

LE PONT DANS TOUS SES ÉTATS

DOSSIER P//18



STRUCTURES

LE MAGAZINE DU GROUPE OSMOS

LA MISE EN PERSPECTIVE

A mi-chemin entre le magazine technique et le rapport d'entreprise, le magazine institutionnel STRUCTURES met en perspective l'activité de la société OSMOS avec son marché et ses acteurs. Il propose un éclairage sur le développement de l'entreprise et son expertise, notamment en ingénierie comportementale des ponts, mais aussi sur les innovations technologiques de l'entreprise et les synergies qu'elle nourrit avec les institutions et les acteurs du BTP, de l'assurance et de l'ingénierie.

Rédigé en collaboration avec les différents services, les clients et les partenaires, le magazine STRUCTURES vise à expliquer et démontrer aux lecteurs, son savoir-faire unique et sa valeur ajoutée sur un marché en pleine expansion.



4 7 STRATÉGIE DE PARTENARIATS

UN MARCHÉ, DES PARTENAIRES AMBITIEUX

Eclairage sur l'ambition du groupe pour 2017 et les défis à relever.



10 15 REPORTAGE TERRAIN : PROJET DE A-Z

Château de la Ferté-Milon, un projet à découvrir à travers les témoignages des acteurs sur le terrain.



18 25 DOSSIER : LE PONT DANS TOUS SES ÉTATS

Dossier exclusif sur l'ingénierie comportementale des ponts par Cordes Optiques face à différents types de sollicitations.



28 30 ASSURANCE : UN DÉVELOPPEMENT EN CONSTRUCTION

Consolidation des acquis et nouveaux partenariats fructueux, les synergies entre OSMOS et le monde de l'assurance se multiplient.



32 35 OSMOS LAB : TOUJOURS PLUS DE PERFORMANCE

Gammes de capteurs filaires et non-filaires, logiciels, découvrez l'écosystème des produits OSMOS.



Une vision de gestionnaire

ÉDITO

Pâris Mouratoglou,
Président d'EREN Groupe, Directeur général d'OSMOS Group

« L'ambition du groupe EREN est d'investir dans les industries et les services de demain ; de préserver, grâce à de nouvelles technologies, les ressources naturelles de manière rentable et donc pérenne. Aux côtés de la production d'énergies renouvelables (fermes solaires, et fermes éoliennes), des procédés de stockage de l'énergie et de traitement de l'eau, OSMOS s'intègre parfaitement à cette stratégie. En optimisant l'exploitation et la durée de vie des ouvrages, elle assure une meilleure utilisation des ressources naturelles – énergie et matériaux composants ces ouvrages – mais aussi des budgets de maintenance et de reconstruction.

Grâce au développement de technologies optoélectroniques, de logiciels et de modèles mathématiques, OSMOS participe au monde des objets connectés, du Big Data et dessine le monde de demain. Sur le marché du monitoring structurel, OSMOS bénéficie d'une forte valeur ajoutée puisqu'elle capitalise sur un double savoir-faire : d'une part, des capteurs capables d'acquérir des données extrêmement précises et en très grande quantité et d'autre part, des algorithmes pour le processing et le traitement de ces données.

Durant l'année 2016, les équipes se sont consacrées à ces deux axes de développement prioritaires. Tout d'abord, un travail important a été mené sur nos technologies afin qu'elles répondent au niveau d'exigence supérieur que nous nous sommes fixé sur le long terme. Parallèlement, nous avons développé des programmes logiciels pour l'exploitation des mathématiques appliquées à la modélisation des ouvrages.

Aujourd'hui soutenue par une gamme de capteurs performants, des programmes d'exploitation innovants et en possession d'une boîte à outils complète pour l'exploitation optimale de nos données, OSMOS est prêt à relever les défis qui nous attendent. Nous souhaitons à présent, concentrer nos efforts sur le déploiement à l'international en nous appuyant sur nos équipes commerciales, techniques et nos partenaires à travers le monde. Les synergies entre les différents métiers du groupe international EREN, l'appartenance d'OSMOS à un grand groupe ainsi que les importants moyens financiers permettront à OSMOS de relever ces défis ».

OSMOS Group SA

37 rue La Pérouse
75116 paris
Tél : 01 71 39 85 15
Fax : 01 71 39 85 14

www.osmos-group.com

Rédactrice en Chef : Alice Bastick-Ruiz

Responsable Création : Hugo Fultot
fultoth@osmos-group.com

Directeur de la Publication : Patrice Pelletier
pelletier@osmos-group.com

STRUCTURES N°8
REMERCIEMENTS

Yann Hego, Pamela Christiny, la DRAC Nord-pas-de-Calais Picardie, SMACL Assurances, Philippe Juvin, Bertrand Guigue

Un marché porteur

Des partenaires historiques solides

La société OSMOS a depuis, sa création, considéré le déploiement à l'international comme un axe de développement prioritaire, notamment en entretenant des relations privilégiées avec des pays déjà bien engagés dans la surveillance structurelle des ouvrages (Japon, Canada, Allemagne) et en multipliant les projets dans ces pays dans différents secteurs clés : ponts, tunnels, voies ferrées, bâtiments, patrimoine historique...

Le groupe OSMOS s'est également appuyé sur la création de filiales historiques notamment en France, au Canada, en Espagne, en Grèce - pour la Grèce et le Moyen-Orient, en Belgique - pour la Belgique, les Pays-Bas et le Luxembourg et en Finlande pour le marché des pays nordiques.

Ces filiales ont toutes participé au développement du groupe en acquérant des références prestigieuses, en construisant des relations privilégiées avec les interlocuteurs clés et en multipliant les démonstrations de réussites techniques. Parmi les nombreuses références qui ont contribué à apporter à OSMOS sa crédibilité, nous retenons par exemple le cas du Pont Champlain au Canada.



Depuis qu'a été lancé le programme de monitoring du pont Champlain au Québec en 2012, les équipes de *Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée*, réalisent à l'aide de plus de 300 Cordes Optiques OSMOS, une surveillance continue en temps réel du comportement du pont ainsi que des tests de chargements mensuels.

La bonne connaissance des problématiques locales et des interlocuteurs économiques et publics de chaque filiale a été décisive dans le développement du groupe. OSMOS Benelux apporte par exemple aux Pays-Bas des solutions très ciblées aux problématiques de tremblements de terre de petites magnitudes liés aux forages de gaz ou encore aux infiltrations d'eau.

La filiale OSMOS Hellas, responsable de la Grèce et du Moyen-Orient a de son côté su démontrer la performance des solutions OSMOS auprès des gestionnaires immobiliers et des responsables du patrimoine historique dans cette zone particulièrement touchée par les séismes et les problématiques de préservation du patrimoine.



La propylée de l'Acropole d'Athènes surveillé depuis Juillet 2015 grâce aux Cordes Optiques OSMOS.

Des partenaires ambitieux

OSMOS Hellas a instrumenté en Juillet 2015 le Propylée de l'Acropole d'Athènes dont l'objectif du suivi vise à identifier, pour ce bâtiment ancien, les risques liés aux intempéries et aux poussées des terres.

Des alliances prometteuses

La maturité du marché du monitoring dans certains pays incite le groupe OSMOS à poursuivre son expansion internationale par le biais de partenariats et de création de nouvelles filiales.

Pour l'année en cours, le groupe OSMOS nourrit l'ambition de multiplier le nombre de filiales sur des marchés déjà convaincus de l'importance du « Structural Health Monitoring » pour la prévention des risques et la réduction des coûts de maintenance des ouvrages.

En première ligne : l'Italie et le Japon, deux pays pourvus de nombreuses infrastructures et monuments historiques et situés en zone sismique.

