



# Surveillance acoustique et visuelle du pont Masséna

Marc-Antoine Brossault

Jeudi 31 mars 2021



INGÉNIERIE



MONITORING



INSPECTION



COMMISSIONING



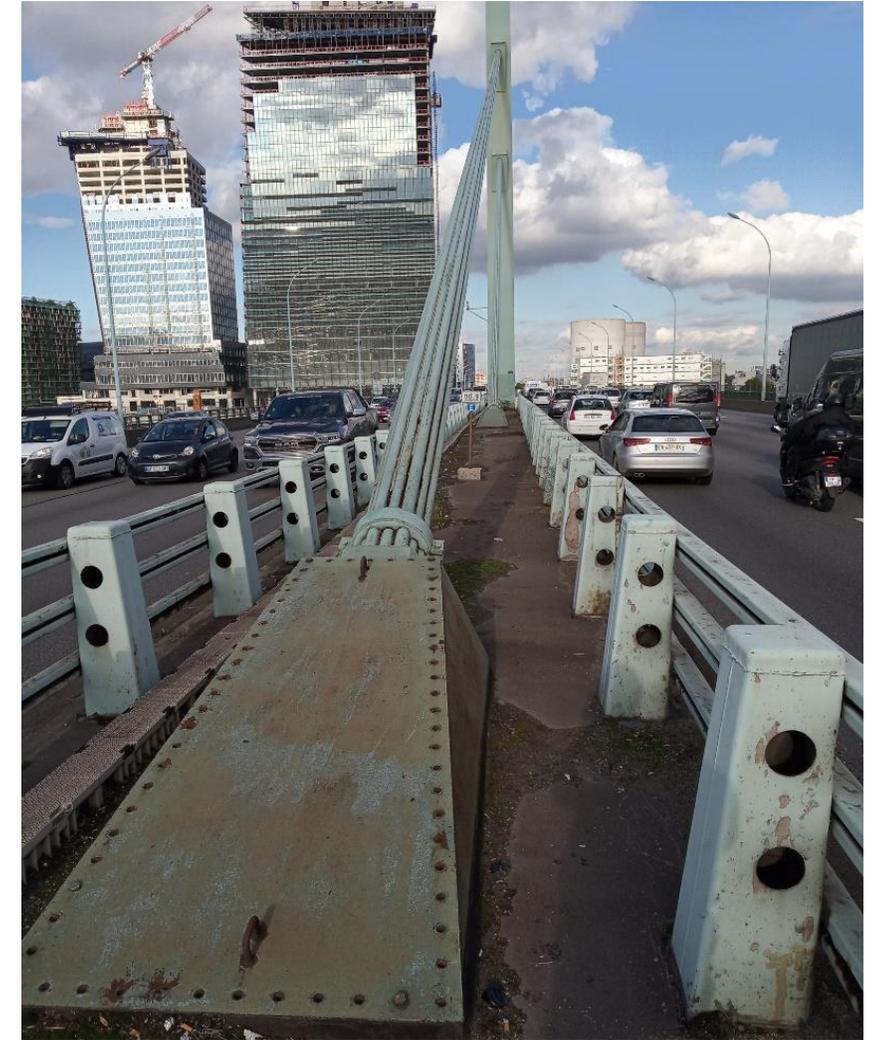
ASSISTANCE  
TECHNIQUE



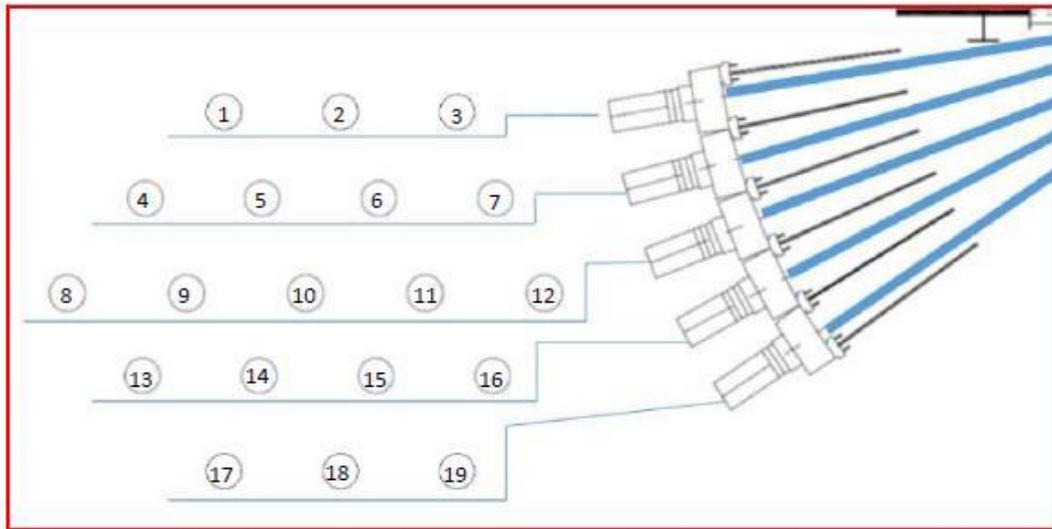
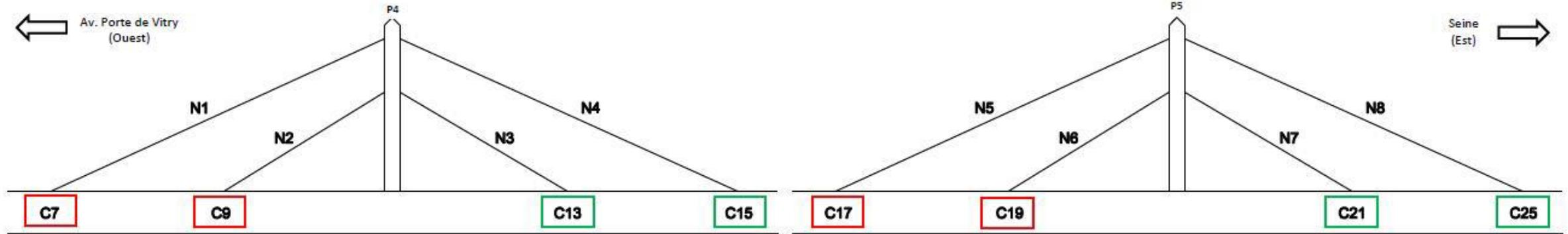
# Ouvrage



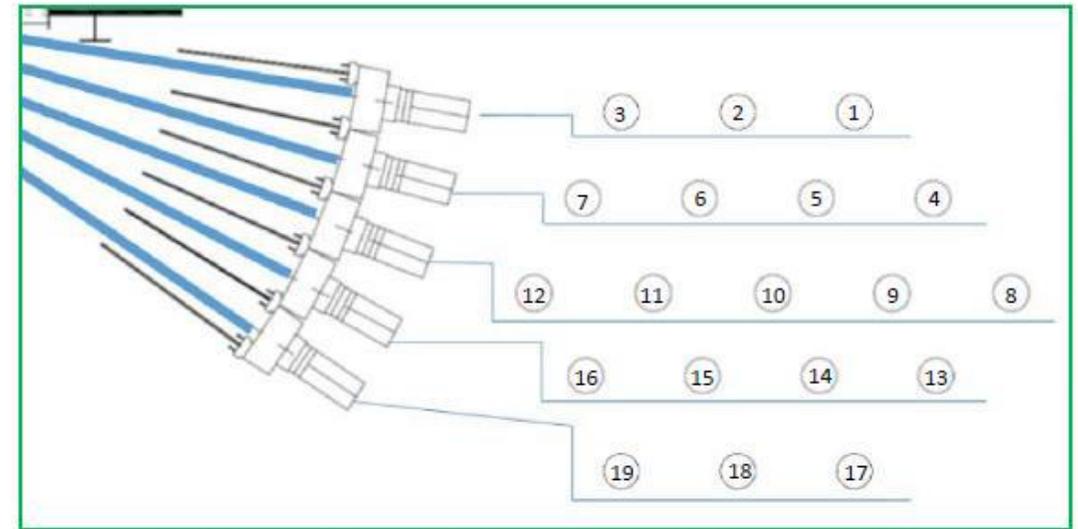
- Pont à haubans en acier
- Longueur : 492 m
- 4 haubans : 8 portions et 8 chambres d'ancrage
- Passage du périphérique au dessus des voies SNCF



# Haubans

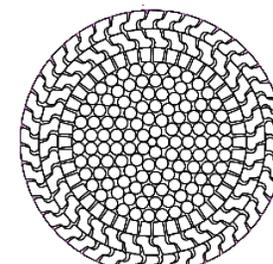
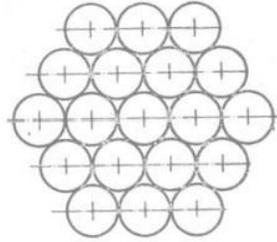


Numérotation des câbles vus depuis l'arrière des culots des chambres OUEST



Numérotation des câbles vus depuis l'arrière des culots des chambres EST

# Haubans



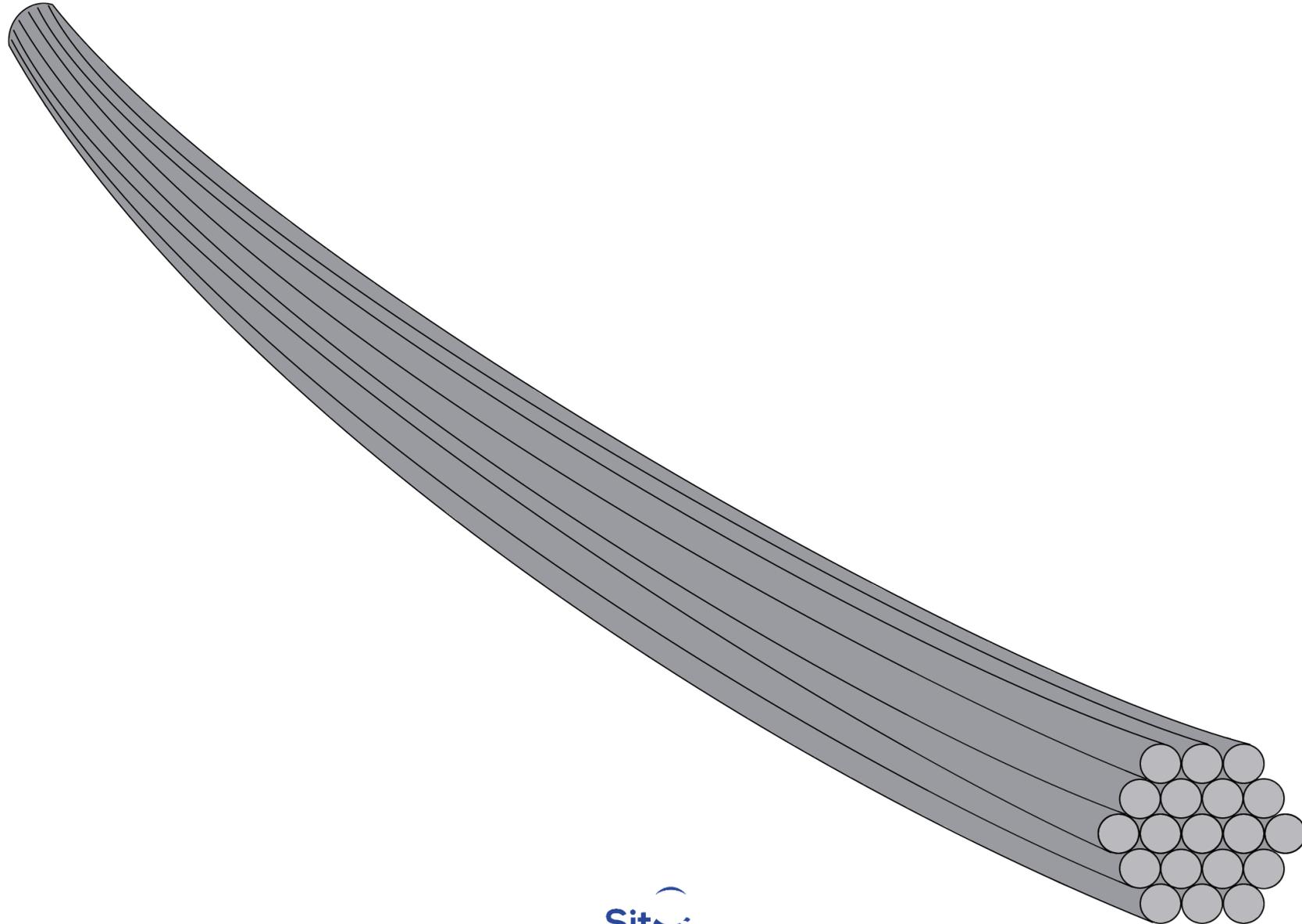
*Vue en coupe  
reconstituée d'un monotoron  
Ø83mm constitutif des haubans  
longs*

