AIMsight

Monitoring Mur de soutènement GN-1.472

Analyse des résultats

Mai 2026 | AIMsight Team | Revision: 1.0

Contents

Synthèse du déploiement et perspectives d'usage 1
Situation actuelle des mesures 2
Analyse globale des déplacements 3
- Déplacements verticaux 3
- Déplacements horizontaux 7
- Mouvements de la caméra 9

Episodes de neige 11
Analyse générale sur l'année 2026 13
Solutions envisagées 14
Synthèse 15

Synthèse du déploiement et perspectives d'usage

Le déploiement réalisé sur le site confirme le bon fonctionnement du système AIMsight dans des conditions représentatives d'un environnement ferroviaire, exposé à des sollicitations variables et à des conditions extérieures évolutives. Les données collectées sont globalement stables, cohérentes et exploitables dans la durée. Aucun déplacement structurel notable n'est mis en évidence sur la période de surveillance de près de deux ans ; les variations observées restent faibles et compatibles avec le comportement attendu de l'ouvrage.

La diversité des solutions de matérialisation testées, prismes et bandes réfléchissantes adhésives, a permis de comparer leurs performances en conditions réelles. Les résultats montrent que le système fonctionne de manière robuste lorsque les cibles présentent une visibilité suffisante et une réflectivité adaptée. Les éventuelles limites locales, liées par exemple à l'orientation, à la propreté ou à la réflectivité de certaines cibles, peuvent être identifiées à distance et prises en compte dans l'interprétation des mesures.

Le déploiement de la caméra AIMsight sur ce site illustre les avantages significatifs de cette technologie par rapport à des solutions de monitoring traditionnelles telles que la station totale. Au-delà de la simple mesure des déplacements, la caméra offre un ensemble d'outils avancés qui permettent non seulement de détecter des anomalies de mesure mais également de les caractériser et de les expliquer avec précision. Cette capacité d'analyse contextuelle constitue une valeur ajoutée majeure : là où une station totale se limiterait à enregistrer un déplacement sans pouvoir en déterminer l'origine, le système AIMsight permet de distinguer un artefact de mesure d'un comportement structurel réel, garantissant ainsi une interprétation fiable et documentée des données. Couplée à l'enregistrement continu des images, cette approche offre une traçabilité complète des événements et ouvre la voie à un monitoring toujours plus précis, réactif et autonome.

La suite du document présente l'analyse détaillée des données disponibles, confirme la stabilité globale de l'ouvrage sur la période considérée, puis illustre la capacité du système à diagnostiquer à distance les principales situations pouvant affecter la qualité des mesures.

Remarque préliminaire : Il est à noter qu'un offset mal configuré au départ entraîne un décalage des courbes d'une cible pour les déplacements horizontaux, dont les valeurs apparaissent au-deçà du zéro. Ce décalage est d'ordre purement paramétrique et n'influence pas la fiabilité ni l'interprétation des résultats de monitoring.

Situation actuelle des mesures

Cette section présente l'état actuel du suivi des déplacements verticaux mesurés par le système pendant un mois, du 15 février au 15 mars. Elle a pour objectif de caractériser le comportement global de la structure sur la période étudiée.

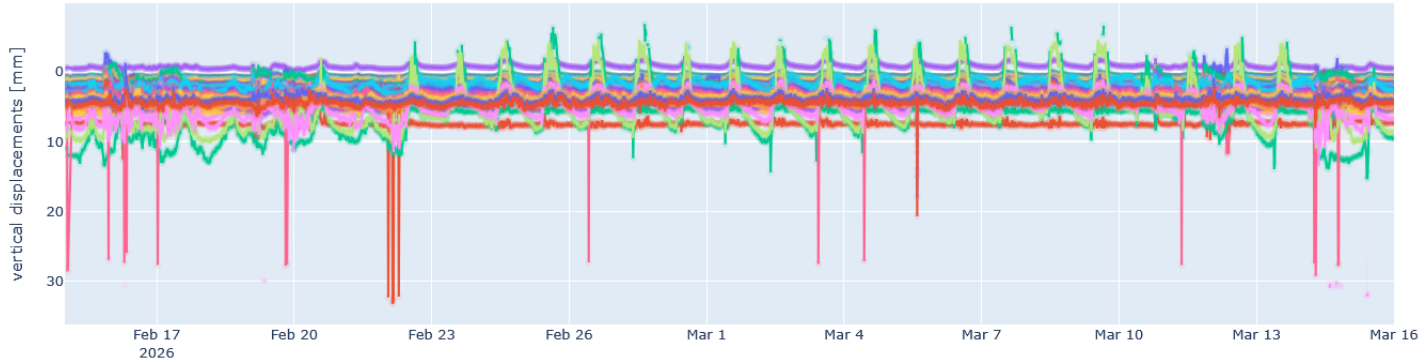
L'analyse des séries temporelles met en évidence un fonctionnement globalement satisfaisant du système de monitoring. Les mesures obtenues sur les cibles correctement configurées présentent une évolution cohérente, stable et physiquement interprétable. Aucun déplacement structurel notable n'est observé sur la période considérée.



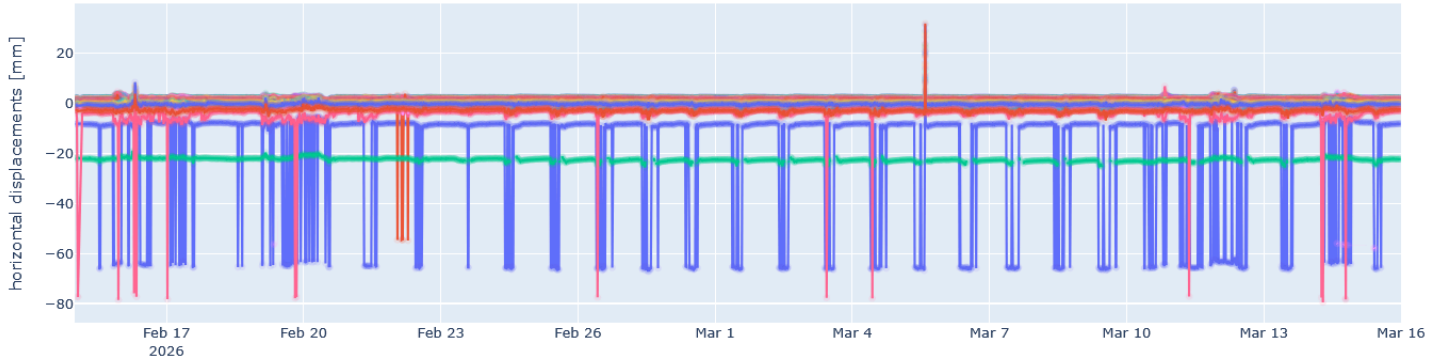
Vue d'ensemble du mur de soutènement. Les prismes de référence sont indiqués en vert, les bandes réfléchissantes de mesure en turquoise et violet

