

SHM des Ponts et Structures

 **ACTEMIUM**

LA SOLUTION EMISSION ACOUSTIQUE

vallen systeme

The Acoustic Emission Company

VOTRE SOLUTION DE MONITORING SOUS CONTRÔLE AVEC L'ÉMISSION ACOUSTIQUE

Pourquoi le S.H.M.

✦ La demande

Avec un nombre croissant d'actifs industriels vieillissants à longue durée de vie et de nouvelles constructions, la demande « Structural Health Monitoring » (SHM) augmente. Ceci est nécessaire pour identifier les défauts structurels ou les conditions critiques

✦ La cause

La cause la plus fréquente de détérioration des structures en béton est la corrosion des câbles d'armature.

Cela a un impact négatif sur la sécurité et l'opérabilité des constructions

VOTRE SOLUTION DE MONITORING SOUS CONTRÔLE AVEC L'ÉMISSION ACOUSTIQUE

Pourquoi le S.H.M.

✦ L'optimisation de la durée de vie

Le SHM est appliqué sur les actifs (notamment les ponts et tunnels), là où des risques financiers, environnementaux et humains existent.

Comme les opérateurs sont libres de gérer les risques opérationnels et de minimiser les coûts de maintenance, les systèmes de surveillance peuvent offrir une optimisation opérationnelle et une éventuelle prolongation de la durée de vie de ces structures.

✦ La réalisation

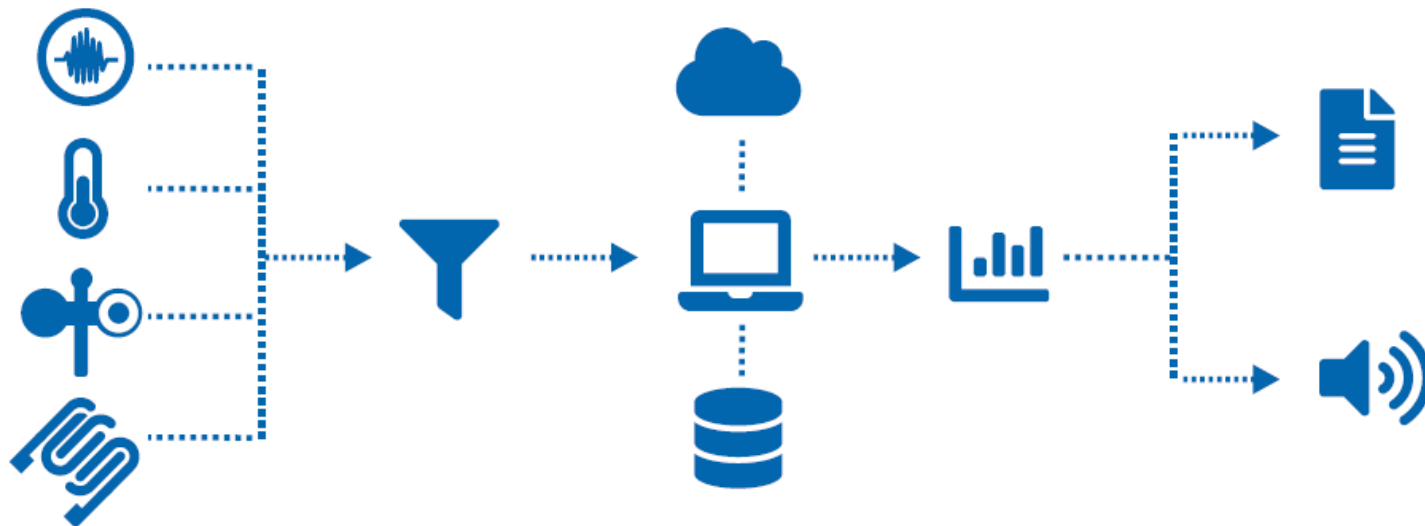
Les « hot spots » connus représentant les sources critiques de défauts sont équipés de capteurs appropriés pour surveiller et analyser les activités à l'intérieur

✦ La Solution

En utilisant la solution d'émission acoustique de Vallen System, vous maîtriserez votre défi de surveillance à l'aide d'un seul système de mesure

VOTRE SOLUTION DE MONITORING SOUS CONTRÔLE AVEC L'ÉMISSION ACOUSTIQUE

Surveillance



Type de sondes

Transfert des données

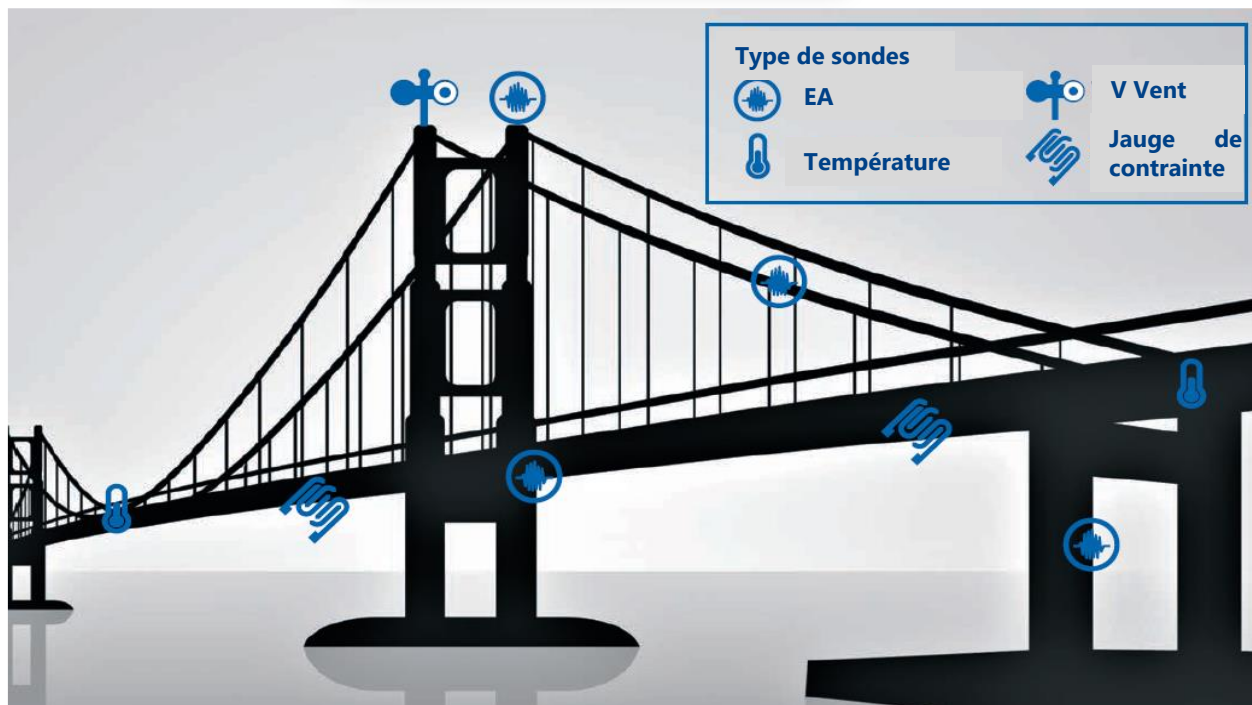
Gestion des données

Analyse

Rapports et édition d'alarmes

VOTRE SOLUTION DE MONITORING SOUS CONTRÔLE AVEC L'ÉMISSION ACOUSTIQUE

Surveillance



VOTRE SOLUTION DE MONITORING ÉMISSION ACOUSTIQUE VALLEN

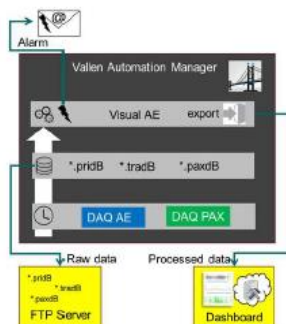
Solution de monitoring sur Site Hardware et Software

Acquisition des données Hardware



Acquisition et analyse Software

- Vallen AE Suite Software
- Logiciel gestion automatisation Vallen
- Téléchargement



Données envoyées sur le cloud

Tableau de Bord



Serveur du tableau de bord :
location ou « sur place » ex.
www.subdomain.shmdash.de