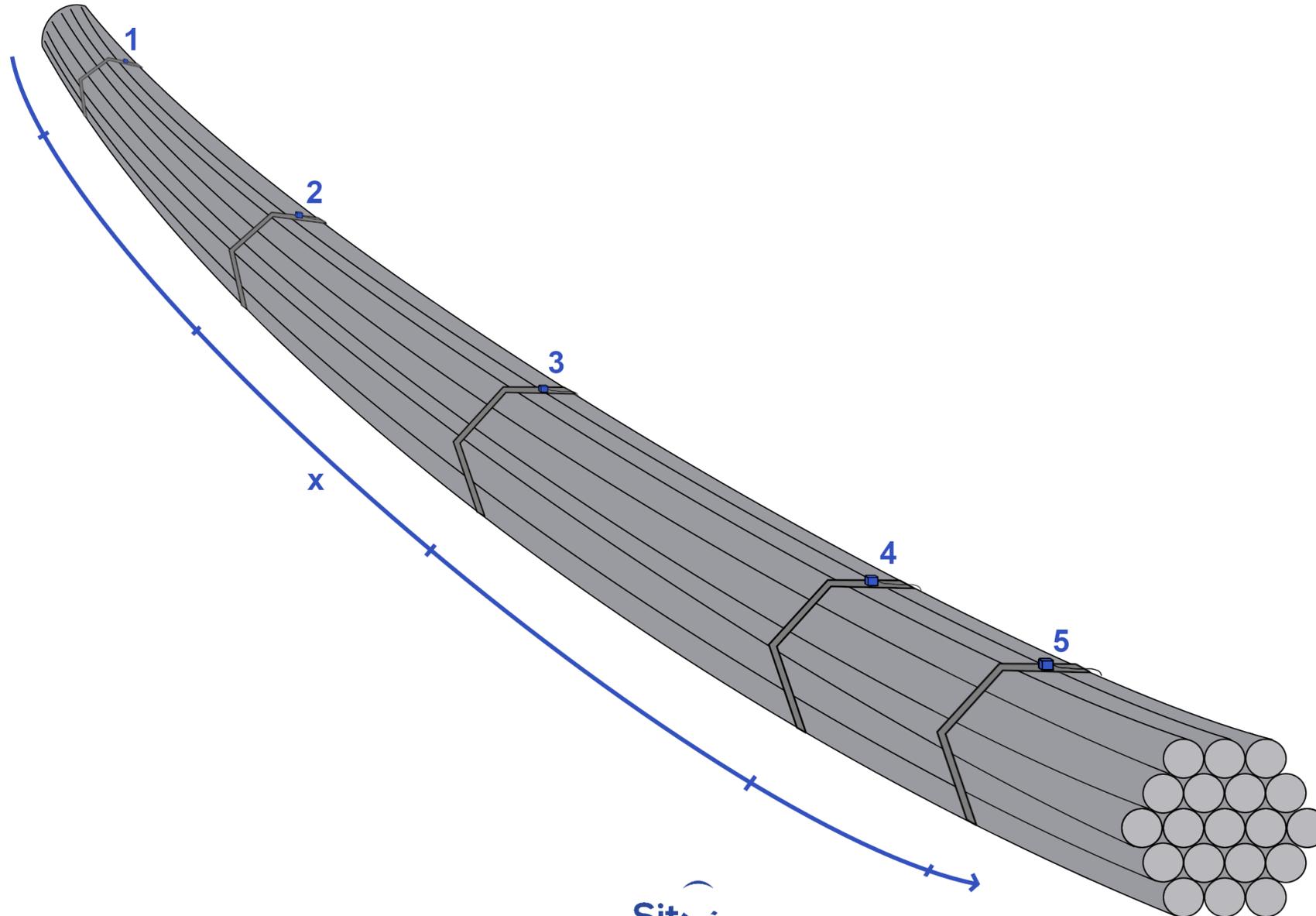


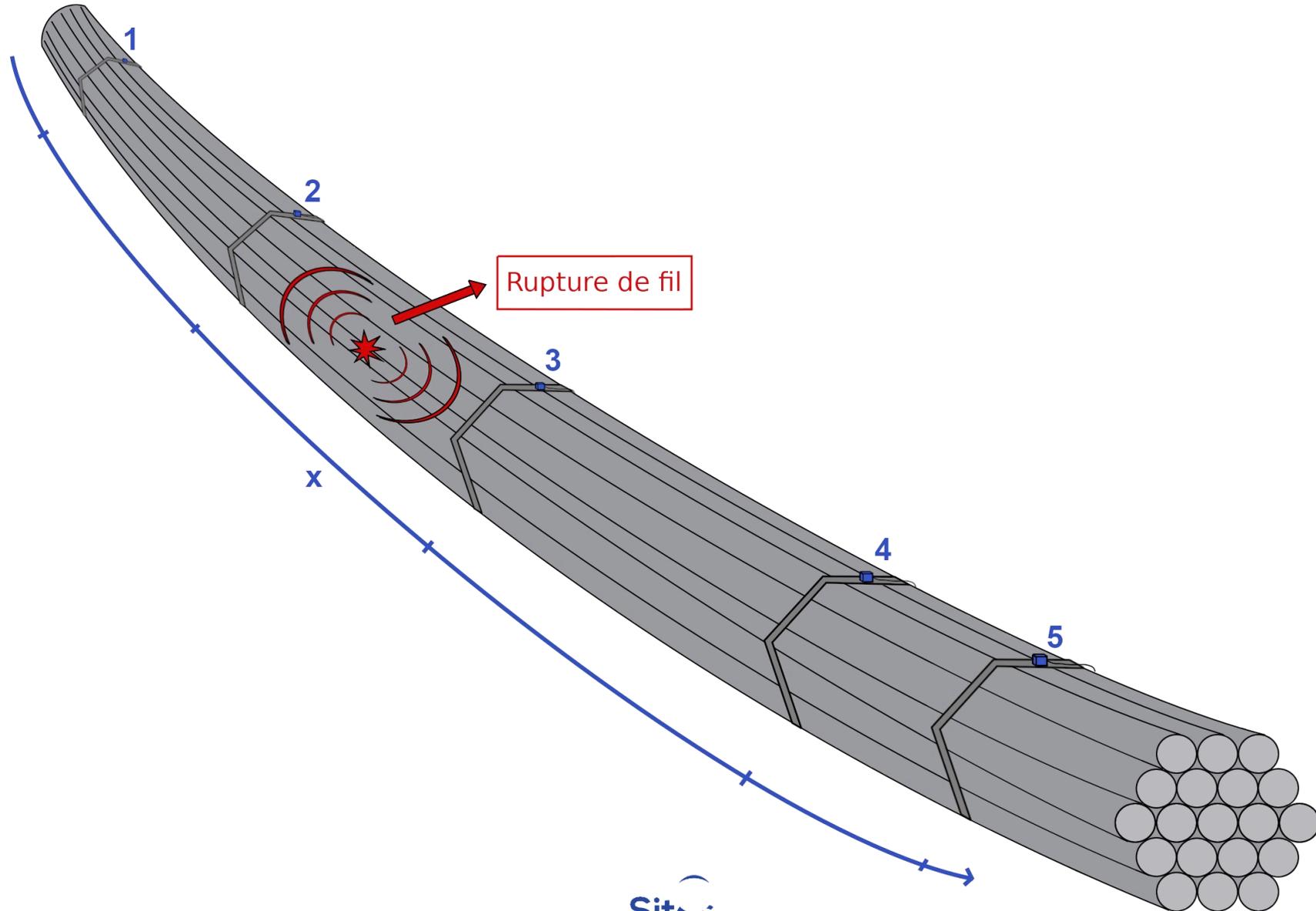
Coupe d'un exemple  
de monotoron



# Principe de la surveillance acoustique

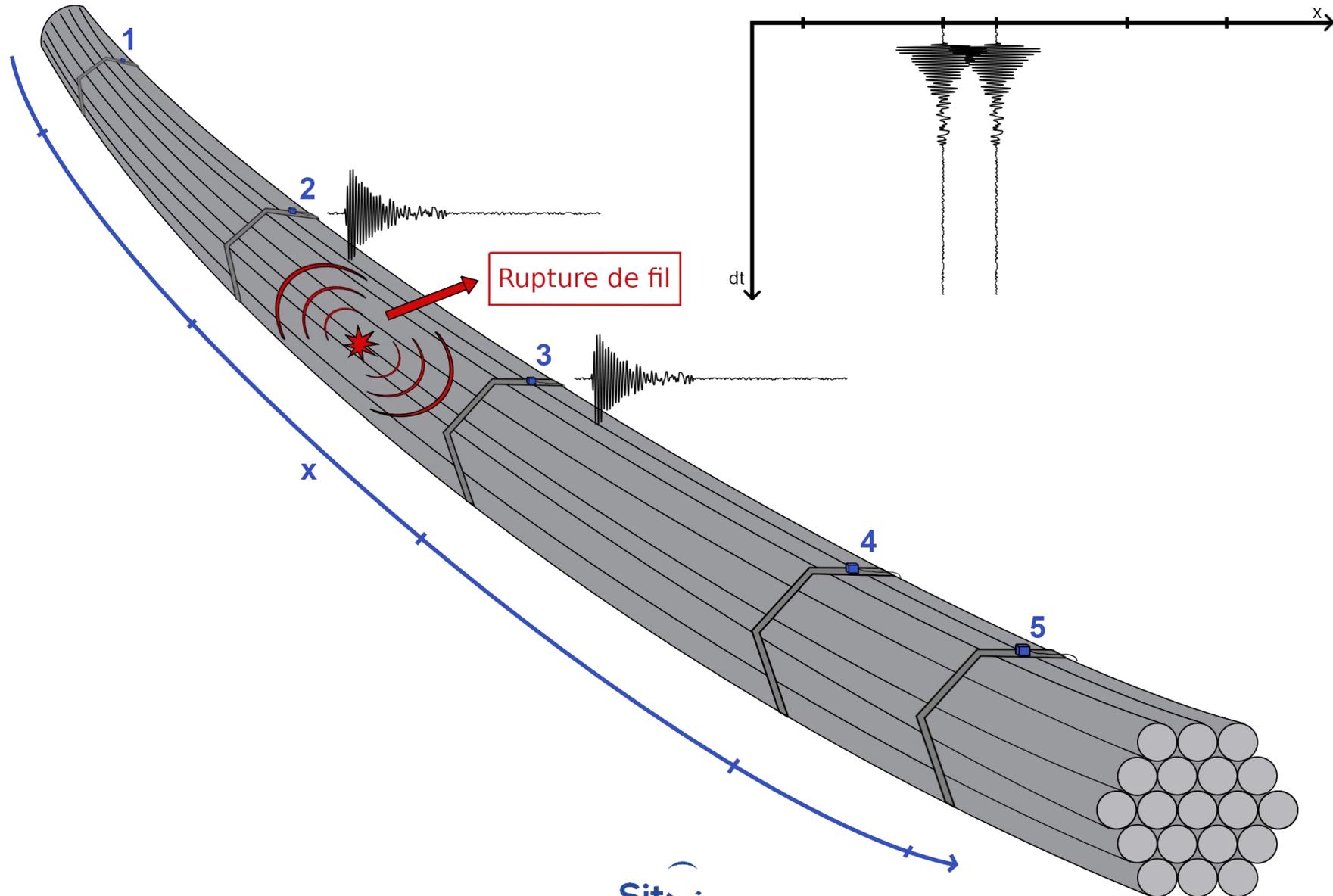






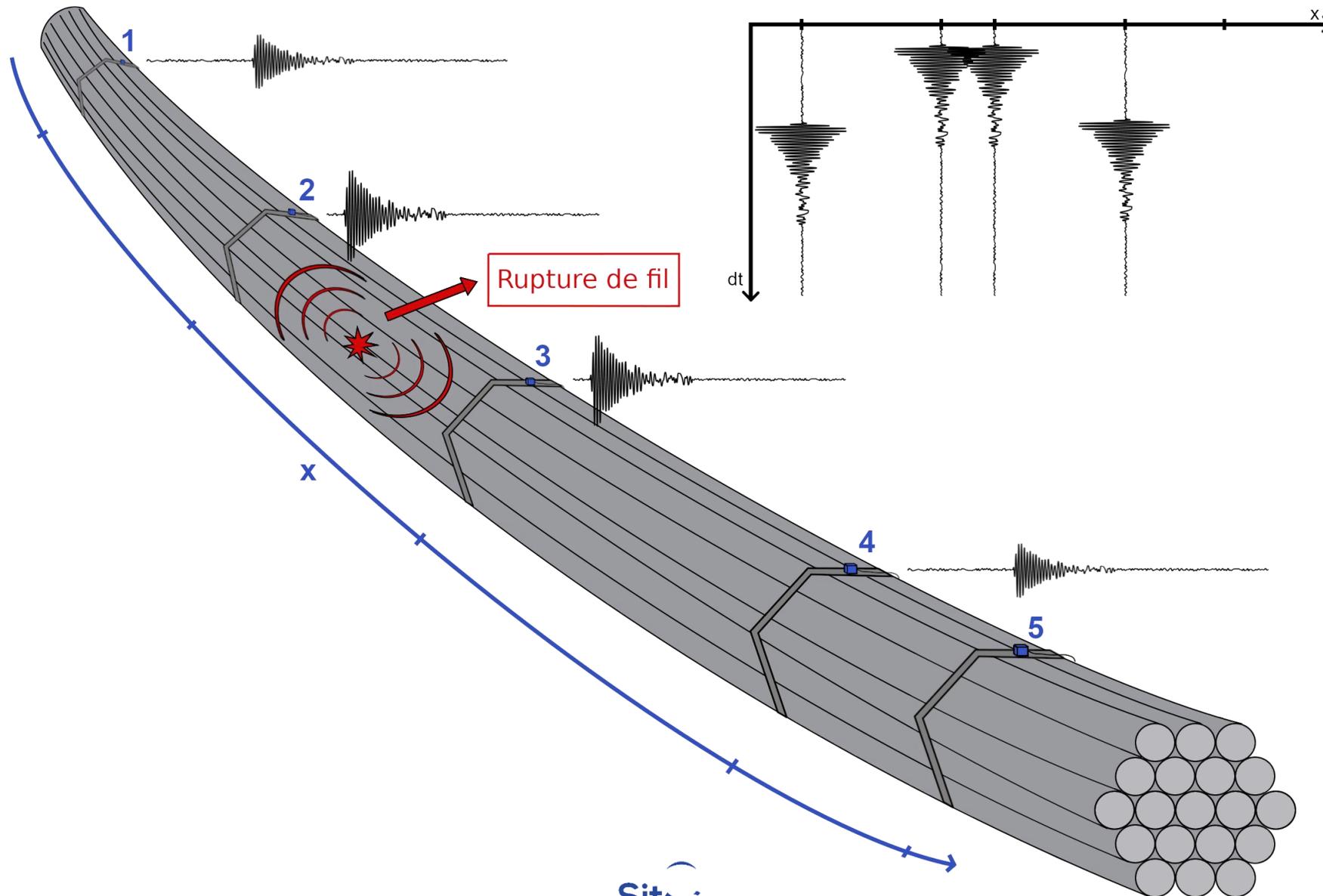
# Principe de la surveillance acoustique

