PONT SUSPENDU DE TANCARVILLE

MAITRISE D'ŒUVRE DE CONCEPTION ET DE REALISATION DE WRAPPING ET DE DESHUMIDIFICATION DES CABLES



Maître d'Ouvrage

La Chambre de Commerce et d'Industrie Territoriale Seine Estuaire
Siège social : 181 quai Frissard - BP 1410
76067 LE HAVRE cedex 1
Tél : 02 35 55 26 00

Groupement Maitrise d'Œuvre

Mandataire

Immeuble Central Seine
42/52, quai de la Râpée
75583 Paris cedex 12
Tél : 01.82.51.42.76
E-mail : tpi.setec.fr@setec.com

Sous-traitants

Cahier des charges technique - inspection interne des câbles

Echelle (s) : A4

Date : 07/10/2026

Société	Affaire	Phase	Emetteur	Type	Numéro	Indice	Statut
003	61034	DIA	COW	CDC	1002	C	APPROUV

APPROUV	C	07/10/2026	Adrien Boyez (COWI)	Etienne Combescure	Tancrède de Folleville	Ajustements à la demande de la CCI
APPROUV	B	19/06/2026	Adrien Boyez (COWI)	Etienne Combescure Marco La Sala	Tancrède de Folleville	Seconde émission répondant aux commentaires de la CCI
EMIS	A	23/04/2026	Adrien Boyez (COWI)	Aogan Mulcahy (COWI) Etienne Combescure Marco La Sala	John Rees (COWI) Tancrède de Folleville	Première émission
STATUT.	**Rev.**	**Date**	**Auteur**	**Vérificateur**	**Approbateur**	**Modification**

SOMMAIRE

1. ÉTENDUE DE L'INSPECTION 4
2. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE 4
3. L'ENTREPRISE 7
4. EMPLACEMENTS CONCERNES ET ACCES 8
5. PREPARATION ET REMISE EN ETAT DES CABLES 12
6. INSERTION ET RETRAIT DES COINS 15
7. INSPECTION ET DOCUMENTATION 21
8. CONTRAINTES, INTERFACES ET RISQUES SPECIFIQUES 27
9. LIVRABLES ET DELAIS 29
10. PRECISIONS SUR LES PRIX ET PRESTATIONS 30

1. ÉTENDUE DE L'INSPECTION

Ce cahier des charges technique concerne l'inspection interne des câbles porteurs du pont de Tancarville, à savoir :

› La mise en place de moyens d'accès et de protection des câbles porteurs à plusieurs emplacement, et la préparation puis remise en état des câbles (incluant l'insertion de coins pour ouvrir le faisceau) afin de permettre une inspection de l'état de surface des torons constitutifs des câbles à ces emplacements (observation et documentation selon une échelle prédéfinie).

La gestion du trafic sera prise en charge par le maître d'ouvrage et n'est donc pas à la charge du prestataire en charge de l'inspection interne des câbles.

2. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

2.1 PONT SUSPENDU ET CABLES PORTEURS

Le pont de Tancarville, mis en service en 1959, est un pont suspendu dont les caractéristiques principales sont notées ci-dessous :

