

# Projet VIME 2024

## Analyse d'image d'une structure à grande échelle

### 1. Contexte

En Janvier 2024, dans le cadre du programme expérimental « ALL4wALL – Smart ALLOys for WALLs: towards durable structures with long service lives and minimal seismic residual displacements », un mur en U en béton armé de 40 tonnes a été testé sous excitation sismique sur la table vibrante du Laboratoire national de génie civil du Portugal (LNEC), à Lisbonne (Figure 1).

Ce projet se propose de mieux comprendre le comportement sismique des murs à noyau en U en béton armé. Cette géométrie, très répandue dans le monde, constitue l'ossature de millions de bâtiments et est utilisée pour accueillir des cages d'ascenseur ou des escaliers. Dans ce projet on étudie deux facteurs qui contribuent généralement à une mauvaise réponse structurelle et fragilisent ces murs après un tremblement de terre, à savoir les effets de torsion et les déplacements résiduels excessifs.

Des chercheurs d'ISAE-Supméca, ont participé à ces tests et ont effectué des mesures avec des caméras haute résolution et moyenne vitesse. Le post-traitement des vidéos et le suivi des marqueurs dessinés sur le mur permettront d'identifier la dynamique globale de la structure. L'utilisation des techniques de corrélation d'images, permettra en outre de déterminer le champ de déformation et de relever la présence de fissures.

Le groupe de chercheurs impliqués dans le projet est composé de sept institutions : Université catholique de Louvain (Belgique), ENPC ParisTech (France), ISAE-Supméca (France), Université de Liège (Belgique), Université de Ljubljana (Slovénie), Université de Pavie (Italie) et Université de York (Canada).



Figure 1 : Setup expérimental du mur à noyau en U en béton armé testé sur une table vibrante.

## 2. Les tests

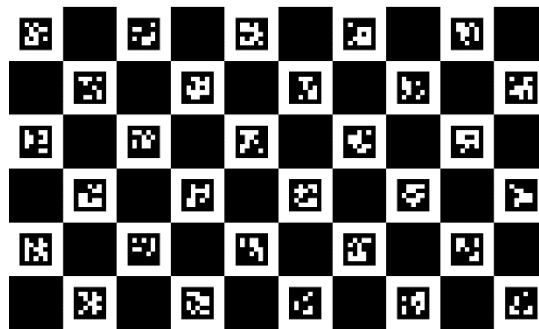
Le mouvement du mur a été filmé simultanément par trois caméras Basler, Figure 2(a-b). Sur deux façades du mur, l'Ouest et le Nord, des cibles ont été peintes en forme de cercle et de croix, de manière à obtenir des capteurs virtuels. En particulier, la façade Ouest est filmée par les caméras B1 et B2, la façade Nord par les caméras B2 et B3. La caméra B2 a été disposée de manière à filmer les deux façades avec les capteurs virtuels. Le modèle de la caméra B1 et B3 est acA1300-200um, et celui de la caméra B2 est acA1440-220um. Avant de commencer les tests vibratoires, plusieurs photos du panneau de calibration ChaRuCo représenté dans la Figure 2(b) ont été prises sous différents angles.

Sensor Vendor	onsemi
Sensor	PYTHON 1300
Shutter	Global Shutter
Sensor Format	1/2"
Sensor Type	CMOS
Sensor Size	6.1 mm x 4.9 mm
Resolution (HxV)	1280 px x 1024 px
Resolution	1.3 MP
Pixel Size (H x V)	4.8 $\mu\text{m}$ x 4.8 $\mu\text{m}$
Frame Rate	203 fps
Mono/Color	Mono

(a)

Sensor Vendor	Sony
Sensor	IMX273
Shutter	Global Shutter
Sensor Format	1/2.9"
Sensor Diagonal	6.21 mm
Sensor Type	CMOS
Sensor Size	4.97 mm x 3.73 mm
Resolution (H x V)	1440 px x 1080 px
Resolution	1.6 MP
Pixel Size (H x V)	3.45 $\mu\text{m}$ x 3.45 $\mu\text{m}$
Frame rate	227 fps
Mono/Color	Mono
Spectrum	Visible

(b)



(c)

Figure 2 : (a) Propriétés des caméras B1 et B3(acA1300-200um), (b) Propriétés de la camera B2 (acA1440-220um), (c) Panneau de calibration ChaRuCo (10 x 6, 50X30 cm, DICT\_5X5\_1000).

