

# SHM-France

**7<sup>ème</sup> JOURNEE NATIONALE  
CONTROLE SANTE ET MONITORING DES  
STRUCTURES**

19 septembre 2024

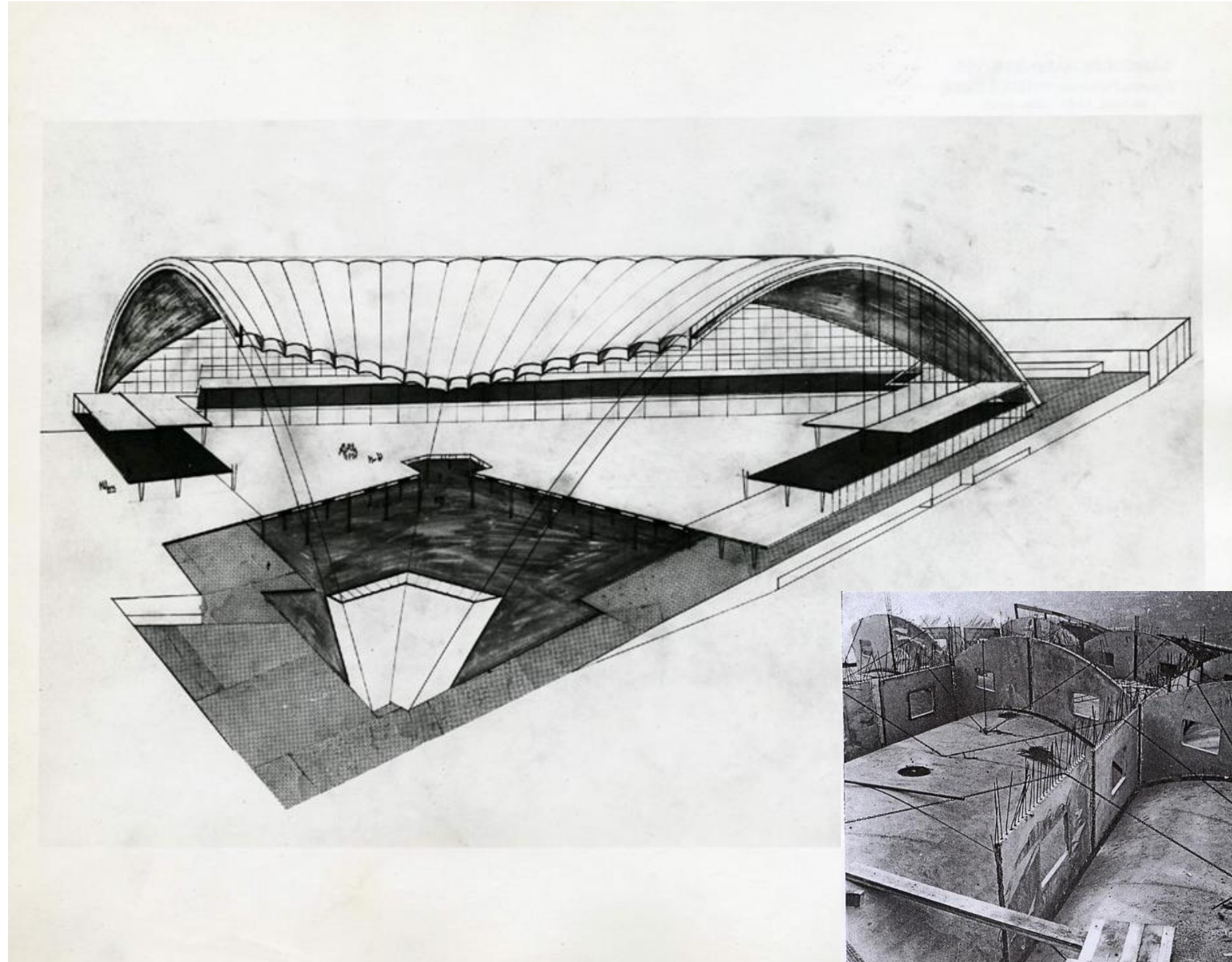


# Rénovation et renforcement du suivi géométrique de la voûte d'un ouvrage exceptionnel :



1958 : Centre National des Industries et Techniques  
1989 : Centre des Nouvelles Industries et Technologies

# Présentation du bâtiment : « un maximum d'espace sur un minimum de support »



## HISTORIQUE

7 mai 1955 : Permis de construire (1<sup>ère</sup> construction du futur quartier de la Défense)  
1956 : 1<sup>er</sup> m<sup>3</sup> de béton  
12 septembre 1958 : inauguration

## Caractéristiques

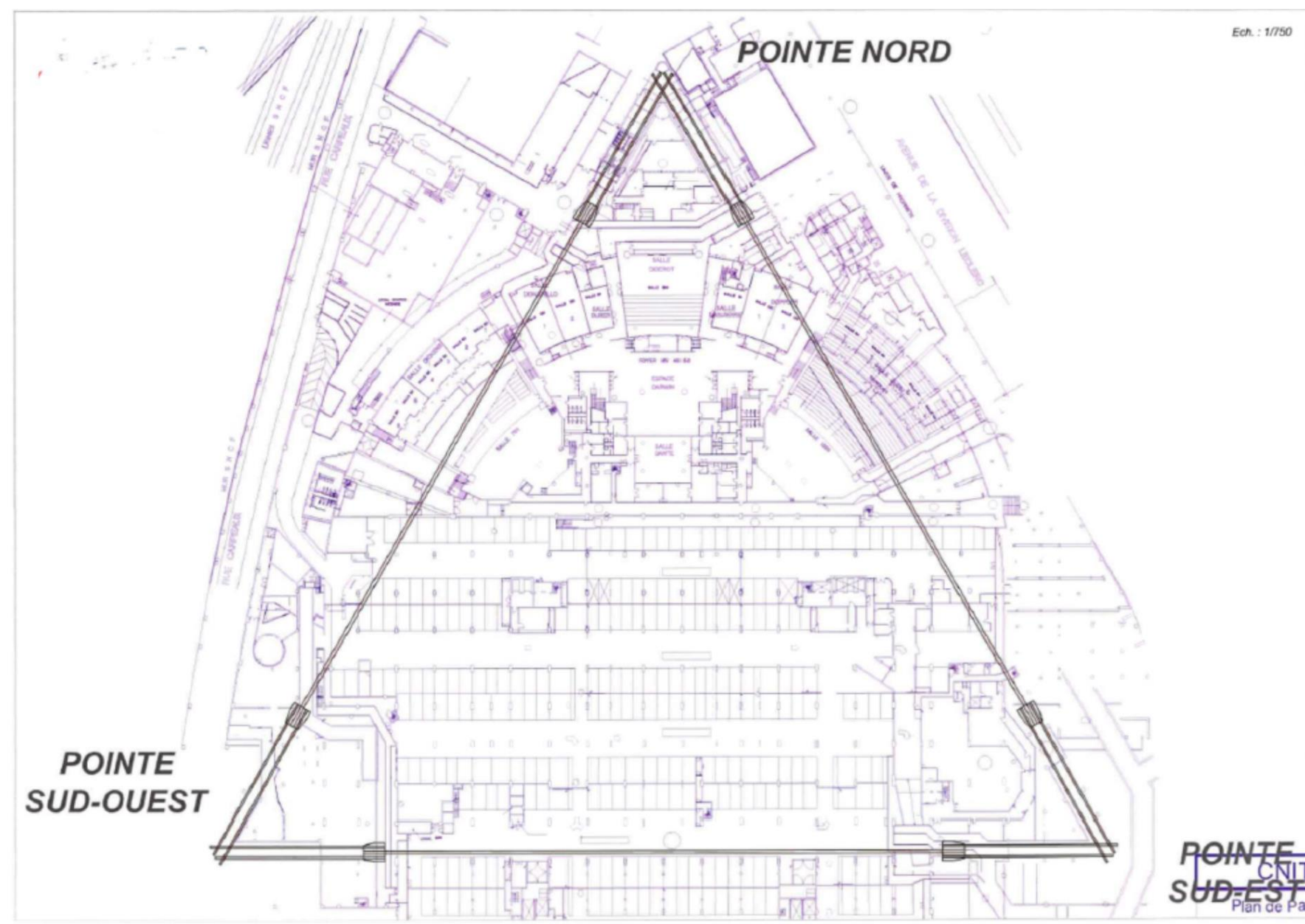
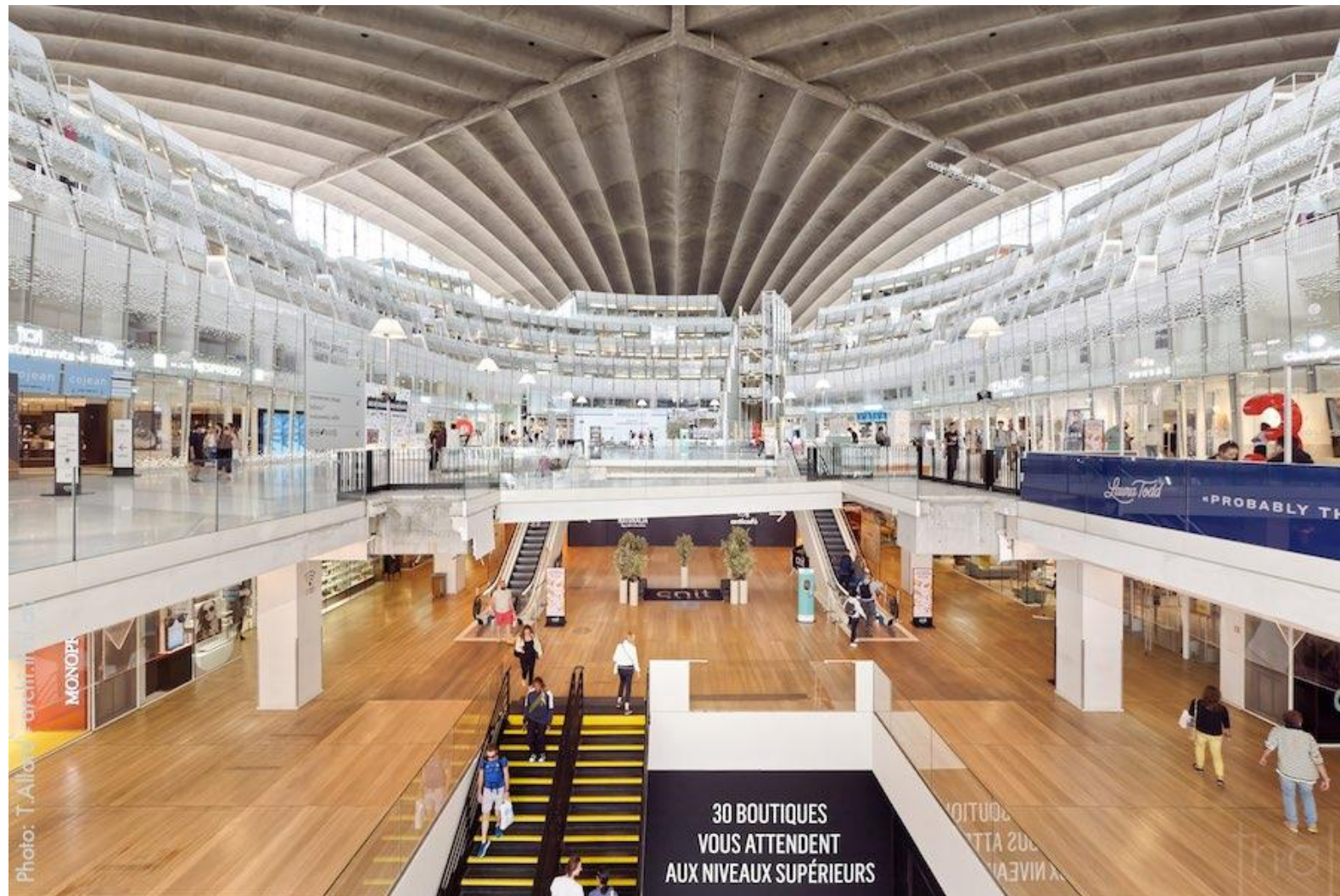
Le bâtiment est constitué d'une voûte autoportante en béton armé (double coque en voile mince (6.5 cm d'épaisseur) avec raidisseurs) qui repose sur 3 culées.

