

Dispositif anti-embruns pour voie ferrée (Bages-Sigean, France)

F. Bouchette

Les travaux menés dans ce projet visaient à inventer une solution R&D pour résoudre les problèmes de corrosion et d'incidents de signalisation sur une voie ferrée traversant la lagune de Bages-Sigean et les zones humides au coeur du Parc Naturel Régional de la Narbonnaise en Méditerranée (Occitanie, France). Les processus susceptibles de contrôler la corrosion et les incidents ont tout d'abord été identifiés et classés en 5 familles: (1) le **brouillard salé** résultant de l'évaporation par temps chaud de l'eau de la lagune et le dépôt subséquent de composants salés sur la voie, (2) les **remontées salées capillaires et de nappes**, c'est à dire l'ensemble des flux qui atteignent la voie par le substrat poreux portant les rails, résultant des effets de pression exercés par la masse d'eau lagunaire sur le talus de voie, (3) le **franchissement** du talus par les vagues projetées sur l'ouvrage pendant les événements tempétueux, (4) l'**élévation du niveau moyen du au changement globaux** et la **surcôte de tempête** résultant de contributions à l'augmentation du niveau d'eau par le vent, les vagues, la pression atmosphérique et un ensemble d'autres oscillations du plan d'eau et enfin (5) les **embruns salés**, c'est à dire des aérosols salés transportés sur la voie par le vent et les projection d'eau, un processus phare ayant donné son nom au projet.

Le constat de corrosion intense de cette portion de voie est évident à faire, mais les relations de cause à effet entre les processus sus-mentionnés et la corrosion sont très difficile à établir. La raison principale à cela est que l'apport de sel se fait à différentes échelles de temps (de la tempête au très long-terme) mais que la corrosion ne s'exprime qu'en tendance. En outre, les processus moteurs de la corrosion recensés sont complexes et difficiles à mesurer ou modéliser précisément. Le projet est donc construit autour d'une **approche essentiellement heuristique** où tout est fait, sur la base de données acquises diverses et empreintes d'incertitude, pour proposer une solution de lutte contre la corrosion aussi fiable que possible.

Tout d'abord, le projet s'est appuyé sur un dialogue entre toutes les parties prenantes (scientifiques, Parc Naturel Régional, services de l'état, services de la SNCF) et sur la prise en compte de contraintes réglementaires et techniques afin de faire émerger une famille de solutions acceptables à partir d'une collection d'idées initiales totalement décomplexées (Figure 1).

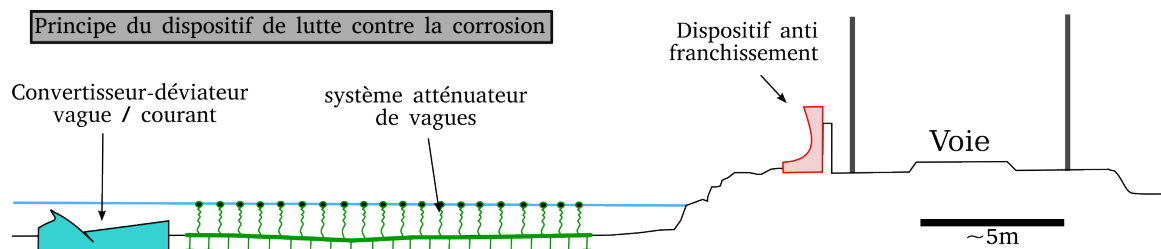


Figure 1: Principe du dispositif de lutte contre la corrosion et les incidents de voie. Il est basé sur 3 éléments: (i) un dispositif déviateur-contrôleur, (ii) un atténuateur de vagues et (iii) un dispositif anti-franchissement.

Le type de solution retenu repose sur 3 éléments distincts, appelés **déviateur-contrôleur de la charge**, **atténuateur de vagues** et **protecteur anti-franchissement**. Le premier agit sur l'orientation des courants et la dynamique du niveau d'eau moyen et limite l'accumulation d'eau au niveau du talus. Le second

agit sur la dissipation des vagues et donc limite la rugosité de la surface de l'eau (à l'origine de la production d'aérosols). Le troisième bloque les lames d'eau projetées sur la talus. Déployés ensemble, ces 3 éléments sont capables de limiter la surcôte de tempête, supprimer le franchissement et réduire les embruns salés. Par contre, ces dispositifs ne sont pas pensés pour lutter contre le brouillard salé ni les remontées souterraines salées par le talus de voie; ces deux derniers mécanismes ne sont pas intégrés dans la stratégie de lutte contre la corrosion pour des raisons financières et d'acceptabilité même si des solutions réalistes ont pu être proposées.

La solution retenue est **résiliente vis à vis des changements globaux**, en particulier vis à vis de l'élévation du niveau marin. Le déviateur-contrôleur fixé sur des pieux dans la lagune peut être relevé suivant l'évolution progressive du niveau d'eau. L'atténuateur est *a priori* composé d'une forêt de modules fixés sur le fond, qui occupent la colonne d'eau et dont la hauteur s'adapte à la tranche d'eau. Le dispositif anti-franchissement est suffisamment bien dimensionné et placé suffisamment haut pour rester pertinent à l'échelle de plusieurs décades; il peut aussi être *in fine* prolongé vers le haut.

La seconde partie du projet a consisté à faire un travail de **dimensionnement** de la solution retenue, c'est à dire faire des recommandations sur la forme et l'emplacement de ses 3 éléments constitutifs. Les caractéristiques du dispositif anti-franchissement ont été bien contraintes par un travail de génie côtier (forme courbe face aux vagues, emplacement imposé au niveau des protections déjà en place sur le talus). Pour les deux autres éléments, une **approche numérique basée sur la théorie de l'optimisation** a été mise en oeuvre. L'idée principale est de ne pas chercher à résoudre frontalement la question de la corrosion mais plutôt de réduire au maximum certains mécanismes moteurs de celle-ci sur lesquels les dispositifs peuvent raisonnablement agir. En pratique, on a cherché à trouver quelle était la meilleure position dans la lagune de l'atténuateur de vagues et du déviateur-contrôleur de charge afin de minimiser respectivement (i) l'agitation des vagues dans une zone large devant le talus de voie et (ii) l'écart entre le niveau d'eau moyen devant le talus et celui de la lagune au repos.

Ce travail a finalement permis de s'inscrire dans la perspective du déploiement d'un prototype expérimental sur le site de Bages-Sigean, le long de la voie au niveau du point kilométrique PK416. L'opération consiste à installer en conditions réelles, sur une zone limitée (quelques centaines de mètres carrés), les 3 dispositifs indiqués sur la figure 1), selon un plan précis proposé par le travail d'optimisation. Un dispositif complet de suivi de l'hydraulique est également suggéré, reposant sur l'instrumentation du prototype et d'une zone témoin non protégée immédiatement adjacente. Le suivi instrumental doit permettre de caractériser (i) les processus de dissipation du champ de vagues, (ii) la modification des écoulements d'eau et la dynamique du niveau d'eau en pieds de talus, (iii) les projections d'eau sur le talus, et apporter l'assurance que le prototype rend bien les services affichés initialement.

Le projet apporte enfin une série de recommandations sur la manière de finaliser le prototype opérationnel au delà du principe établi dans ce projet. En particulier, il est proposé qu'une nouvelle démarche d'ingénierie classique et un travail d'optimisation de forme soient conjointement réalisés une fois les partenaires industriels identifiés et sélectionnés, afin que la solution opérationnelle mise à l'eau respecte les préconisations du travail de R&D réalisé dans ce projet et réponde aussi à toutes les exigences de sécurité et robustesse attendues.