Licence pour shmdash.de

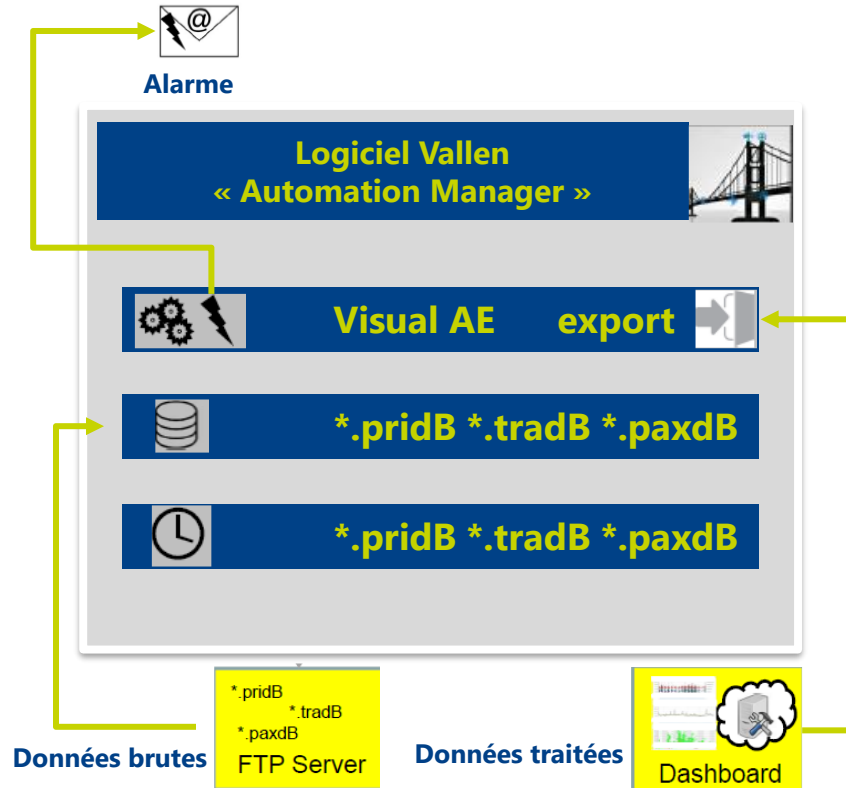


Clé API pour le téléchargement des
données vers le
serveur du tableau de bord



VOTRE SOLUTION DE MONITORING ÉMISSION ACOUSTIQUE VALLEN

Logiciel Gestion automatisation



Trigger programmés



Changement de fichier toutes les 24h :

- Nouveau fichier de données brutes (pridB, tradB, paxdB) avec « horodatage » (par exemple : aaa.mm.jj_données.pridB)
- Archiver le fichier de données brutes précédent sur disque dur (sur place)
- Télécharger des fichiers de données brutes archivés sur FTP serveur



Vérification des capteurs en automatique toutes les 24h



Mode Maintenance

- *Désactivation des actions d'alarme pendant les périodes de maintenance programmée*

Trigger Alarme

Dépassement Alarme (critère d'alarme dans VisualAE):

- Envoi d'une notification par e-mail ou SMS

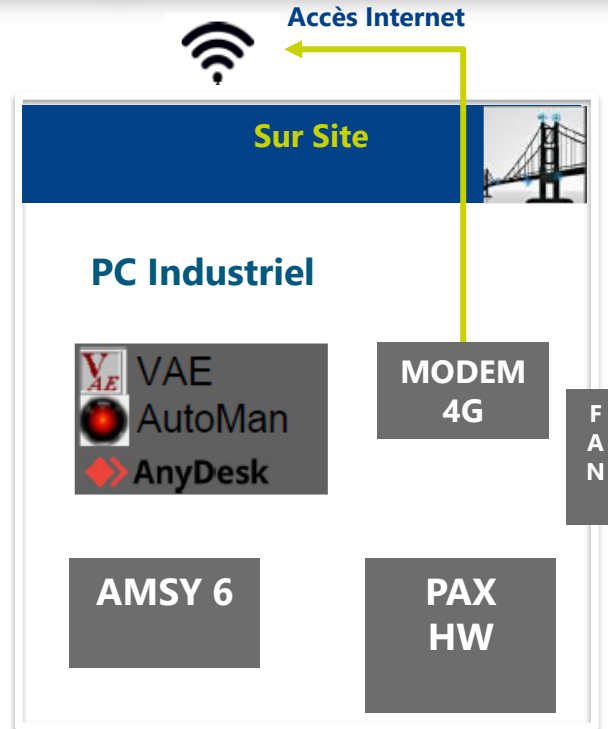
VOTRE SOLUTION DE MONITORING ÉMISSION ACOUSTIQUE VALLEN

Equipements de monitoring avec accès à distance et tableau de bord

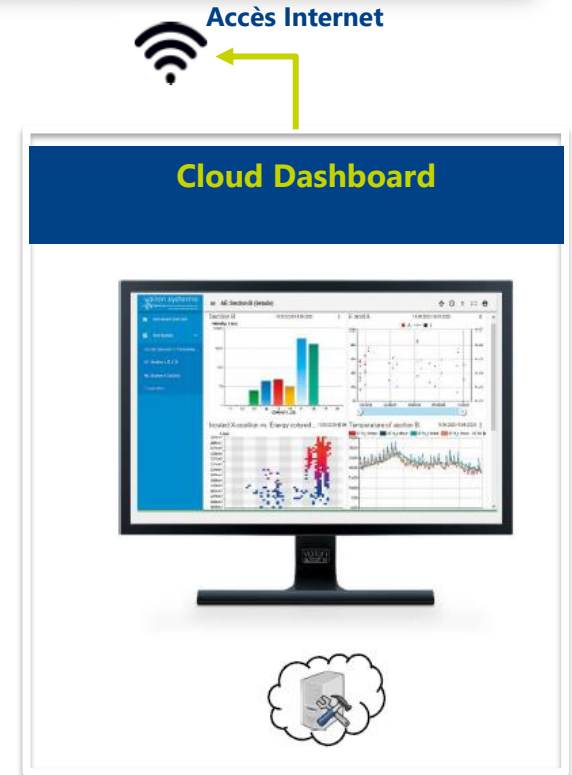
Accès Internet



Accès Internet



Accès Internet



Vallen en quelques mots

- ❑ Création de la société Vallen System en 1980.
- ❑ Société Européenne basée à Icking au Sud de Munich en Allemagne.
- ❑ Constituée d'une vingtaine de personnes
- ❑ Certifié ISO 9001:2000.
- ❑ Personnel Vallen certifié EN473 Niveau 2 et 3 en émission acoustique.
+2000 voies EA vendus dans le monde depuis 1996.
+35 systèmes vendus en France depuis 1996.

- ❑ Premier système d'émission acoustique numérique « AMS2 » en 1986.
- ❑ Système d'émission acoustique numérique 32 bits et sous Windows en 1998.
- ❑ Le système d'acquisition mûri pour arriver en 2010 à la version AMSY-6.
- ❑ Apparition de petits sous ensembles industriels, l'ASCO-P et le LSM1.
- ❑ Modernisation de l'ASCO-P par une version complète ASCO-DAQ2.
- ❑ Remplacement des cartes d'acquisition ASIPP par les cartes ASIP2.
- ❑ Depuis 2015 fort développement des applications SHM

Article paru dans :

Beton- und Stahlbetonbau 114 (2019), Heft 10

Auteurs :

- Prof. Dr.-Ing. Christian Sodeikat
- Dipl.-Geophys. Robin Groschup
- Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.Ing. Franz Knab
- Dipl.-Ing. Philipp Obermeier

Ingenieurbüro Schiessl Gehlen Sodeikat GmbH

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

Monitoring par Emission acoustique du pont Gänstor Bridge – Ulm - Allemagne

- **Inspection, réanalyse structurelle, charge d'essai et monitoring du pont Gänstor sur le Danube à Ulm (Allemagne).**
- Construit en 1950, il est l'un des **plus anciens ponts en béton** post-contraint d'Allemagne.
- Dans les années 1980, des inspections approfondies du pont ont montré que les gaines de câbles sont **insuffisamment jointes**, que les câbles présentent des **signes de corrosion** et que le béton est localement chargé de chlorures.
- Lors d'inspections approfondies de la structure en 2018, des **dommages de corrosion** importants et systématiques sur les câbles ont été détectés, réduisant la sécurité structurelle du pont.
- Étant donné qu'un contrôle complet de tous les câbles n'est pas possible avec un effort raisonnable et qu'une détérioration de l'état de la structure ne peut être exclue jusqu'à ce que le pont soit remplacé, **un système de monitoring** du pont a été installé.
- **Pour l'étalonnage des systèmes de mesure** et la définition des limites d'alarme, un test de charge avec des charges de trafic définies a été effectué.