Analyse globale des déplacements

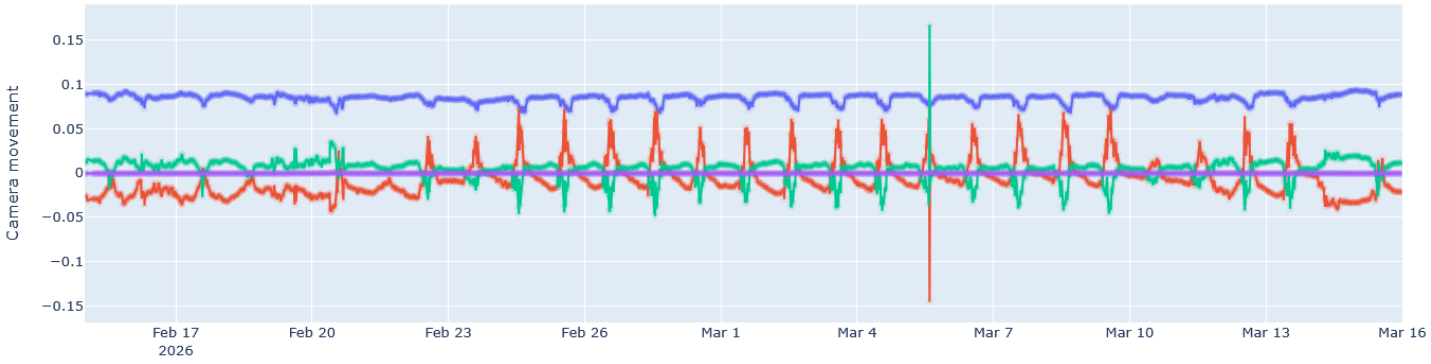
Dans un premier temps, le graphique des déplacements verticaux enregistrés au cours de février 2026 à mars 2026 permet d'observer le comportement général des différentes cibles (**targets**) suivies par le système. L'ensemble du signal présente des amplitudes limitées, de l'ordre du millimètre.



Vue de la situation actuelle des déplacements verticaux



Vue de la situation actuelle des déplacements horizontaux

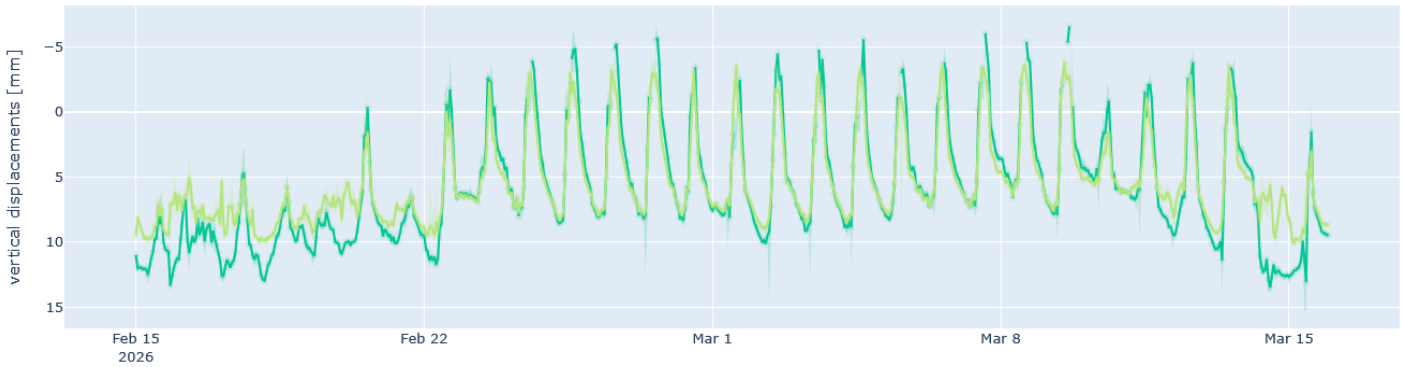


Vue de la situation actuelle des mouvements de la caméra

Déplacements verticaux

L'analyse des déplacements verticaux met en évidence un signal globalement régulier et stable sur l'ensemble des capteurs, à l'exception de deux capteurs qui se démarquent. Il s'agit des prismes H22 et H27 situés en tête de mur et qui représentent

des déplacements systématiques plus importants que les autres sur l'ensemble de la période analysée.



Vue de la situation actuelle des déplacements verticaux - Prismes H22 et H27

Ces deux prismes sont particulièrement proches l'un de l'autre.