### La voûte en chiffres :

Poids : 5600 t.  
Surface : 22500 m<sup>2</sup> (plus de 3 terrains de football)  
Portée : 218 m entre points d'appui  
Hauteur : 46 m (Arc de Triomphe : 50 m)  
Culée : 84 t. (fondées sur 12 m de profondeur)  
Les culées sont reliées entre elles par 44 tirants (câbles acier)



# Problématique : Pourquoi un système de suivi des variations géométriques de la voûte ?



## CNIT

- Ouvrage exceptionnel : grande portée
- Etablissement recevant du public : Centre commercial, Hôtel, centre de formation et bureaux.

**Rappel** : l'exploitation d'un Établissement recevant du public est soumise à des obligations de sécurité contre l'incendie et la panique. Ces mesures ont pour but de protéger les personnes, de favoriser l'alerte et l'intervention des secours et de limiter les pertes matérielles.

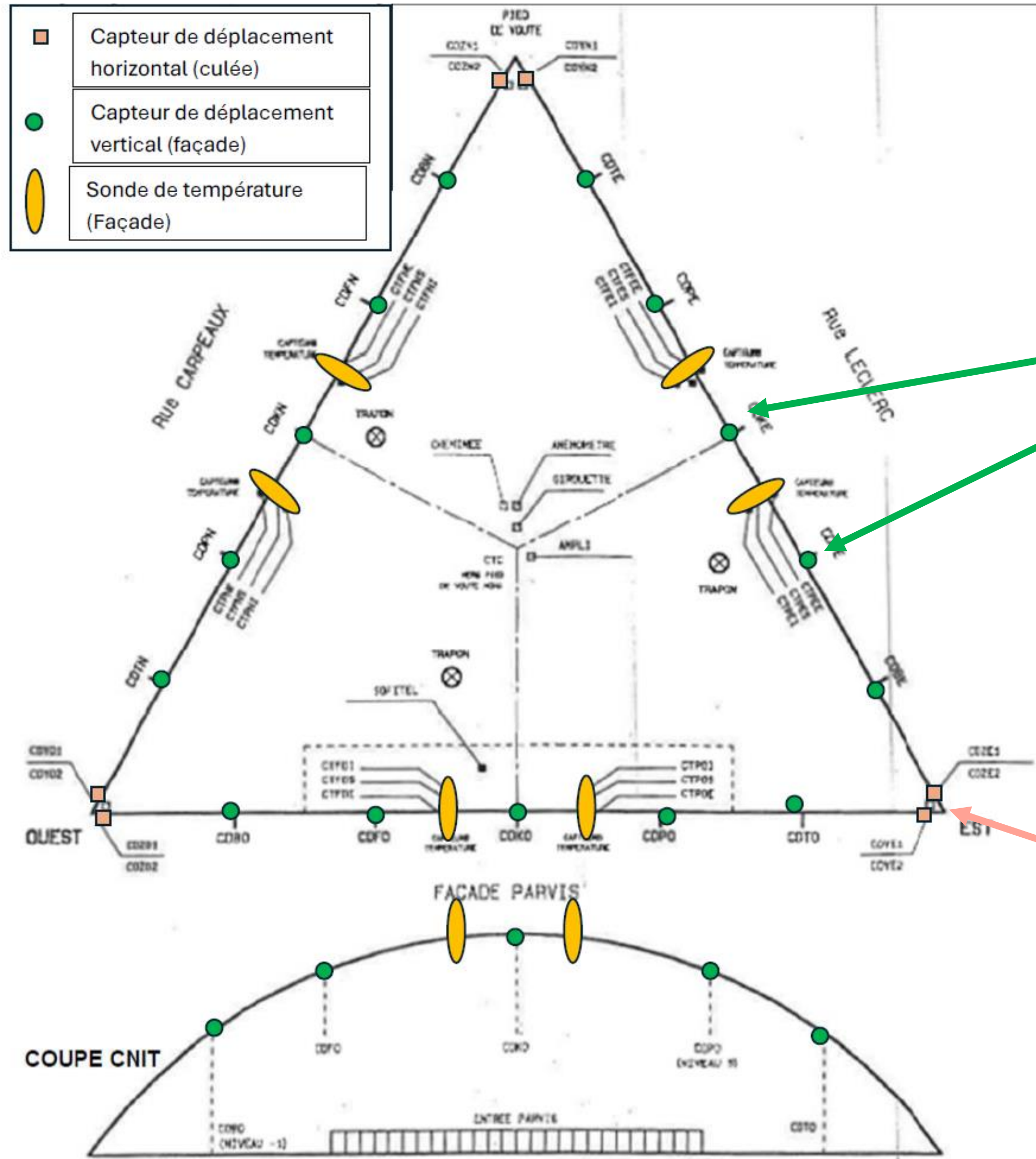
## Pourquoi un suivi de la voûte ?

Les tirants, disposés dans le plan des façades, sont constitués de câbles de précontrainte. Ils ne sont que très partiellement visitables.

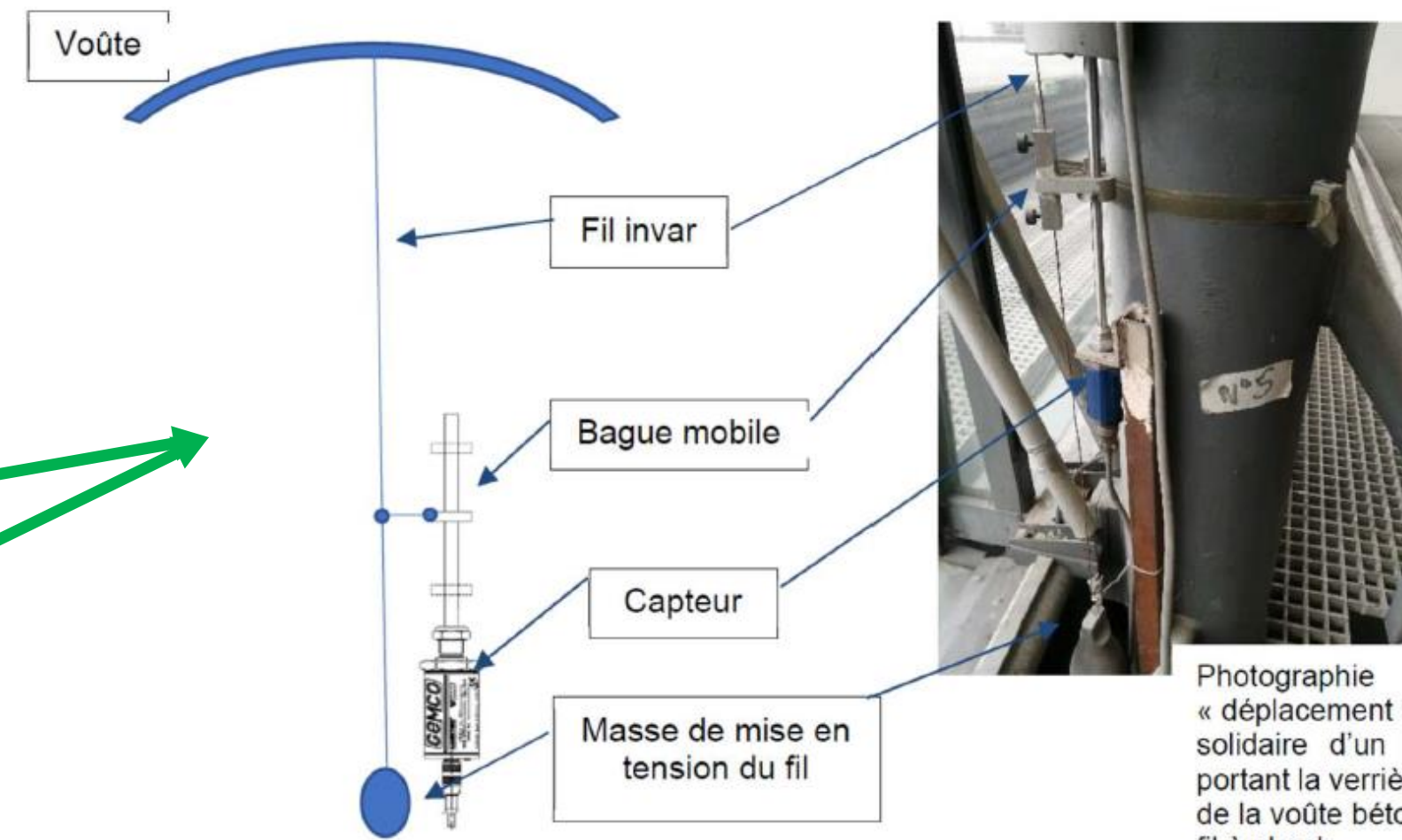
Tout défaut de traction dans un des câbles engendrerait une augmentation des contraintes dans les autres câbles avec, pour conséquence, un allongement élastique des tirants, un déplacement probable des culées et un affaissement de la voûte.

- 1995 : installation d'un système d'auscultation pouvant détecter les mouvements anormaux de la voûte et avertir l'exploitant.
- 1997 : renforcement des culées pour augmenter la butée mobilisable des fondations de manière à reprendre une part importante des poussées de la voûte en cas de rupture des tirants.