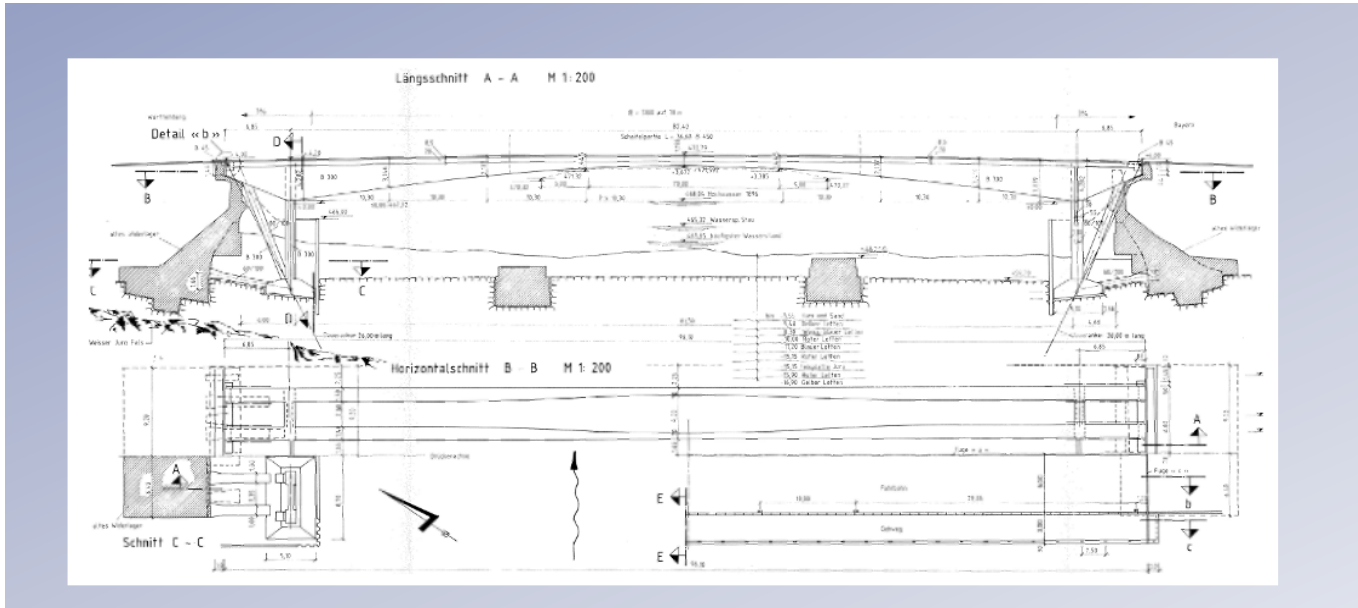
Présentation :

- ✓ procédure des évaluations
- ✓ concept du test de chargement
- ✓ système de surveillance
- ✓ constatations essentielles

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

CONTEXTE

- Le pont sur le Danube à Ulm sur le Gänstor a été détruit à la fin de la Seconde Guerre mondiale et reconstruit en 1950 sous une forme modifiée – (structure intégrale en béton post-tensionné)



- Le pont Gänstor, construit en 1950, se compose d'une charpente sans charnières d'une portée de 82,40 m et d'une hauteur de 15 m depuis le bord inférieur de la fondation jusqu'au bord supérieur de la route.

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

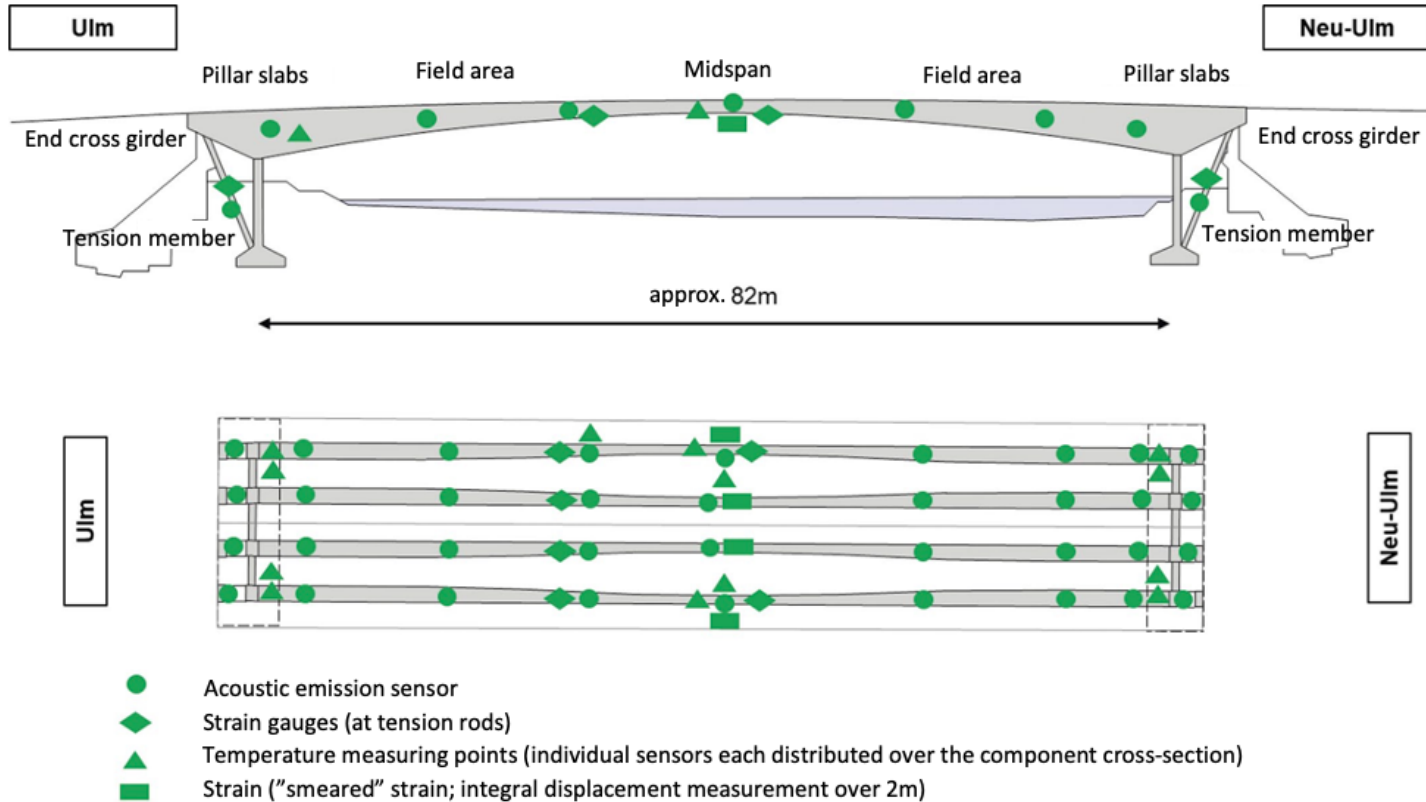
CONTEXTE

- Après la découverte de fissures de flexion et obliques, des enquêtes approfondies sur l'état de la structure ont suivi au début des années 1980.
- Compte tenu des dommages constatés, la structure a été systématiquement renforcée et déclassée de la classe de pont d'origine 45 à la classe de pont 30. Les efforts contraignants dus aux différences de température n'ont pas été pris en compte dans le recalcul à ce moment-là.
- Les inspections structurelles qui ont suivi ont révélé un besoin croissant de rénovation/action.
- Afin d'établir une base pour déterminer la poursuite de l'approche, les villes d'Ulm et de Neu-Ulm ont d'abord commandé le recalcul du pont de Gänstor conformément à la directive de recalcul [1]. Compte tenu des dommages déjà connus des années 1980, il était essentiel de suivre l'évolution des dommages, entre autres, en détail, simultanément au recalcul.
- En raison des dommages constatés à l'été 2018 (voir 3) et des résultats des recalculs ultérieurs, la circulation sur le pont de Gänstor a été restreinte.
- Le comportement porteur a été examiné dans le cadre d'une charge d'essai et d'un monitoring a été installé qui permet des mesures en continu et des alarmes automatiques.
- **Par la suite nous allons nous centrer sur Le concept de surveillance et la technologie de mesure (monitoring) installée**

