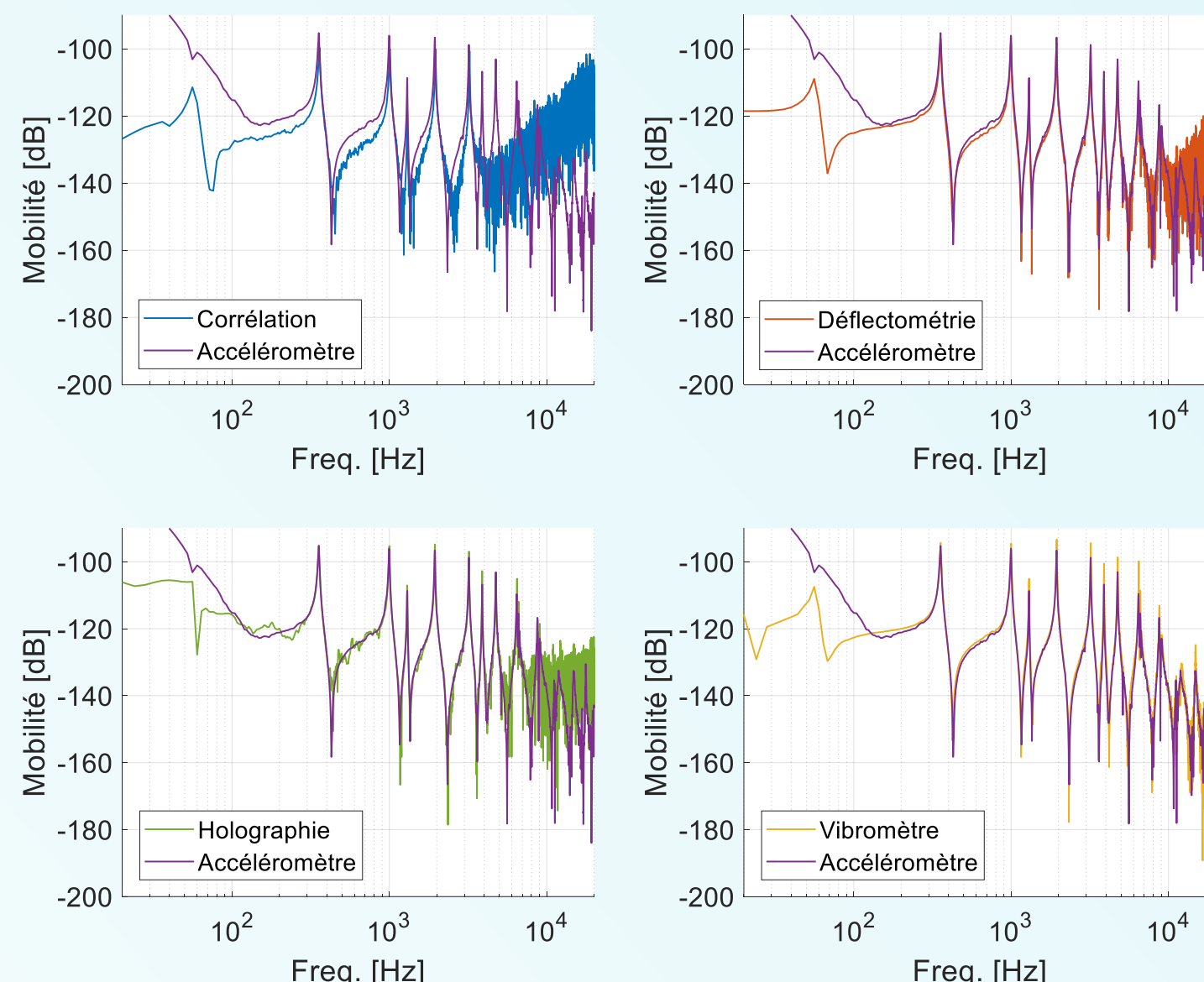
- Impact fort niveau : marteau manuel, 35 N
- Impact faible niveau : marteau automatique, 5 N