# Propagation des ondes acoustiques



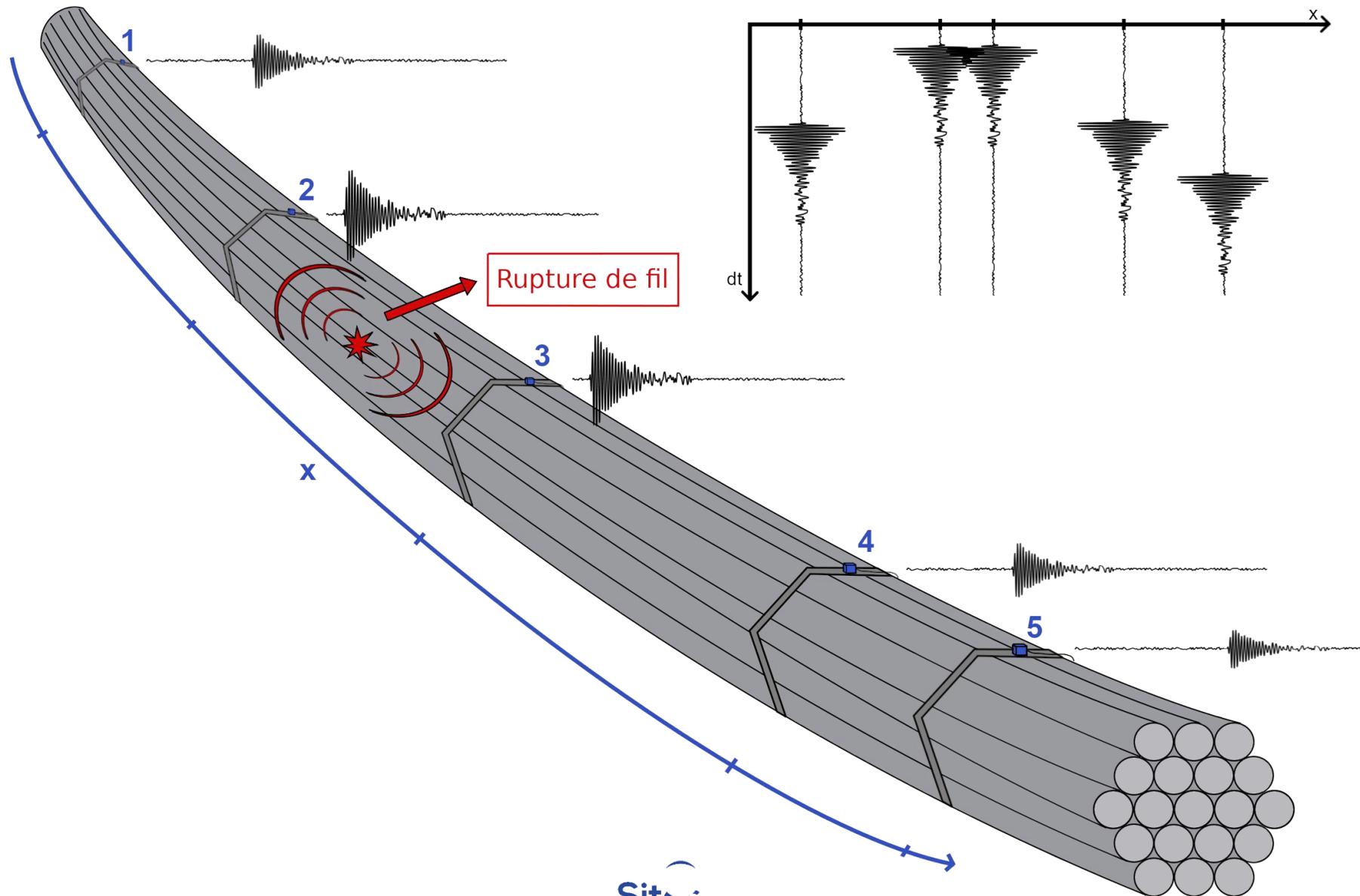
# Principe de la surveillance acoustique

# Propagation des ondes acoustiques



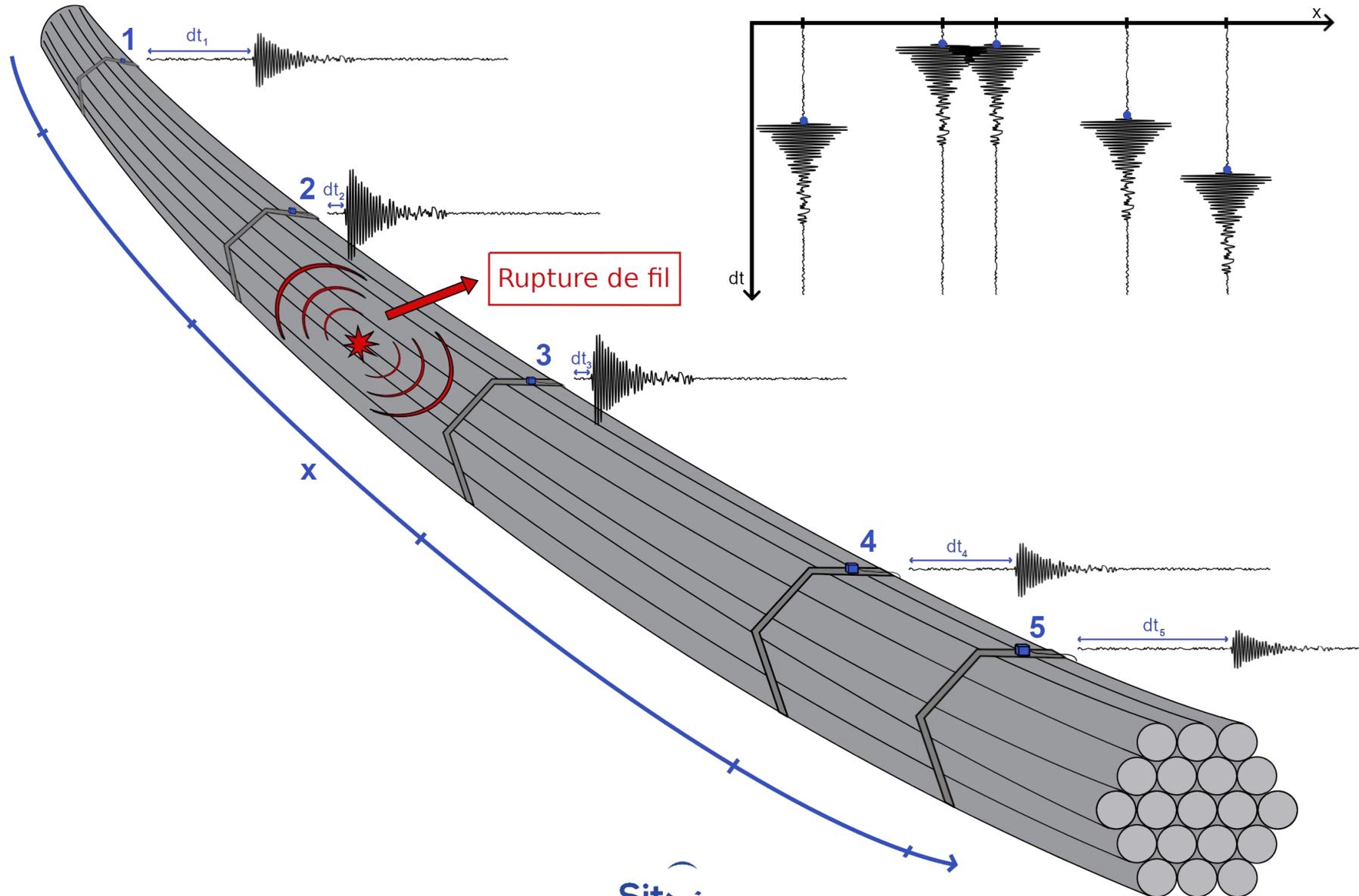
# Principe de la surveillance acoustique

# Propagation des ondes acoustiques



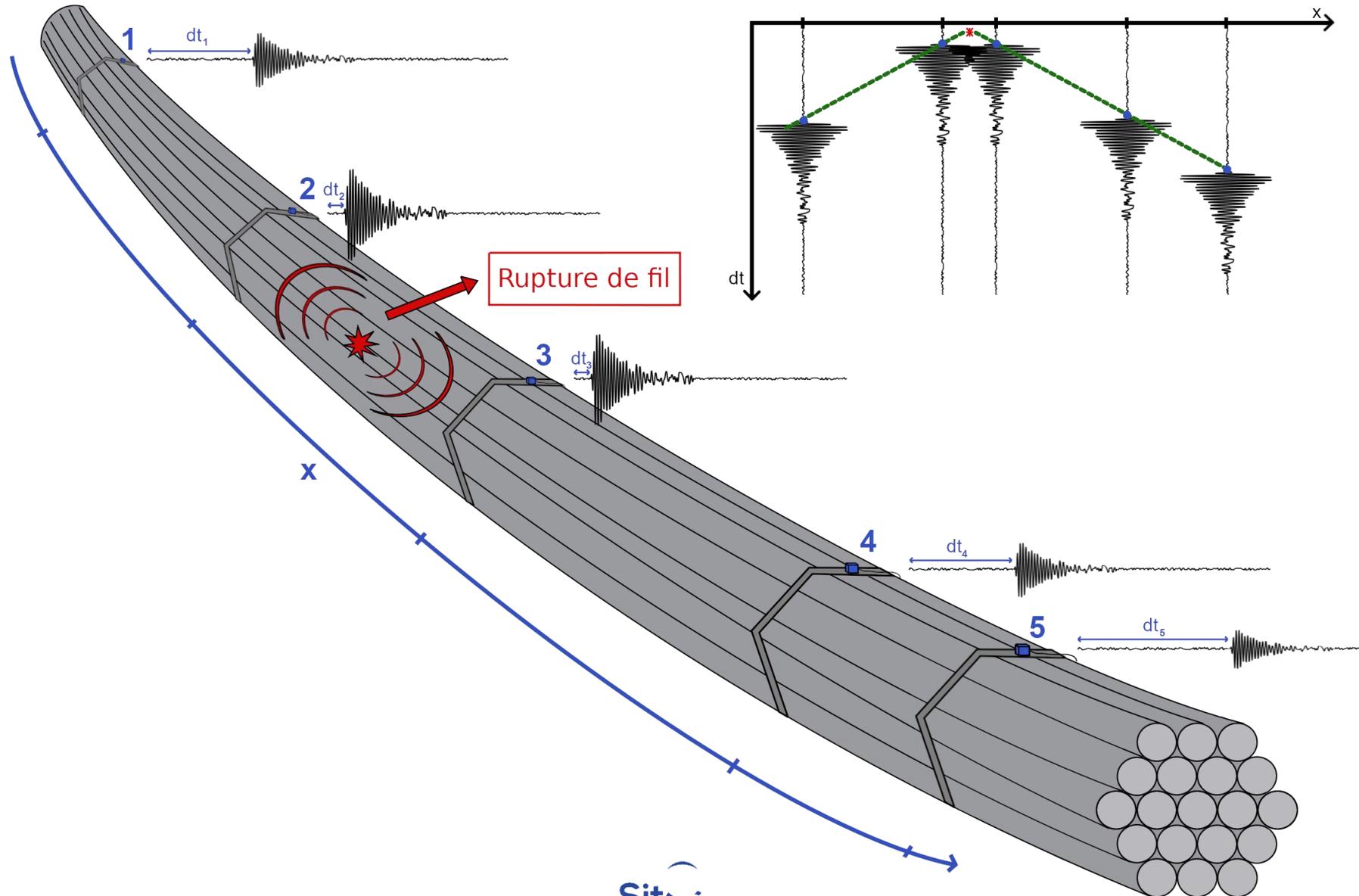
# Principe de la surveillance acoustique