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

- **Les investigations menées dans les années 1980 et en 2018 ont révélé de très forts endommagements locaux de corrosion au niveau des aciers précontraints** dus à un scellement insuffisant des gaines ou à des défauts de construction/dommages systématiques.
- Malgré d'importantes pertes transversales, **aucune fracture de l'acier de précontrainte n'a encore été observée**. Ceci suggère que l'acier de précontraint a un comportement à la rupture relativement bon et n'est pas sensible à l'entaille.
- Une estimation fiable de la mesure dans laquelle des ruptures d'acier de précontrainte se sont déjà produites et si et quand elles pourraient être attendues à l'avenir, n'est pas directement possible sur la base des résultats d'essai de l'enquête.
- En raison des grandes sections transversales et du nombre relativement faible d'aciers précontraint, les ruptures d'acier de précontraint dans cette structure ont un impact nettement plus important sur la sécurité structurelle en pourcentage que, par exemple, les ruptures de fil de traction sur des ponts avec des aciers Sigma Oval, dans lesquels beaucoup plus de fils simples sont utilisés.
- **Pour exploiter le pont en continu jusqu'à ce qu'une construction de remplacement soit construite, il est donc nécessaire de surveiller en permanence et en continu** d'autres dommages tels que les ruptures d'acier précontraint et/ou la formation de fissures dans la section transversale du pont, qui peuvent finalement remettre en cause la capacité de charge de le pont, au moyen d'un système de monitoring complet

Monitoring du pont Gänstor à Ulm



Aperçu schématique montrant les capteurs installés

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

Le monitoring inclus les systèmes individuels suivants :

Émission acoustique pour détecter les ruptures de tirants :

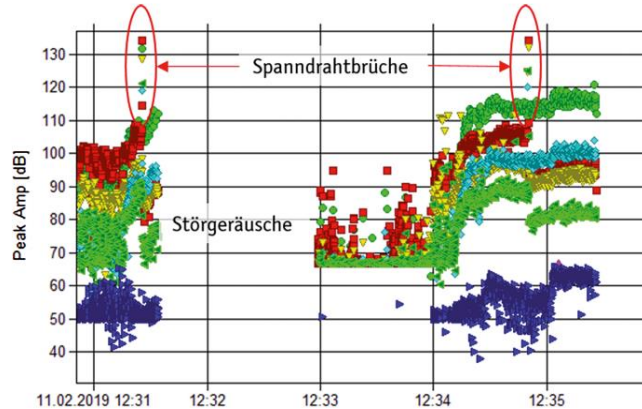
- L'analyse émission acoustique est une méthode d'essai non destructif pour détecter la nouvelle formation de ruptures de fil de tension ou la formation de fissures dans les structures en béton.
- L'énergie sonore libérée à la suite d'une rupture de la tige de tension est enregistrée via des capteurs à ultrasons qui sont connectés par friction et verrouillage de forme à la structure à examiner.



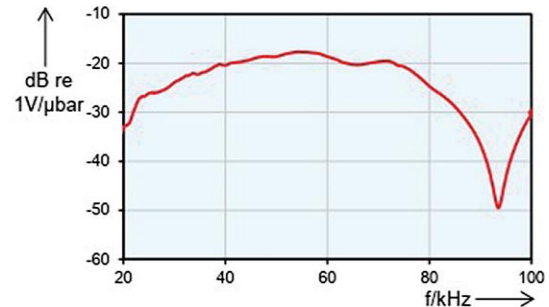
Documentation de l'installation des capteurs AE :
à gauche : capteur AE avec collage ; à droite : capteur couvert

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

- **Les événements de fracture ont un modèle sonore acoustique spécifique** défini par l'amplitude et la réponse en fréquence et peuvent donc être séparés des autres événements sonores.
- Pour la détection automatique des ruptures fil/tige, les profils sonores enregistrés au-dessus d'un certain seuil sont analysés. Entre autres choses, l'amplitude, la longueur du signal acoustique ainsi que l'énergie totale sont prises en compte et les valeurs de seuil et d'alarme pour la détection automatique en sont dérivées (voir aussi [12]). 36 capteurs d'émission acoustique à base piezo (type **Vallen VS30-SIC-46dB** ; gamme de fréquence 25 à 80 kHz) répartis sur les quatre voiles et huit éléments de tension, ont été installés sur le pont de Gänstor.
- Le positionnement a été choisi de telle sorte que la localisation géographique puisse être effectuée en cas de rupture du tirant.

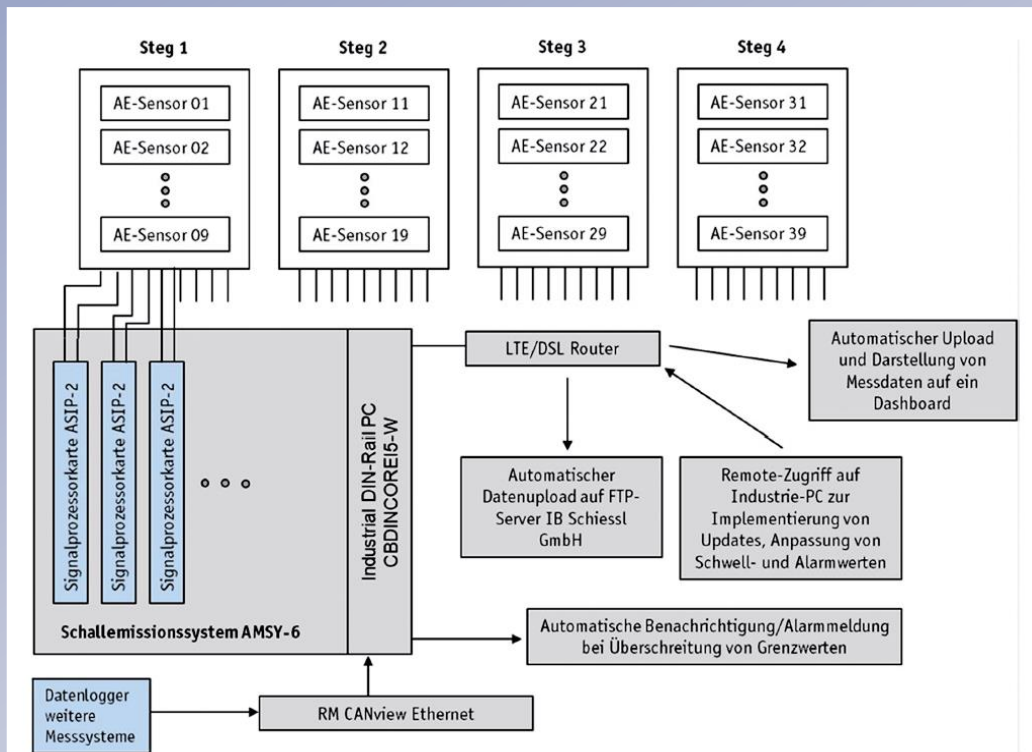


Paramètre AE "Peak-Amplitude" de tous les hits détectés pendant la découpe de deux fils d'un pont lors de sa démolition..