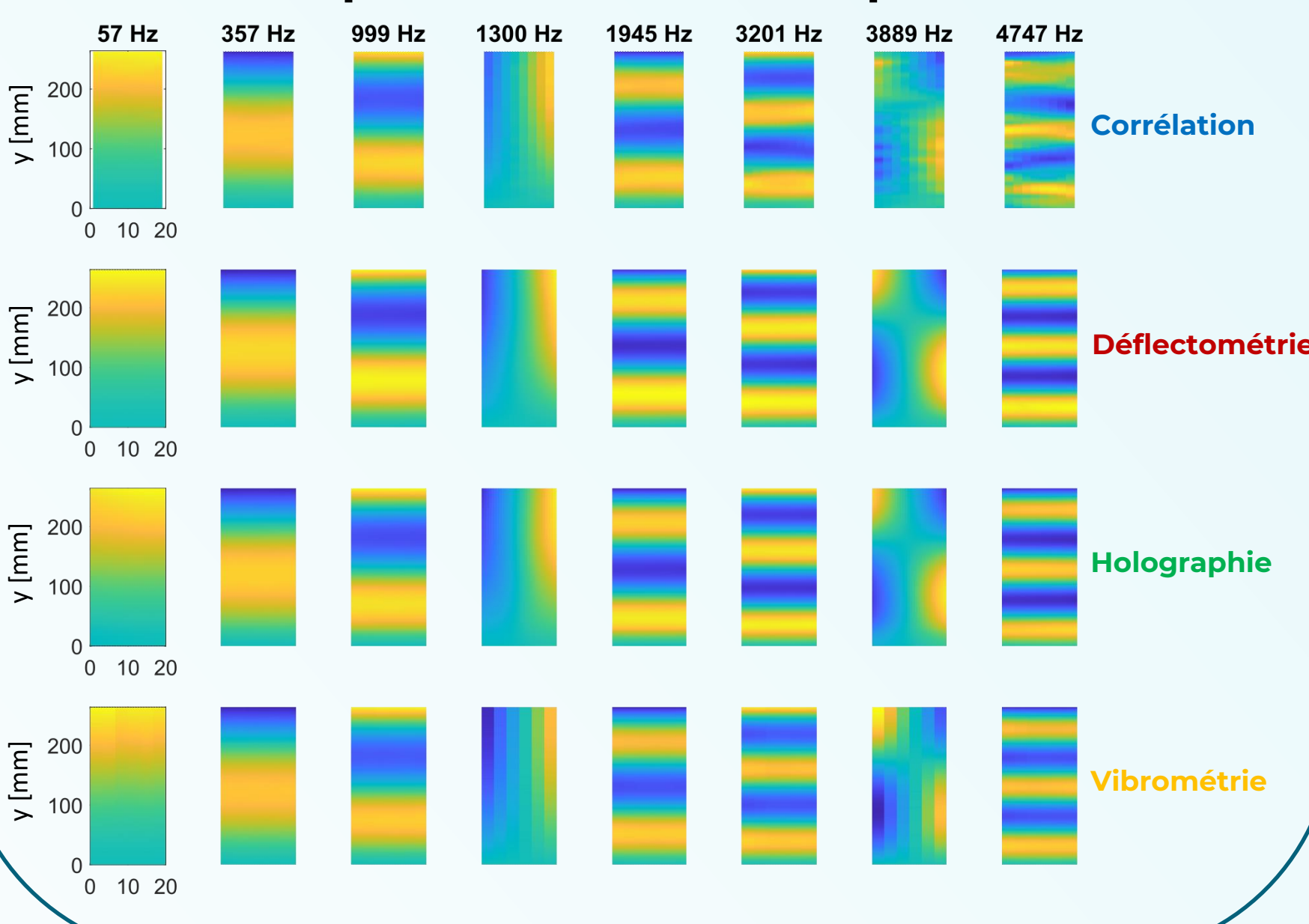
Résultats

Poutre uniforme

Mobilité au point d'excitation

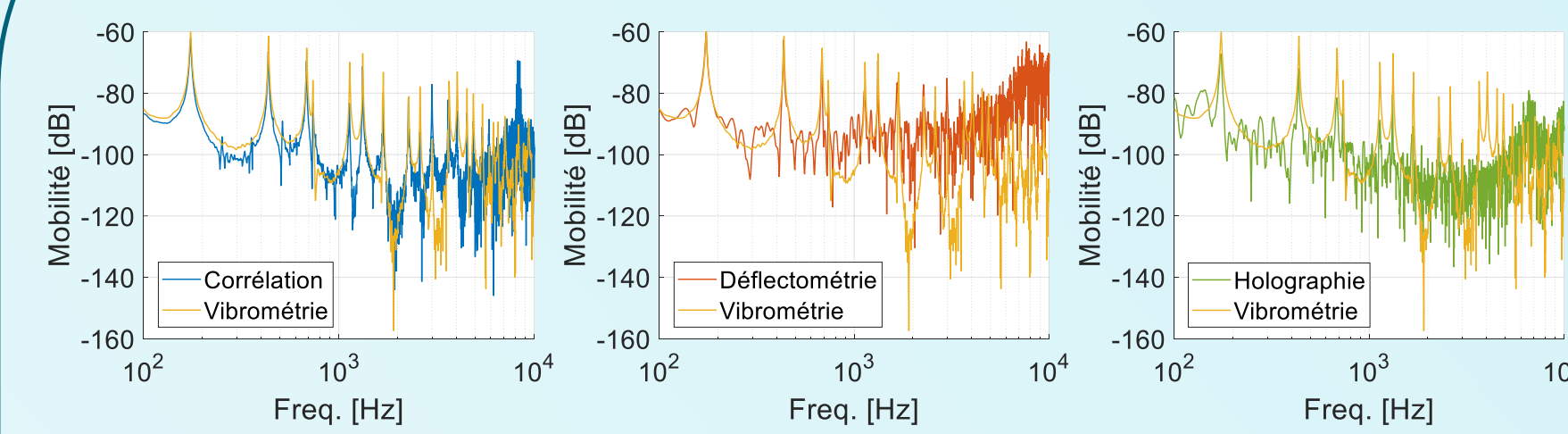


Déformées opérationnelles aux 8 premiers modes

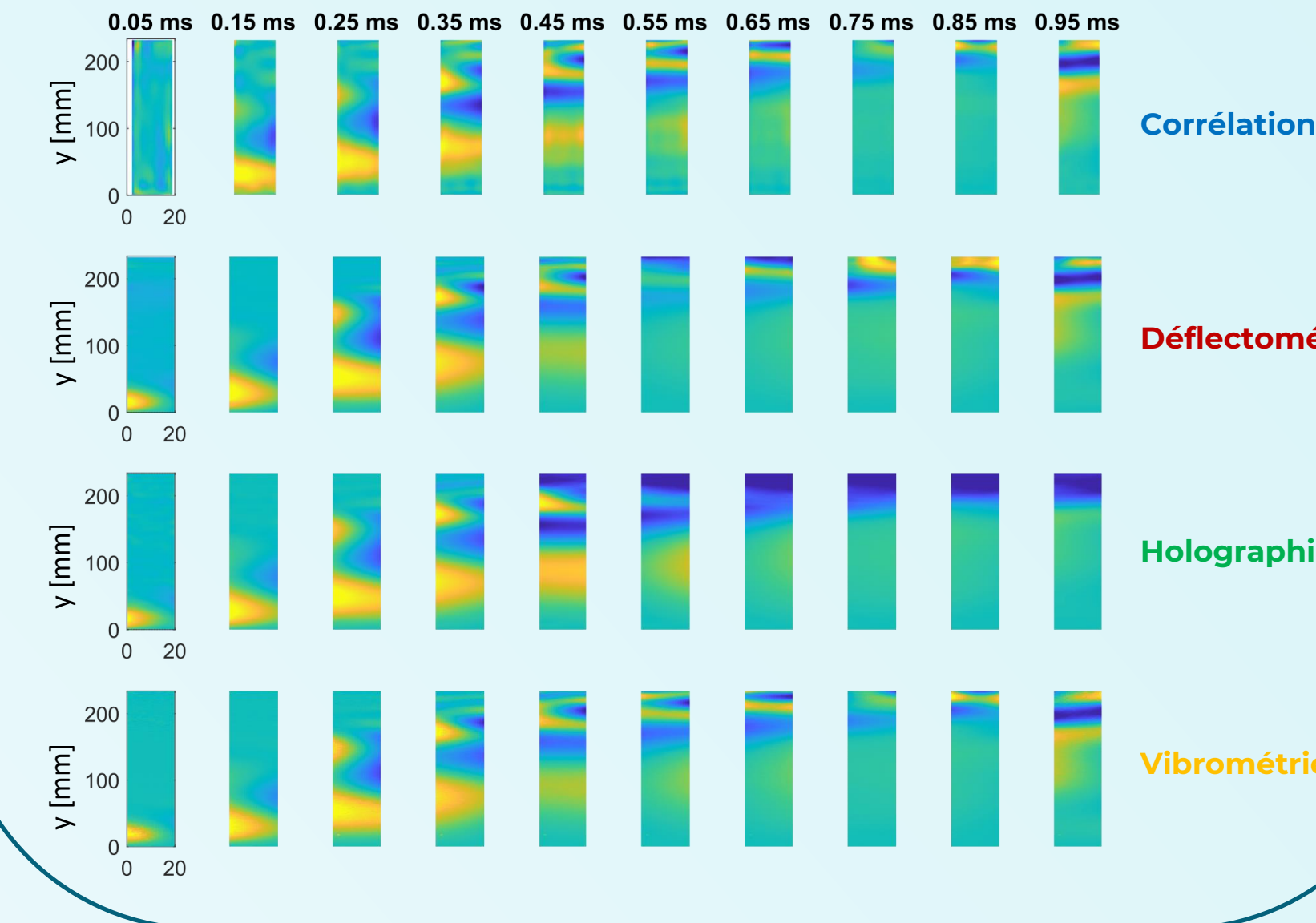


Poutre non uniforme

Mobilité à la terminaison libre



Déformées transitoires après l'impact



Conclusions

- Les trois techniques plein champ permettent d'effectuer une analyse modale jusqu'à 10 kHz.
- La courbure importante à la terminaison de la poutre non-uniforme augmente le bruit en déflectométrie.
- Des pentes importantes posent des difficultés lors du déroulement de phase en holographie.
- Le tableau comparatif ci-dessous synthétise les différences métrologiques et de mise en œuvre.