## Mesure des délais d'arrivée

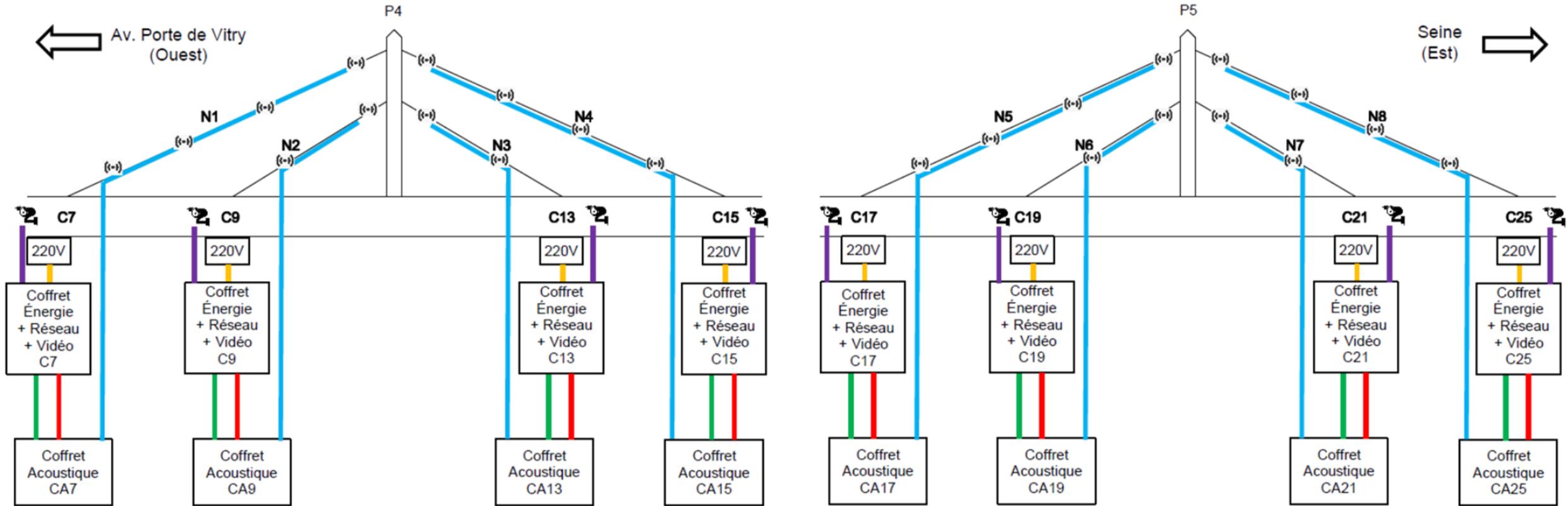


# Principe de la surveillance acoustique

# Calcul de la position de rupture

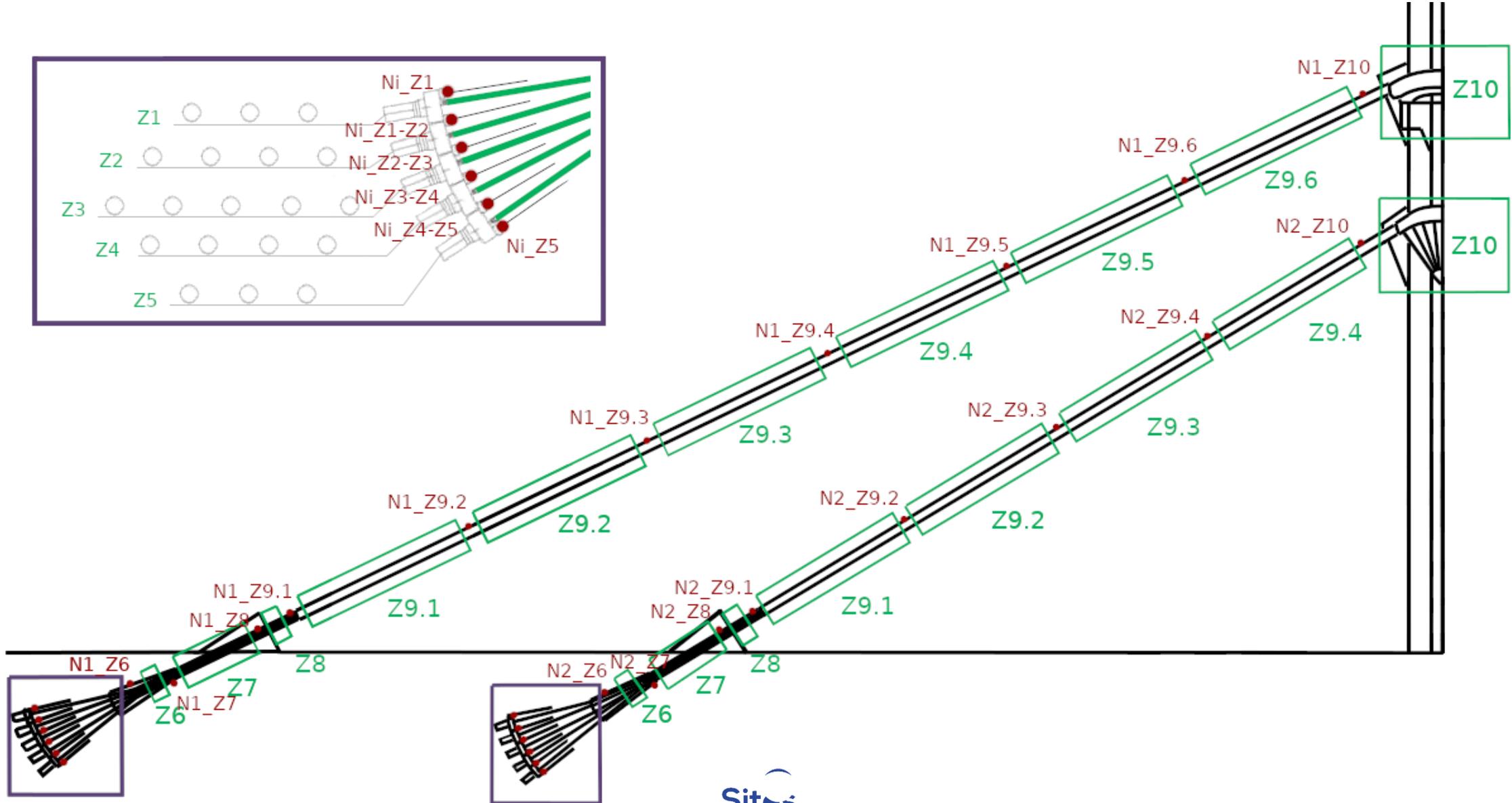


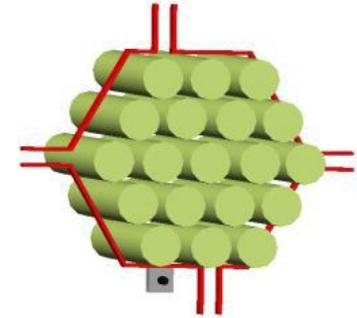
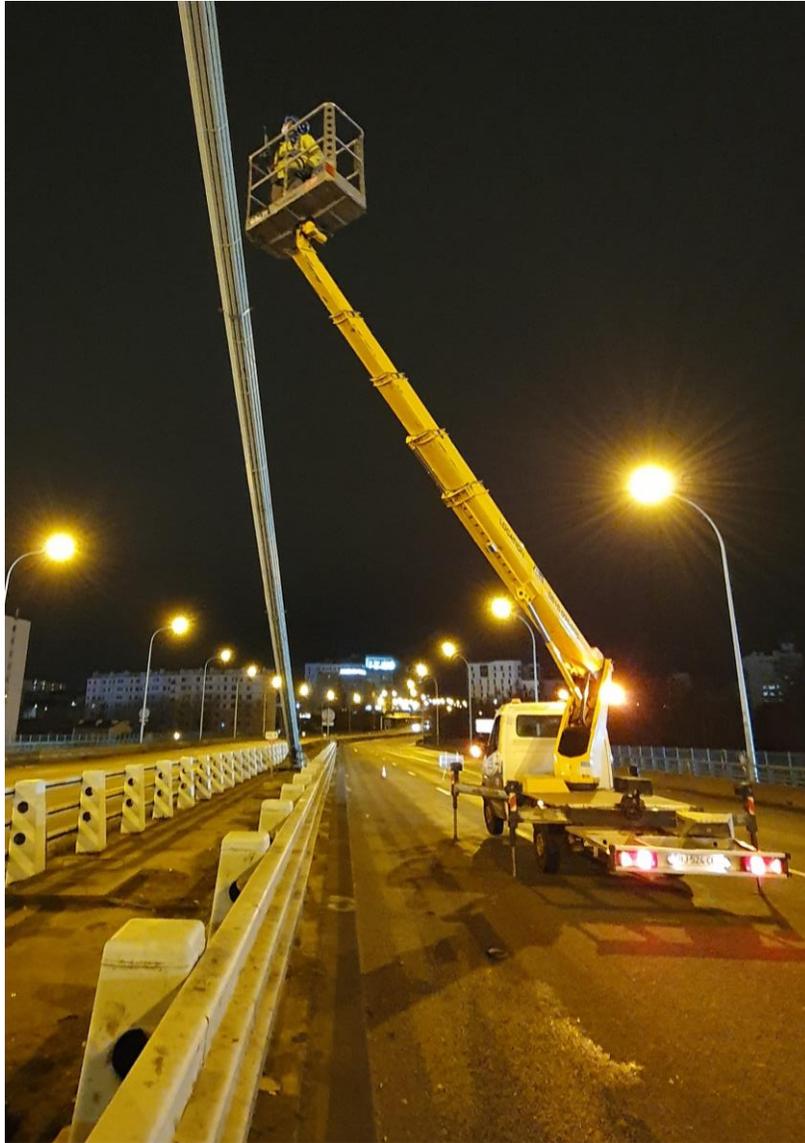
# Dispositif instrumental global



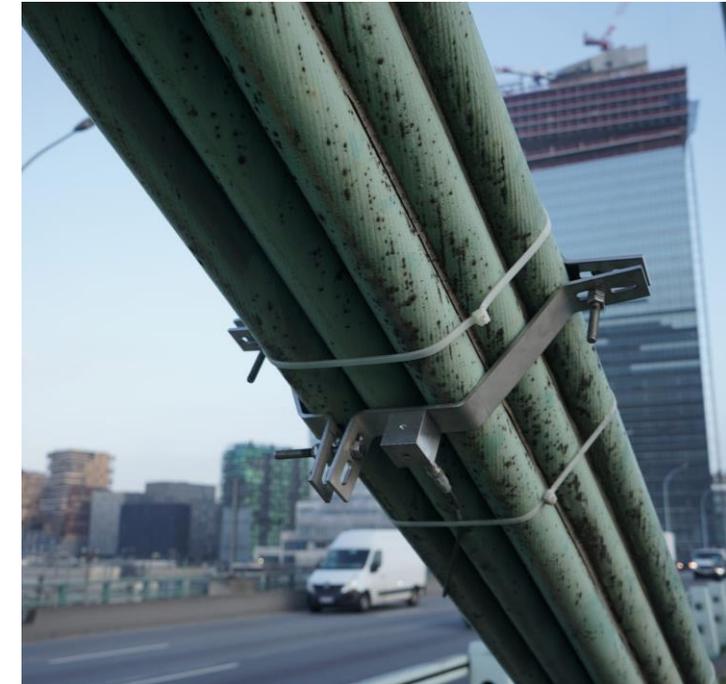
- : Réseau 220V
- : Réseau Ethernet
- : + 12 V
- : câble capteurs
- : câbles caméras

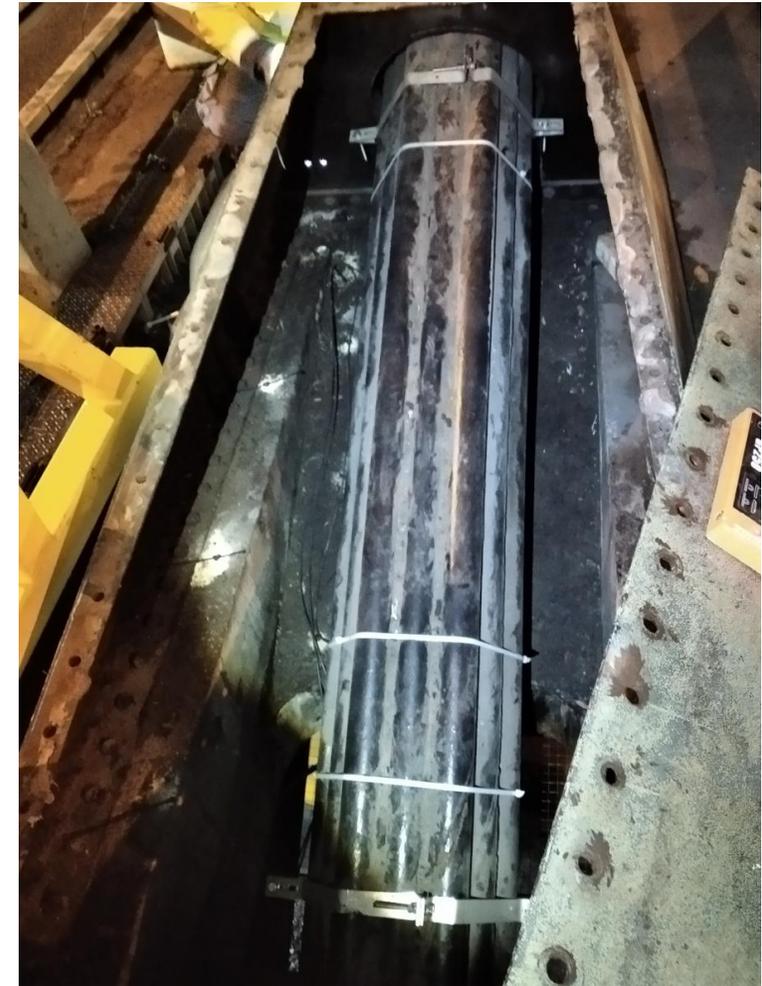
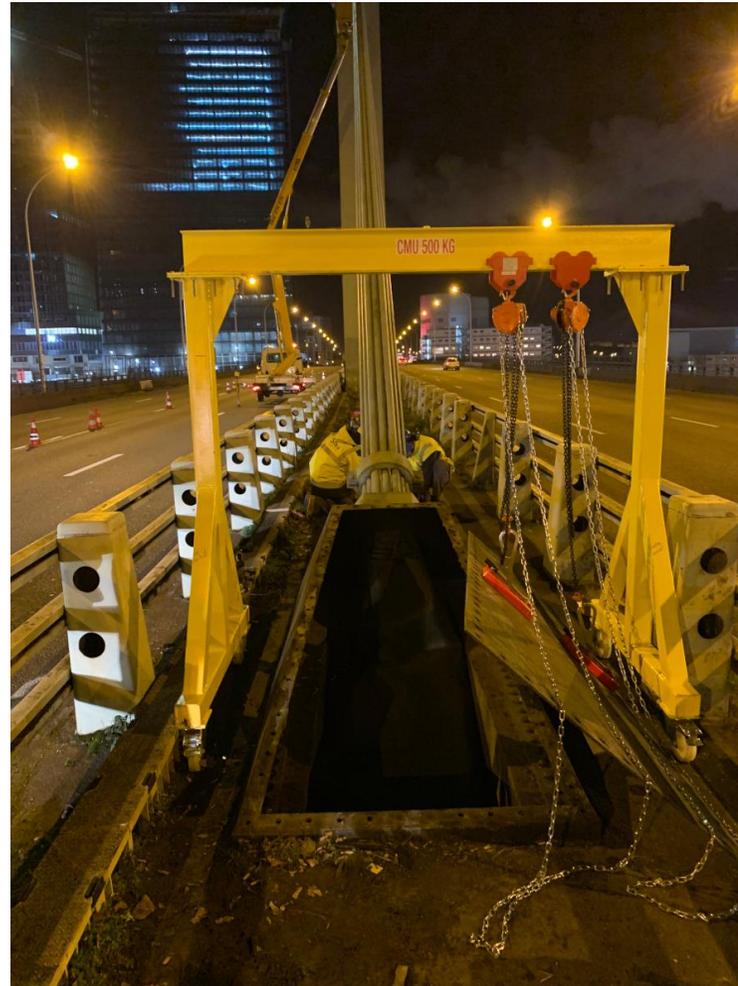
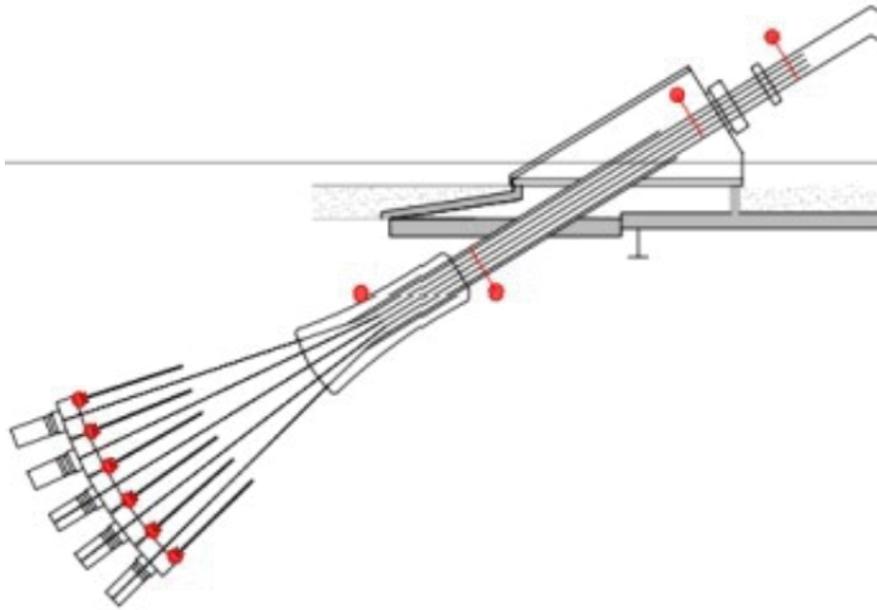