Le succès de la stratégie 2017 reposera également sur les moyens mis en place par le groupe OSMOS pour rendre les nouvelles filiales rapidement aussi efficaces sur le plan marketing et opérationnel que les autres filiales. C'est pourquoi, tous les efforts de l'équipe consacrée aux développements internationaux porteront sur la création d'un réseau commercial solide et la formation des partenaires pour assurer des capacités techniques complètes.



Patrice Marc Pelletier

Directeur Général Adjoint, OSMOS Group

Grâce à son service SAFE ALL™ (Suite logicielle SAFE Works™, SAFE Analyzer™, technologies et services d'ingénierie associés), OSMOS est l'un des leaders mondiaux dans le suivi structurel des bâtiments, des infrastructures et des équipements industriels, avec sa gamme LIRIS de technologies innovantes et performantes constitués d'objets connectés sans fil à base de fibres optiques, ses applications IOS & Android, et ses progiciels de représentation, d'analyse, d'interprétation et de gestion de la santé des structures. Grâce à ses filiales et associés partenaires, OSMOS est présent dans de nombreux pays, et particulièrement actif sur les territoires où les catastrophes naturelles se présentent...

2016, une année de performance

Alors que le marché mondial du monitoring structurel poursuit sa croissance – il devrait représenter 1,7 milliard d’euros en 2020 – OSMOS continue de son côté à investir pour consolider sa position.

En 2016, les investissements ont été concentrés sur le développement de nouveaux capteurs et de solutions logicielles pour offrir un service novateur et simple d’utilisation : de la facilité d’installation à la facilité d’exploitation, de visualisation et d’analyse des données.

L’ensemble du développement des capteurs et des solutions logicielles visent à permettre aux clients, gestionnaires d’ouvrages, bureaux d’études et décideurs, d’accéder aisément aux données comportementales de leurs ouvrages.



Plusieurs expertises sont rassemblées au sein des services R&D et collaborent pour faire évoluer les capteurs et leurs performances technologiques.

Outre le travail des équipes pour répondre aux exigences d’innovation permanente, les efforts des services R&D et production ont permis de constituer une gamme de capteurs de qualité, fiables à des coûts compétitifs. Une réelle évolution sur le marché du monitoring.

Les gammes de capteurs filaires et non-filaires ont été enrichies grâce au développement de nouveaux capteurs tel que l’inclinomètre LIRIS autonome et sans-fil qui permet de mesurer l’inclinaison d’un élément de structure. Parallèlement, les produits OSMOS ont aussi bénéficié de nouvelles démarches qualité et certification qui renforcent davantage encore, leur compétitivité sur le terrain.

Afin de s’assurer que nos clients tirent le meilleur de nos technologies, une suite logicielle a été développée. Elle propose de nombreux outils pour optimiser l’exploitation des données récoltées par les capteurs.

L’interface a été conçue pour s’intégrer au mieux aux outils déjà utilisés par nos clients et pour ainsi faciliter l’accès aux informations clés lors de prises de décision. Ce développement logiciel s’est avéré indispensable tant pour exploiter toute la valeur de la performance des capteurs que pour répondre à une demande grandissante du marché pour la gestion de parcs d’ouvrages, en cohérence avec la stratégie commerciale d’OSMOS.

La stratégie commerciale « grands comptes » éprouvée en France

La stratégie commerciale visant à axer en 2016 les efforts commerciaux sur les clients grands comptes tels que les foncières immobilières ou les groupes industriels, s’est déjà avérée payante pour la filiale OSMOS France. La réussite de la filiale française auprès de grands comptes dans des secteurs clés tels que les ouvrages d’arts et l’industrie, valide le modèle avec une augmentation du chiffre d’affaire de 59%.

Un grand nombre de Conseils Départementaux nous font confiance. Le Conseil Départemental de l’Ain a par exemple confié plusieurs ponts à OSMOS pour perfectionner la maintenance de ce parc d’ouvrages. Tandis que certains ponts sont suivis par des solu-

tions de monitoring préventif visant à anticiper les risques, d’autres ont fait l’objet de tests afin d’évaluer par exemple l’impact de convois sur la structure et la bonne résistance des éléments lors de sollicitations. Dans le secteur industriel, il s’agit de faire du monitoring structurel un paramètre indispensable pour une maintenance de parc optimale.

OSMOS s’inscrit ainsi dans une démarche, déjà adoptée par les gestionnaires d’ouvrages, qui consiste à utiliser les données issues d’objets connectés pour anticiper les risques, optimiser la maintenance et ainsi mieux répondre aux exigences économiques et sécuritaires. La réussite de la filiale française auprès de grands comptes a permis de confirmer la nécessité d’appliquer à l’international la même stratégie, d’identifier les interlocuteurs clés et de valoriser les produits et services qui soutiennent ce positionnement.

GRANDS PROJETS DE 2016 :



La Samaritaine
Phase de travaux



Centre Commercial
Carrefour



Équipements
industriels



Center Aquatique
Le Nautile

DES APPLICATIONS VARIÉES:



Patrimoine

Lévée de doutes en phase de réhabilitation



Ouvrages d’art

Comptage/pesage des événements



Bâtiments

Monitoring préventif



Jacques Chanteclair

Président d’OSMOS France

Le fort taux de croissance des ventes d’OSMOS sur le marché français s’appuie d’abord sur des équipes fortement impliquées, totalement orientées vers la compréhension et la satisfaction des besoins des clients.

Grâce à de nouveaux outils d’ingénierie et à une approche « sur-mesure », nous pouvons répondre à des demandes variées venant de grands donneurs d’ordre. Signe encourageant, en nous homologuant parmi leurs fournisseurs, ceux-ci nous font désormais confiance à travers des commandes récurrentes et des contrats long-terme.

Le process de l'offre de **service**



De la gestion de données aux modèles prédictifs ?

Contrairement à ce que propose la segmentation classique du marché du monitoring avec des solutions distinctes d'équipements, d'ingénierie, d'analyse logicielle, d'exploitation Big Data, OSMOS a su développer une offre transversale en acquérant une expertise dans chacun de ces domaines : de la R&D à l'ingénierie en passant par la production industrielle. OSMOS est allé plus loin en créant un département Mathématiques et Statistiques. Consacré à l'exploitation des données

récoltées sur les ouvrages, ce département offre de nouvelles méthodes d'analyses et de visualisation : ingénierie comportementale, machine learning, modèles prédictifs. Un nouvel axe de création de valeur pour OSMOS et pour le client qui permet d'enrichir les rapports de suivi mais qui permettra aussi dans le futur, de proposer des fonctionnalités d'analyse innovantes accessibles depuis la plateforme SafeWorks. L'objectif sur le long terme est de définir des modèles d'analyse prédictive pour évaluer par exemple, la durée de vie restante d'un ouvrage.

Sur la route de modèles prédictifs et statistiques basés sur nos solutions est encore longue, le département mathématiques exploite d'ores et déjà les données issues du monitoring. La méthode du coefficient d'expansion thermique vise, par exemple, à isoler la composante thermique (liée aux variations de températures) de l'influence mécanique. Elle permet d'obtenir une tendance qui représente les effets mécaniques exercés sur la structure. Une autre méthode consiste, à l'inverse, à utiliser la forte corrélation entre les déformations et les variations de température pour détecter les anomalies. La méthode de la projection de

la fatigue consiste, quant à elle, à étudier la réponse des structures (la fatigue) à un nombre périodique d'événements à répétition sur une très longue durée. L'analyse d'événements statistiques permet d'étudier, à l'aide de toutes les méthodes mathématiques décrites précédemment, le comportement d'ouvrages soumis à des sollicitations dynamiques, comme c'est le cas par exemple pour les ponts. Cette méthode consiste à observer les inter corrélations entre les différentes variables des événements dynamiques.