Capteur AE avec pré-amplificateur et spectre de fréquence, figure : Vallen System SA

Monitoring du pont Gänstor à Ulm



Architecture EA-System et mise en œuvre des autres systèmes de mesure

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

- **Mesure de la contrainte** sur l'acier précontraint à l'aide de **jauges de contrainte** (chacune conçue comme des « demi-points » avec deux grilles décalées de 90° l'une par rapport à l'autre) pour détecter des contraintes croissantes et des plages de charge changeantes. Dans une première étape, **16 jauges de contrainte appliquées** à des aciers précontraints sélectionnés ont été inclus dans le système de surveillance.
- **Mesure de la déformation** sur la face inférieure des âmes pour détecter les déformations croissantes dues à la rupture du tirant/changement de système : des **capteurs de déplacement** intégralement étendus ont été installés à mi-portée sur la face inférieure des quatre âmes. Une tige CFRP de 2 m de long, qui n'est solidement reliée à la structure que d'un côté, transmet les mouvements à un **transducteur de déplacement inductif**. De cette manière, des déformations « mélangées » sont détectées sur toute la longueur de la tige.
- **Mesure de température** dans des sections définies pour effectuer une compensation en température des mesures de déformation (jauges de contrainte et capteurs de position) ainsi que pour d'autres calculs statiques, notamment pour estimer la force de contrainte. L'enregistrement de la température est effectué par des thermomètres à résistance.
- Afin d'étudier la répartition de la température dans la structure et sur certains composants, **des chaînes de température composées de trois à neuf capteurs de température PT1000** ont été installées sur un total de 13 sections transversales de différentes dimensions..

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

- Tous les systèmes fonctionnent **en continu**. L'émission acoustique couvre l'ensemble de la structure, les **mesures de déformation** sur les aciers de précontrainte (jauges de contrainte) et sur la section du pont (transducteur de déplacement) sont effectuées.
- Localement en des points caractéristiques, les **mesures de température** sont effectuées pour compenser la déformation en température et pour examiner les effets de la température.

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

Acquisition de données et concept d'alarme

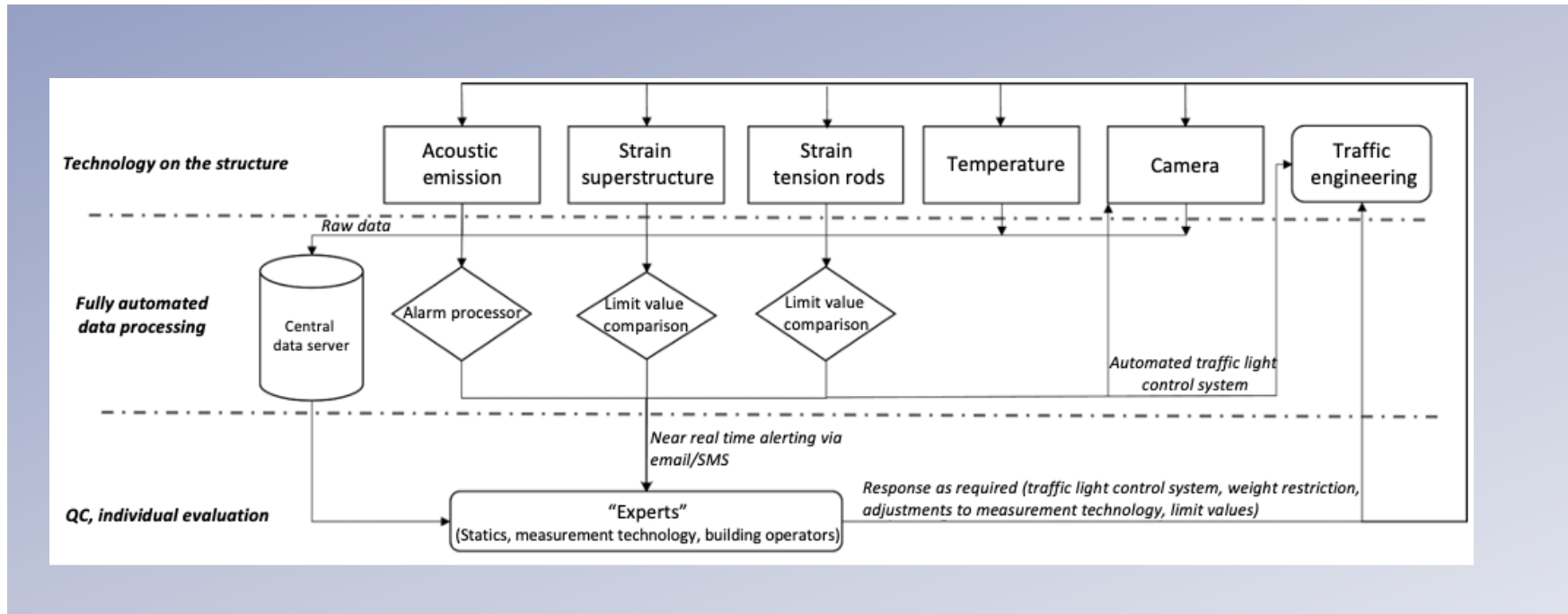
- Tous les systèmes individuels sont maintenus à distance via un modem et peuvent envoyer des événements d'alarme et des données brutes via Internet en utilisant des protocoles communs (FTP).
- Les données essentielles sont traitées pour l'affichage graphique sur l'application **Web Dashboard Vallen (« tableau de bord »)**.
- En conséquence, l'état respectif des systèmes de mesure individuels ainsi que leurs mesures de capteur, y compris l'historique, sont clairement visualisés sur des intervalles de temps réglables.
- La disponibilité immédiate des données permet une intervention rapide en cas de défaillance du système et une analyse continue, prenant en compte tous les sous-systèmes.
- De cette manière, des critères d'alarme robustes peuvent être dérivés et, grâce à la télécommande, à nouveau mis en œuvre directement sur les systèmes individuels.



Acquisition de données et concept d'alarme

- **Le concept de surveillance permet une détection entièrement automatisée 24 heures sur 24** des ruptures de barres de tension et des déformations excessives.
- En cas d'événements mentionnés précédemment, **le système envoie des messages d'alarme par e-mail et SMS** à un groupe de personnes déterminé en coordination avec les opérateurs du bâtiment et les personnes impliquées dans le projet. Les données compensées en température des mesures de déformation sur la superstructure déclenchent une alarme par e-mail, par exemple en cas de dépassement des seuils définis. De plus, les contraintes supérieures à un certain seuil déclenchent le stockage des données d'images d'une caméra de surveillance sur le pont (surveillance des restrictions de poids)
- **Le système de mesure pour la mesure de déformation sur la superstructure est également destiné à la commande directe d'un système de feux de circulation.**
- Une comparaison en température des lectures du capteur avec les valeurs limites est effectuée sur le système en temps réel. Un concept en deux étapes est actuellement utilisé : **le niveau d'avertissement 1 déclenche des notifications par e-mail et SMS**, si une valeur limite supérieure est dépassée (**niveau d'avertissement 2**), des mesures (contrôle des feux de circulation) pour la fermeture du pont sont automatiquement lancées (en cours de planification).
- **En cas d'avertissement ou d'alarme**, un contrôle de plausibilité et une évaluation détaillée des données actuelles sont effectués, en tenant compte des données de tous les sous-systèmes.

Monitoring du pont Gänstor à Ulm



Organigramme visualisant les fonctionnalités du système SHM installées

Monitoring du pont Gänstor à Ulm

- Les test en charge a été planifiée de manière à ce que lors de la réalisation de la structure porteuse principale, aucune contrainte mathématiquement plus défavorable ne se produise que sous des charges de trafic régulières (y compris la fermeture partielle).
- Des fermetures de circulation appropriées étaient censées garantir qu'aucune autre charge de circulation ne se produise pour chaque sous-structure pendant le croisement d'un véhicule de charge d'essai.
- Les véhicules pour le test d'essai en charge étaient trois grues mobiles de Liebherr, qui roulaient sur deux parcours circulaires de longueurs différentes à des vitesses définies (5, 15, 25 ou 50 km/h) et trois répétitions sur les sous-structures.
- En plus des mesures décrites précédemment , les déformations verticales des deux sous-structures ont été enregistrées à un total de 16 emplacements en utilisant des **méthodes photogrammétriques/optiques** pendant les test de charge.