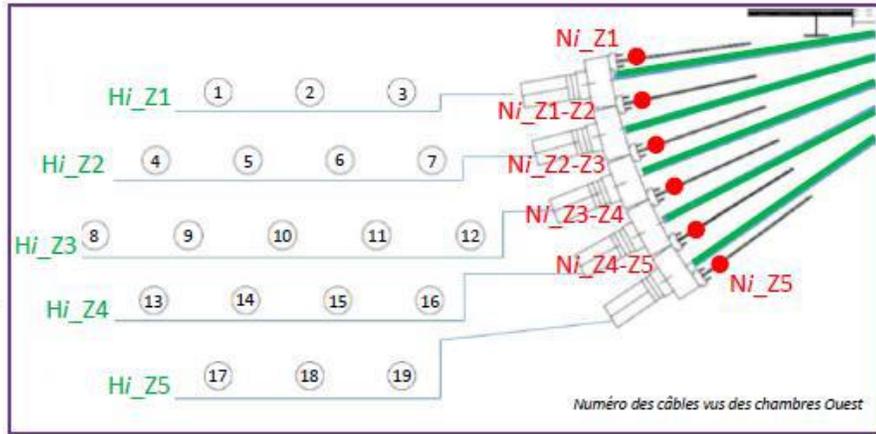




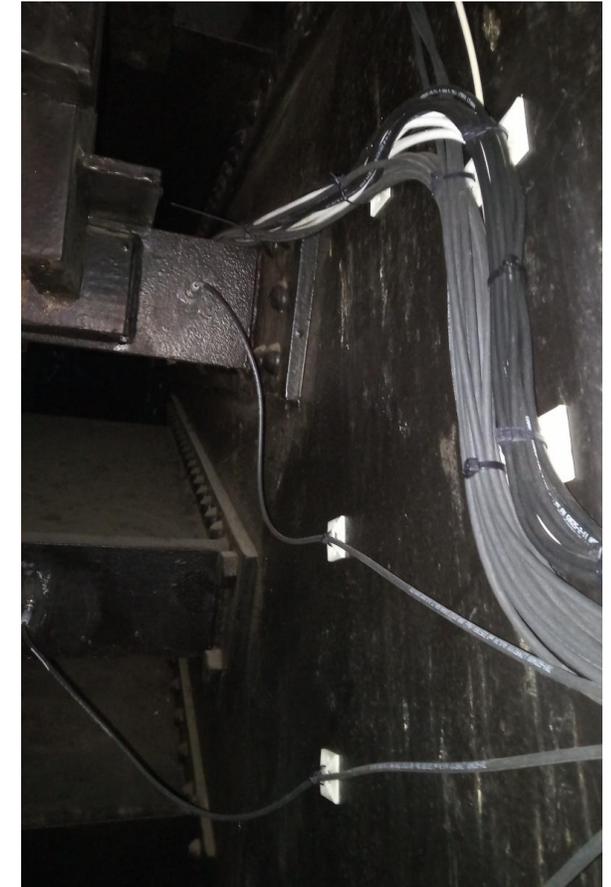
- Fréquence d'échantillonnage : 100 kHz
- Bande passante : 20 kHz
- Sensibilité : 100 mV/g  $\pm$  10 %
- Plage dynamique : 80g
- Synchronisation GPS entre les systèmes  $\sim$ 0.1  $\mu$ s





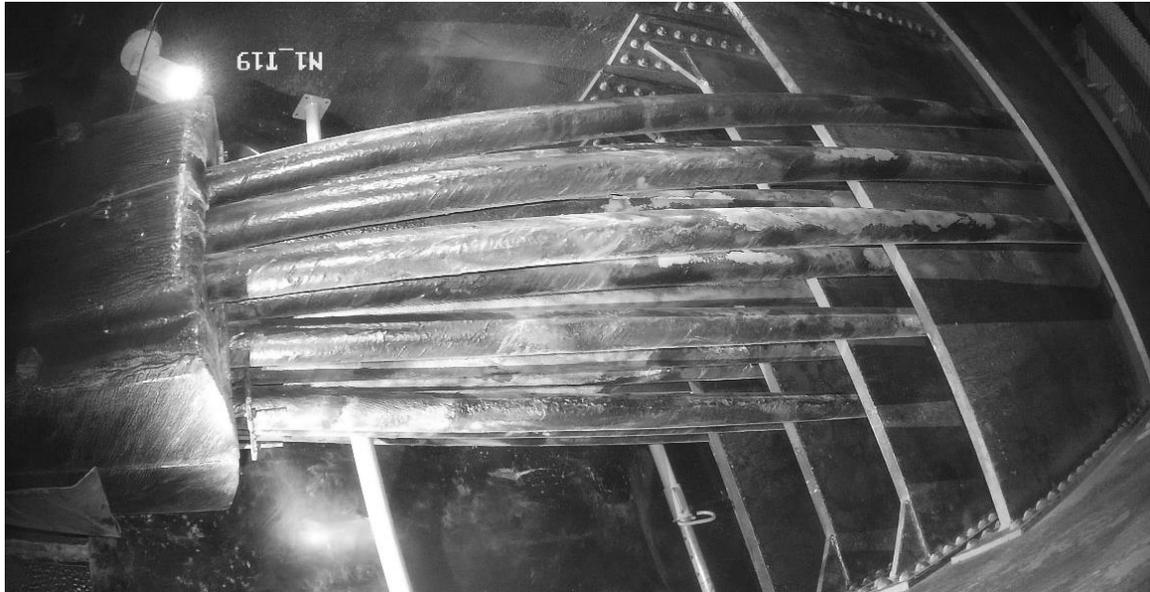
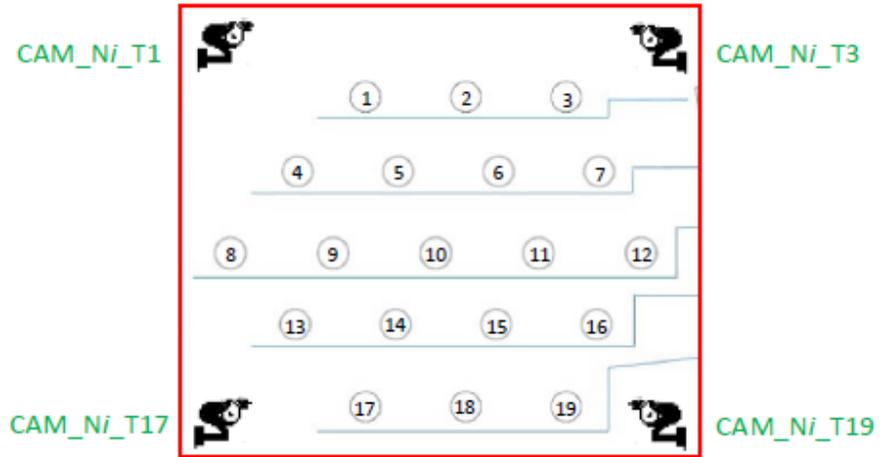


1 accéléromètre sur le collier d'épanouissement



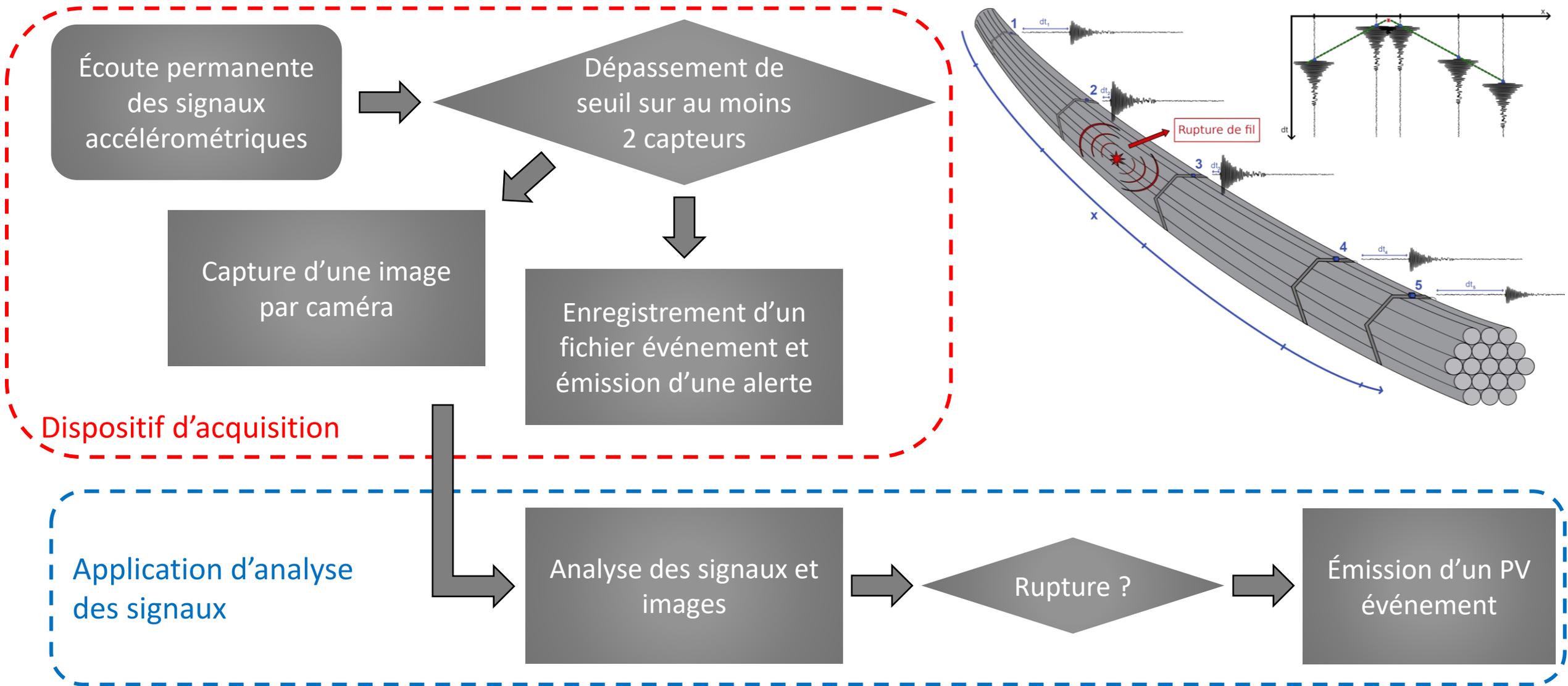
5 nappes de torons → 6 persiennes → 6 accéléromètres

# Instrumentation visuelle dans la chambre d'ancrage



Caméras infrarouges avec éclairage intégré

# Logique de la surveillance en place

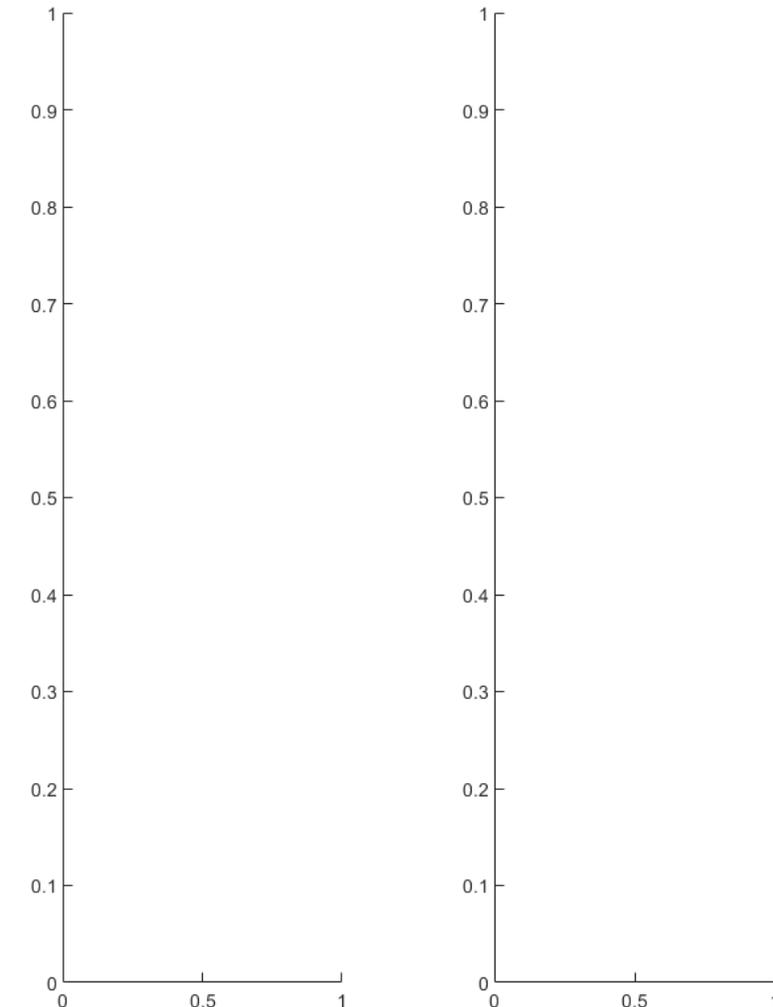
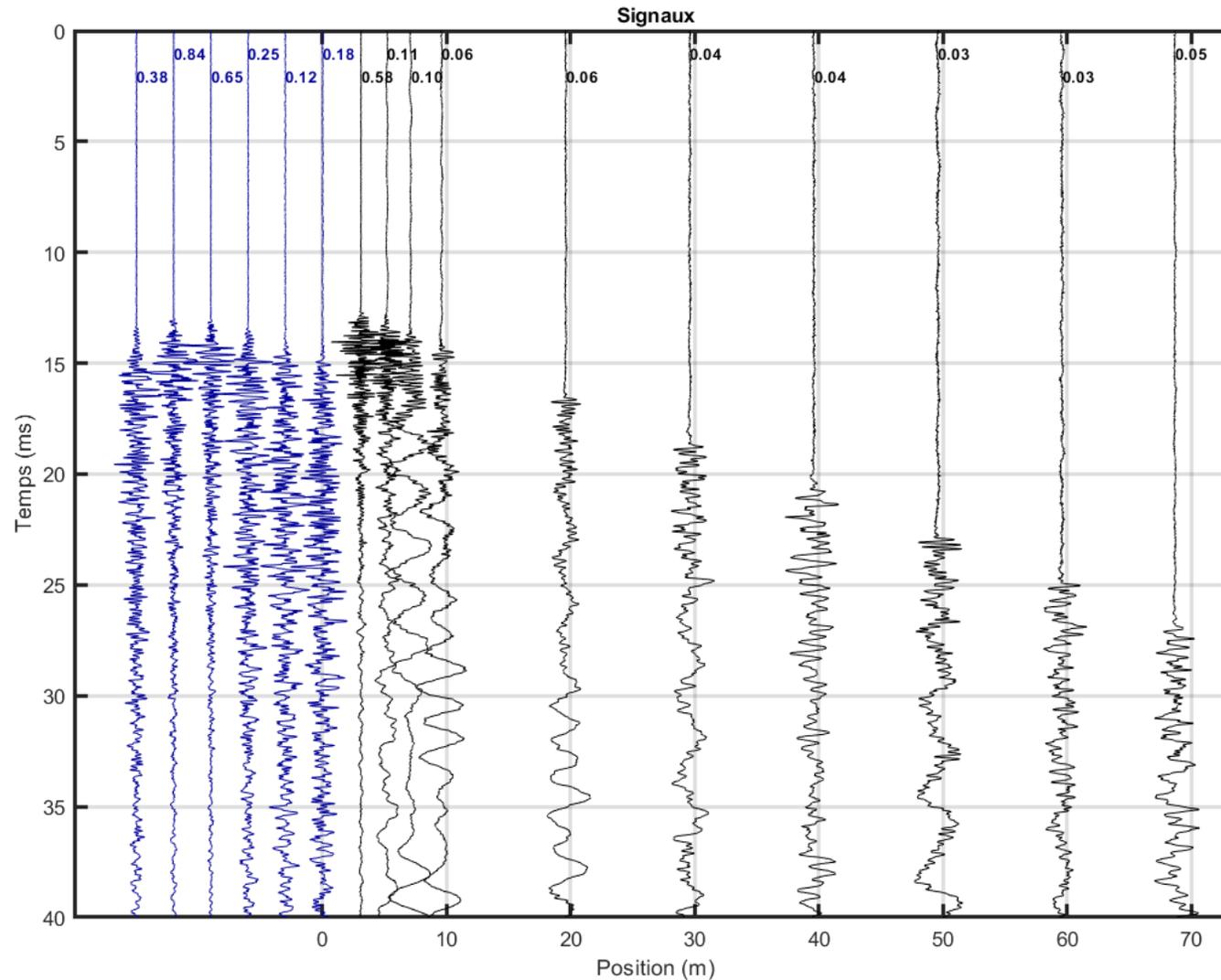