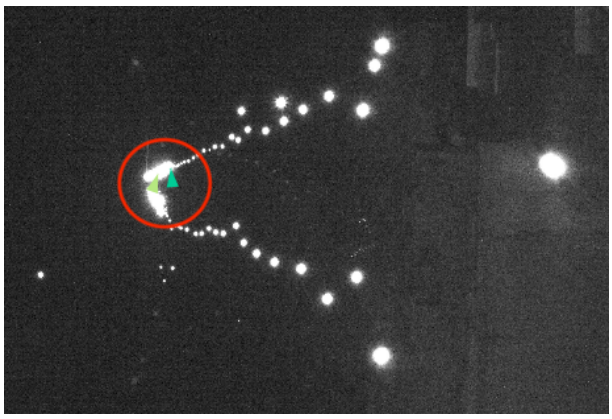


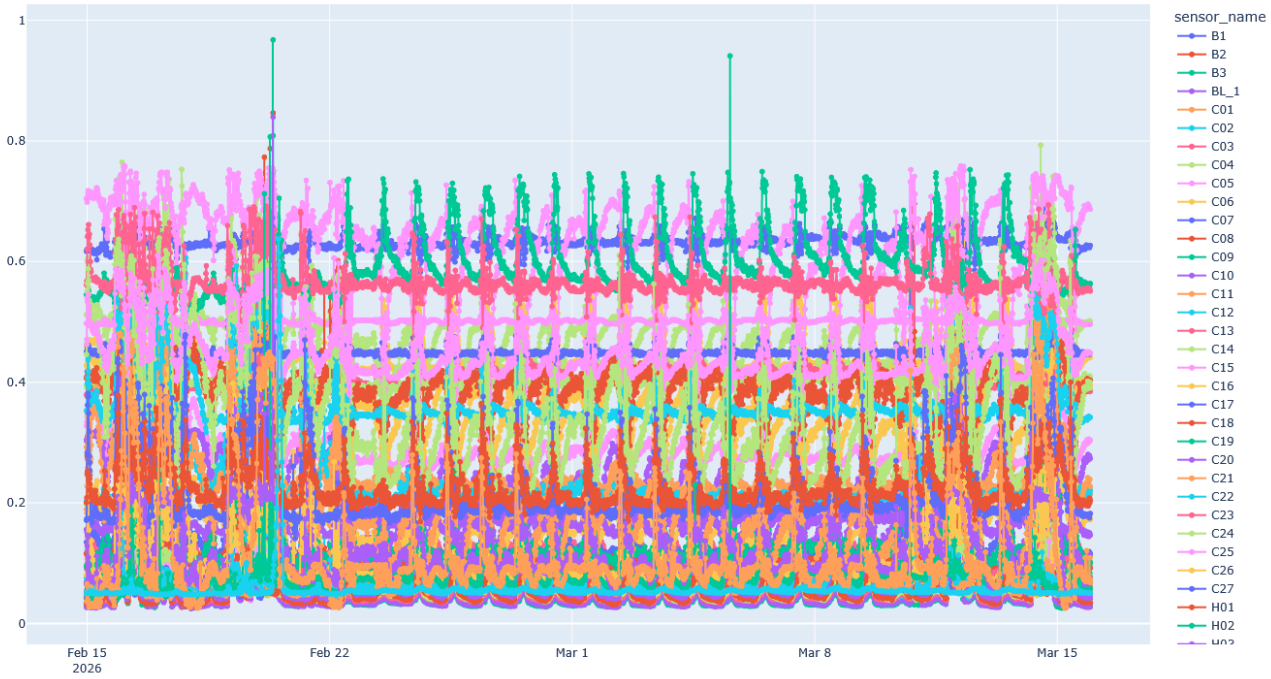
Photo des prismes H22 et H27

Ils montrent un comportement corrélé qui suggère une interférence mutuelle. La proximité des prismes en tenant compte de leur intensité lumineuse peut en effet perturber leur détection respective par la caméra. Ainsi des anomalies de mesure persistantes sont générées mais elles ne reflètent pas un comportement réel de l'ouvrage.

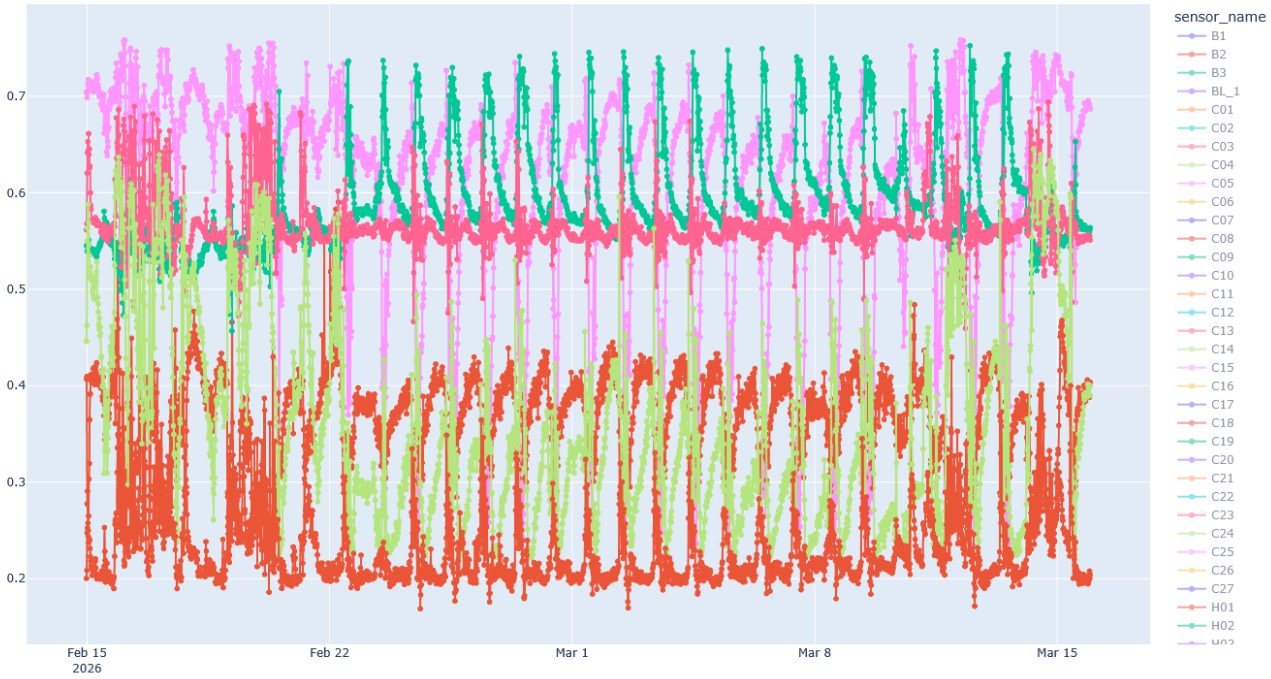
En dehors du comportement des deux capteurs corrélés, des pics de déplacements ponctuels sont observés sur la période analysée affectant alternativement les capteurs H18, H26, H31 et H21. Nous pouvons observer les pics s'écartant du signal normal à l'aide du graphique **Vertical Relative Displacement** (**Déplacement relatif vertical**) dans la section **Time Series** (**Séries temporelles**). Ces pics peuvent être provoqués par une interférence externe, car les déplacements mesurés sont trop importants pour être cohérents avec une construction en maçonnerie.