# Le système de suivi mis en place en 1995



## Instrumentation « de façade »



Photographie 1 : capteur de « déplacement vertical » : le capteur est solidaire d'un poteau de la structure portant la verrière. La bague est solidaire de la voûte béton par l'intermédiaire d'un fil à plomb

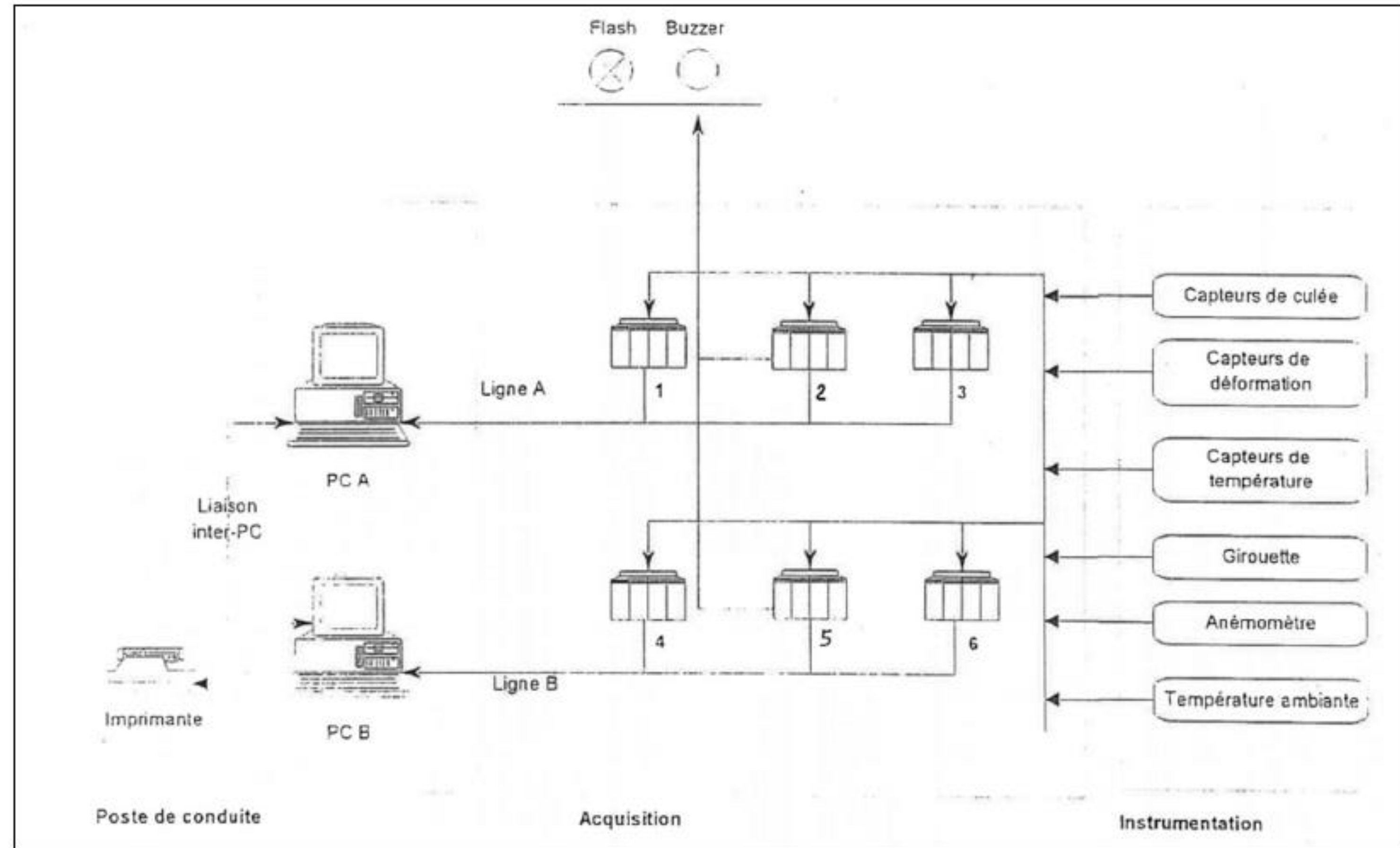
## Instrumentation « de culée »



# Le système de suivi mis en place en 1995



## Principe de fonctionnement



2 alimentations 24V., 2 automates, 2 liaisons de communication distinctes en direction du poste de supervision.

# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte



**ESPACE-EXPANSION**, qui gère le CNIT pour le propriétaire **UNIBAIL-RODAMCO-WESTFIELD**, est conscient du vieillissement du système de surveillance et de l'importance du suivi de la voûte :

**Fin 2021** : un audit du système de surveillance de la voûte est confié au Bureau d'Etudes Techniques **SCM (Structures Conseil Maintenance)**.

**Mars 2022** : conclusion de **SCM** : le système n'est plus en mesure d'alerter l'exploitant – ce n'est plus un système d'aide à l'analyse des risques (capteurs défaillants, les moyens d'acquisition ne « communique » plus automatiquement les informations).

**2023** : **SCM** est missionné pour l'écriture d'un cahier des charges, un appel d'offres restreint est lancé dans l'été 2023.

*Objectifs du nouveau système :*

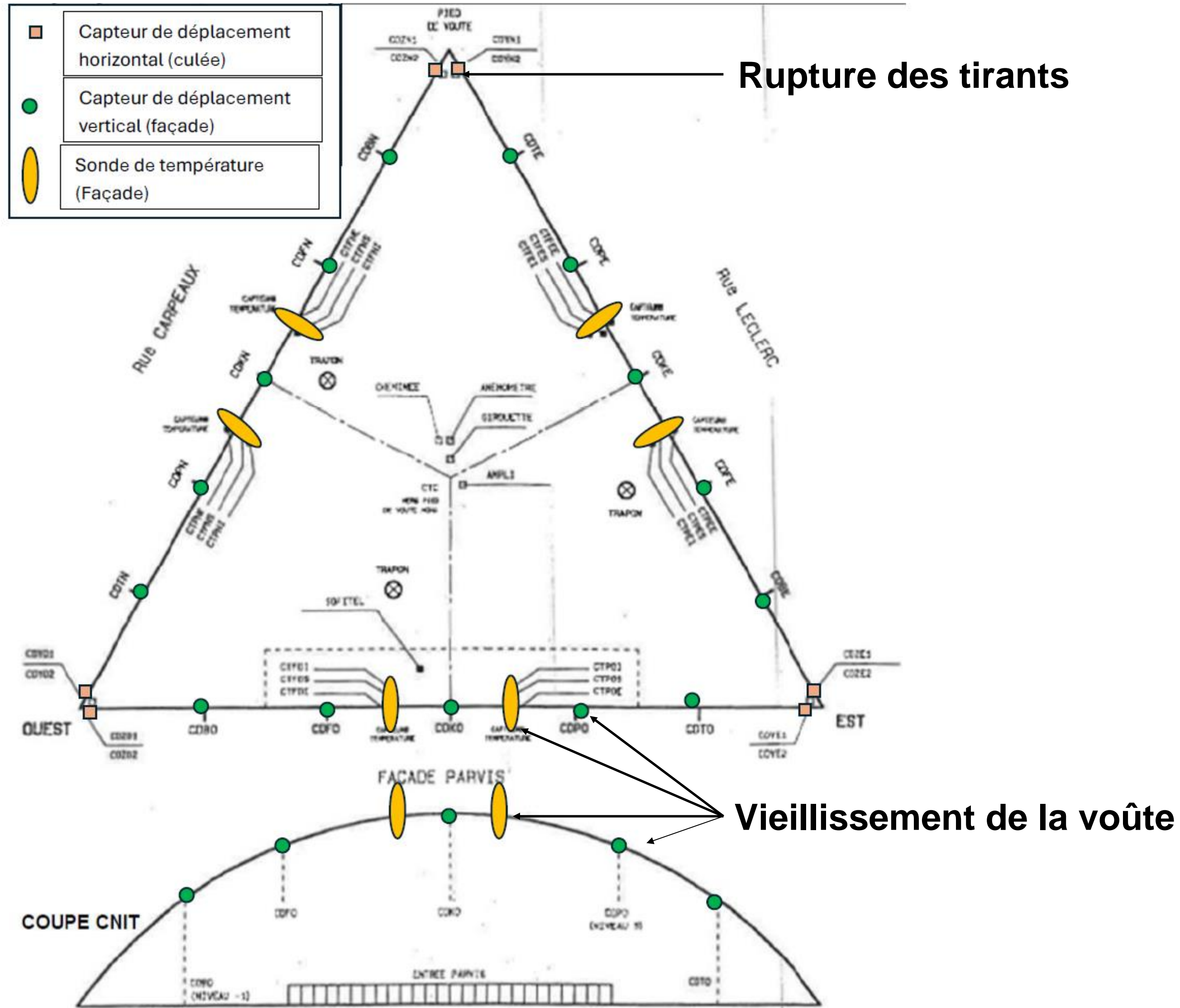
- Suivi du vieillissement de la voûte, suivi d'une éventuelle rupture de tirant, suivi du tassement éventuel des culées
- Rythme de mesure élevé (10 minutes) – Visualisation des données en « temps réel »
- Redondance et travail sur la procédure de déclenchement des « messages d'avertissement » pour éviter des alertes intempestives.
- Formation des destinataires des messages.