## 3. Projet VIME

Le projet porte sur l'analyse des images obtenues lors de ces essais. Chaque binôme, pourra traiter un ou plusieurs cas d'étude au choix.

### 3.1. Reconstruction d'une scène 3D

A partir des images de calibration, corriger la distorsion optique des images et positionner le mur dans un repère 3D. Pour ce faire il est nécessaire d'effectuer les étapes suivantes :

- Calibration intrinsèque de chaque caméra (Table 1)
- Correction de la distorsion des images
- Sélection de points connus en communs entre les images prises par les caméras (B1 et B2) et (B2 et B3)
- Définition des coordonnées de ces points dans un repère 3D
- Calibration extrinsèque par paire des caméras (Table 2)
- Triangulation de la position 3D des correspondances 2D entre plusieurs images
- Visualisation du nouage des points 3D

*Question bonus :*

Proposer une méthode alternative pour la calibration extrinsèque. Comment calibrer sans sélectionner manuellement des points sur les images ?

*Dossiers :* Calibration\_B1, Calibration\_B2 and Calibration\_B3

*Tutoriels utiles :*

[https://docs.opencv.org/4.x/df/d4a/tutorial\\_charuco\\_detection.html](https://docs.opencv.org/4.x/df/d4a/tutorial_charuco_detection.html)

[https://docs.opencv.org/4.x/d7/d53/tutorial\\_py\\_pose.html](https://docs.opencv.org/4.x/d7/d53/tutorial_py_pose.html)

<https://www.opencvhelp.org/tutorials/advanced/reconstruction-opencv/>

[OpenCV: Perspective-n-Point \(PnP\) pose computation](#)

[Head Pose Estimation using OpenCV and Dlib | LearnOpenCV #](#)

<https://techvidvan.com/tutorials/displaying-the-coordinates-of-points-clicked-on-the-image-using-python-opencv/>

Calibration	$f_x$ (mm)	$f_y$ (mm)	Reprojection error
<b>B1</b>			
<b>B2</b>			
<b>B3</b>			

Table 1. Calibration intrinsèque des caméras Basler.

B1/B2					
<b>Rotation</b>				<b>Translation</b>	

B2/B3					
<b>Rotation</b>				<b>Translation</b>	

Table 2. Matrices de rotation et vecteurs de translation.

### 3.2. Détections des capteurs virtuels

En utilisant la première image de chaque séquence vidéo, détecter les capteurs virtuels peints sur le mur. Pour ce faire il est nécessaire d'effectuer les étapes suivantes :

- Calibration intrinsèque de chaque caméra
- Correction de la distorsion des images
- Détection des cercles sur les images
- Définition d'un rectangle entourant les mires
- Labélisation les mires en ordre croissant
- Affichage des images avec les mires numérotées (Figure 3)

*Question bonus :*

Proposer une méthode adaptée à la détection des mires en croix.