PROJET DE A-Z

Château de la Ferté-Milon

Classé au titre des monuments historiques depuis 1862, le château de La Ferté-Milon se situe sur la commune du même nom, dans le département de l'Aisne en région Picardie. De la construction de ce château, ordonnée par Louis d'Orléans en 1393, il ne reste aujourd'hui que l'immense façade sur 200 mètres de long et 38 mètres de hauts.

Un ouvrage atypique qu'OSMOS surveille depuis août 2015 pour le compte de la DRAC Nord Pas-de-Calais Picardie.

A travers les témoignages des différents acteurs impliqués dans le suivi, découvrez le déroulé du projet.

1. Avant projet



Plusieurs épisodes de détachements de blocs provenant de la table rocheuse sur laquelle le rempart Nord du château est construit, sont survenus au cours des 20 dernières années, suscitant une attention particulière de la DRAC Nord Pas-de-Calais Picardie.

Yann Hego

Ingénieur des services culturels et du patrimoine de la DRAC explique :

« A la suite des épisodes de détachements de blocs rocheux, plusieurs campagnes de restauration des maçonneries du mur de soutènement de la plateforme du château ont été menées par les services de l'Etat propriétaire du monument (Maîtrise d'ouvrage : DRAC-CRMH Picardie ; Maîtrise d'Œuvre : Architecte en chef des monuments historiques). En 2012, un bloc de plusieurs tonnes s'est à nouveau détaché et a été retenu dans le filet de protection qui avait été installé, protégeant ainsi les terrains et habitations situés en contrebas du rempart. Néanmoins, et dans l'attente de la réalisation d'une étude poussée sur la confortation définitive du rempart Nord et de son substrat rocheux, des mesures d'alertes sur les risques imminents de nouvelles chutes s'imposent pour la sécurité des riverains ».



2. Visite du site

Pour la première visite, Anthony le commercial alors en charge de la région, s'est rendu sur site accompagné de Yoann, l'ingénieur. Bien que quelques ouvrages déjà suivis par Anthony, tels que d'autres ouvrages classés aux monuments historiques (églises, cathédrales, remparts) présentent certaines similarités, plusieurs caractéristiques du château de la Ferté-Milon en ont fait un projet unique. Son historique tout d'abord, avec les épisodes successifs de détachements de roches localisés et de campagnes de restauration, mais également sa situation géographique avec la présence de riverains à proximité, et des zones à surveiller difficiles d'accès.





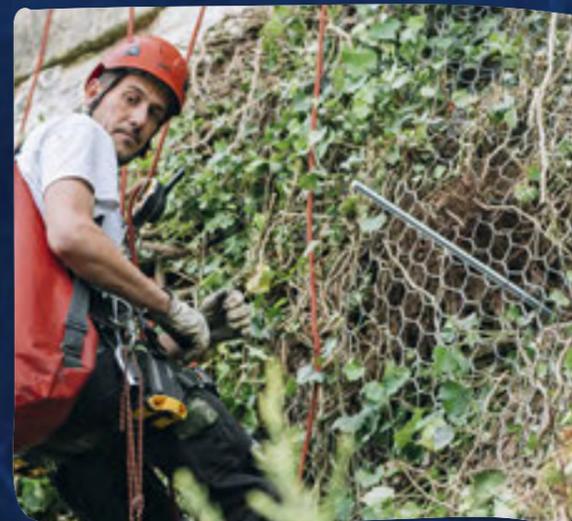
3. Besoins

Après avoir étudié les besoins en termes de nature de renseignement et les contraintes techniques, une proposition commerciale a été acceptée par le client. La première année de suivi servirait à observer le comportement du rempart de soutènement qui repose sur un bloc rocheux friable. Quatre Cordes Optiques positionnées sur la partie basse du rempart, mesurent les déformations tandis que huit inclinomètres montés sur électro nivelles mesurent les mouvements différentiels et la rotation de la roche mère.



4. Installation

La présence de végétation sur la roche mère, ainsi que l'existence de propriétés privées en contrebas du rempart, représentaient des difficultés pour l'installation des capteurs. Pourtant, grâce à l'intervention de l'équipe OSMOS avec Anthony, Yoann et Morad le responsable installation et des prestataires Pons et Coexia, l'installation a pu être réalisée en quatre jours seulement, après que Yoann du Bureau d'étude ait défini précisément la localisation des capteurs.



Anthony Roche

Commercial OSMOS qui a supervisé le projet témoigne :

« Grâce à la coordination d'une équipe d'installateurs et de cordistes, accompagnée des conseils de Morad le responsable installation, nous avons pu très rapidement répondre au besoin des clients malgré les difficultés d'accès et les contraintes liées au voisinage. Les câbles de la Station Experte d'Acquisition ont été tirés en partie basse du rempart, accessible par le jardin d'un riverain, tandis que les cordistes ont installé les capteurs depuis le haut des remparts, après que la zone d'installation ait été débroussaillée ».



Anthony Roche, commercial OSMOS



5. Observation

Les rapports de suivi mensuels rédigés par le Bureau d'Etudes d'OSMOS à partir des données récoltées en continu ont rempli trois objectifs. Premièrement, bénéficier de renseignements concernant le comportement de base de l'ouvrage, notamment quant à l'évolution des déformations lors de variations de température. Deuxièmement, l'analyse des ingénieurs OSMOS a permis d'identifier les zones plus sensibles aux variations thermiques, et pouvant nécessiter l'attention particulière des ingénieurs afin d'étudier la réversibilité ou non des déformations. Enfin, la première année a également permis de conclure que l'ensemble de la partie instrumentée évolue globalement en relation avec les variations saisonnières.

Yoann Dufour

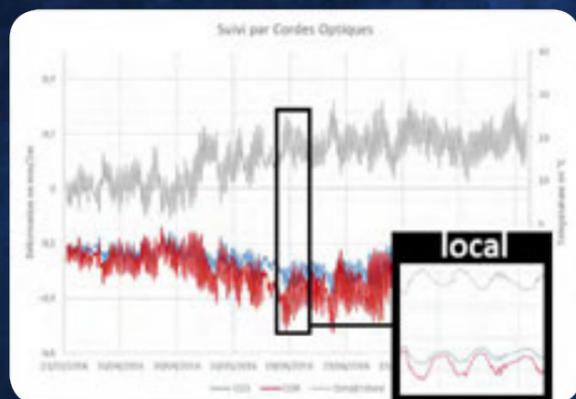
Ingénieur, s'est chargé d'analyser les données :

« Le suivi mis en place depuis fin octobre 2015 nous a permis jusqu'à ce jour de confirmer le comportement normal des matériaux en place (d'un côté de la maçonnerie ancienne et de l'autre des blocs rocheux friables) et de surveiller plus précisément des zones actives. Avec l'historique de ces premiers mois nous pouvons alors fixer des seuils d'alerte correspondant à des phénomènes anormaux. La poursuite du suivi nous permettra de récolter plus d'informations sur les tendances observées et d'identifier si la stabilisation statique est pérenne ».





6. Analyses



Comportement de la partie maçonnée :

Les données évoluent suivant des cycles journaliers et saisonniers de température (voir courbes). Il n'y a pas de tendance particulière autre que celle liée aux variations thermiques, un comportement logique pour un ouvrage de ce type (maçonnerie ancienne).