**Décembre 2023** : **DYNAOPT** est adjudicataire de la rénovation et modernisation du système de suivi de la voûte.

**Février 2024** : le nouveau système est opérationnel



# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : rénovation de l'existant

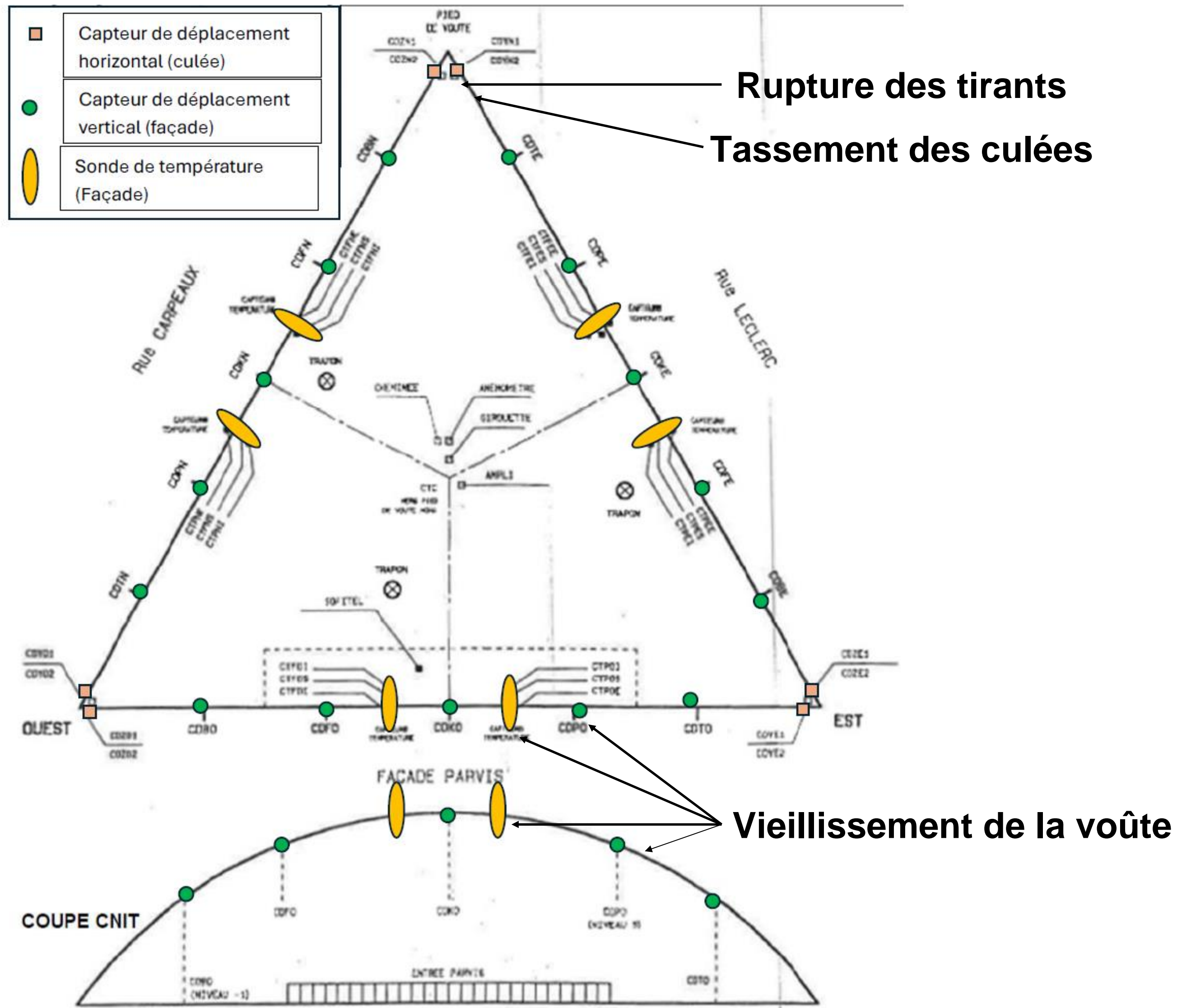


Armoires d'acquisition	Nbre capteurs connectés	Nbre capteurs « lisibles » électriquement	% capteurs opérationnels	Particularités
<b>Coffret Nord</b>				
Capteurs voûte	5	5	100 %	
Capteurs de culée	4	4	100 %	
Température	6	4	67 %	2 capteurs de T extérieur défectueux. (N'intervient pas dans les calculs de correction des mesures de déplacement)
Girouette	1	0	0 %	
<b>Coffret Est</b>				
Capteurs voûte	5	4	80 %	1 capteur ne fonctionne pas
Capteurs de culée	4	3	75 %	1 capteur divergent ne fonctionne pas
Température	6	4	67 %	2 capteurs de T extérieur défectueux. (N'intervient pas dans les calculs de correction des mesures de déplacement)
Temp. ambiante	1	1	100 %	
<b>Coffret Ouest</b>				
Capteurs voûte	5	4	80 %	1 capteur ne fonctionne pas
Capteurs de culée	4	4	100 %	La girouette ne fonctionne pas
Température	6	3	50 %	2 capteurs de T extérieur défectueux. (N'intervient pas dans les calculs de correction des mesures de déplacement)
Vitesse vent	1	0	0 %	

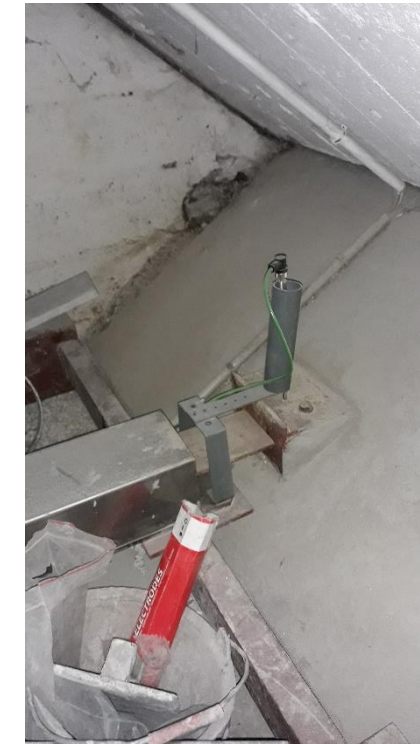
**87% des capteurs de déplacement vertical, 92% des capteurs de déplacement de culée, 61% des capteurs de température (dont 92% utilisés dans les calculs de pondération des déplacements verticaux) sont opérationnels**



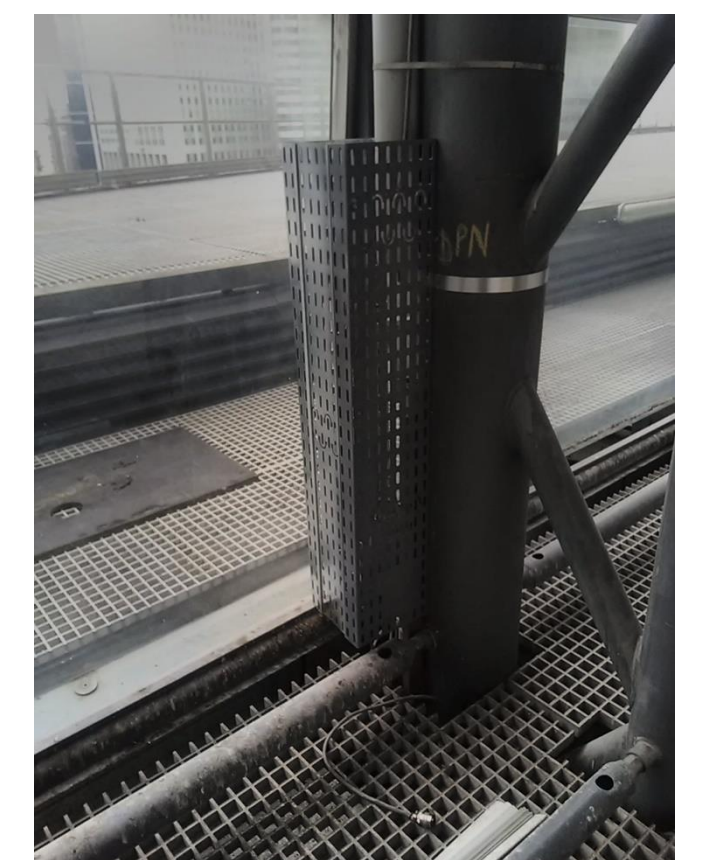
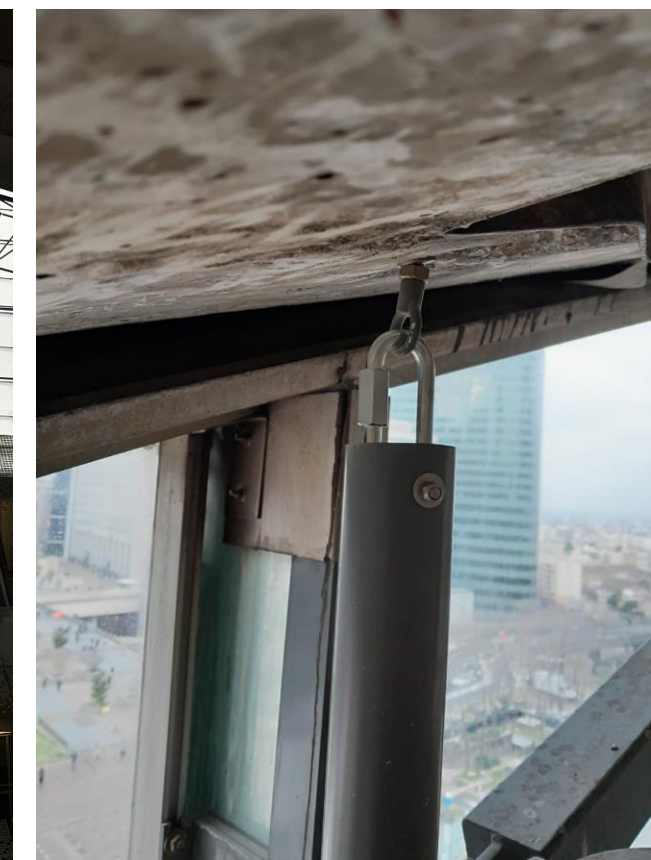
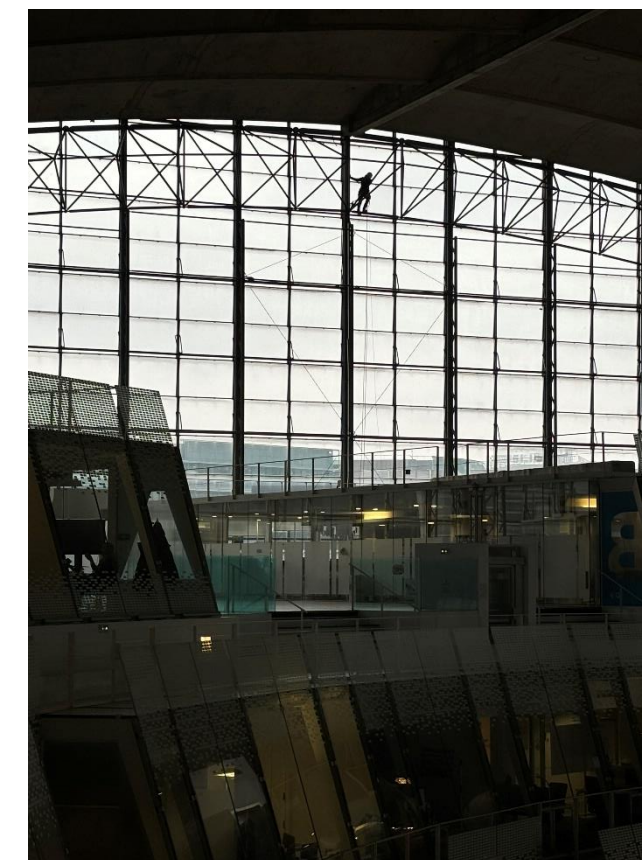
# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : rénovation de l'existant