# Test de maintenance au scléromètre



- Signaux des capteurs des persiennes à  $x = 0\text{m}$

- Signaux des capteurs du collier à la selle

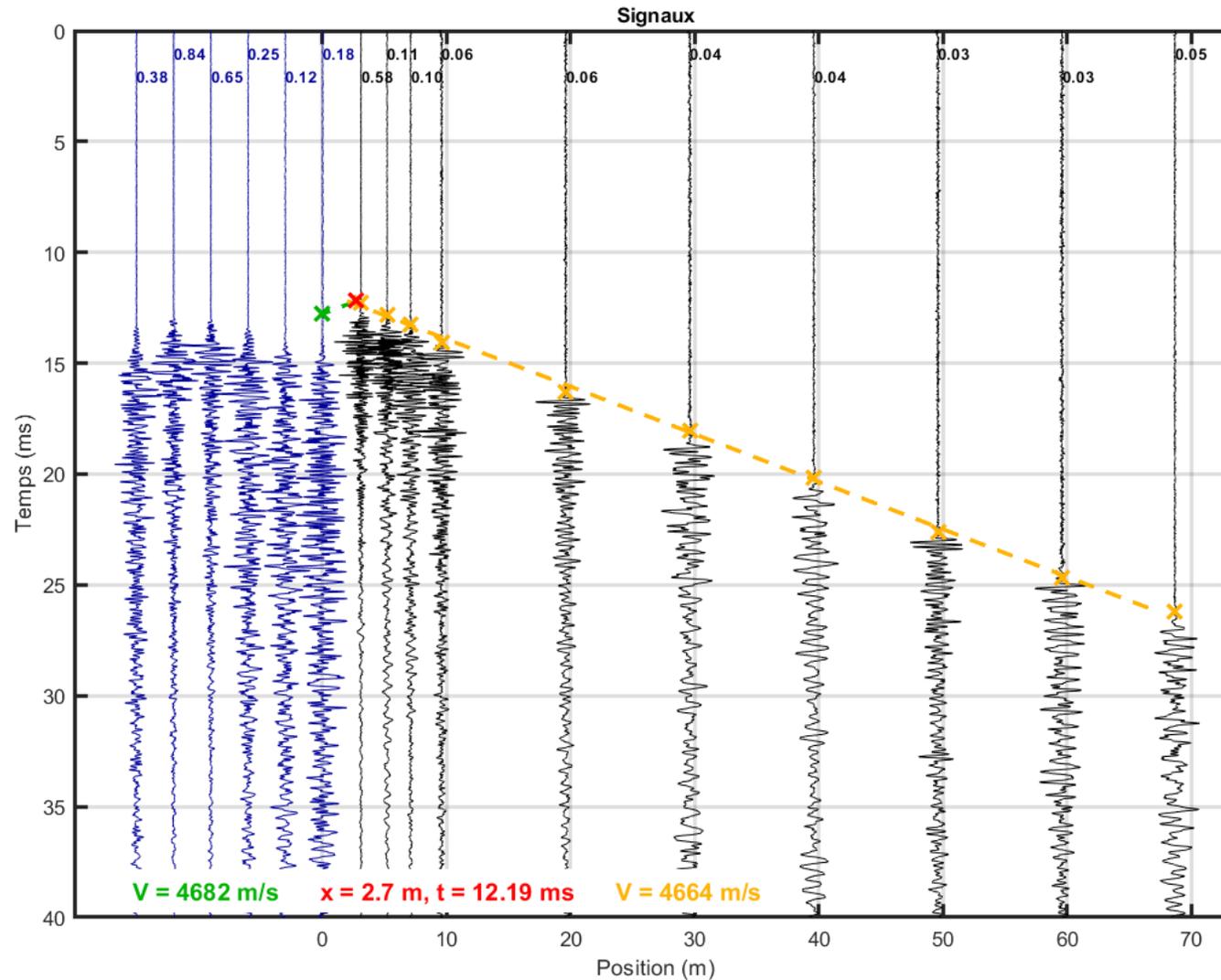


# Test de maintenance au scléromètre

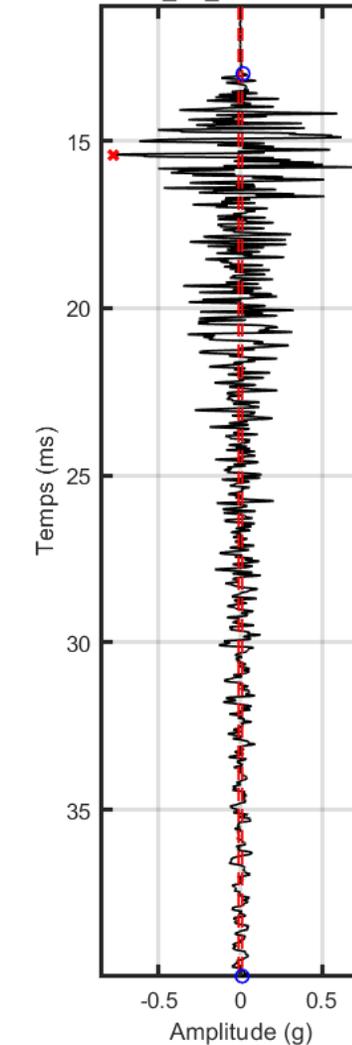
# Analyse des signaux

- Signaux des capteurs des persiennes à  $x = 0\text{ m}$

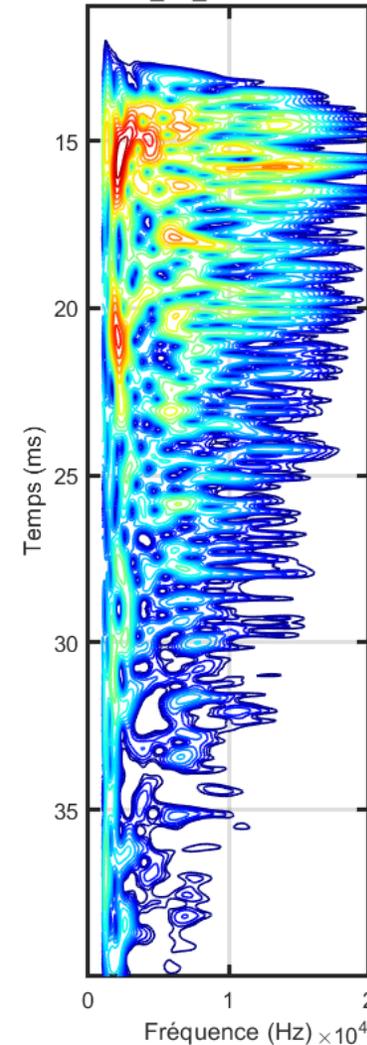
- Signaux des capteurs du collier à la selle



Voies sélectionnée  
N1\_Z4\_Z5 - x = 0 m



Analyse temps-fréquence  
N1\_Z4\_Z5 - x = 0 m

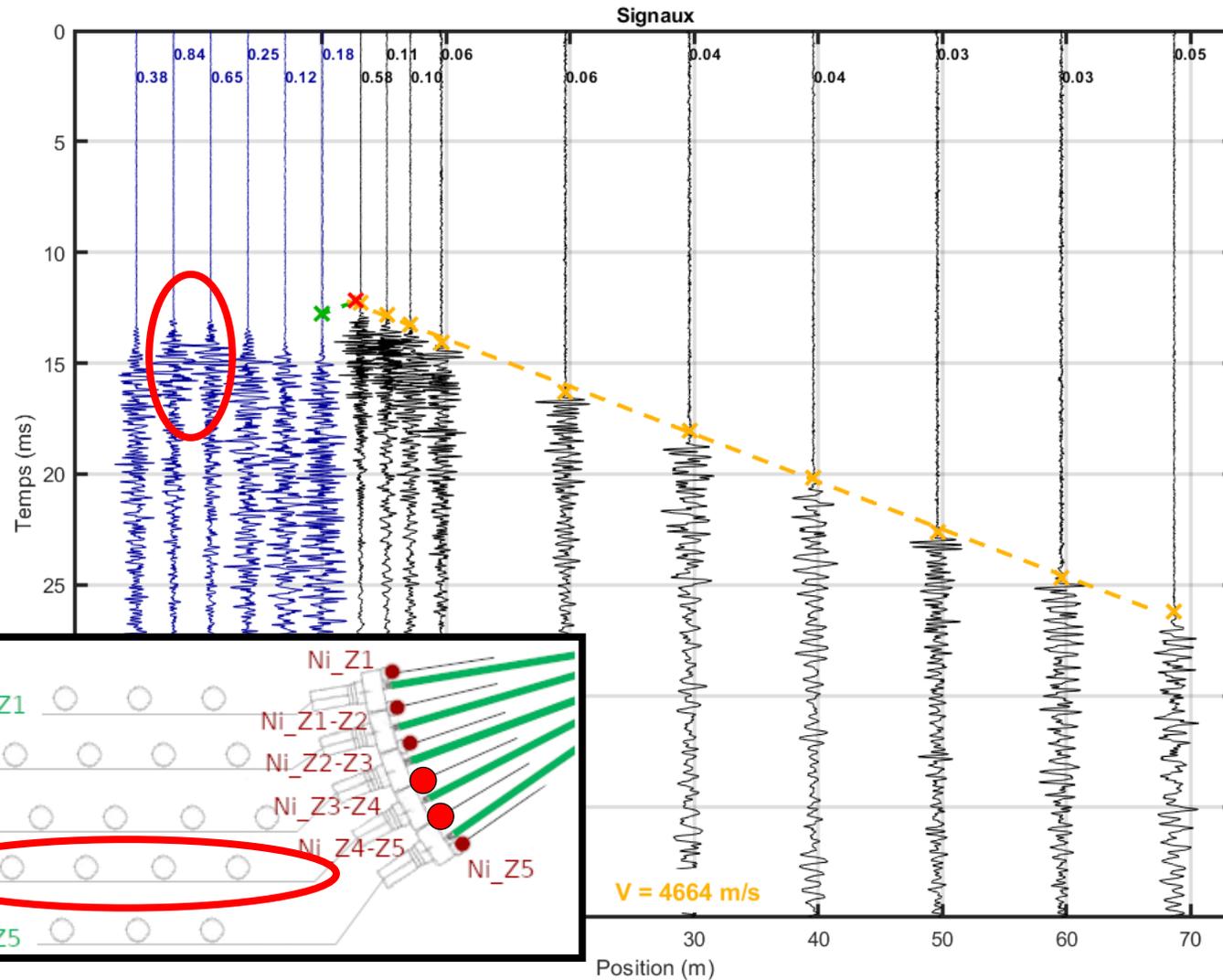


# Test de maintenance au scléromètre

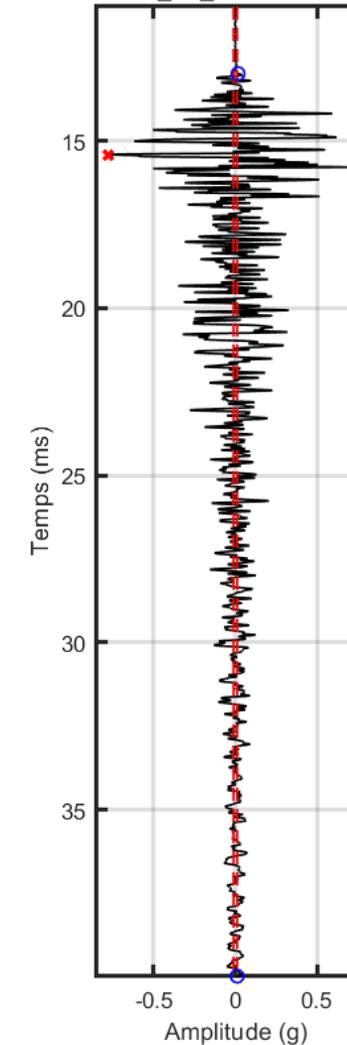
# Analyse des signaux

- Signaux des capteurs des persiennes à  $x = 0\text{ m}$

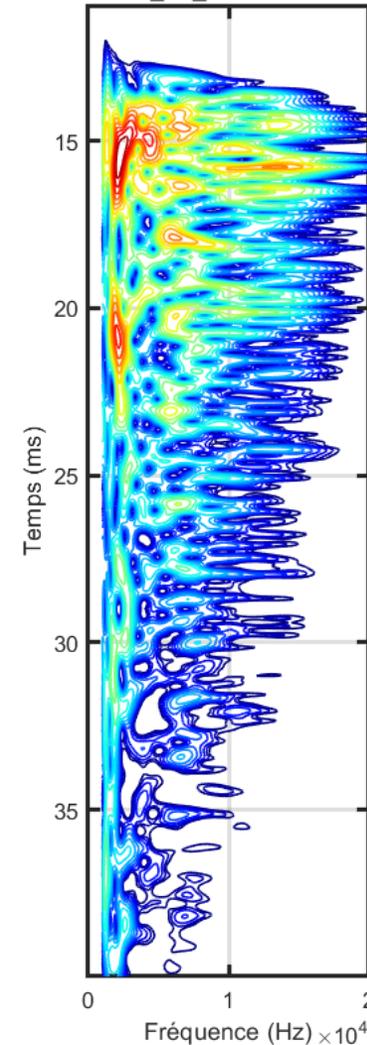
- Signaux des capteurs du collier à la selle