› Portée suspendue : 960 m

› Portée principale : 608 m

› Chaussée : 2x2 voies – 12,50 m de large

› Trottoirs : 2x1,375 m de large

› Suspentes : espacées d'environ 10,66 m dans la direction longitudinale

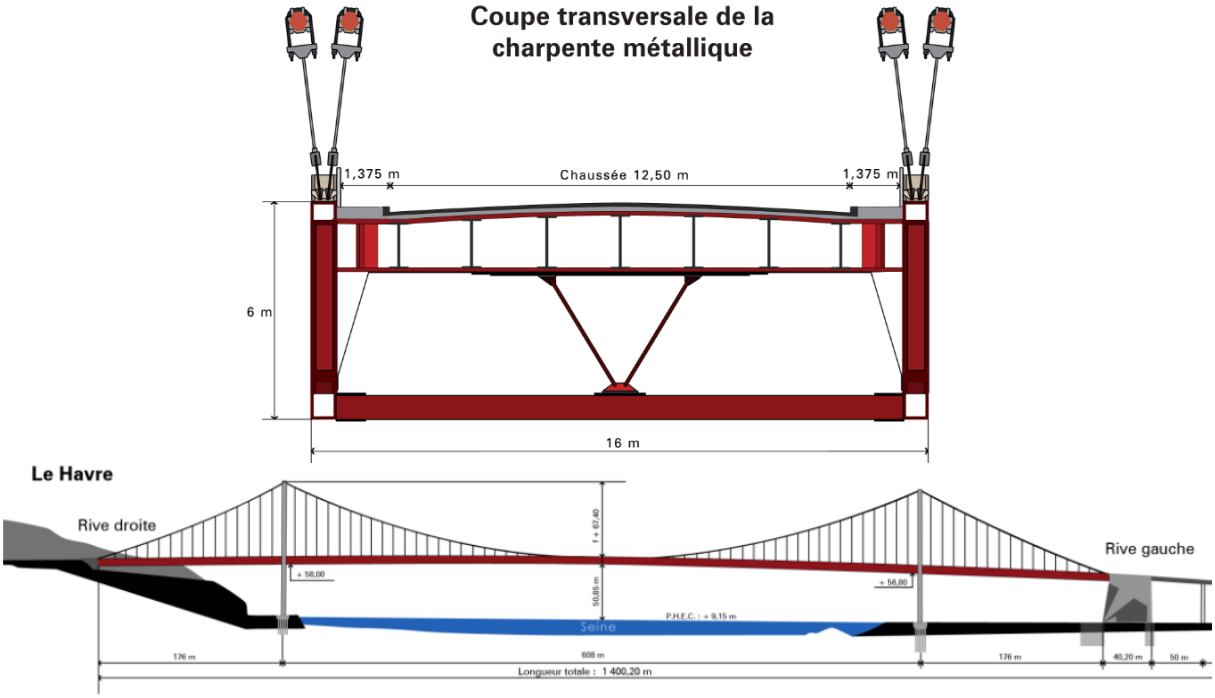


Figure 1 - Section transversale et élévation du pont de Tancarville

Chaque nappe de suspension est constituée de 2 câbles de 90 torons chacun, tous composés de 37 fils, et arrangés selon une forme hexagonale. On peut noter les caractéristiques suivantes des câbles porteurs :

- Diamètre des fils : 5,54 mm (hors galvanisation)
- Diamètre des torons : 39,7 mm
- Section d'un câble : 892 mm² (hors galvanisation)
- Masse linéique d'un câble : 7,31 kg/ml (y compris galvanisation)

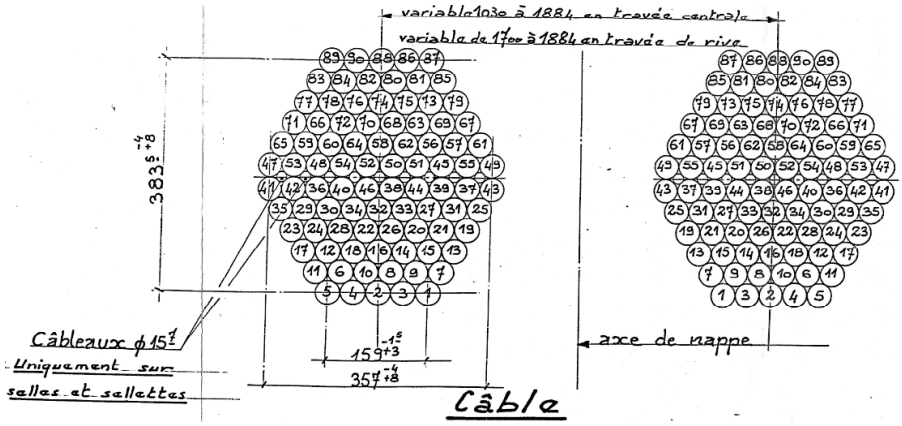


Figure 2 - Section transversale d'une paire de câbles porteurs (issue de T_PT_SUSPENSION_PN1_D)

Le principe suivant de protection contre la corrosion a été adopté lors du remplacement des câbles finalisé en 1999 (voir PAQ de la protection anti-corrosion, Tableau 2).