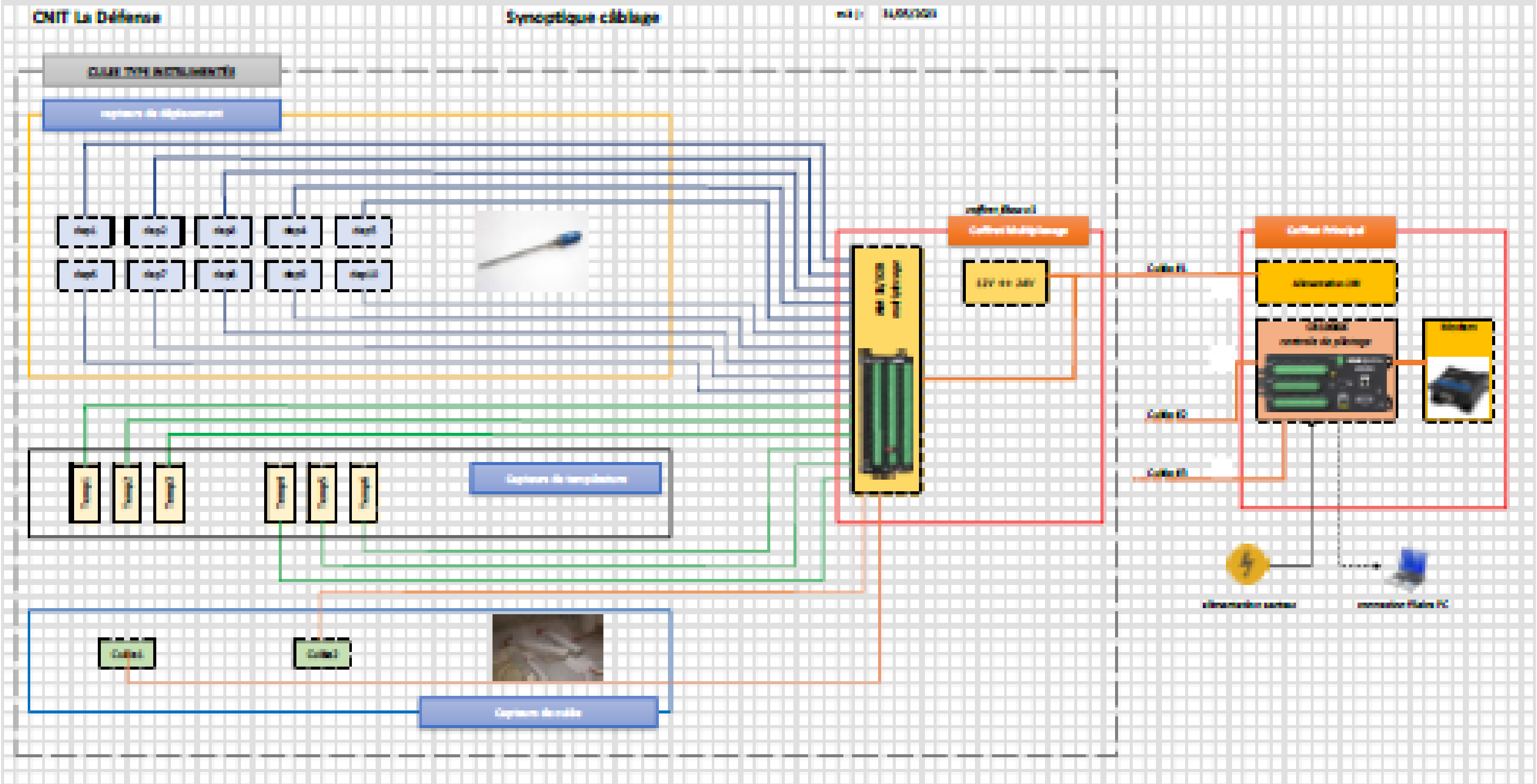
- Ajout d'un capteur de déplacement vertical à chaque culée



- Remplacement des capteurs défectueux
- Protection mécanique améliorée



# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : rénovation de l'existant



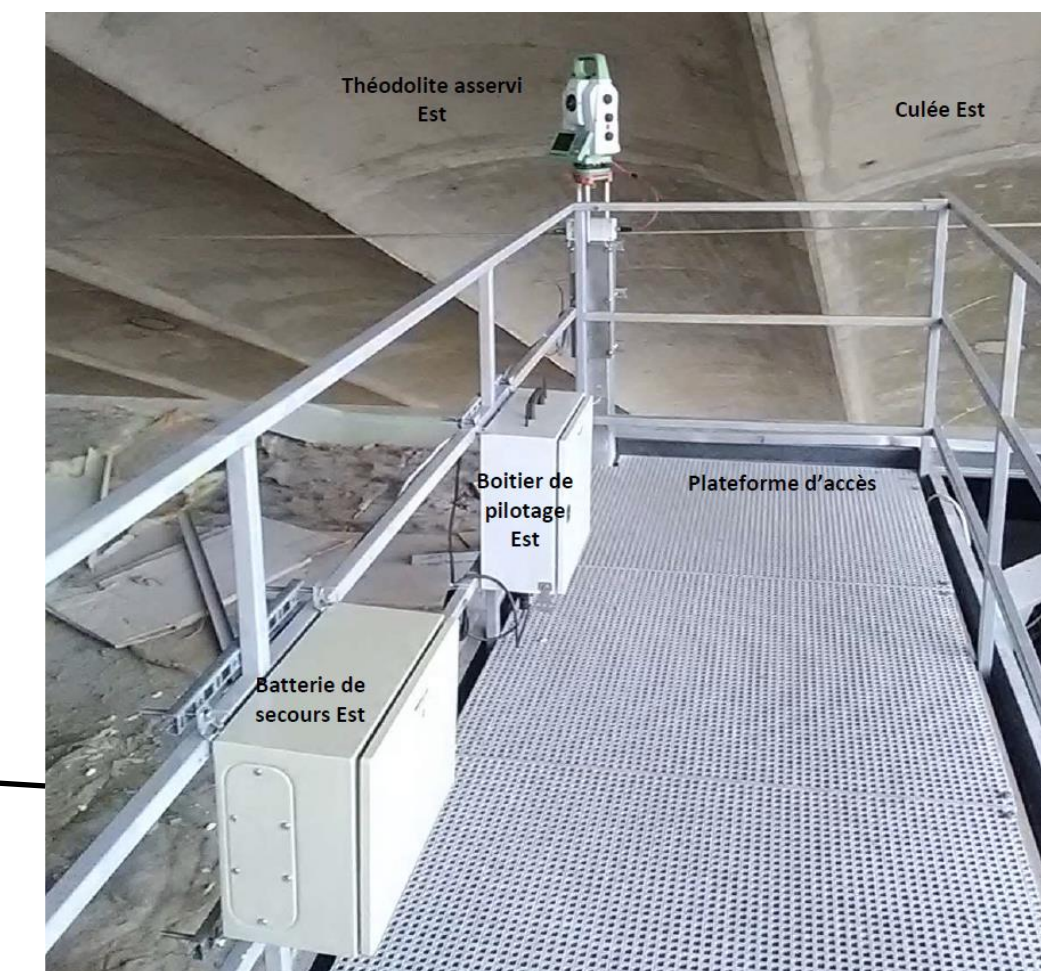
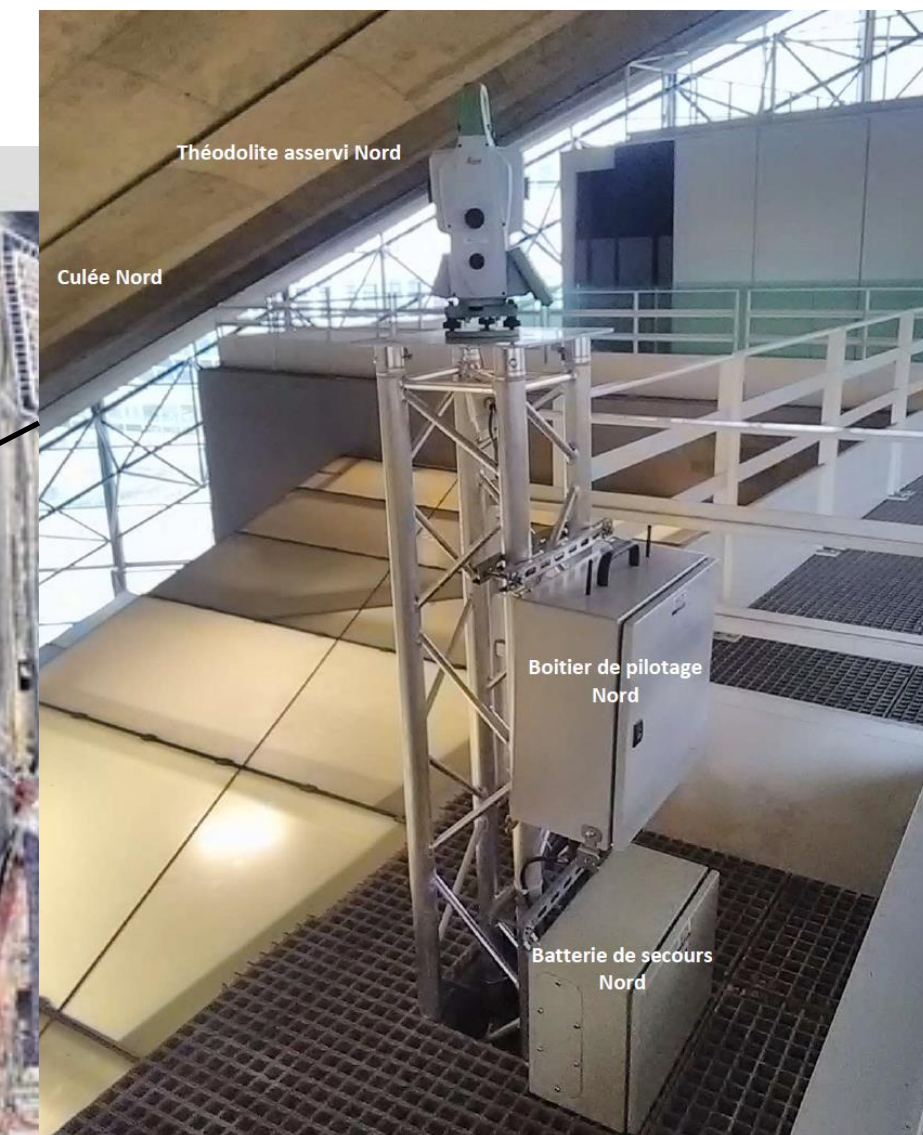
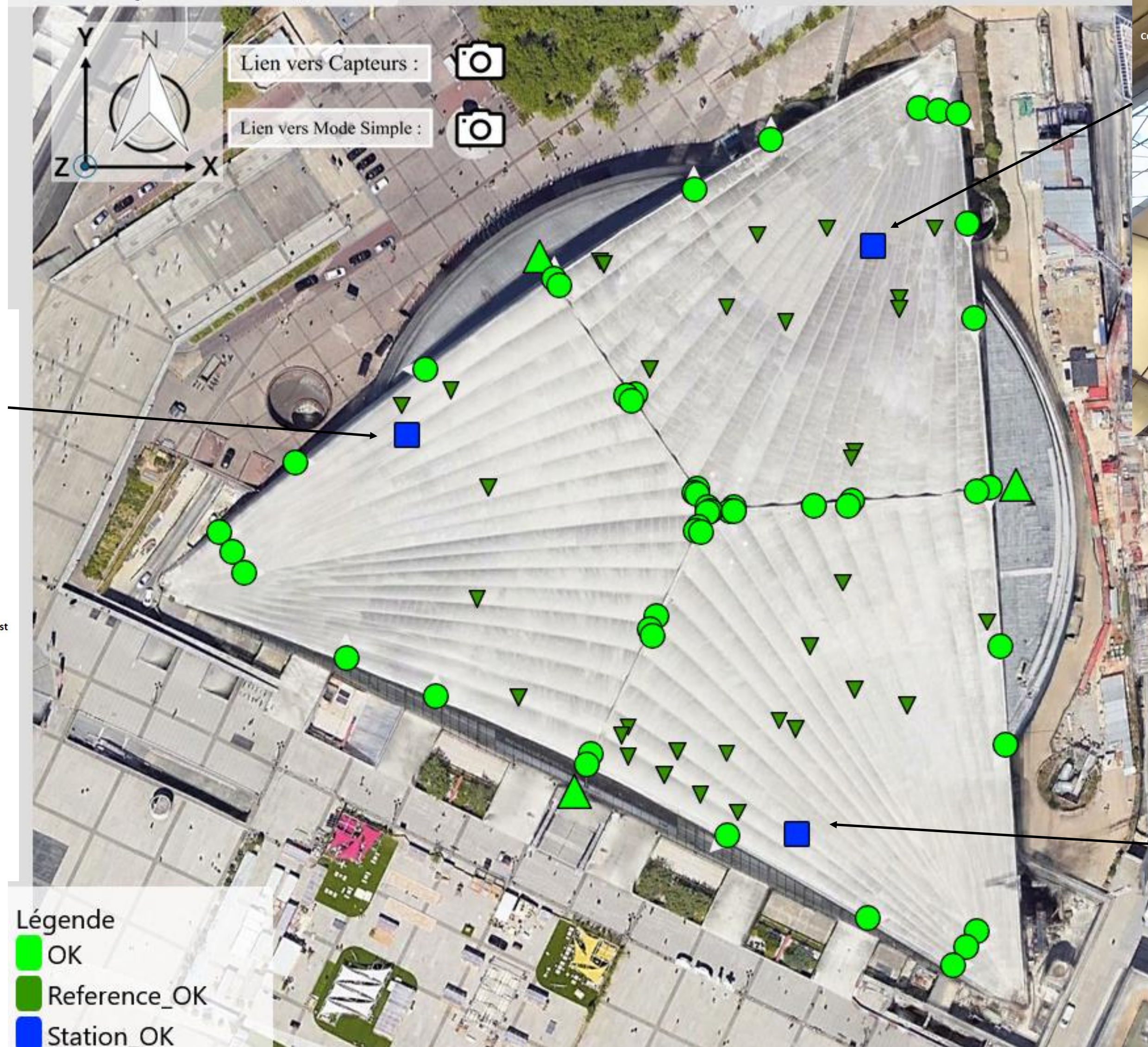
Envoi des informations « en temps réel » par le biais de notre plateforme DYNAOPT.LOGGIS

# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : renforcement du système

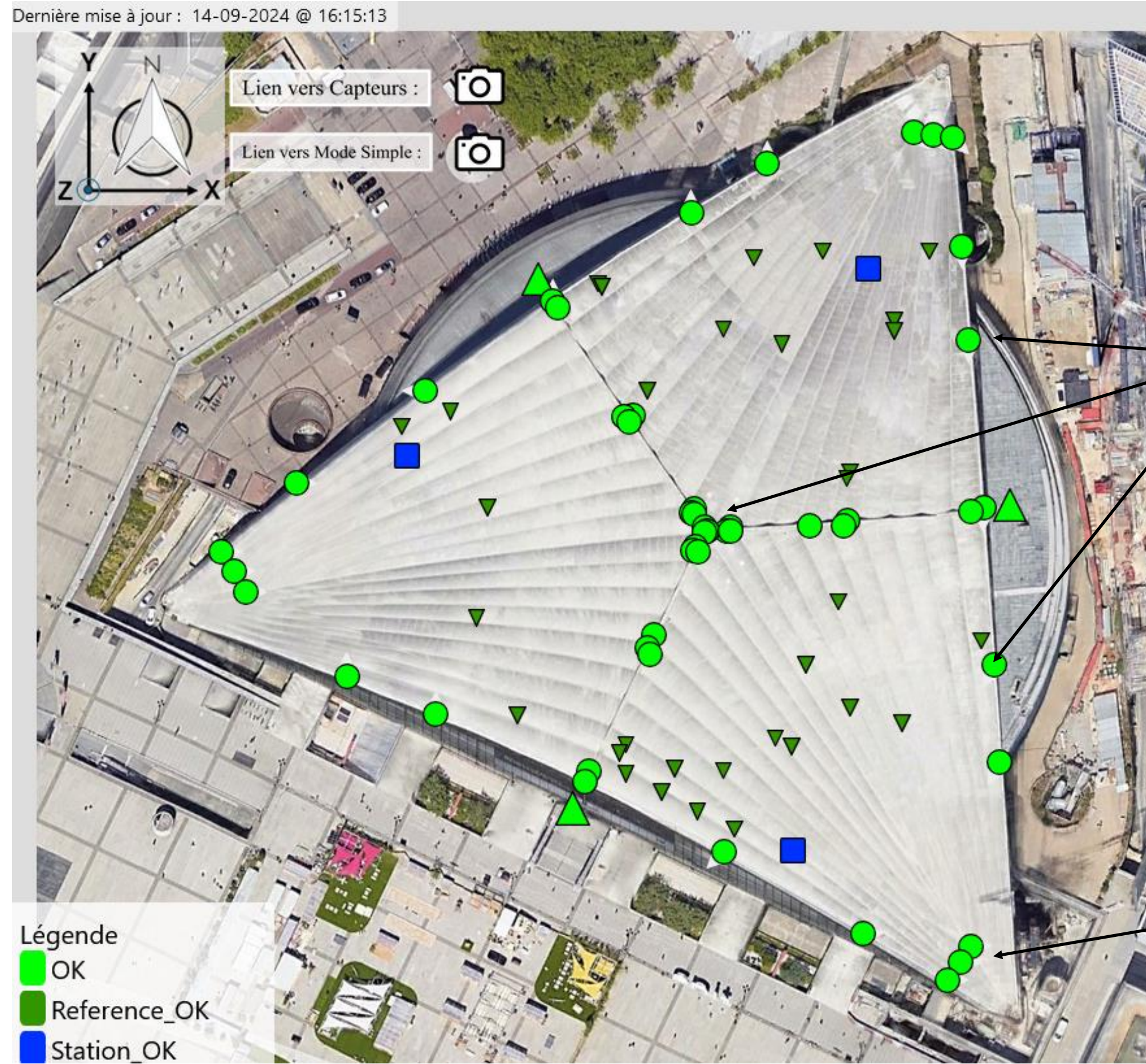
Trois systèmes « Hathor 2 »  
totalement indépendants.