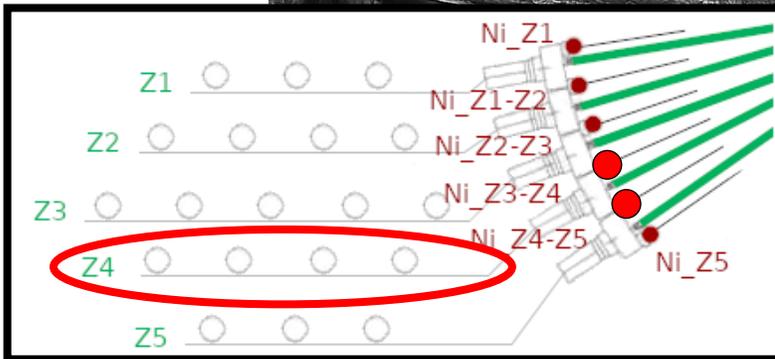
Voies sélectionnée  
N1\_Z4\_Z5 -  $x = 0\text{ m}$



Analyse temps-fréquence  
N1\_Z4\_Z5 -  $x = 0\text{ m}$

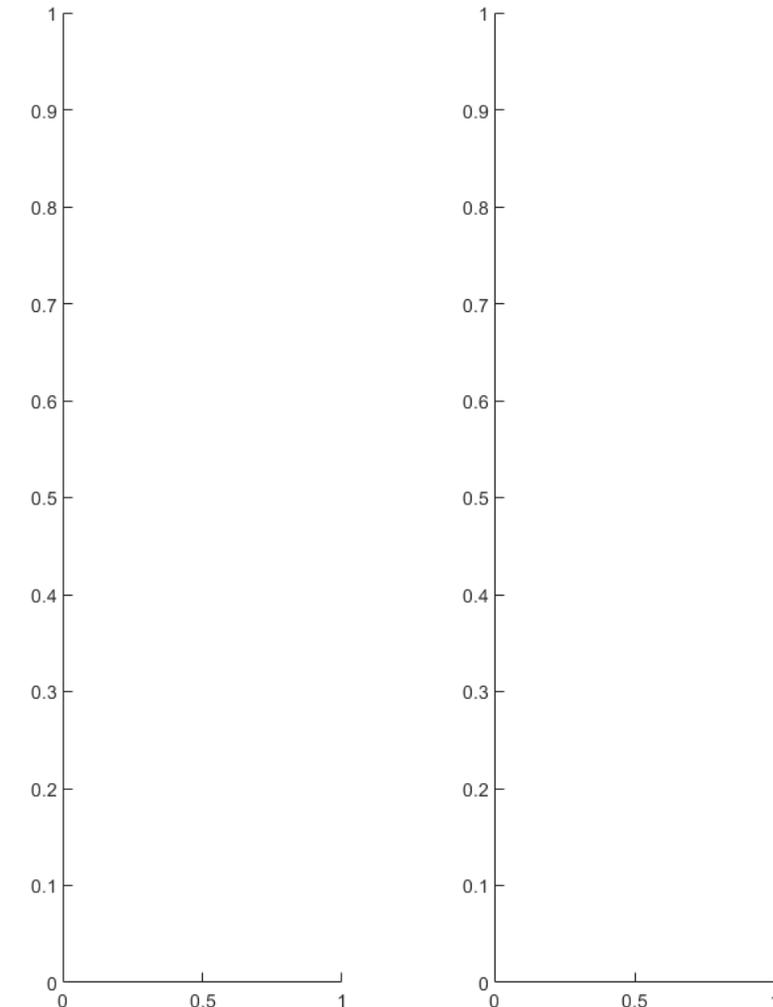
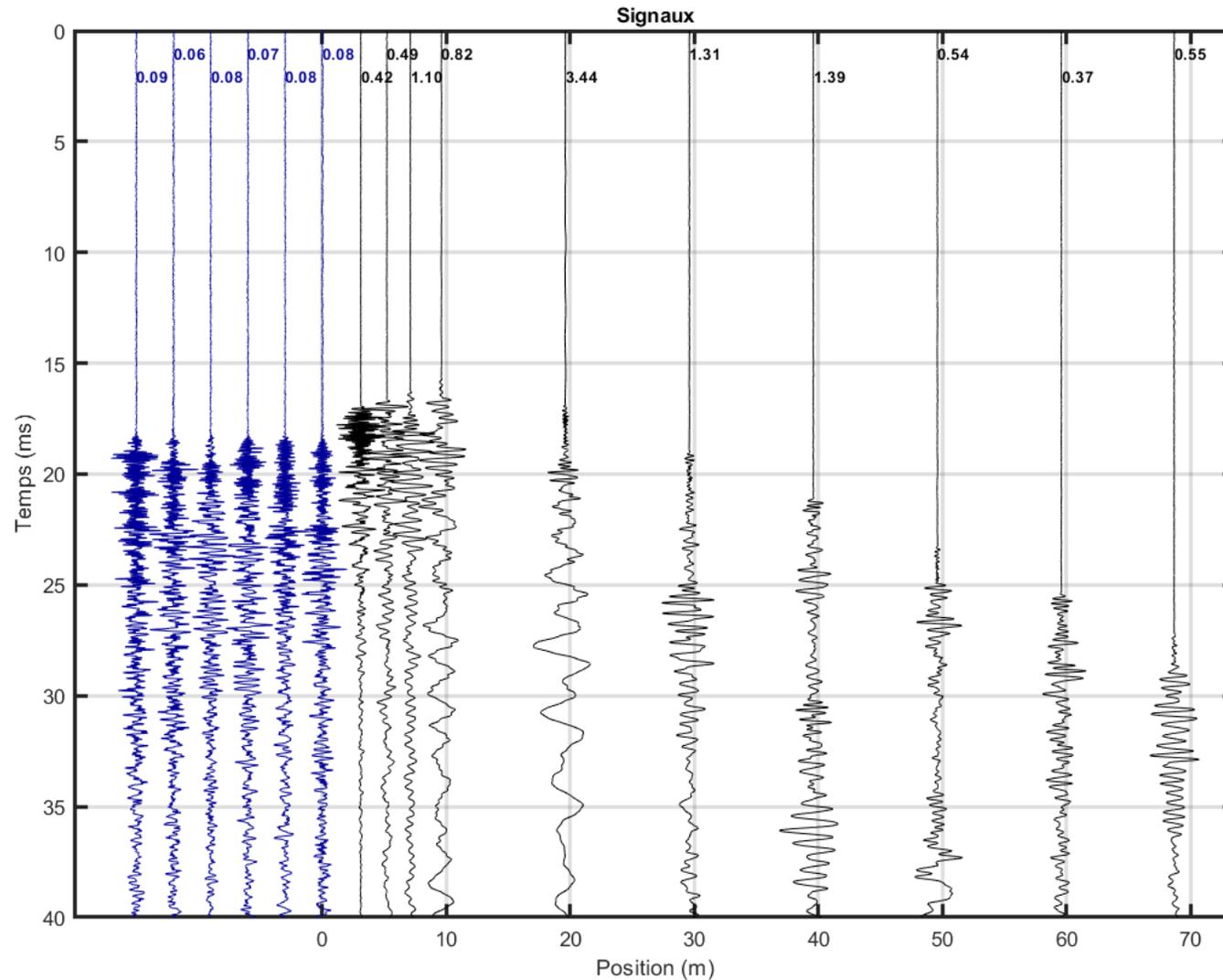


# Test de maintenance au scléromètre



- Signaux des capteurs des persiennes à  $x = 0\text{m}$

- Signaux des capteurs du collier à la selle



# Test de maintenance au scléromètre

# Analyse des signaux

- Signaux des capteurs des persiennes à  $x = 0\text{m}$

- Signaux des capteurs du collier à la selle

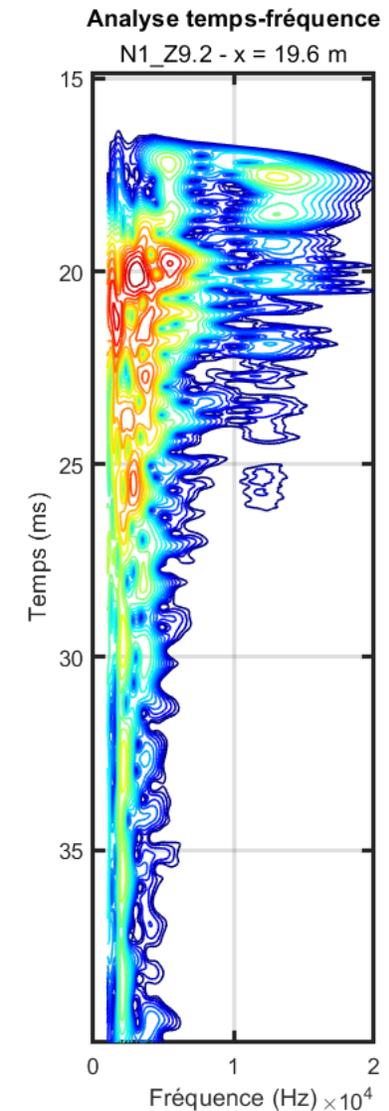
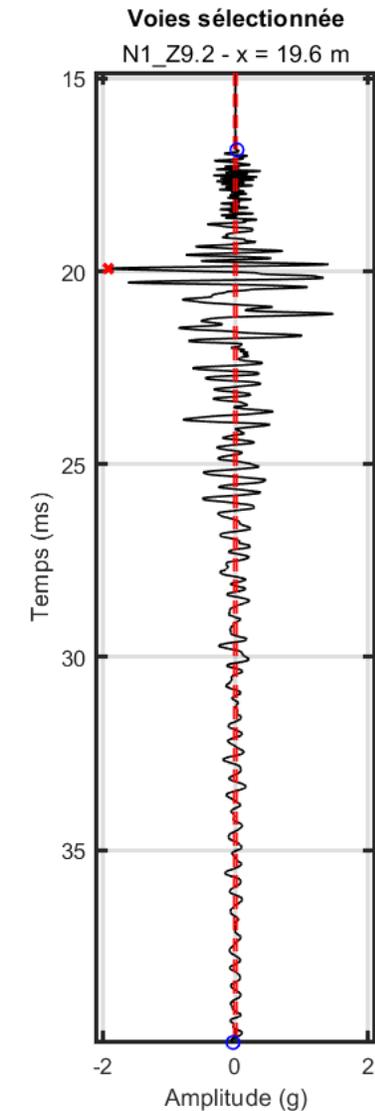
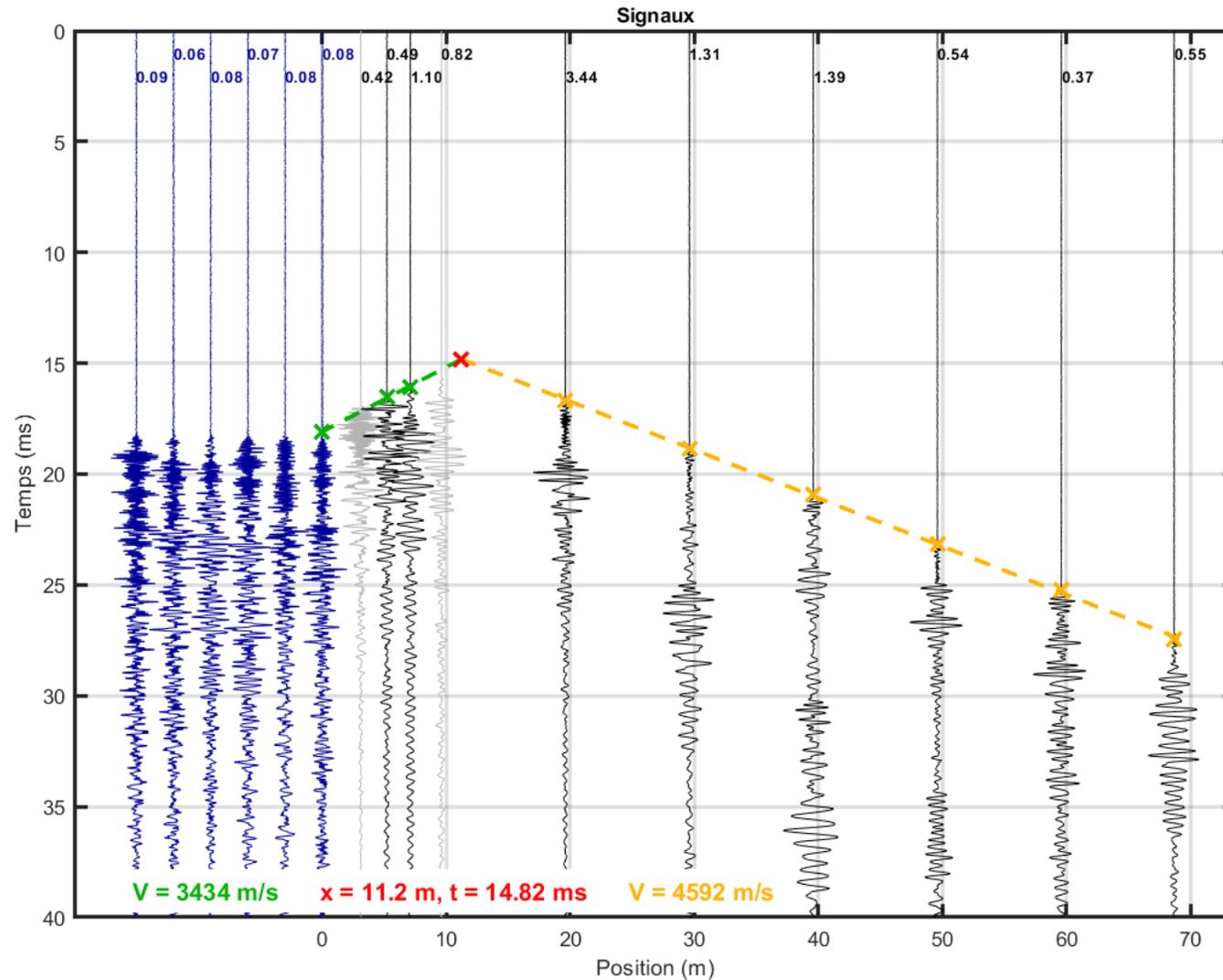