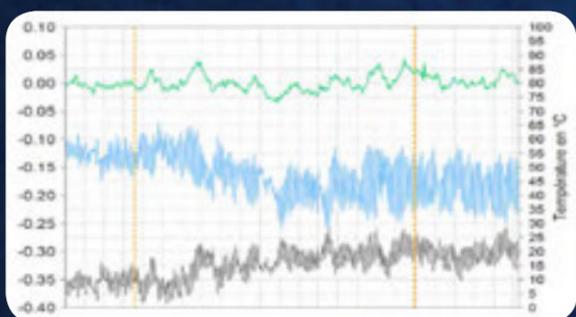


Figure : Courbe de température [gris], Déformations mesurées [bleu], Déformations corrigées [vert]. La période d'apprentissage Déformation/Température est délimitée par les droites oranges.

Comportement de l'effet de la température :

Le Bureau d'Etudes dispose d'un algorithme de correction lui permettant d'éliminer la composante thermique des mesures collectées. Il est alors possible d'observer l'évolution de l'état structurel propre à l'ouvrage indépendamment de ce paramètre extérieur. Ici, si les amplitudes de déformations mesurées varient, elles ne présentent pas pour autant de tendance globale. [voir courbe verte qui présente une bonne stabilité]



Depuis la première phase de suivi dite d'observation, les différentes zones instrumentées au niveau de la roche d'assise évoluent avec plus ou moins de sensibilité vis-à-vis des conditions climatiques. On note cependant sur la zone 6 [courbe verte] une tendance indépendante de ces paramètres. Cette dérive lente mais régulière montre un comportement atypique. Bien que les amplitudes soient pour le moment faible, il est important de suivre avec plus d'attention cette zone jugée alors « sensible ».

7. Collaboration

Après que la première année de suivi ait apporté ses conclusions, il est apparu indispensable de prolonger un suivi préventif pour surveiller le comportement du rempart et de la roche mère et prévenir toute dégradation pouvant présenter des risques pour les habitations situées en contrebas. De plus, dans l'attente de campagnes de travaux et sur les conseils de l'Architecte en Chef des Monuments Historiques, le suivi OSMOS permet à la DRAC de compléter ses connaissances de la structure et des risques géotechniques tels que les fontis pouvant avoir un impact sur la conservation d'une partie des remparts.

Un capteur supplémentaire a ainsi été installé sur l'ouvrage et un dispositif a été mis en place pour faciliter le partage automatique de l'information entre les équipes OSMOS, la DRAC et les différentes parties prenantes.





RÉSIDENCE GASTON PINOT 75019 PARIS

La résidence Gaston Pinot se compose de 18 bâtiments R+3 construits dans les années 30.

Suite à la constatation d'un mouvement de basculement d'un des bâtiments, des relevés ont été réalisés par un géomètre expert, confirmant le déplacement d'un bâtiment.

Des études géotechniques ont ensuite identifié que le sol argileux et l'assèchement provoqué par le réaménagement du site étaient à l'origine du déplacement. Pour renforcer le sol d'assise, des injections de résine ont alors été réalisées.

Cependant, le client craignant que les sols gypseux présents en profondeur se dissolvent en dessous des zones injectées, OSMOS a été consulté pour caractériser les problématiques liées à ces dissolutions de gypse et identifier les zones à risques.

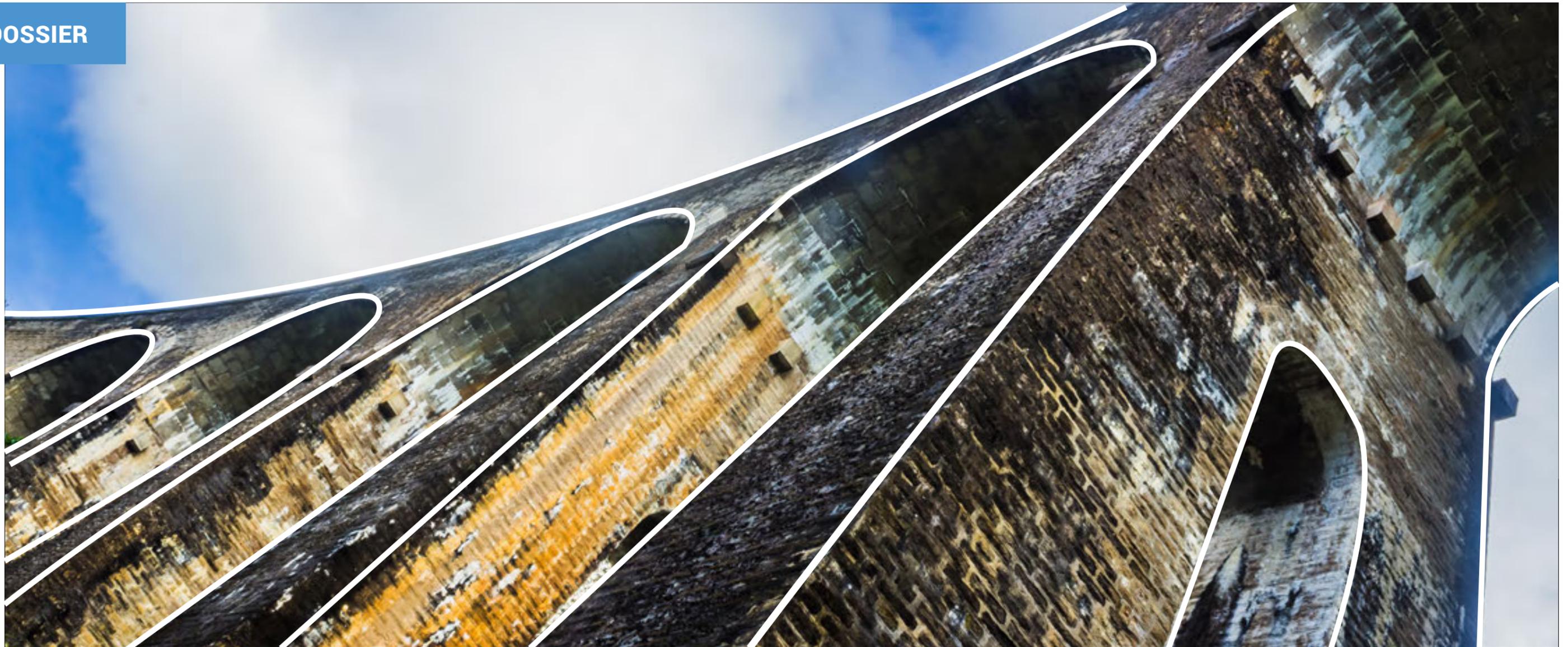


Patrick, LEZIN

Ingénieur OSMOS en charge du projet

Ce projet a été l'occasion de travailler en collaboration avec le client pour définir un suivi optimisé des problématiques de sol et leur impact sur les structures, en variant par rapport au suivi topographique traditionnel. Le cadre technique précis a permis de créer une représentation originale des données, tout en y associant une précision difficilement atteignable par un théodolite. D'un point de vue technique, le plus satisfaisant a été de mettre en évidence l'apparition de désordres puis leur stabilisation.





LE PONT DANS TOUS SES ÉTATS

INGÉNIERIE COMPORTEMENTALE DES PONTS
PAR **CORDES OPTIQUES**

La bonne connaissance du comportement mécanique d'un pont est primordiale pour optimiser son utilisation et sa maintenance. En effet, la seule fonction du pont étant de supporter des charges entre deux points, son dimensionnement est en général effectué au plus juste selon les charges prévues à l'origine. Cependant, les incertitudes sur les hypothèses de calcul initiales et le vieillissement de l'ouvrage contribuent à modifier son comportement réel en comparaison avec son comportement théorique lors de sa conception. Par ailleurs, de nombreux ponts anciens sont exploités sans que l'on connaisse ce comportement théorique, ni l'adéquation à son fonctionnement actuel.

