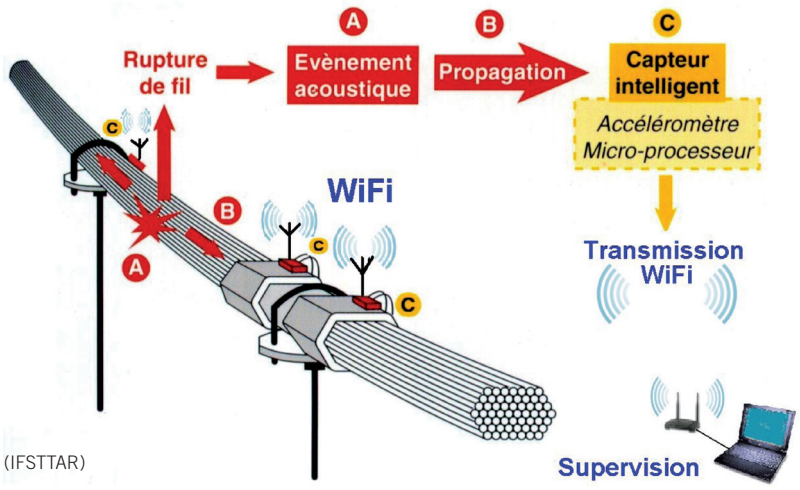
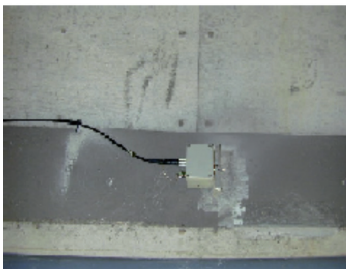
SURVEILLANCE ACOUSTIQUE DES CÂBLES

PRINCIPE ET DESCRIPTION SOMMAIRE

OBJECTIF	Détecter et localiser les ruptures de fils ou de torons se produisant dans tous les types de câbles, ces câbles pouvant être accessibles ou noyés dans du béton. Elle permet de mettre en œuvre une haute surveillance d'ouvrages malades et leur télésurveillance.
PRINCIPE	La surveillance acoustique consiste à détecter les bruits provoqués par la rupture d'un fil élémentaire d'un câble. Lorsqu'un fil ou un toron se rompt, il émet une onde de choc qui se propage dans le câble et le béton environnant éventuel ; cette onde est détectée par une série de capteurs de type accéléromètre positionnés le long du câble ou de la structure contenant les câbles. Les accéléromètres détectent d'abord l'onde de choc due à la rupture du fil, puis des ondes de fréquence plus élevée dues au réancrage du fil ou du toron. Le passage de l'onde au droit des accéléromètres est détecté par une augmentation du signal par rapport à une valeur seuil, fixée expérimentalement après une période d'apprentissage, en prenant en compte le bruit de fond. Dans le cas d'un câble isolé, la réception d'une information par au moins trois capteurs permet à la fois de calculer la vitesse de propagation et de localiser le lieu de la rupture. La localisation à partir de la réception d'une information par deux capteurs peut être estimée en faisant une hypothèse sur la vitesse de propagation.
CARACTÈRE DESTRUCTIF DE LA MÉTHODE	Non destructif
MATURITÉ	Méthode mise au point et éprouvée depuis 1970, suivant des versions successives. Nouveau système sans fil validé en 2009 et en cours de qualification sur ouvrage.



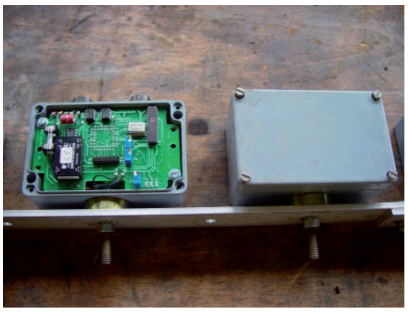
(IFSTTAR)



Capteur installé sur un parement de pont en béton précontraint (IFSTTAR)



Capteur installé sur un collier de suspente de pont suspendu (IFSTTAR)