Paramètre	Corrélation d'images	Déflectométrie	Holographie
Quantité mesurée	Déplacement hors plan (1 caméra haute vitesse + 1 caméra photo) Déplacement 3D (2 caméras haute vitesse)	Pentes de flexion (1 ^{ère} dérivée spatiale du déplacement hors plan)	Vitesse (déplacement entre deux instants consécutifs)
Résolution temporelle		1/FPS, où FPS est la fréquence d'échantillonnage de la caméra	
Durée d'acquisition		Quelques secondes d'images à 1 Mpix à une fréquence de 10 kHz	
Gamme dynamique (déplacement)	~0.5 µm jusqu'à quelques cm	~50 nm jusqu'à ~1 mm	Quelques nm jusqu'à ~10 µm
Résolution spatiale (cette étude)	1 mm	0.3 mm	0.3 mm
Dimensions de l'objet d'étude	~1 cm jusqu'à plusieurs m	~1 cm jusqu'à ~1 m	~1 mm jusqu'à ~50 cm
Géométrie de l'objet d'étude	3D/complexes	Très plan	Plan
État de surface de l'objet d'étude	Mouchetis/motif aléatoire	Réflexion spéculaire	Réflexion diffuse non dépolarisante
Matériel requis	2 caméras Mire pour calibration de l'optique et stéréovision Projecteur de lumière	1 caméra Motif de grille Projecteur de lumière	1 caméra Table optique et éléments d'optique Laser
Temps d'installation de la mesure	~2 h, incluant la préparation de surface	~30 mins, excluant la préparation de surface	~4 h, incluant la préparation de surface
Temps de post-traitement	~10 mins pour 10,000 images	~1 h pour 10,000 images	~12 h pour 10,000 images