Afin de qualifier avec précision le comportement réel des ouvrages d'art au cours du temps, OSMOS propose une approche qui combine mesures prises en continu sur site, analyse statistique et modélisation de recalcul. L'exhaustivité des mesures prises au cours du temps permet d'appréhender les effets réels de différents phénomènes agissant sur les structures : charges roulantes, variations de température, mises en vibration, effets du vent etc. Une interprétation adéquate permet alors de retrouver les caractéristiques réelles du pont et d'en étudier les évolutions au cours du temps, ainsi que l'utilisation qui peut en être faite.

CONNAÎTRE LES EFFETS RÉELS DES CHARGES



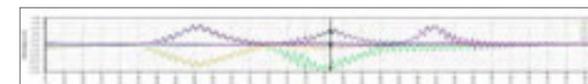
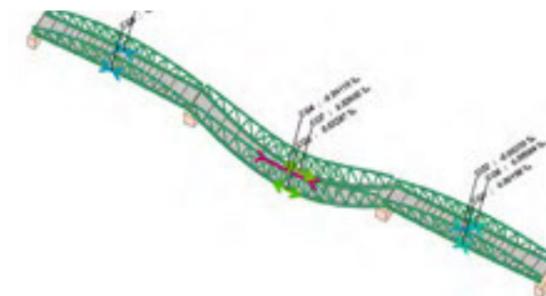
Pont de Fleurville dans l'Ain

Le procédé de mesure continu des déformations à haute fréquence permet ainsi de rendre compte avec précision des effets réels de toutes les charges qui s'appliquent à un ouvrage d'art au cours du temps.

Dans le cadre d'épreuves de chargement, la mesure effectuée correspondra par exemple aux déformations longitudinales des fibres extrêmes du tablier à mi-travée. Cette information est plus pertinente que la simple flèche mesurée habituellement, car elle est directement liée aux contraintes qui se développent dans le matériau lors des épreuves, afin de vérifier la validité des modèles de calcul ayant permis le dimensionnement du tablier et de valider les épreuves.

Par la suite, le maintien permanent du dispositif OSMOS sur l'ouvrage en situation de service permet l'enregistrement des passages de convois qui le sollicitent et leur comparaison systématique avec les niveaux de déformations atteints lors des épreuves initiales. Les applications possibles de ces mesures en continu sont nombreuses : pesage des convois, statistiques générales permettant de connaître le taux d'utilisation réel de l'ouvrage, analyse des modes d'oscillations de la structure en cas de mise en vibration lors d'un passage.

Exemple de suivi de déformations de pont



Passage d'un véhicule et mise en vibration sur un pont à poutres treillis métallique ancien. Visualisation de la déformation d'ensemble en fonction des mesures prises à mi-travée. Pont de Fleurville sur la Saône, Département de l'Ain.



Système d'Acquisition au pont de Fleurville

Le suivi structurel proposé par OSMOS consiste à mesurer en continu les déformations des éléments les plus sensibles d'un ouvrage d'art, avec une fréquence d'acquisition élevée (50 à 100 points de mesure par seconde). Afin que les mesures prises aient du sens à l'échelle de la structure et puissent être comparées de façon pertinente à une valeur théorique déduite d'un modèle, les capteurs privilégiés pour cette opération sont des extensomètres à base longue de type Corde Optique.

La longueur de la base de mesure est alors de 1 à 2 mètres afin de correspondre à une dimension significative à l'échelle de la structure. On s'affranchit ainsi des incertitudes liées aux effets locaux qui troublent la représentativité des mesures classiques par jauge de contrainte par exemple, en particulier sur les ponts en matériaux hétérogènes comme le béton armé ou la maçonnerie.



François-Baptiste CARTIAUX

Ingénieur OSMOS Group, spécialiste des ponts

Pour un ingénieur spécialiste en calcul des structures, l'approche d'OSMOS est à la fois originale et stimulante : plutôt que de postuler des hypothèses de calcul a priori ou issues d'essais ponctuels, il s'agit ici d'approfondir nos connaissances sur le comportement mécanique des ouvrages en le mesurant en situation réelle et sur une longue durée. On introduit ainsi une boucle de contrôle permanente dans le processus de recalcul : chaque nouvelle sollicitation enregistrée est l'occasion d'affiner nos modèles. On introduit également la possibilité d'une évolution des différents paramètres dans le temps, et la détection voire la prévision de ces évolutions par des outils mathématiques.

DÉTECTER LES ANOMALIES



Pont de Bourg d'Alloue, Charente

Chacune des charges qui génère des variations rapides des déformations du pont donne lieu à l'enregistrement d'un événement dynamique par le dispositif de suivi : passages de convois lourds ou coups de vent importants sont ainsi automatiquement horodatés et l'amplitude de leurs effets sur l'ouvrage précisément quantifiée.

Cet enregistrement automatique a de nombreuses applications en termes d'aide à l'exploitation des ouvrages d'art. La première est le contrôle des passages de convois exceptionnels et la vérification de leurs effets réels sur la structure, en particulier sur les ponts anciens ou mal connus pour lesquels une approche comparative avec des épreuves de charges préalables est appropriée.

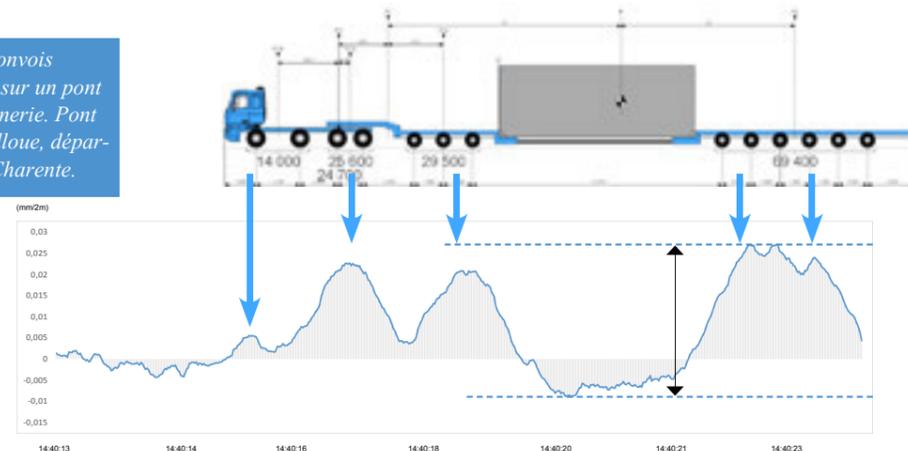
Une seconde application est le déclenchement d'alertes automatiques instantanées en cas de déformation dépassant un seuil critique prédéfini, ce qui permet la détection en temps réel de convois en surpoids ou de

toute sollicitation potentiellement critique vis-à-vis de la structure. Enfin, la détection de déformations anormales peut être effectuée de façon plus fine et très anticipée, afin de s'inscrire dans un schéma global d'optimisation de la maintenance. A cette fin, le Département Mathématiques d'OSMOS développe des tests de stationnarité permettant d'identifier, à partir d'une grande quantité d'événements, si une dérive est en cours dans la réponse de la structure à des sollicitations certes différentes prises une à une, mais statistiquement équivalentes à grande échelle.

Une telle dérive est le signe d'un affaiblissement du tablier, en général un assouplissement dû à la propagation de fissures dans le béton ou à la corrosion de l'acier.

Le suivi en continu permet alors de qualifier la cinétique de cette dérive afin d'estimer la stabilité de la structure sur le long terme.

Contrôle de convois exceptionnels sur un pont ancien maçonnerie. Pont du Bourg d'Alloue, département de la Charente.