Monitoring du pont Gänstor à Ulm



**Plaques de mesure éclairées et caméra pour la mesure « photogrammétrique »
de la déformation pendant les tests « de charge »**

Résultats suite aux tests de charge

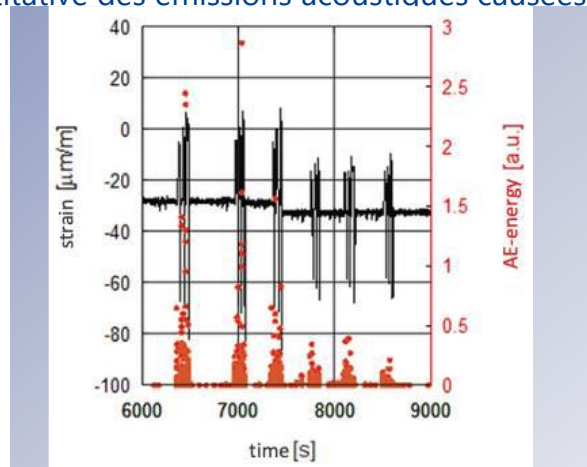
Comportement de déformation

- Par rapport aux calculs d'origine (avant les tests de charge), la structure ouest en particulier se comporte plus rigide. Même dans le modèle de calcul « calibré », les déformations calculées ont tendance à être supérieures aux valeurs mesurées lors de la charge d'essai.
- Une des raisons à cela est le fait que la contribution du plafond n'est pas prise en compte dans le modèle de calcul. Le comportement porteur "plus doux" de la sous-structure est en aval et s'exprime par des déformations verticales et des contraintes plus importantes.
- La cause du comportement porteur différent des deux sous-structures est, par exemple, des forces de contrainte imposées divergentes. Il ne peut être exclu que des dommages existants, par ex. les ruptures de tige de tension sont un facteur contributif.

Résultats suite aux tests de charge

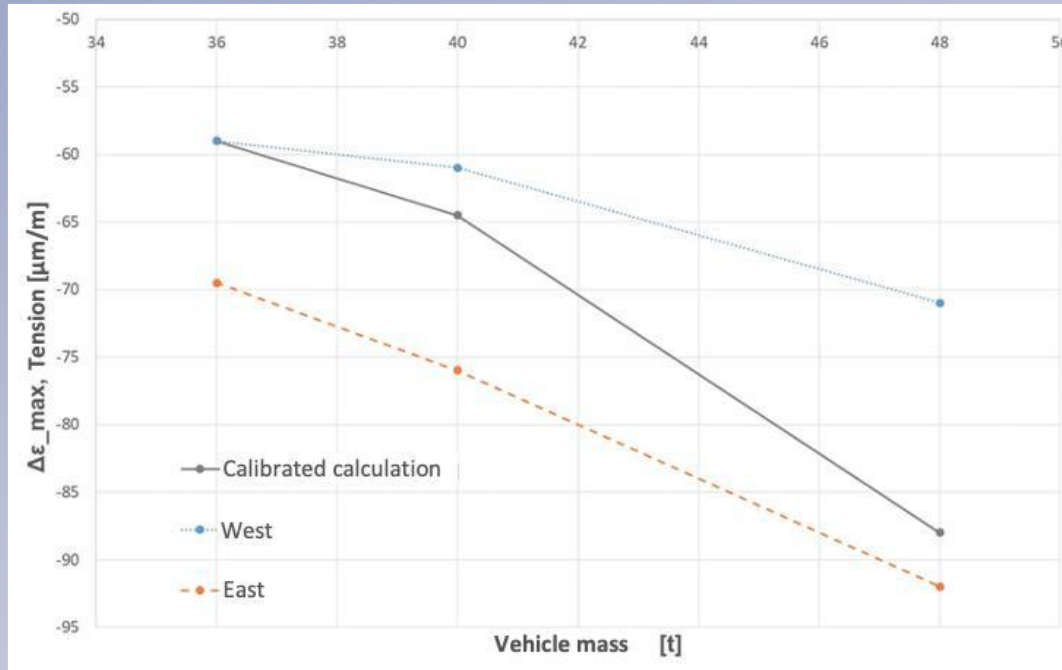
Activité Emission Acoustique lors des traversées

- Les grandeurs caractéristiques des paramètres pertinents pourraient également être dérivées des mesures pendant les tests de charge pour l'analyse des émissions acoustiques.
- Une présentation synchrone dans le temps des déformations enregistrées et de l'activité d'Emission Acoustique permet l'identification et l'estimation quantitative des émissions acoustiques causées par les croisements.



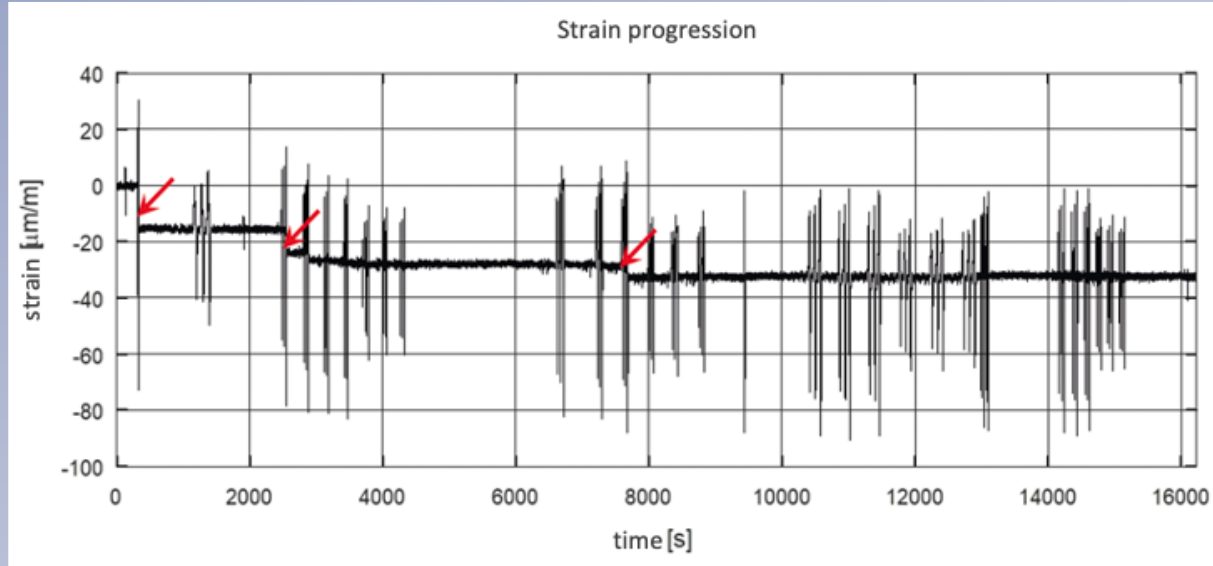
Déformation et énergie mesurées d'événements EA uniques pendant le test de charge

Résultats suite aux tests de charge



Valeurs extrêmes de contrainte de traction (jauge de contrainte) au milieu de la portée lors de l'essai en charge avec trois véhicules différents (36, 40 et 48 T.)

Résultats suite aux tests de charge



Déformations sur une jauge de contrainte pendant l'essai de charge montrant des effets irréversibles (flèches rouges)

Résultats suite aux tests de charge

- Sur la base des paramètres individuels de l'analyse des données AE, des **critères d'alarme** ont été définis pour le fonctionnement de routine, ce qui permet une identification automatique des événements sonores qui n'ont probablement pas été causés par des croisements mais par d'autres mécanismes sources.
- En tant que paramètres d'alarme, **l'amplitude**, **l'énergie totale** et **l'emplacement** (localisation de la source sonore) des événements sonores individuels sont calculés en permanence à partir des signaux des capteurs et comparés aux seuils lors de la surveillance.
- En cas d'alarme, un **examen individuel des données EA** et une **comparaison** avec les autres systèmes de surveillance (jauges de contrainte et déformations à mi-portée).