L'analyse des images correspondantes aux prismes ne révèle aucun élément susceptible de bloquer ou d'obstruer la visibilité des prismes. Toutefois, la forte luminosité de certains prismes voisins interfère avec la détection de ces cibles par la caméra, perturbant ponctuellement leur mesure. Ce phénomène est confirmé par les options avancées du système : la valeur de H26 et H18 dépasse le seuil fixé de 0.7, indiqant que ces cibles ne sont plus correctement détectées, tandis que les graphiques de

brillance mettent clairement en évidence le déséquilibre de réflectivité entre les prismes voisins. Certains affichent une brillance nettement supérieure qui écrase la détection des cibles adjacentes.

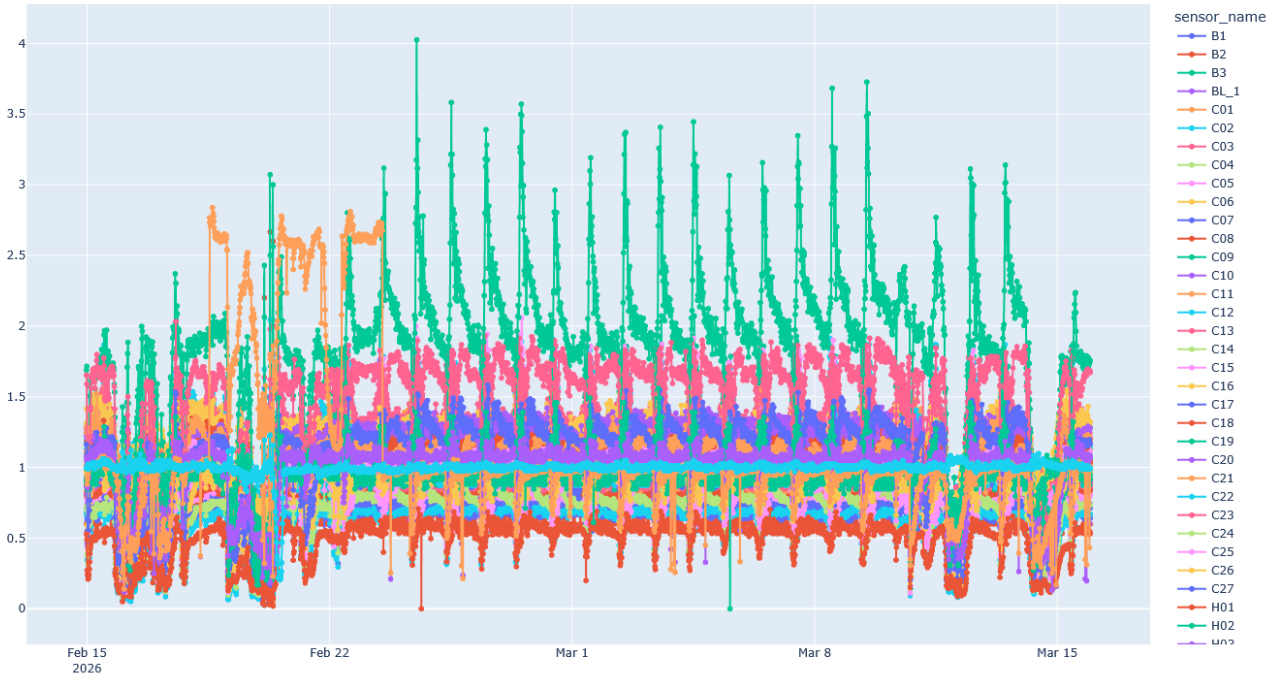


Error value de tous les prismes

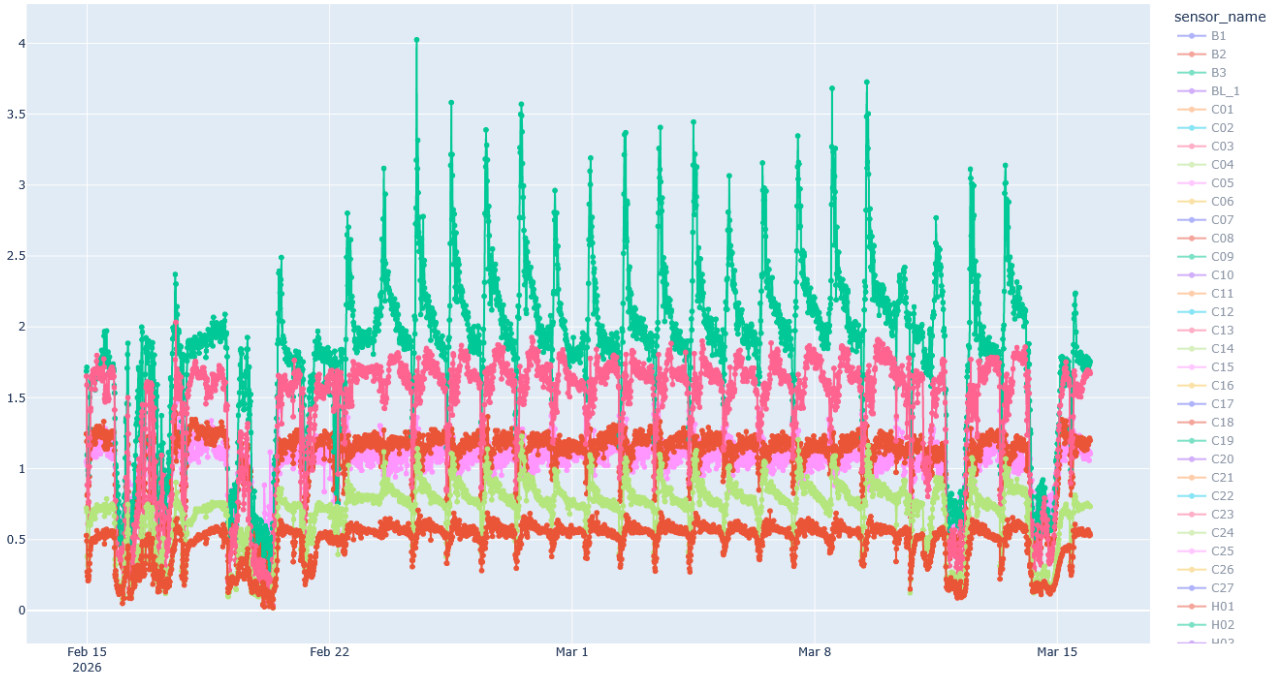


Error value des prismes concernés

On voit bien ici que les prismes H22 (en vert) et H18 (en rose) dépasse le seuil de 0.7 tandis que H26 (en framboise) en est très proche.



Brightness de tous les prismes



Brightness des prismes concernés