MATÉRIEL SPÉCIFIQUE EMPLOYÉ	Les composants du système sont : – un ensemble de capteurs (plusieurs centaines pour des opérations importantes) composés d'un boitier étanche renfermant un accéléromètre et une électronique associée, assurant un prétraitement des signaux ; – une ligne de transmission ou un module de transmission sans fil (WiFi) ; un ordinateur portable servant de superviseur, associé le cas échéant à un point d'accès WiFi ; – un système de télétransmission (via ligne téléphonique ou connexion internet).  Boitier WiFi (IFSTTAR)
MODALITÉS D'APPLICATIONS	
DOMAINE D'APPLICATION	La surveillance acoustique peut s'appliquer à toutes les structures de génie civil et de bâtiment comportant des câbles. Elle permet notamment la détection et la localisation de ruptures de fils et de torons dans les : – câbles et suspentes de ponts suspendus ; – câbles de ponts à haubans ; – câbles de précontrainte extérieure ; – câbles de précontrainte intérieure (accéléromètres placés sur le parement de béton le long du tracé du câble). La surveillance de structures immergées dans l'eau demande l'adaptation du matériel, et l'adaptation des critères d'exploitation à l'environnement rencontré.
SUJÉTIONS PRATIQUES D'INTERVENTION	Accès à toutes les zones de cheminement de câbles d'alimentation (et de communication si le WiFi n'est pas utilisé). Disponibilité d'une alimentation électrique et d'une ligne téléphonique ou d'une connexion internet.
LIMITES D'UTILISATION	L'onde de choc est d'autant plus grande que l'énergie libérée au moment de la rupture est forte ; cela signifie que la détection sera d'autant plus facile pour : – les fils ou torons de précontrainte situés dans des conduits peu ou pas injectés – les fils peu gênés dans leur rétractation par les autres fils – les fils dont la rupture a été aidée par le report de charge d'autres fils rompus précédemment.. Une imprécision sur la localisation de ruptures peut exister en cas d'épaisseur importante de béton (difficulté d'appréciation de la part du cheminement de l'onde entre le câble lui-même et son environnement), dans le cas de câbles multiples ou de systèmes mécaniques perturbant la propagation du signal (colliers, ancrages,…). Cette localisation ne peut s'effectuer qu'entre capteurs qui doivent être positionnés pour encadrer les ruptures probables. Des difficultés de détection peuvent exister sous les colliers de ponts suspendus qui sont parfois très bruités et qui peuvent conduire à une impossibilité de surveillance
PRÉCISION ET/OU SENSIBILITÉ	La détection d'une rupture dépend du bruit de fond sur l'ouvrage. De façon classique, le seuil de détection est mis à 2g au début de la période d'apprentissage du système. La précision sur la localisation est dépendante du type d'ouvrage et de la densité des accéléromètres. Dans le meilleur des cas, elle est d'ordre pluri-centimétrique.
PERSONNEL ET COMPÉTENCES	Chargé d'investigation spécialisé Chargé d'étude pour la conception du système et l'interprétation des résultats
CARACTÉRISTIQUES OPÉRATOIRES	
ACCÈS À 1 OU 2 FACES	Accès au câble ou à un parement.
COUPURES OU RESTRICTIONS DE CIRCULATION NÉCESSAIRES	Lors de l'utilisation : Non. Lors de la mise en place : en fonction de l'encombrement de la nacelle nécessaire.

RENDEMENT ET/OU ÉCHANTILLONNAGE	Ordre de grandeur de l'espacement des capteurs : – pour un cable élémentaire toronné de pont suspendu : 10 à 20 m ; – pour un faisceau de plusieurs câbles élémentaires parallèles de pont suspendu : 5 à 10 m ; – pour un gros cable porteur de pont suspendu : à chaque collier ou demi-collier suivant l'importance de celui-ci ; – pour de la précontrainte intérieure : 3 à 5 m, avec un maillage adapté au câblage ; – pour un câble de précontrainte extérieure : au moins un capteur à chaque déviateur. – Pour un ancrage : de 50 cm à 5 m.
DÉLAIS DE DISPONIBILITÉ DES RÉSULTATS	La détection d'évènements de rupture est immédiate. Confirmation *a posteriori* des ruptures après analyse des signaux.
PERTURBATIONS DU TRAFIC SUR LES MESURES	Aucune, en dehors du cas exceptionnel de zone très bruitées par l'influence du trafic.
PERTURBATIONS DE L'ENVIRONNEMENT SUR LES MESURES	Aucune, sauf chocs parasites dont la cohérence fait l'objet d'une vérification humaine *a posteriori* (localisation, travaux conduits sur l'ouvrage, etc.).
RISQUES POUR LES UTILISATEURS OU LE PUBLIC	Pas de problème de sécurité
ENCOMBREMENT – POIDS	Matériel portable et léger
AVANTAGES – INCONVÉNIENTS	
AVANTAGES	Rapidité de détection (en temps réel) et possibilité de mettre en place des alertes. Méthode non destructive permettant de détecter des ruptures de fils.
INCONVÉNIENTS	Confirmation et contrôle humain des évènements de rupture probable qui peut parfois faire appel à une interprétation délicate des informations nécessitant le travail d'un spécialiste de la méthode (qualification et expérience nécessaires). Ne permet pas de détecter les ruptures qui se sont produites avant l'installation du système de surveillance (extrapolation à partir des ruptures actuelles non fiable).
DISPONIBILITÉ – COÛT	
DISPONIBILITÉ	Rare
COÛT	Élevé à très élevé selon la longueur auscultée et les astreintes à mettre en place
RÉFÉRENCES	
NORMES – MODES OPÉRATOIRES – ARTICLES	Surveillance acoustique des câbles : Guide pour la maîtrise d'ouvrage. – Y. Gautier, J. Dumoulin – Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées, Guide technique CASC2 – 23p – 2013. Surveillance acoustique des câbles : Guide méthodologique du système CASC – LPC – D. Bruhat, L. Gaillet, V. Le Cam, R Michel, C. Tessier – Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées, Guide technique ACOUSCAB – 35p – 2012. Robert J.L., Bruhat D., Gervais J.P., Laloux R., Rumiano N., Desmas M., Surveilance acoustique des câbles, Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 169, 1990, pp. 71-78. P. Brevet, J.-L. Robert, C. Aubagnac, – « Surveillance Acoustique des câbles de ponts. Application aux ponts en béton précontraint ». Instrumentation Mesure Métrologie, Vol.3, 2003.