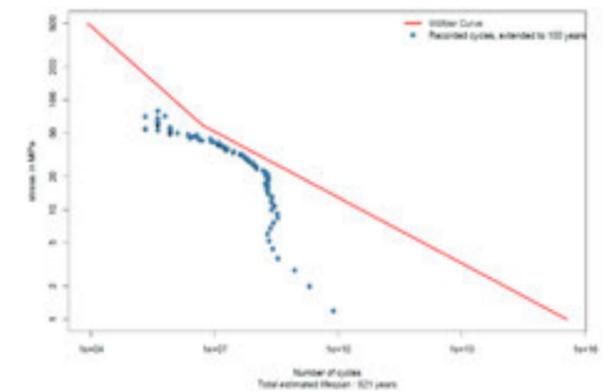
ESTIMER LA DURÉE DE VIE



Pont de Hagestein, Pays-Bas

La fatigue des éléments structurels d'un pont est un problème sensible, en particulier dans le cas des ouvrages métalliques. Il s'agit de l'accumulation de nombreux cycles de contraintes dans les matériaux du pont au cours de son exploitation : pris indépendamment, chacun de ces cycles est anodin, mais leur répétition sur une longue durée peut conduire à l'apparition de fissures et leur propagation puis à la ruine.

L'enregistrement continu et à haute fréquence des déformations des éléments les plus sensibles du pont permet un comptage pertinent des cycles réels appliqués à la structure. Pour cela, OSMOS utilise un algorithme de type Rainflow appliqué à l'ensemble des mesures prises sur une plage de temps donnée, afin de classer les cycles de déformations mesurés par amplitudes. Une modélisation des ouvrages permet ensuite la conversion de ces déformations en contraintes dans les éléments critiques, qui peuvent ne pas se situer aux emplacements instrumentés. Par exemple, une Corde Optique disposée en diagonale à l'about d'une poutre de tablier mesurera une déformation proportionnelle à l'effort tranchant, sur appui.



Comptage des cycles de contrainte et estimation de la durée de vie d'un tablier à poutres profilées métalliques.

Une fois les cycles de contraintes déterminés et classés par amplitudes, il est possible d'en déduire le taux d'endommagement à la fatigue des éléments critiques, par comparaison avec un nombre de cycles limites en fonction des amplitudes. Une extrapolation des cycles mesurés à l'ensemble de la durée de vie de l'ouvrage permet enfin d'estimer sa durée de vie réelle vis-à-vis des critères de fatigue, en se reposant non pas sur des hypothèses de charges hasardeuses mais sur les sollicitations réelles constatées en situation d'exploitation.

SUIVRE LES ÉVOLUTIONS SUR LE LONG TERME

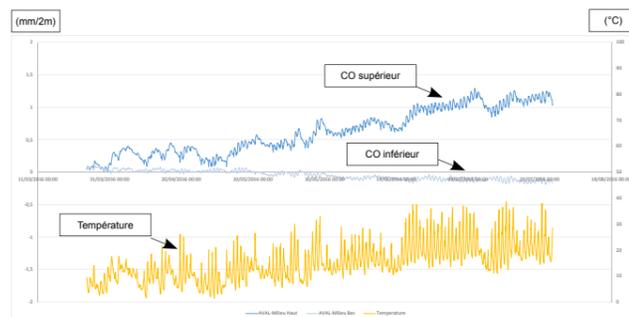


Dispositif de suivi mis en œuvre sur un tablier à poutres en béton armé.

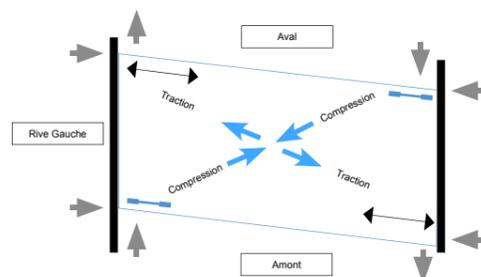
Pont du Moulin-Niat, département de L'Ain



Pont sur la Vière, département de la Drôme



Évolution de la formation d'une rotule à la clé d'un pont en maçonnerie.



En dehors des événements dynamiques enregistrés à haute fréquence, le dispositif de suivi OSMOS garde en mémoire des mesures dites statiques qui correspondent au comportement à plus long terme de l'ouvrage : l'intervalle de temps entre deux mesures varie alors entre une minute et une heure.

Ces mesures statiques permettent d'étudier le comportement de la structure sous l'effet des variations de la température et des gradients thermiques. En effet, la température est systématiquement mesurée à la même fréquence, en plusieurs points si nécessaire.

L'analyse de l'évolution des déformations mise en corrélation avec les variations des températures permet alors d'identifier les coefficients de dilatation thermiques apparents de la structure, pour des variations sur différentes échelles de temps, de la journée à la saison. Une dilatation mesurée inférieure à la normale est alors le signe d'un bridage sur appui que l'on peut quantifier.

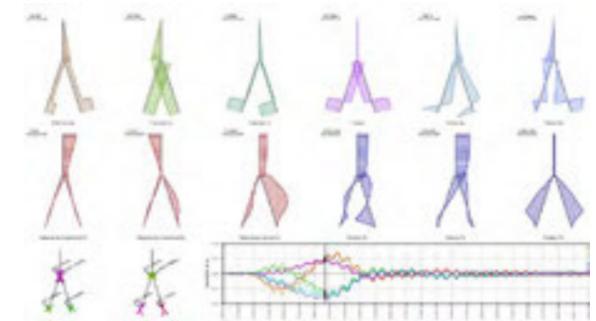
Cette connaissance du comportement du pont sous l'effet de la température est ensuite utilisée afin d'identifier des tendances sur le long terme, en déduisant des mesures la part due aux effets thermiques. Cette correction thermique est effectuée à l'aide de méthodes statistiques recourant à un apprentissage automatique de la loi entre température et déformation. Une fois les mesures corrigées des effets de la température, des phénomènes progressifs peuvent ainsi être clairement mis en évidence, comme un tassement d'appui, le développement d'un fluage ou l'effet de pertes de précontraintes.

MODÉLISER LE COMPORTEMENT

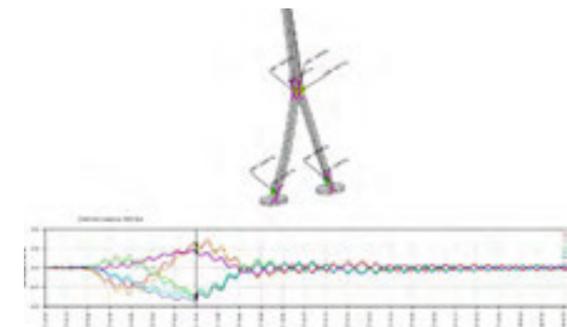


Pont de Seyssel sur le Rhône, départements de L'Ain

Au-delà de la restitution des mesures, OSMOS propose une exploitation approfondie des données collectées sur les ouvrages d'art afin d'obtenir une image complète du comportement réel des structures. Le Bureau d'Etudes d'OSMOS dispose ainsi de solutions logicielles qui utilisent les mesures comme données d'entrée de modèles, afin d'en déduire les déformations et sollicitations dans l'ensemble de la structure, à chaque instant.



Modélisation du pylône en béton armé d'un pont à haubans : déplacements et sollicitations le long des éléments du pylône déduits de huit mesures synchronisées et représentation de la déformée d'ensemble.



de la section est le signe d'une fissuration ou d'une perte de matière. Il en est de même pour qualifier des conditions d'appui réelles et lever les doutes sur l'existence de bridages.

Par exemple, la flèche en tout point d'un tablier de pont peut être estimée de manière précise à partir des mesures de courbure effectuées à mi-travée et mises en relation avec des mesures de déformations diagonales aux abouts ou de courbure en d'autres points. On en déduit de même les moments de flexion et efforts tranchants le long du tablier, moyennant un jeu d'hypothèses sur sa géométrie, sa rigidité et les propriétés mécaniques de ses matériaux.