Les graphiques de brillance ci-dessus illustrent clairement le déséquilibre de réflectivité entre les prismes. Certains capteurs, dont H27, affichent une brillance ,nettement supérieure aux autres sur l'ensemble de la période, tandis que les cibles adjacentes présentent une brillance significativement plus faible.

Déplacements horizontaux

L'analyse des déplacements horizontaux met en évidence un capteur, C17 (en bleu), dont le comportement se distingue des autres prismes. L'examen des images associées aux anomalies de mesure révèle que ce prisme, bien que clairement visible et correctement détecté la nuit grâce à sa réflectivité devient difficilement détectable en journée, en raison d'une brillance insuffisante face à la lumière ambiante. Ce phénomène de contraste lumineux explique les déplacements anormaux observés sur ce capteur, qui coincïdent précisément avec les périodes diurnes.

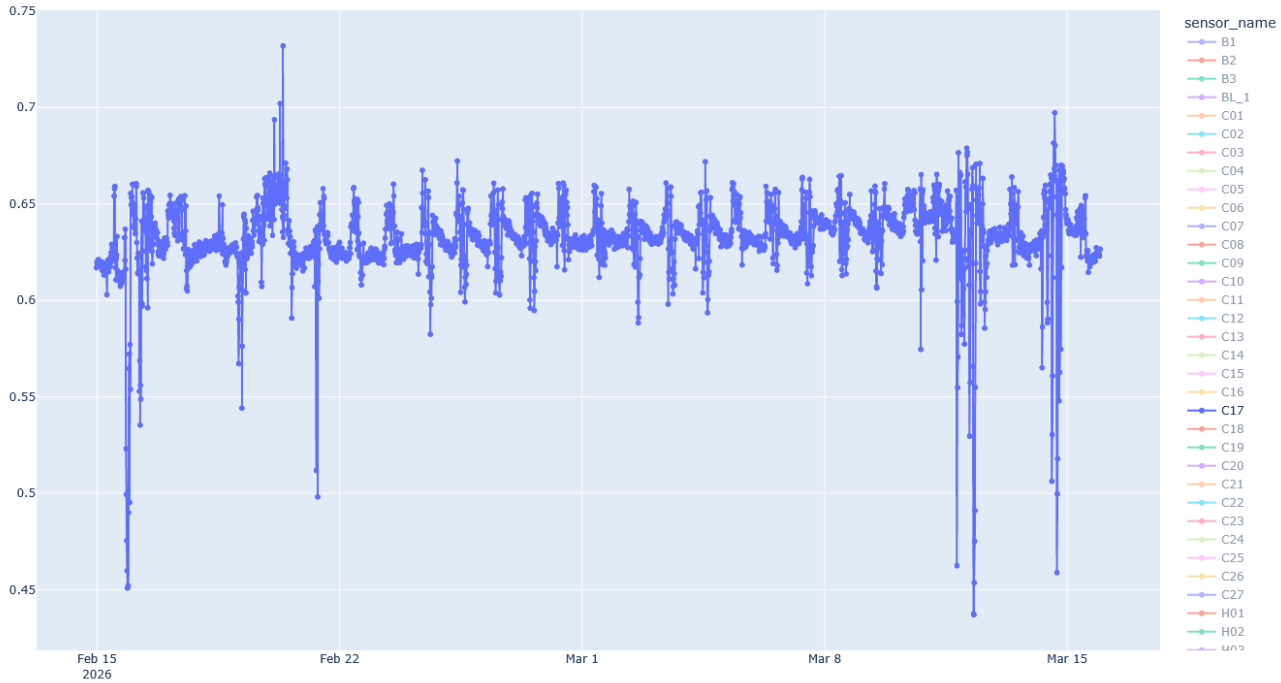


Le prisme C17 de jour - Invisible à l'oeil nu et peu lumineux



Le prisme C17 de nuit - Visible et plus lumineux

Bien que la valeur d'erreur de C17 ne dépasse pas le seuil fixé à 0.7, une remontée de celle-ci est clairement observable en journée, confirmant la dégradation progressive de la détection du prisme durant ces périodes et corrélant avec les anomalies de mesure observées sur les courbes de déplacement.