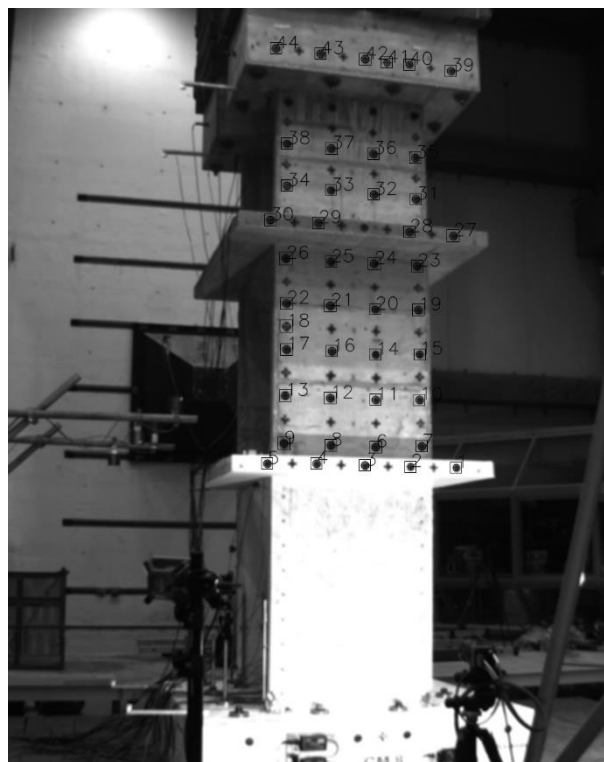


Figure 3 : Détection des mires circulaires.

Dossiers : GM8\_B1, GM8\_B2, GM8\_B3

### 3.3. Reconstruction 3D des capteurs virtuels

Une fois la scène 3D reconstruite, et les mires détectées, il est possible de déterminer la position de chaque mire dans l'espace 3 dimensionnel. Les centres des capteurs virtuels sont les points en commun entre les images.

- Calibration intrinsèque de chaque caméra
- Correction de la distorsion des images
- Détection des cercles sur les images
- Définition d'un rectangle entourant les mires
- Labélisation les mires en ordre croissant

- Affichage des images avec les mires numérotées
- Calibration extrinsèque par paire des caméras
- Triangulation de la position 3D des correspondances 2D entre plusieurs images
- Visualisation du nouage des points 3D (Figure 4)

Dossiers : B1, B2, B3

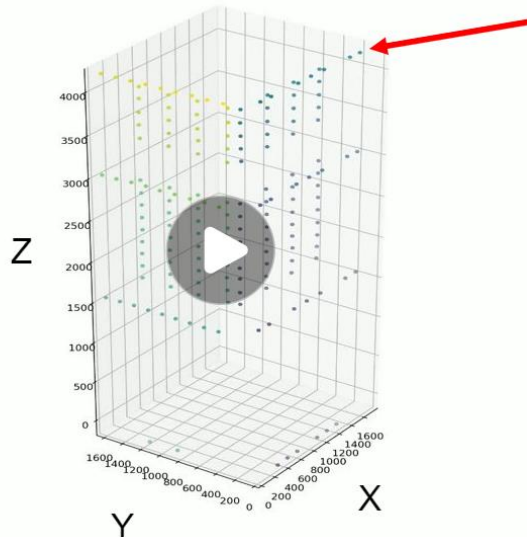


Figure 4 : Reconstruction 3D des capteurs virtuels.

#### 4. Déroulement du projet

Les attendus du projet sont les suivants :

- Traiter au moins une étude de cas parmi celles proposées
- Développer dans le langage Python et en utilisant la librairie OpenCv des algorithmes capables de répondre à la demande
- Montrer des résultats et fournir des analyses critiques
- Proposer des pistes d'amélioration et des perspectives

Pour ce faire, vous avez la possibilité d'utiliser les méthodes d'analyse d'image vues au cours du module VIME, et toute autre technique qui vous semble appropriée.

#### 5. Modalité évaluation

Les résultats du projet seront présentés en soutenance orale. La présentation durera 20 minutes et sera suivie par des questions.

Documents à rendre lors de la soutenance : présentation .ppt et scripts Python. Les fonctions doivent être commentée et accompagnée d'un fichier .txt précisant le nom du script principal et des fonctions.

L'évaluation du projet représente le 50 % de la note finale.