Conclusion

- En tant que résultat positif des tests avec la charge d'essai, il a été possible de noter que les deux sous-structures se comportent "plus rigides" qu'initialement supposé.
- Cela conduit au fait que, par exemple, les plages de charge de contrainte de la barre de traction causées par la charge de trafic déterminée au cours du recalcul s'avèrent en réalité plus petites et, par conséquent, le risque de rupture de la barre de traction liée à la fatigue est plus faible qu'initialement.
- Compte tenu des dommages de corrosion constatés, le risque de rupture des tirants liés à la fatigue ne peut pas être prédit avec précision.

→ **Les mesures en continu, EA Monitoring, sont donc un élément de sécurité essentiel**

Résultats du Monitoring continu

Mesure de comparaison - niveau 1- valeur limite

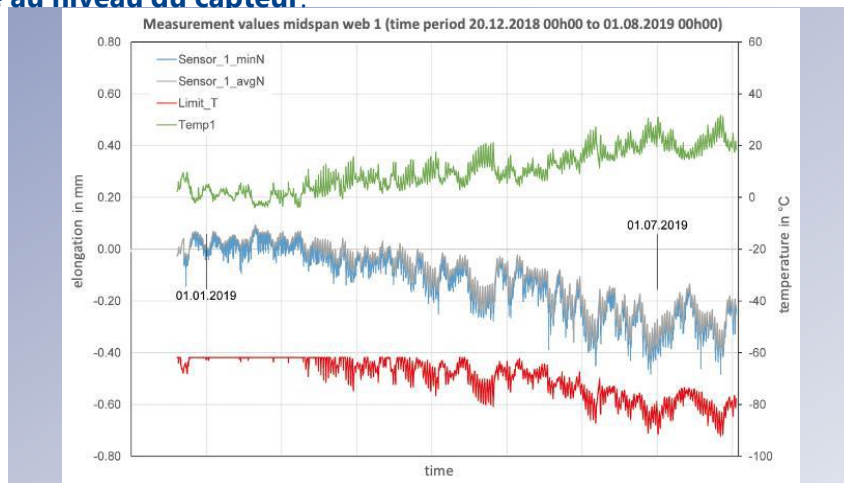
- Les mesures de la déformation sur la face inférieure de la bande à mi-portée, les valeurs de mesure de déformation **ont été continuellement comparées aux valeurs limites d'alarme** (préliminaires).
- En relation avec l'alarme de niveau 1, la comparaison est basée sur les valeurs suivantes par 10 minutes intervalle et capteur :
 - Valeurs extrêmes de déformation (min/max)
 - Déformation moyenne (moy)
 - Température moyenne au capteur

Mesure de comparaison - niveau 1- valeur limite

- Les mesures de la déformation maculée sur la face inférieure de la bande à mi-portée, les valeurs de mesure de déformation ont été continuellement comparées aux valeurs limites d'alarme (préliminaires) depuis le 21 décembre 2018.
- En relation avec l'alarme de niveau 1, la comparaison est basée sur les valeurs suivantes par 10 minutes intervalle et capteur.

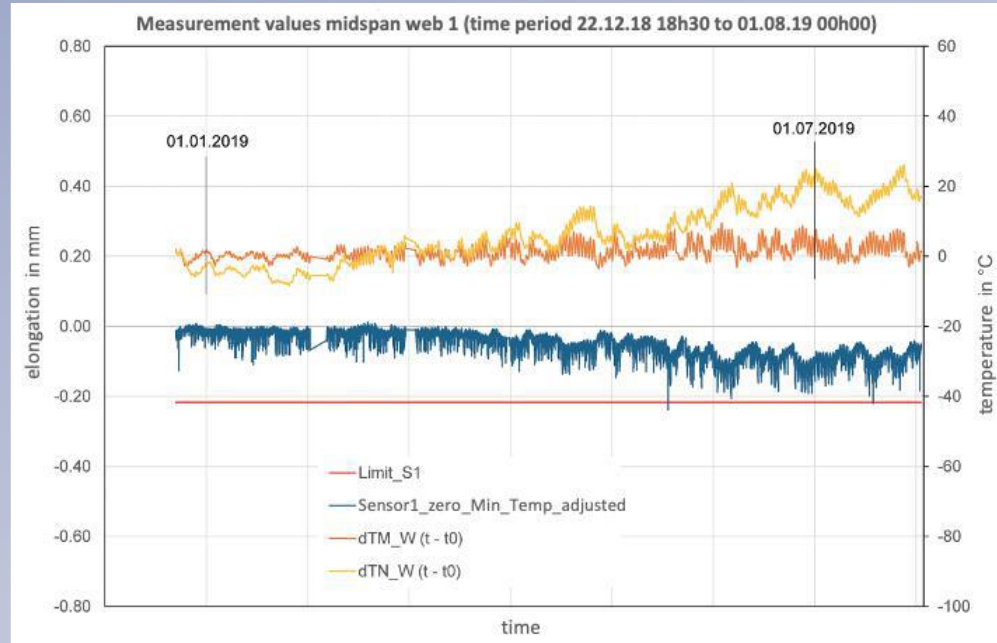
Résultats du Monitoring continu

- La figure ci-dessous montre les valeurs pertinentes sur dix minutes pour le capteur 1, c'est-à-dire pour l'âme extérieure de la sous-structure ouest sur une période d'environ sept mois. A partir de la comparaison entre les valeurs moyennes (avg) et les valeurs minimales, l'influence de la charge de trafic sur les valeurs de déformation peut être vue.
- En raison des effets de la température, les déformations moyennes (moy) ont changé de manière significative au cours de la période considérée. De plus, la figure montre également la valeur limite d'alarme préliminaire pour le capteur 1, qui est **ajustée en fonction de la température mesurée au niveau du capteur**.



Allongement au milieu de la travée au capteur 1 (âme extérieure de la partie ouest du pont) avec mesures de température et valeur limite d'alarme de niveau 1 préliminaire

Résultats du Monitoring continu



Allongement ajusté en milieu de travée (ici : âme extérieure de la partie ouest du pont)

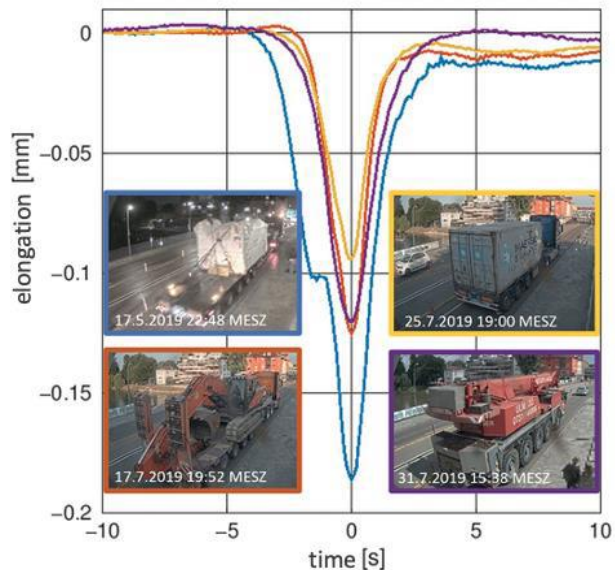
Monitoring du pont Gänstor à Ulm

Incidents particuliers lors du fonctionnement du système de surveillance

Effets et identification du trafic de poids lourds

- En raison de l'**enregistrement synchrone des paramètres mécaniques et de la vidéosurveillance** de la structure, le système de surveillance peut également être utilisé pour **contrôler la densité du trafic**.
- Ainsi, des passages illégaux, en partie avec des dépassements importants des restrictions de poids, ont été enregistrés à plusieurs reprises pendant l'exploitation et également identifiés à l'aide des images des caméras (voir Figure ci-dessous).