Error-value du prisme C17

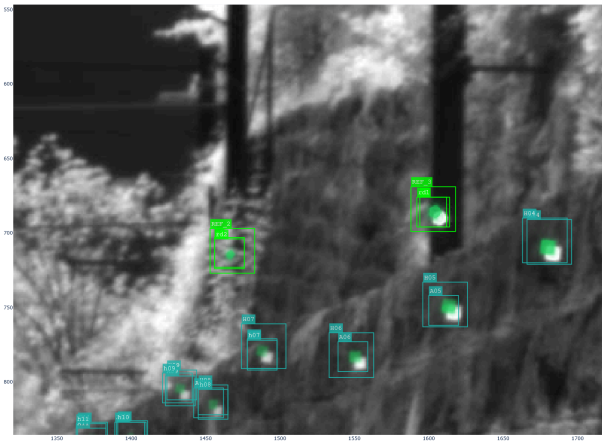
Mouvements de la caméra

L'analyse des paramètres de transformation de la caméra révèle que pan, roll et tilt ne sont pas correctement compensés, tandis que scale reste stable. Cela ne traduit pas un mouvement de la caméra pour autant. En se penchant sur les photos, nous nous appercevons que ces mouvements résultent de l'occultation de deux références sur les quatre disponibles. L'occultation est due à la végétation environnante, dont la croissance a fini par masquer des cibles initialement bien visibles. Ces références disposées sur des éléments fixes autout du mur de soutènement (au sol, sur le pont et sur les poteaux en arrière des rails) sont en effet positionnés hors de ce dernier afin de pouvoir détecter et compenser efficacement les mouvements propres de la caméra. Avec seulement deux références correctement visibles, le système ne dispose plus d'une base suffisante pour calculer et compenser les paramètres de transformation.

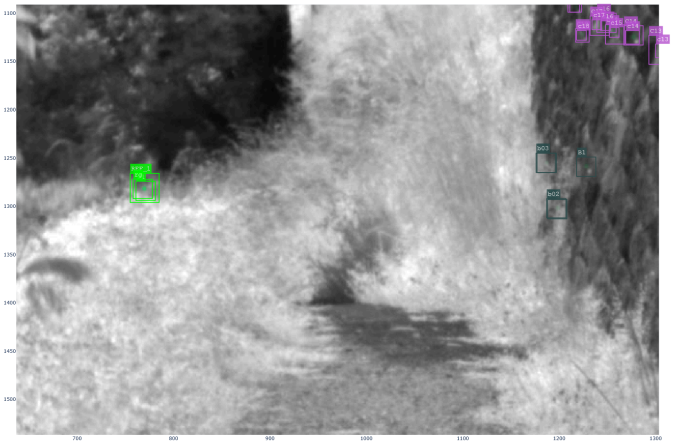
Ci-dessous l'installation de mars 2025 avec les cibles de références visibles.



Vue d'ensemble des prismes avec les références en vert - Une référence se démarque sur la droite



Zoom de la vue d'ensemble pour mieux visualiser les références



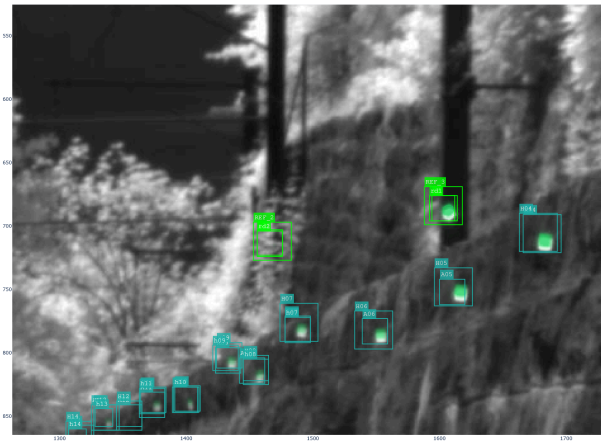
Zoom de la vue d'ensemble pour mieux visualiser les références

Les références sur ces photos sont bien visibles et ressortent à la caméra.

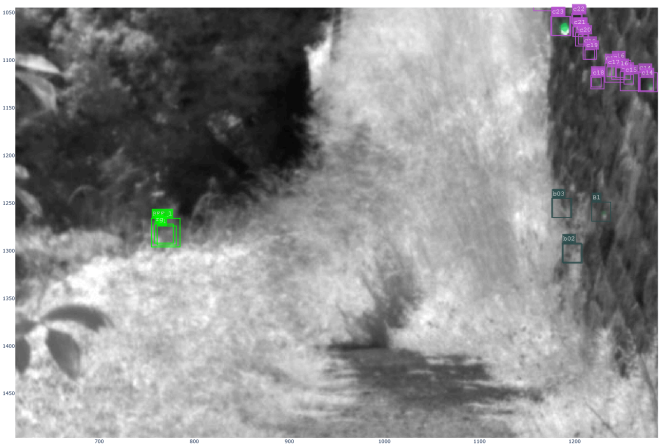
Maintenant voici les photos de l'installation actuelle.



Vue d'ensemble actuelle des prismes avec les références en vert - Une référence se démarque sur la droite



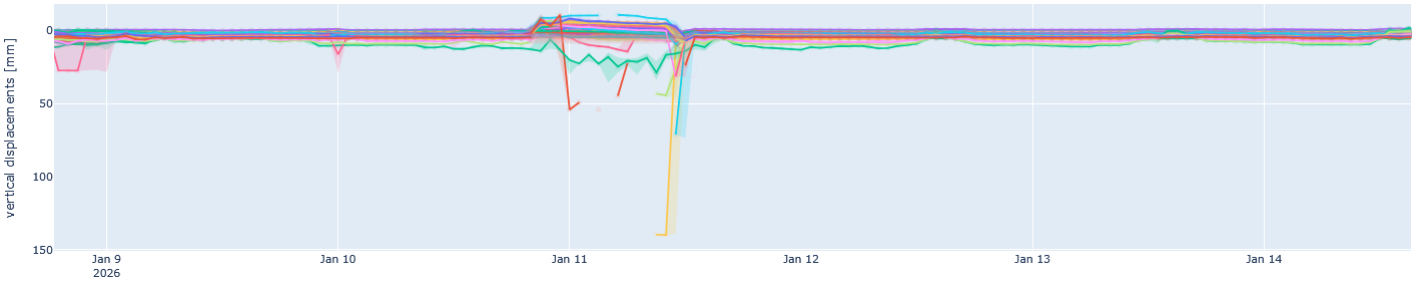
Zoom de la vue d'ensemble actuelle pour mieux visualiser les références