- Galvanisation des fils des torons
- Protection périphérique du faisceau de 90 torons (3 couches de peinture vinylique modifiée brai de houille dont une appliquée au-dessus du mastic)
- Masticage des 3 faces supérieures avec un mastic brai de houille modifié vinylique

Plusieurs diagnostics ont été effectués confirmant la présence de plomb dans les produits de protection ci-dessus (voir diagnostics matériaux, Tableau 2). Il n'y pas eu de détection d'amiante sur les câbles, mais les produits contiennent également un composant cancérigène (benzo[a]pyrène).

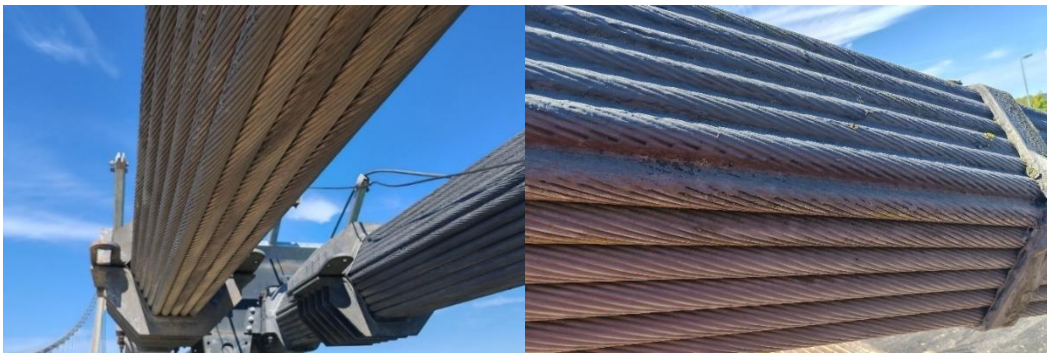


Figure 3 - Photos montrant les câbles et leur masticage partiel (COWI, septembre 2025)

2.2 PLANS ET DOCUMENTS DE REFERENCE

Les plans listés ci-dessous ont été utilisés lors de la préparation de ce document. Ils peuvent ne pas exactement refléter la géométrie et l'agencement actuels.

Tableau 1 – Plans de référence

Numéro de plan	Titre / objet
Plans d'ensemble	
003-5531-S-PL-ACT-0001-1-A	Rénovation de la protection anticorrosion du tablier du pont de Tancarville – plans généraux
T_PT_SUSPENSION_PN1_D	Remplacement – géométrie après travaux
T_PT_SUSPENSION_PN161_A	Remplacement – principe d'étanchéité autour des nappes de câbles en entrée de chambre d'ancrage
Plans ancrage RG	
T_PT_SUSPENSION_PN412_A	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive gauche – perspective de la couverture des sellettes
T_PT_SUSPENSION_PN405_E	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive gauche –couverture des sellettes
T_PT_SUSPENSION_PN420_0	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive gauche – fabrication
T_PT_SUSPENSION_PN420_0	Remplacement – couverture des sellettes rive gauche
T_PT_SUSPENSION_PN73_D	Remplacement – rive gauche – aval – structure future coffrage
Plans ancrage RD	
T_PT_SUSPENSION_PN413_A	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive droite – perspective de la couverture des sellettes
T_PT_SUSPENSION_PN406_0	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive droite – capotage sur sellettes
T_PT_SUSPENSION_PN402_A	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive droite
T_PT_SUSPENSION_PN418_0	Remplacement – passerelles d'accès aux trottoirs rive droite – fabrication

Les documents ci-dessous ont également été utilisés.