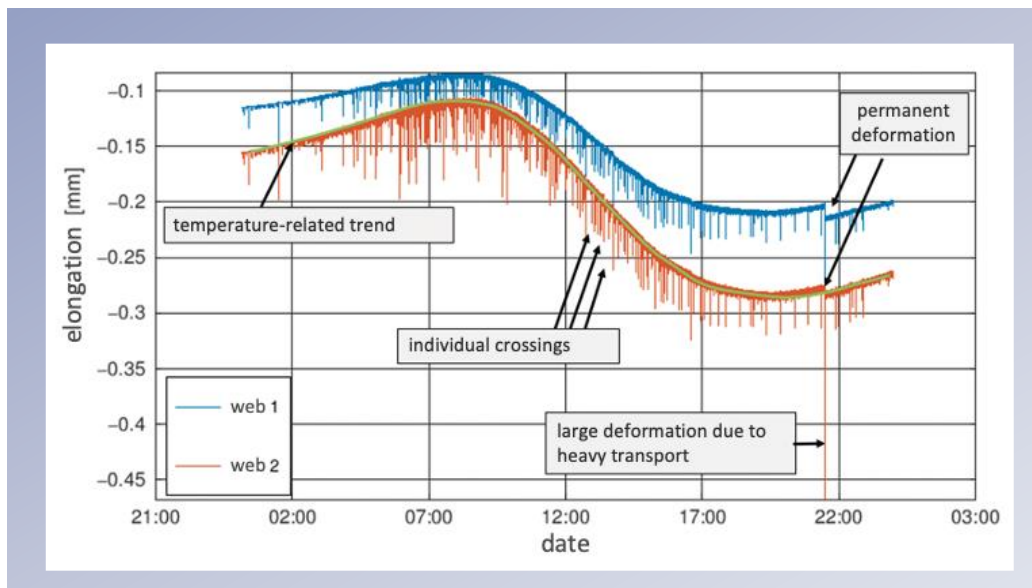
Allongement « anormal » causé par un trafic intense et les séquences vidéo correspondantes



Monitoring du pont Gänstor à Ulm

Incidents particuliers lors du fonctionnement du système de surveillance – Effets et identification du trafic de poids lourds

- La figure ci-dessous montre la progression de l'allongement de la superstructure à mi-portée (infrastructure amont) pour une journée où un poids lourd (poids env. 77 t) a traversé le pont. La charge élevée a entraîné des déformations permanentes de la superstructure. **L'analyse de la progression de la déformation sur des périodes de temps plus longues a montré qu'il existe également des déformations permanentes dans l'autre sens, mais celles-ci se produisent par incréments plus petits.**



CONCLUSION

- **Un système de monitoring EA** (avec la société **VALLEN**) a été conçu et installé afin que la structure puisse être utilisée en continu.
- **Le système de monitoring permet d'enregistrer en continu.**
- Les modifications de l'état de la structure (par ex. ruptures de barres de traction) et du comportement porteur (déformations/contraintes).
- **Les limites d'alarme ont été définies sur la base des résultats de test en charge.**
- Le premier niveau du système d'alarme est actif depuis décembre 2018.
- **Depuis lors, un groupe sélectionné de personnes est automatiquement informé par SMS/e-mail** en cas de dépassement d'une limite de niveau 1.

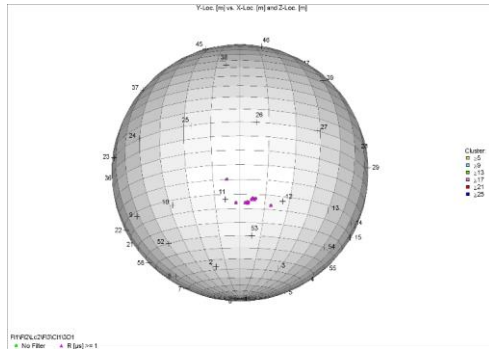
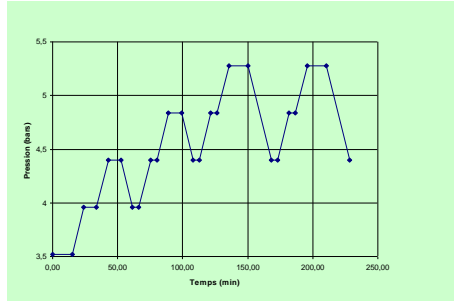
REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements à :

VALLEN SYSTEME GMBH
Buergermeister-Seidl-Str. 8
82515 Wolfratshausen
Allemagne

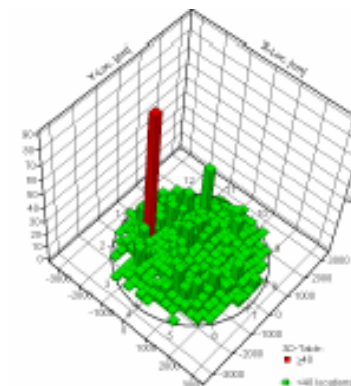
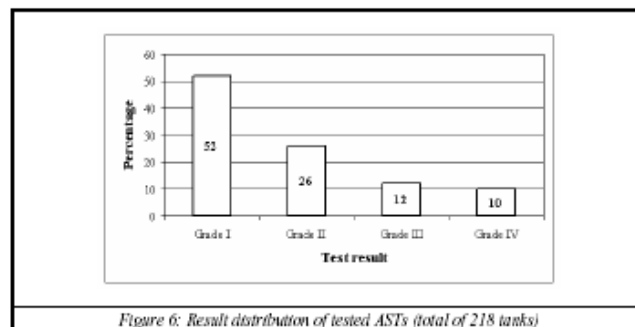
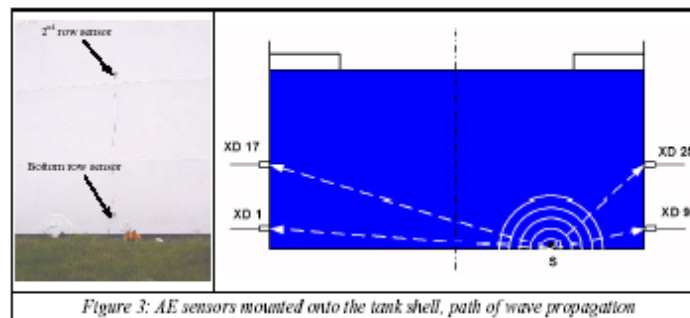


AUTRES EXEMPLES D'APPLICATIONS EA DÉVELOPPÉES PAR VALLEN



Épreuve en service d'une sphère de stockage suivi par émission acoustique

AUTRES EXEMPLES D'APPLICATIONS EA DÉVELOPPÉES PAR VALLEN



Détection de fuites et corrosion des bacs de stockages

AUTRES EXEMPLES D'APPLICATIONS EA DÉVELOPPÉES PAR VALLEN

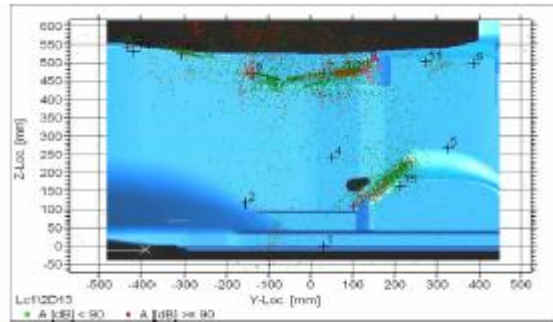
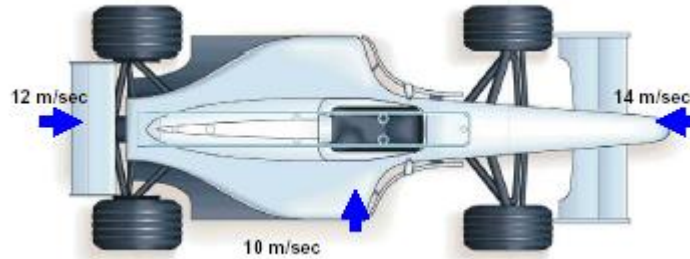


Figure 5 AE location (side view) at 200kN side squeeze load (A22 chassis)



Figure 11 Showing A23 chassis in side static squeeze rig

Dimensionnement de pièces carbonées pour la F1

ACTEMIUM NDT-Products & Systems

ZAE de la Tremblaie

Rue de la Mare aux Joncs

CS41007

91220 LE PLESSIS-PÂTÉ

Tél. 01 69 88 67 67

Email : ndt-pes@actemium.com

Site internet : www.actemium-ndt-pes.com



THANK YOU