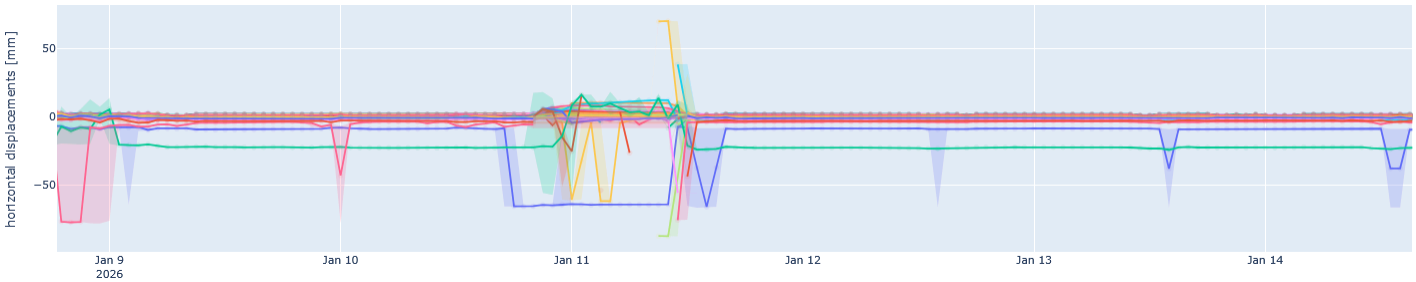
Zoom de la vue d'ensemble actuelle pour mieux visualiser les références

Episodes de neige

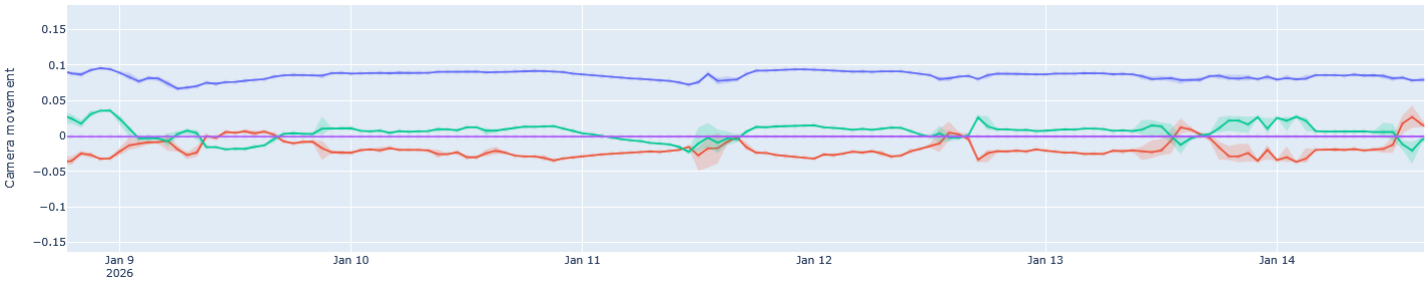
Un épisode de neige est observé le 11 janvier, en effet cet épisode est remarquable et vient perturber ponctuellement la qualité des enregistrements. Comme visible sur les images ci-dessous, les chutes de neige génère du bruit et des mouvements apparents sur l'ensemble des capteurs.



Déplacements verticaux pendant la période de neige



Déplacements horizontaux pendant la période de neige



Mouvements de la caméra pendant la période de neige

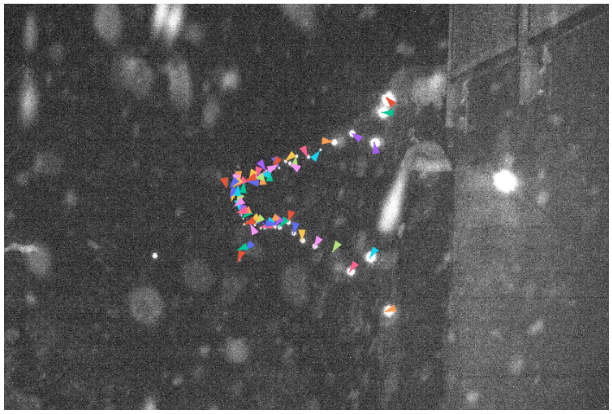


Photo des flocons de neige dans la nuit du 11 janvier

Une brève perte de données est également à noter, vraissemblablement due au passage d'un flocon devant l'objectif de la caméra, occultant momentanément un capteur.

En dehors de cette période de neige, le signal retrouve rapidement sa stabilité, comme en attestent les images prises avant et après les chutes de neige.