Utilisés à partir de chargements connus, de tels modèles permettent également de remonter aux caractéristiques mécaniques de l'ouvrage elles-mêmes : rigidité de flexion réelle par exemple, dont une valeur plus faible que la valeur théorique déduite de la géométrie

En exploitant toutes les possibilités offertes par la prise de mesures en continu des déformations d'un pont, OSMOS propose des solutions de suivi structurelles complètes incluant la détermination du taux d'exploitation réel des ouvrages, la détection de charges exceptionnelles et de comportements anormaux, l'estimation de la durée de vie vis-à-vis de la fatigue et l'analyse du comportement à long terme de la structure. Couplé à des modèles de calcul dédiés, ce suivi structurel donne ainsi une connaissance complète du comportement réel des ouvrages, permettant de lever les doutes sur leur fonctionnement et d'optimiser leur maintenance.



PONT DE HAGESTEIN, PAYS BAS

Le pont Hagestein est l'un des ponts les plus fréquentés des Pays-Bas. Le client a souhaité connaître le comportement structurel de l'ouvrage et mettre en place un module de pesage comptage pour suivre, à plusieurs endroits du pont, le nombre et l'amplitude des déformations lors de passages de véhicules.

OSMOS a donc été consulté pour fournir une solution pour mesurer en continu et sur une longue période les déformations avec une grande précision.

Les données OSMOS ont permis d'enrichir la base de données existante pour procéder à un recalcul de la structure et évaluer, à partir de données objectives, la durée de vie restante de l'ouvrage.



L'ASSURANCE, UN DÉVELOPPEMENT EN CONSTRUCTION

La dynamique se poursuit dans le monde de l'assurance. OSMOS consolide ses succès tout en forgeant de nouveaux partenariats..

Le partenariat SMACL-OSMOS a été testé avec succès auprès des collectivités d'Ile-de-France avant de se diffuser en Région.

Pour l'ensemble des acteurs, publics comme privés, l'intérêt d'une approche assurantielle du monitoring structurel d'un chantier ou d'un sinistre se confirme.

39% des offres reposant sur des objets connectés lancées par des assureurs sont liées à la maison ou au bâtiment (étude Accenture_2016)

56 % des assureurs utilisent les données pour une meilleure gestion des sinistres et 50% pour une meilleure prévention des risques.

(Source : Livre Blanc Digital Insurance_ Docapost&PAC_2016)



SMACL-OSMOS, le partenariat gagnant des collectivités

Quelques mois après la signature d'un partenariat entre OSMOS et le leader de l'assurance des collectivités locales, SMACL Assurances, le temps d'un premier bilan est venu.

La première phase de test sur l'Ile-de-France offre des enseignements très encourageants : 65% des collectivités contactées par la SMACL ont rencontré OSMOS ; toutes ont exprimé un réel intérêt et près de 30% de ces collectivités ont demandé un devis pour le suivi d'un ou plusieurs ouvrages ; et l'essai devrait être transformé dans la grande majorité des cas.

Fort de ce réel intérêt de la part des sociétaires de la SMACL, il a été décidé de lancer ce partenariat en région. Dans cette perspective, Philippe Lesage (responsable pôle Inspection – SMACL Assurances) est venu présenter la SMACL aux responsables régionaux d'OSMOS. Il était accompagné de Pamela Christiny, responsable régionale Picardie Ile-de-France, qui a expliqué la manière dont elle a travaillé avec OSMOS sur l'Ile-de-France. Cette réunion a été l'occasion pour les ingénieurs d'affaires d'OSMOS de percevoir le poids de la SMACL auprès des collectivités, de mieux

appréhender le secteur de l'assurance et donc la valeur ajoutée du service OSMOS dans ce cadre. Autre avancée notable : la SMACL a décidé d'intégrer une présentation d'OSMOS dans l'ensemble de ses réponses aux appels d'offre auprès des collectivités, et ce dans le cadre de son plan de prévention des risques. Lorsqu'une collectivité retient la SMACL pour son contrat d'assurance, un accès direct et privilégié à son partenaire OSMOS lui est proposé.

Par ailleurs, OSMOS a rencontré l'ensemble des cabinets d'experts agréés par la SMACL afin de leur présenter cette collaboration et les sensibiliser à l'intérêt d'un suivi structurel lors de sinistres conséquents. Les premières demandes d'experts ont été adressées à OSMOS et sont actuellement à l'étude.

L'objectif initial des deux sociétés se confirme : proposer aux collectivités une approche de prévention des risques, de suivi continu de leur patrimoine et de maîtrise des coûts.



Pamela CHRISTINY

Responsable régionale Picardie - Ile de France
SMACL ASSURANCES

Notre partenariat avec OSMOS a démarré début 2016, d'abord sur une sélection de collectivités puis des passerelles évidentes se sont installées au fil des mois et de nos rencontres avec nos sociétaires, sur la nécessité de leur proposer des services «intelligents» de surveillance de leur patrimoine.

Depuis, Smacl Assurances met de plus en plus l'accent sur les services associés dont certains seront déployés courant 2017. OSMOS s'inscrit ainsi parfaitement dans cet objectif en tant que partenaire privilégié. Nous l'avons donc, à l'inspection, entièrement intégré dans notre démarche et notamment lors de la présentation des solutions ou services satellites proposés par Smacl Assurances.

Chantier : les fondations de la Prévention

Côté conducteurs de travaux, les chantiers en zones construites représentent des risques avérés pour les bâtiments ou routes avoisinants. Thématique maintenant habituelle pour la société OSMOS qui a notamment fait ses preuves, par exemple, lors d'une phase de terrassement avec Eiffage Habitat, ou sur le chantier de démolition de l'îlot Ricciotti à Béziers.

Concernant justement les conducteurs de travaux, la phase de terrassement représente une étape particulièrement sensible. Des précautions sont ainsi prises afin d'éviter les glissements de terrain. Cependant, en cas de litige lié à un dommage sur les avoisinants, il devient difficile de définir quelle étape de la construction en est la cause et à qui en revient la responsabilité. Les données recueillies en continu par les solutions OSMOS permettent précisément de justifier auprès des experts l'impact réel de la phase de terrassement sur les structures avoisinantes.

La gestion des avoisinants constitue un sujet d'inquiétude majeur pour les Maîtres d'Ouvrages publics et privés. C'est tout le sens de l'instrumentation d'une église en région parisienne six mois avant la construction d'un parking public souterrain à proximité. La Mairie de la Garenne-Colombes (sociétaire SMACL) a décidé de prendre ses responsabilités et d'avoir une visibilité réelle sur l'état de l'église au début des travaux.



“ La force de la technologie OSMOS, c'est de pouvoir fournir un rapport avec des données et des courbes que l'expert ne peut pas remettre en doute car c'est factuel. Sans OSMOS nous aurions été tenus pour responsable, c'est évident.”

Bertrand Guigue,
Conducteur de travaux pour Eiffage Habitat

“Avec le réaménagement complet de la principale place de la ville et la réalisation d'un parking, nous allons entreprendre l'un des projets les plus importants et sensibles pour La Garenne. Il était donc indispensable de pouvoir nous appuyer sur l'expertise de la société OSMOS tout au long de ce projet afin d'en assurer la pleine réussite.”

Philippe Juvin
Maire de la Garenne-Colombes - Sociétaire SMACL

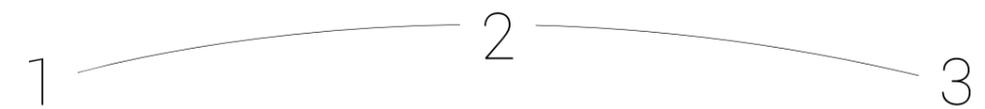


Côté assureurs, le monitoring de chantiers techniquement complexes ou à forts enjeux financiers constitue un réel enjeu. Que ce soit du point de vue de la décennale ou de la dommage ouvrages, une collaboration OSMOS-Assureur peut s'avérer salvatrice pour l'ensemble des parties, maître d'œuvre et client final compris.