Alimentation sécurisée

Dernière mise à jour : 14-09-2024 @ 16:15:13

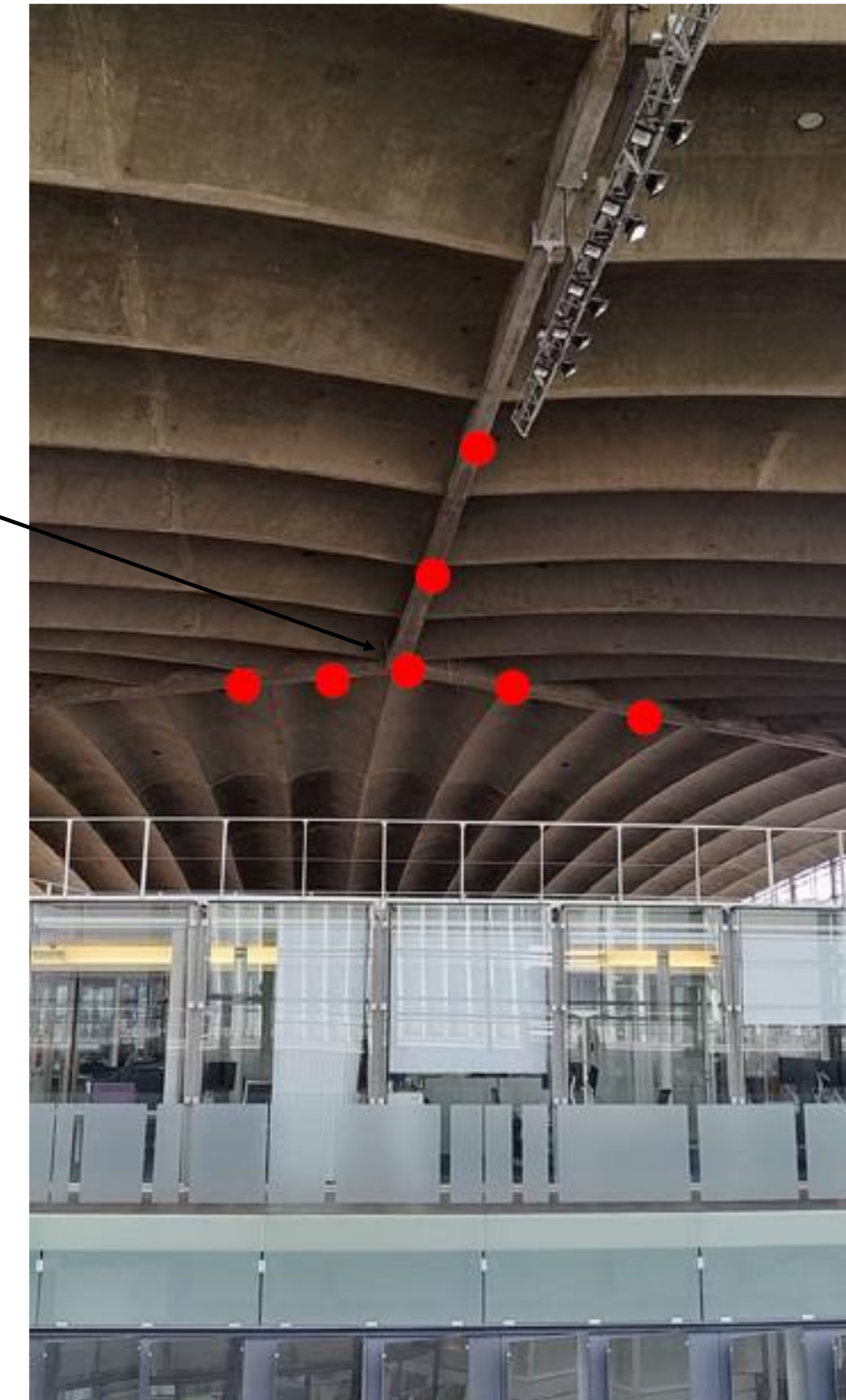


# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : renforcement du système

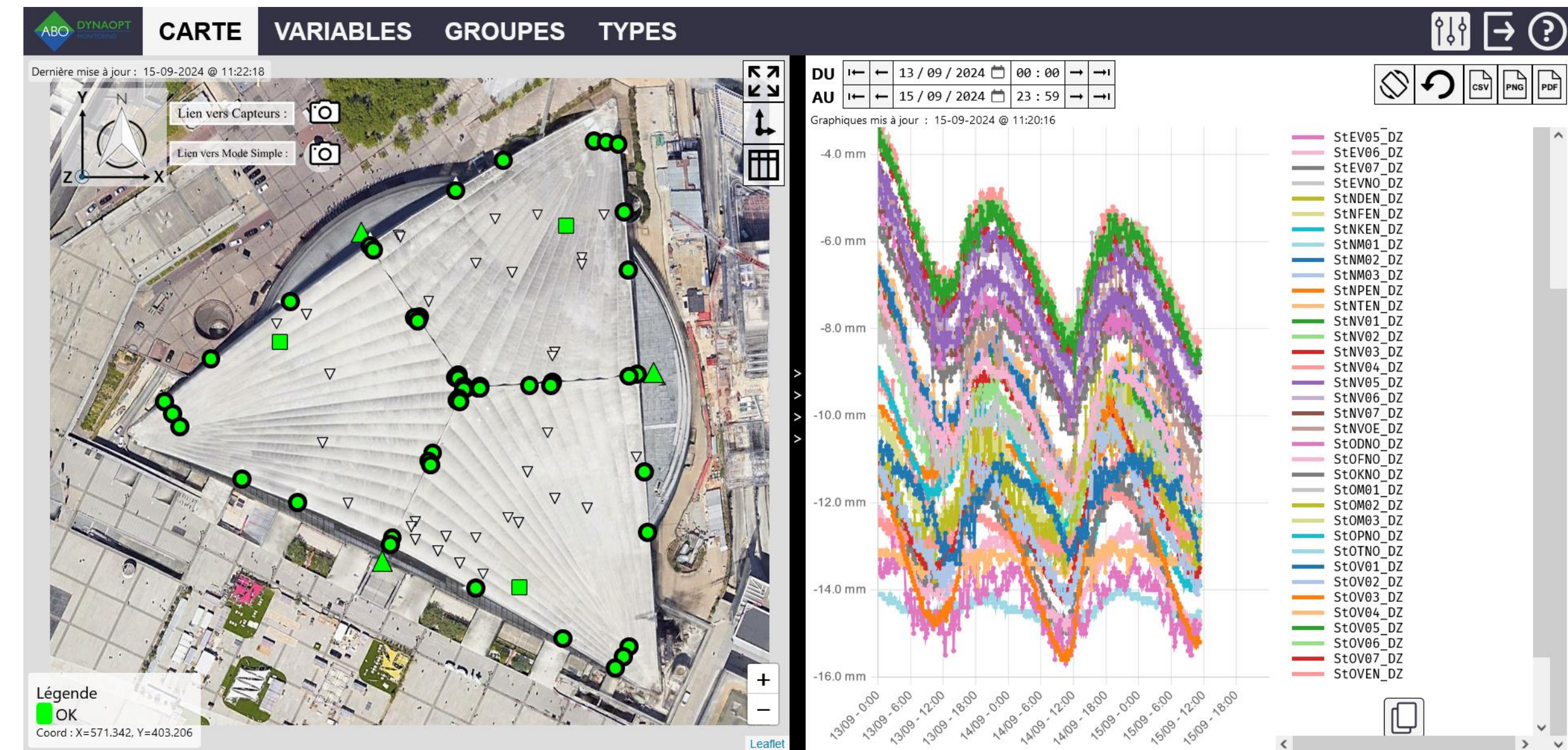
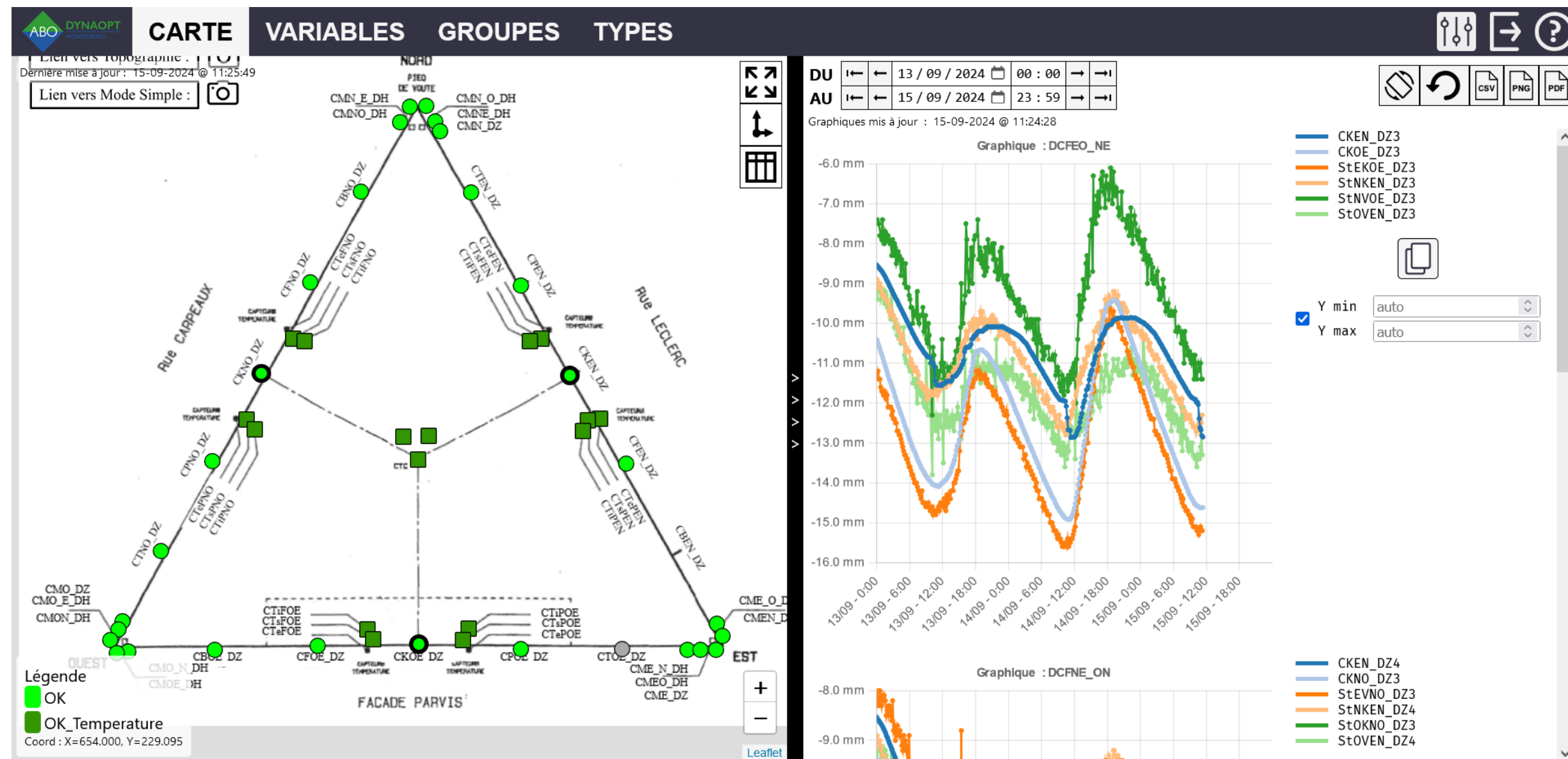
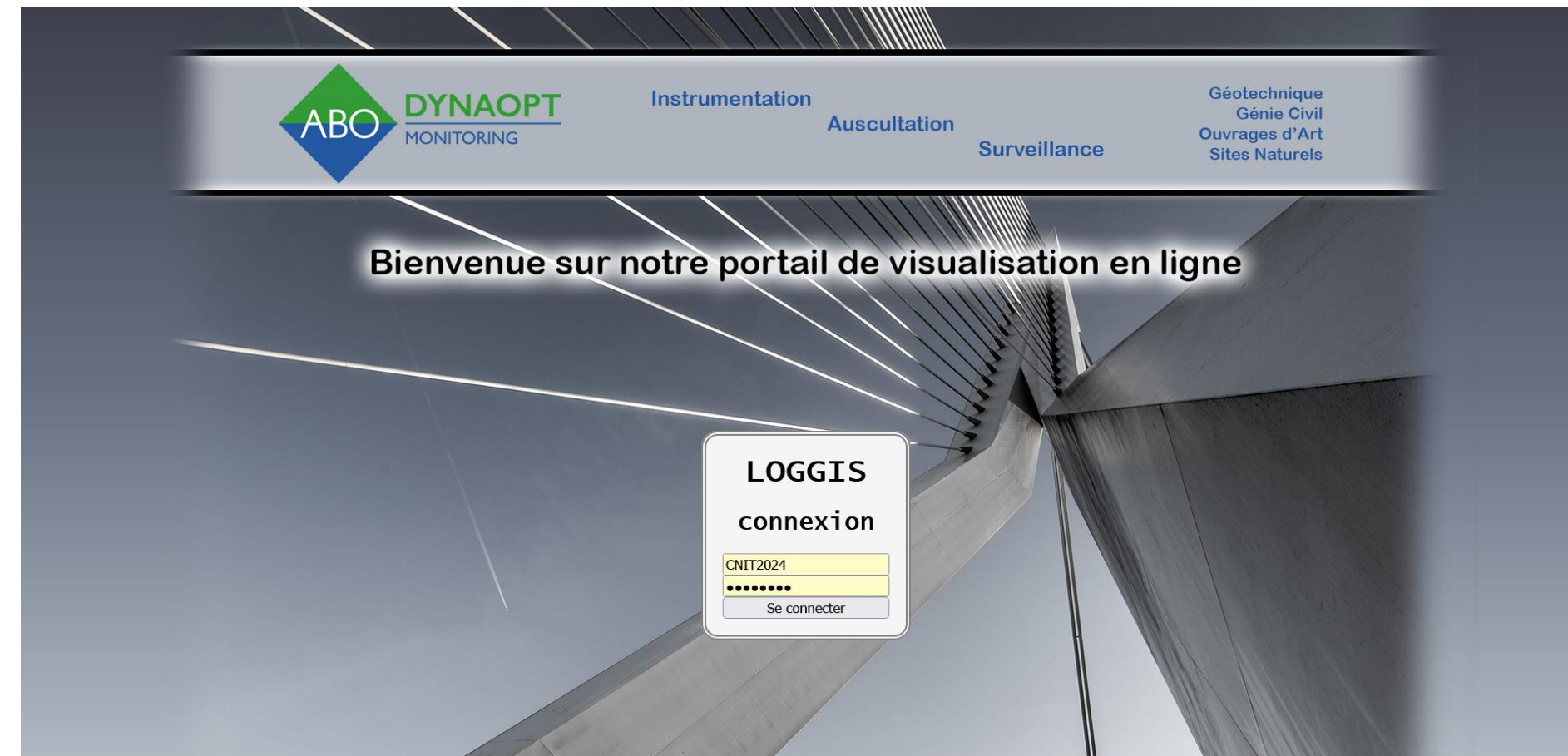


**Vieillesse de la voûte**

**Tassement de culée  
 Rupture de tirant**



# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : Visualisation et prévention



# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : Visualisation et prévention

ABO DYNAPT MONITORING

**TABLEAU** **CARTE** VARIABLES GROUPES TYPES

Dernière mise à jour : 22-03-2024 @ 14:42:18

Lien vers Capteurs

DU	←	←	16/03/2024	00:00	⌚	→	→
AU	←	←	22/03/2024	23:59	⌚	→	→

La sélection est vide  
Veuillez sélectionner un élément sur la carte ou dans la liste.