Image de référence





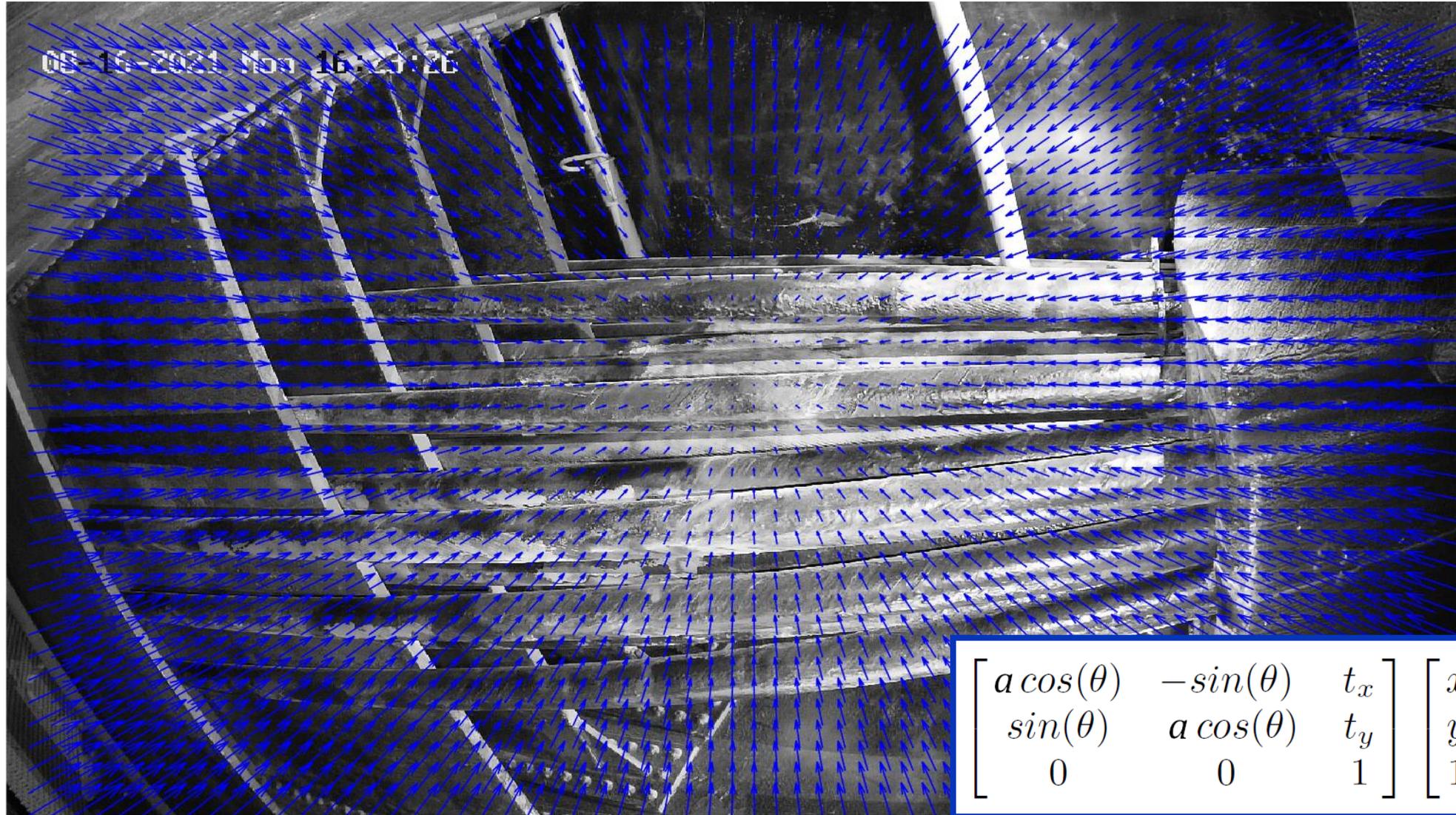
Image analysée (consécutif au choc)



Champ de déplacement calculé entre les deux images



méthode : corrélation d'images



$$\begin{bmatrix} a \cos(\theta) & -\sin(\theta) & t_x \\ \sin(\theta) & a \cos(\theta) & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix}$$

Matrice de transformation



méthode : optimisation

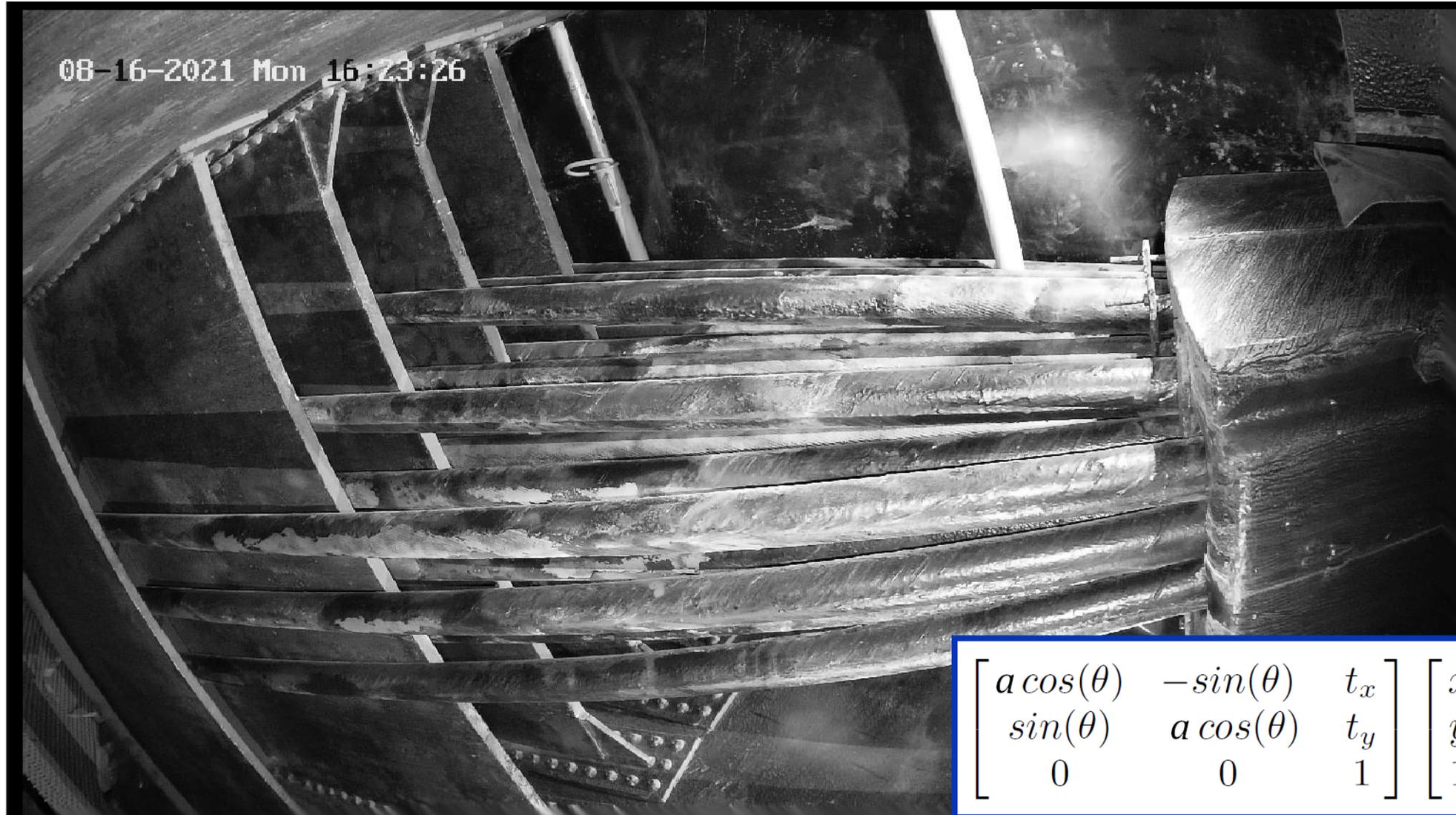


Image analysée recalée



méthode : homographie



Image de référence





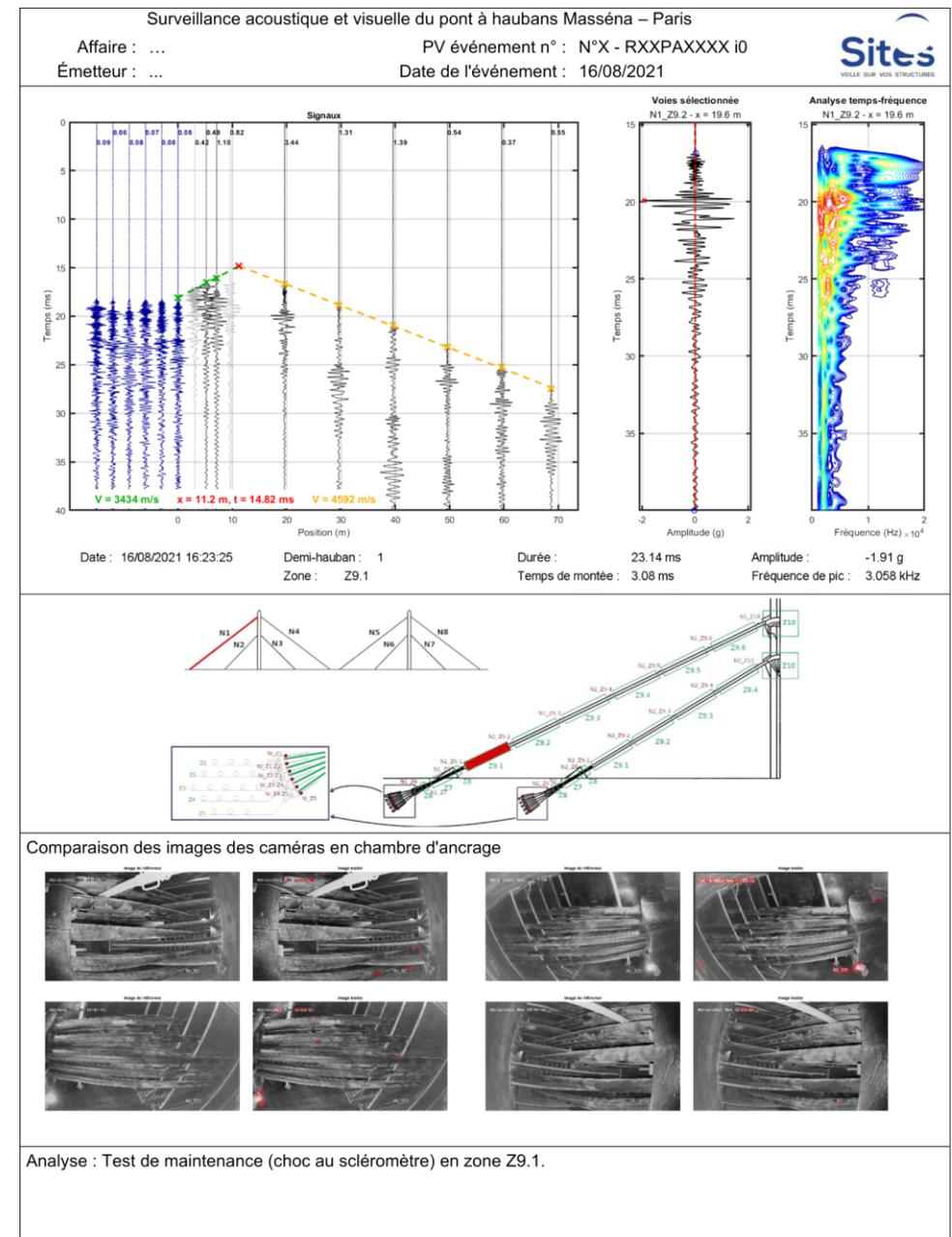
Détection des différences entre les images

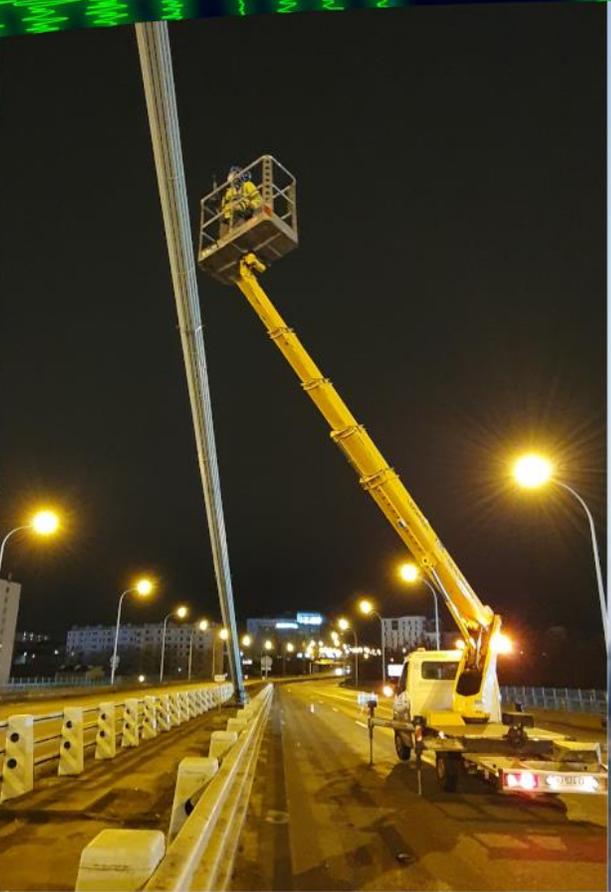
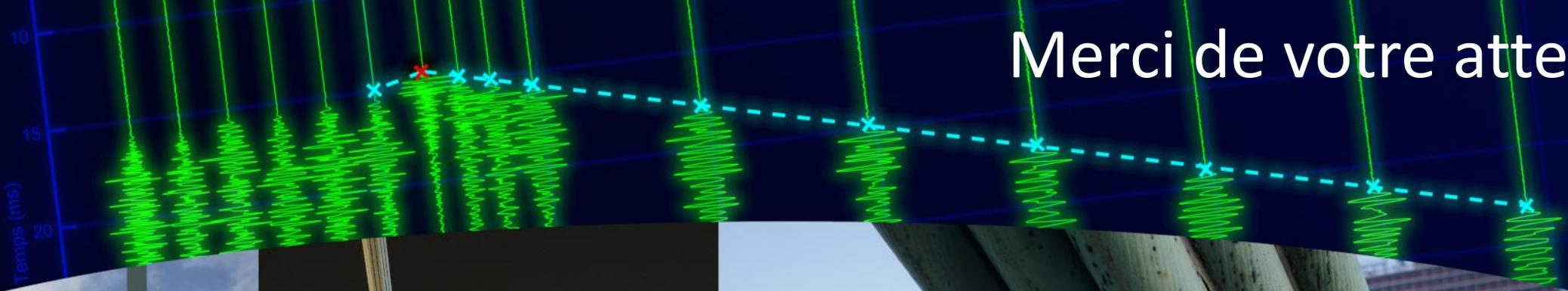


# Génération d'un PV événement

Rapport Word généré automatiquement avec l'application :

- Intégration du résultat d'analyse
- Indication de la zone identifiée
- Images des caméras







## SITES

1 avenue Edouard Belin  
92500 Rueil Malmaison

**+33 1 41 39 02 00**

**sites@sites.fr | www.sites.fr**



Suivez notre actualité



INGÉNIERIE



MONITORING



INSPECTION



COMMISSIONING



ASSISTANCE  
TECHNIQUE