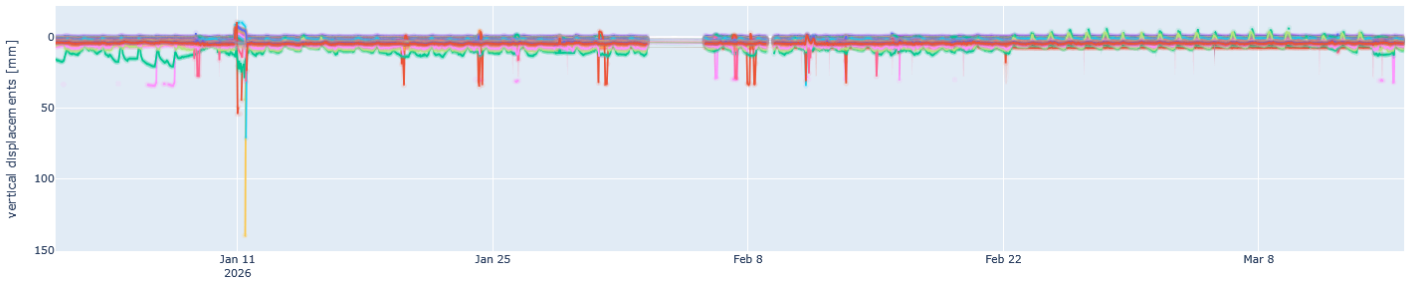
Photo avant l'épisode de forte neige



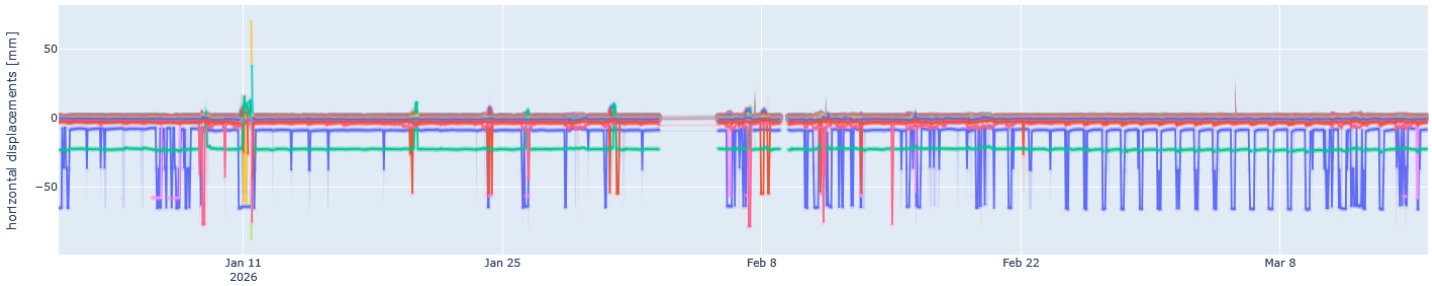
Photo après l'épisode de forte neige

Analyse générale sur l'année 2026

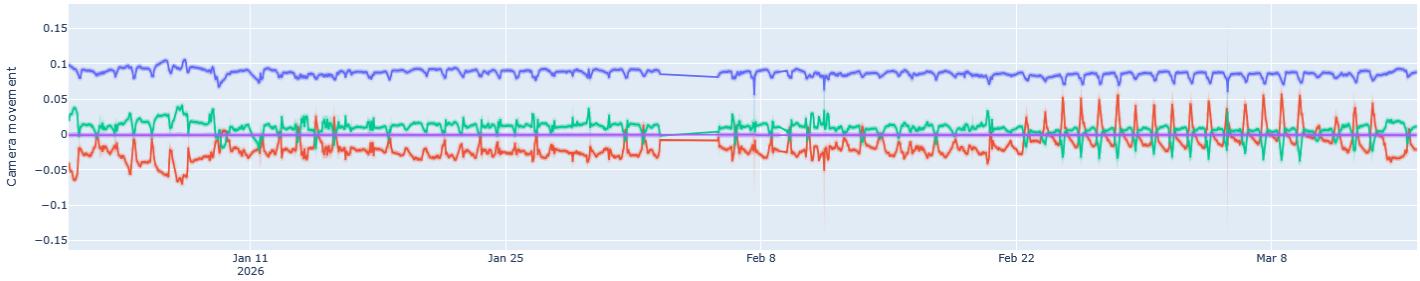
Les figures ci-dessous présentent l'ensemble des données de monitoring enregistrées sur la période allant du 01 janvier au 15 mars 2026. L'examen de cette plage horaire complète ne laisse apparaître aucun mouvement structurel significatif sur l'ensemble des capteurs, à l'exception des événements ponctuels identifiés et expliqués précédemment. En dehors de ces perturbations, le signal présente une stabilité générale remarquable, témoignant du bon comportement de l'ouvrage sur l'ensemble de la période analysée.



Déplacements verticaux - année 2026



Déplacements horizontaux - année 2026



Mouvement de la caméra - année 2026

On remarque simplement une interruption qui se matérialise par des lignes droites, correspondant à l'absence de données enregistrées durant cette période. Comme nous nous situons dans une plage de temps encore froide, il se pourrait que cela soit causé par le gel ou la condensation, obstruant la visibilité pour la caméra.

Solutions envisagées

Au regard des anomalies identifiées sur ce site, plusieurs solutions sont envisagées et proposées :

- **Réduction du nombre de cibles :** la densité actuelle des cibles génère des interférences mutuelles entre prismes voisins, perturbant leur détection respective. Une rationalisation du nombre de cibles permettrait de limiter ces interactions.

- **Remplacement des bandes réfléchissantes par des prismes :** les bandes réfléchissantes actuellement en place ne sont parfois pas adaptées, leur réflectivité variable étant source d'interférences avec les prismes voisins. Leur remplacement par des prismes garantirait une meilleure homogénéité des niveaux de brillance.

- **Ajout d'une référence supplémentaire :** avec seulement deux références de correctement visibles sur les quatre, le système manque d'information. L'ajout d'une référence supplémentaire garantirait une compensation fiable des mouvements de la caméra en cas d'obstruction.

- **Gestion de la végétation ou repositionnement des références :** l'occultation de deux références par la végétation dégradant la compensation des mouvements de la caméra, deux options envisageables - un débroussaillage régulier de la zone ou un repositionnement des références dans des zones moins exposées à la croissance végétale.

- **Mise en place d'alarmes automatiques :** comme envisagé sur le premier site, la mise en place d'alarmes permettrait de notifier en temps réel lorsqu'une cible ou une référence devient invisible, sur la base des indicateurs avancés disponibles.

Synthèse

L'analyse des données de monitoring sur la période du 01 janvier au 15 mars 2026 démontre la robustesse et la fiabilité du sysèteme AIMsight mis en place. Malgré des conditions environnementales parfois difficiles - épisode de neige et de gel en janvier, occultation partielle des références par la végétation - le système a su maintenir un enregistrement de qualité sur l'ensemble de la période concernée, avec un signal d'une stabilité remarquable en dehors des perturbations ponctuelles identifiées.

La richesse des options avancées disponibles, notamment la valeur d'erreur et la brillance des cibles, s'est révélée particulièrement précieuse pour identifier, caractériser et expliquer l'ensemble des anomalies observées. Ces indicateurs ont permis de confirmer les interprétations formulées à partir des courbes de déplacement et de distinguer avec précision les artefacts de mesure des comportements réels de l'ouvrage. Cela démontre la capacité du système à produire une analyse fine et détaillée même dans des conditions d'istallation complexes.

L'analyse complète de la période confirme l'absence de tout mouvement structurel significatif du mur de soutènement, témoignant du bon comportement de l'ouvrage. Les anomalies relevées ont systématiquement pu être attribuées à des causes externes et indentifiables.

Enfin, les solutions envisagées viendront optimiser encore les performances du système et garantir un suivi toujours plus précis et fiable de l'ouvrage.