Fort de son expérience dans le suivi de chantiers, OSMOS multiplie actuellement les discussions et les phases de test dans le but de créer une offre spécifique d'accompagnement de l'assureur aux bénéfices de l'ensemble des acteurs.



L'IoT au service de la construction



Installation des Cordes Optiques OSMOS



Monitoring structurel en continu



Prendre les bonnes décisions au bon moment

Suivi permanent des structures

- ✓ **Anticiper les risques et les dommages**
- ✓ **Accélérer le règlement des litiges**
- ✓ **Prolonger la durée de vie des constructions**

TOUJOURS PLUS DE PERFORMANCE

Depuis la création de la société, la R&D occupe une place centrale. Le service est en charge du développement et des améliorations portées sur les capteurs, réelle valeur ajoutée qui permet à OSMOS de proposer des solutions uniques sur le marché du monitoring.

Le procédé développé à partir de la fibre optique permet par exemple de mesurer en temps réel les déformations en base longue et d'ainsi s'affranchir des effets locaux et d'obtenir une information pertinente à l'échelle de la structure entière. C'est cette utilisation innovante et unique de la fibre optique qui a été au coeur du développement de l'entreprise depuis ses débuts.

La mission du service Recherche et Développement est aujourd'hui de continuer à faire évoluer les technologies existantes pour optimiser leur performance mais aussi de réfléchir au développement de nouveaux capteurs pour répondre aux exigences grandissantes du marché.

11 personnes travaillent au service R&D pour développer de nouvelles solutions et faire évoluer les technologies existantes

20% des dépenses globales d'OSMOS ont été investis en 2016 pour la recherche et le développement

Corde Optique™, la lumière comme vecteur d'informations

Le développement des gammes de capteurs OSMOS repose sur l'utilisation unique et originale de la fibre optique pour mesurer les contraintes structurelles. Le procédé OSMOS se base sur le principe de la modulation d'intensité lumineuse en fonction de la contrainte appliquée sur la corde optique, permettant une réponse instantanée des capteurs.

Le principe physique utilisé consiste à détecter les modifications de propriétés de transmission dues aux contraintes appliquées directement sur la fibre, modulant ainsi la quantité de lumière cheminant le long de la corde.

En utilisant la lumière comme seul vecteur de captation et de transmission d'information, les capteurs OSMOS présentent de nombreux avantages : les capteurs conservent leur stabilité dans le temps et sont insensibles aux effets électromagnétiques. La puissance des technologies OSMOS offre également une précision de captation au plus près des phénomènes structurels et l'enregistrement de données statiques et dynamiques.



Mesures statiques et dynamiques ?

Les mesures statiques et dynamiques offrent des renseignements complémentaires quant au comportement de l'ouvrage suivi.

Les données statiques sont enregistrées à une fréquence pouvant aller jusqu'à 1Hz. Entre chacun des

points statiques enregistrés, une moyenne est effectuée sur une base de captation à 100Hz.

Pour la mesure dynamique, sur une fréquence d'échantillonnage à 100Hz, on détecte une variation d'amplitude instantanée (fenêtre de détection configurable). Les données du capteur sont enregistrées avant, pendant et après l'évènement afin que l'on puisse étudier les prémices de l'évènement et l'éventuel retour à la normale.



Robin COHEN-SELMON

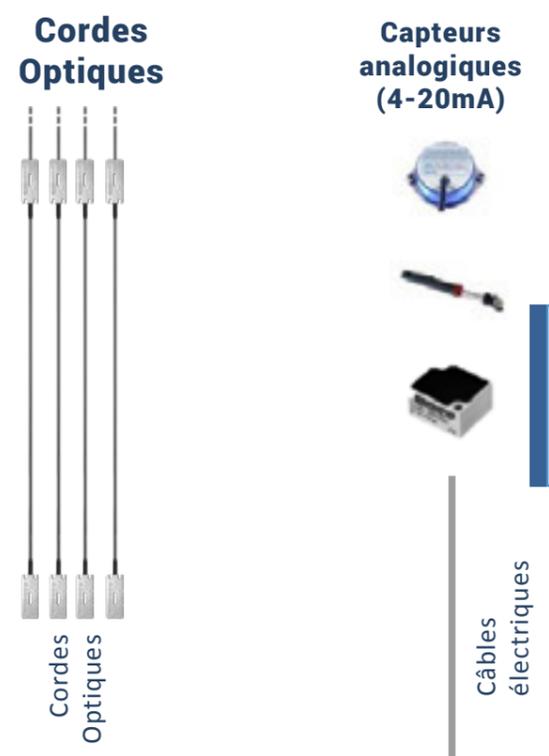
Responsable R&D OSMOS Group

L'année 2017 s'annonce particulièrement chargée pour le service R&D. Nous avons lancé en 2016 le développement de l'inclinomètre LIRIS, de la LIRIS box ou encore de nouvelles versions de la Station Experte d'Acquisition ou de la Corde Optique LIRIS. Parallèlement nous développons des solutions logicielles pour faciliter l'accès aux données. Ces projets sont des challenges motivants pour l'équipe que nous avons récemment enrichie avec plusieurs recrutements.

L'écosystème OSMOS

Deux gammes de capteurs pour répondre aux besoins du terrain

OSMOS EAS, SYSTÈME EXPERT D'ACQUISITION



Reliés à la Station d'Acquisition, les capteurs filaires forment un réseau synchronisé en permanence avec le cloud.

Les capteurs analogiques peuvent venir compléter le système pour un suivi (complet) sans interruption.

Avec la Station Experte d'Acquisition V5.2 les données sont récoltées en temps réel et consultables à distance.



Internet



Réseau 3G/4G & LAN

LIRIS BOX

Grâce à la LIRIS Box les données sont accessibles à distance.



ACCÈS AUX DONNÉES UTILISATEUR EN LIGNE

Le Modem OSMOS offre l'accès sur le terrain à toute la richesse des données de la gamme LIRIS.



MODEM OSMOS

Fréquences ISM

Cordes Optiques LIRIS

Inclinomètre sans fil



Module GPRS filaire LIRIS

Le module SMS/GPRS permet l'envoi d'une petite quantité d'informations

Cordes Optiques LIRIS sans fil

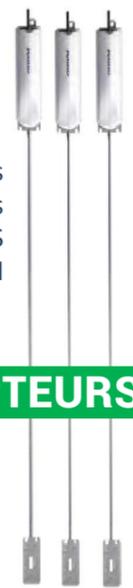


Inclinomètre Sans fil

L'inclinomètre LIRIS existe en deux versions pour mesurer l'inclinaison gauche/droite ou avant/arrière d'un élément.

Les Cordes Optiques LIRIS sont sans fil et autonomes en énergie grâce à leur batterie. Il existe plusieurs options pour consulter les données à distance et sur site.

LIRIS, CAPTEURS AUTONOMES





TOUJOURS UNE MESURE D'AVANCE
pour une gestion optimale de vos ouvrages

ACCÉDEZ
AUX DONNÉES DE
VOS OUVRAGES
FACILEMENT

The central graphic consists of a large white circle with a blue border, containing a blue silhouette of a city skyline. This circle is surrounded by a network of grey lines connecting various colored dots. Several circular icons are placed around the network, each containing a white symbol: a house, a crane, a location pin, a hard hat, a hammer, a building, a laptop, a hard hat, a dome, a gauge, and a bar chart.

SAFE Works offre aux gestionnaires d'ouvrages une vue d'ensemble de leurs bâtiments et des infrastructures à travers le temps.