Légende  
OK  
Reference\_OK  
Station\_OK  
DZ\_TT  
Coord : X=288.000, Y=-102.000

Leaflet

**SCM** : étude des fichiers des données des années antérieures :

- Détermination du « comportement normal » de la voûte
- Détermination de « valeurs seuils » : 3 niveaux (la stabilité de la structure n'est pas engagée même en cas d'atteinte du niveau le plus élevé)
- Détermination des destinataires des messages d'alerte (formation de ces derniers)
- Mise en place d'un comité de suivi de la structure : Direction technique d'ESPACE EXPANSION, SCM, DYNAOPT
- Travail sur les actions à mener en fonction du niveau de seuil (en cours)

**cnit**  
— ★ ★ ★ ★ —  
UNIBAIL CNIT  
ESPACE EXPANSION



# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : Détermination du déclenchement des messages d'alerte

Enregistrement automatique  tableau des seuils et contacts pour alarme... • Enregistré dans ce PC

Rechercher

Fichier Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage Automatiser Développeur Aide

Commentaires Partager

Coller Aptos Narrow 11 Standard

Police Alignement Nombre Styles Cellules Édition Compléments Analyse de données

O98

GROUPE ou capteur ou station	SEUIL											
	Normal			Vigilance			Pré alerte			Alerte		
	Si dépassement d'une des 12 cibles du groupe		Action(s) à mener	Si dépassement des cibles		Action(s) à mener	Si dépassement d'au moins 4 cibles du groupe		Action(s) à mener	Si dépassement des cibles		Action(s) à mener
	Fléchissement (mm)	Soulèvement (mm)		Fléchissement (mm)	Soulèvement (mm)	Action(s) à mener	Fléchissement (mm)	Soulèvement (mm)		Fléchissement (mm)	Soulèvement (mm)	Action(s) à mener
FCC							-120	+45	A vérifier par DYNAOPT le bon fonctionnement ou le dysfonctionnement des 6 cibles			
SiEM02_DZ												
SiEM03_DZ	SiEV01_DZ	-55	+30			A vérifier par DYNAOPT le bon fonctionnement ou le dysfonctionnement de la cible ou des cibles, voir les 2 cas ci-dessous	-120	+45		-200	+55	A OBSERVER PAR UN COMITE LES GROUPE DE : -RUPTURE DES TIRANTS, -TASSEMENT DES CULEES -DEBATTEMENT ENTRE CLES DE FACADES D'UNE MEME CULEE EN VUE DE DECLENCHE L'EVAQUATION
SiEPOE_DZ	SiEV02_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	
SiETOE_DZ	SiEV03_DZ	-55	+30				-120	+45	Cas 1/ dysfonctionnement : Maintenance à faire par DYNAOPT	-200	+55	
SiEV01_DZ	SiEV04_DZ	-55	+30			Cas 1/ dysfonctionnement : Maintenance à faire par DYNAOPT	-120	+45		-200	+55	
SiEV02_DZ	SiNV01_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	
SiEV03_DZ	SiNV02_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	
SiEV04_DZ	SiNV03_DZ	-55	+30			Cas 2 / bon fonctionnement : SO	-120	+45		-200	+55	
SiEV05_DZ	SiNV04_DZ	-55	+30				-120	+45	Cas 2/Bon fonctionnement: prévenir le CNIT pour se préparer à une évacuation probable + Mise en observation par le pc & un technicien qualifié. Dans le cas où le déplacement continue à s'amplifier, il faudra alerter le CNIT afin d'organiser une <b>réunion d'un comité</b>	-200	+55	
SiEV06_DZ	SiOV01_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	
SiEV07_DZ	SiOV02_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	
SiEVNO_DZ	SiOV03_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	
SiNDEN_DZ	SiOV04_DZ	-55	+30				-120	+45		-200	+55	

51 941

seuil rotat° autour bissec ti Seuil fléchissement clé Centr Seuil tassement culées Seuil rupture tirants

Prêt Accessibilité : consultez nos recommandations

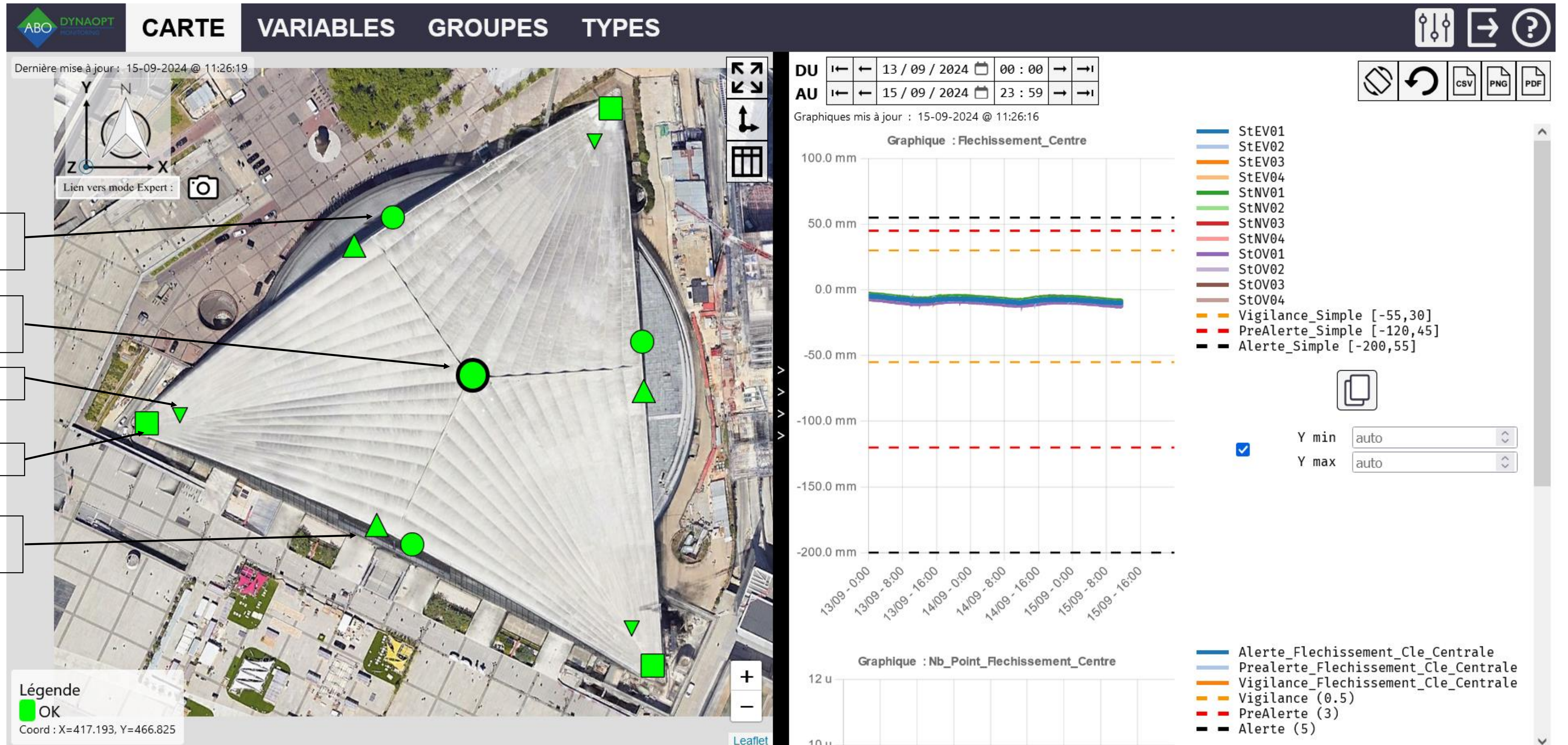
Taper ici pour rechercher

19°C Ensoleillé 17:40 15/09/2024



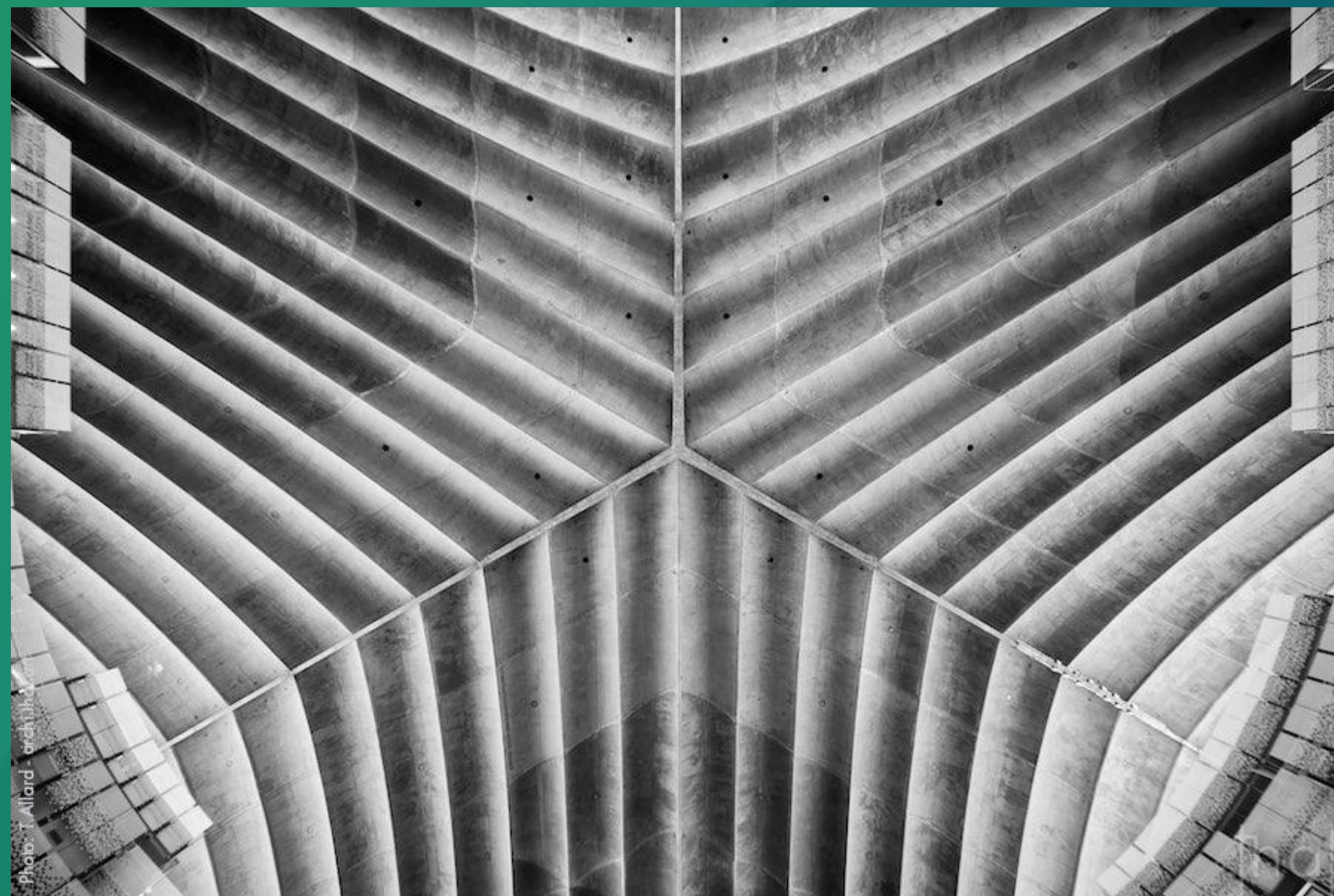


# 2024 : Modernisation du suivi de la voûte : Visualisation et prévention



« Depuis les grandes cathédrales gothiques, on n'a rien fait de semblable. »

André Malraux (1958)



Merci pour votre attention