Tableau 2 – Documents de référence

Identification du document	Titre / objet
Remplacement des câbles	
T_PT_SUSPENSION_QC273_C_1998	PAQ protection anti-corrosion de la suspension en place
Diagnostics matériaux	
Amiante / Bureau Veritas / 2019	Rapport d'analyse d'amiante (tablier)
Amiante / Eurofins / 2023	Rapport d'analyse d'amiante dans les matériaux (cable / mastic + peinture)
Amiante / Diag Eco Services / 2024	Rapport d'analyse d'amiante
Plomb / Diag Eco Services / 2024	Rapport d'analyse plomb
Analyses / Matexis / 2024	Diagnostic complémentaire sur la protection anticorrosion des câbles

3. L'ENTREPRISE

L'entreprise exécutant les travaux couverts par le présent cahier des charges devra démontrer des compétences et expériences de conduite de travaux et de réalisation d'inspections sur ouvrages d'art.

Pour démontrer les compétences et expériences relatives aux travaux, les éléments suivants sont demandés :

› FNTP 715 : Haubans, câbles et suspentes ou attestation équivalente.

Pour démontrer les compétences et expériences relatives aux inspections, les éléments suivants sont demandés :

› « Ingénieur responsable technique » : agent de niveau ingénieur ayant obligatoirement reçu une formation spécialisée en ouvrage d'art et en pathologie. L'agent disposera des attestations de formation PFC « Inspection d'ouvrages d'art » module 1 (connaissances de bases) ou d'attestations professionnelles équivalentes.

› « Inspecteur Ouvrage d'Art » : agent de niveau BTS ayant 5 ans d'expérience souhaitée en inspections détaillées d'ouvrages d'art. L'agent disposera de l'attestation de formation PFC « Inspection d'ouvrages d'art » module 1 (connaissances de bases) ou d'une attestation professionnelle équivalente.

› Un des deux intervenants ci-dessus doit avoir disposer de l'attestation de formation PFC « Inspection d'ouvrages d'art » module 6 (Diagnostic)

› Un des deux intervenants ci-dessus doit avoir disposer de l'attestation de formation PFC « Inspection d'ouvrages d'art » module 4 (Ouvrages métalliques et ponts à câbles)

Les expériences suivantes sont souhaitées mais pas absolument nécessaires :

› Intervention sur le pont de Tancarville

› Inspection interne de faisceau de câble porteur (torons ou fils parallèles)

Les documents prouvant les compétences et expériences demandées seront à fournir avec l'offre de l'entreprise, et à compléter avant le début des travaux en cas de changement de personnel.

4. EMPLACEMENTS CONCERNES ET ACCES

L'inspection interne des câbles concerne 6 emplacements, 4 de base et 2 complémentaires commandés par OS. Ils sont indiqués sur la Figure 4 et listés dans le Tableau 3. Les emplacements sont référencés selon leur position et côté sur le pont :

› RD pour Rive Droite (Nord) / MT pour Mi-travée / RG pour Rive Gauche (Sud)

› E pour Est (amont) / O pour Ouest (aval)

Tableau 3 – Emplacements concernés par l'inspection interne

Référence	Emplacement	Description
	Emplacements de base	
RD-E	Rive Droite – Est	Point d'entrée vers la chambre d'ancrage correspondante
RD-O	Rive Droite - Ouest	Point d'entrée vers la chambre d'ancrage correspondante
MT-O	Mi Travée - Ouest	Point bas des câbles
RG-O	Rive Gauche - Ouest	Point d'entrée vers la chambre d'ancrage correspondante
	Emplacements complémentaires commandés par OS	
MT-E	Mi Travée - Est	Point bas des câbles
RG-E	Rive Gauche - Est	Point d'entrée vers la chambre d'ancrage correspondante

Dans tous les cas, l'inspection concerne les 2 câbles porteurs adjacents d'une même nappe, entre deux points où ils sont restreints. Les emplacements et segments de câbles concernés sont décrits dans le reste du présent paragraphe.

Il est également supposé dans tous les cas que des échafaudages seront nécessaires pour accéder aux câbles et les protéger pendant l'inspection (voir également la §8).

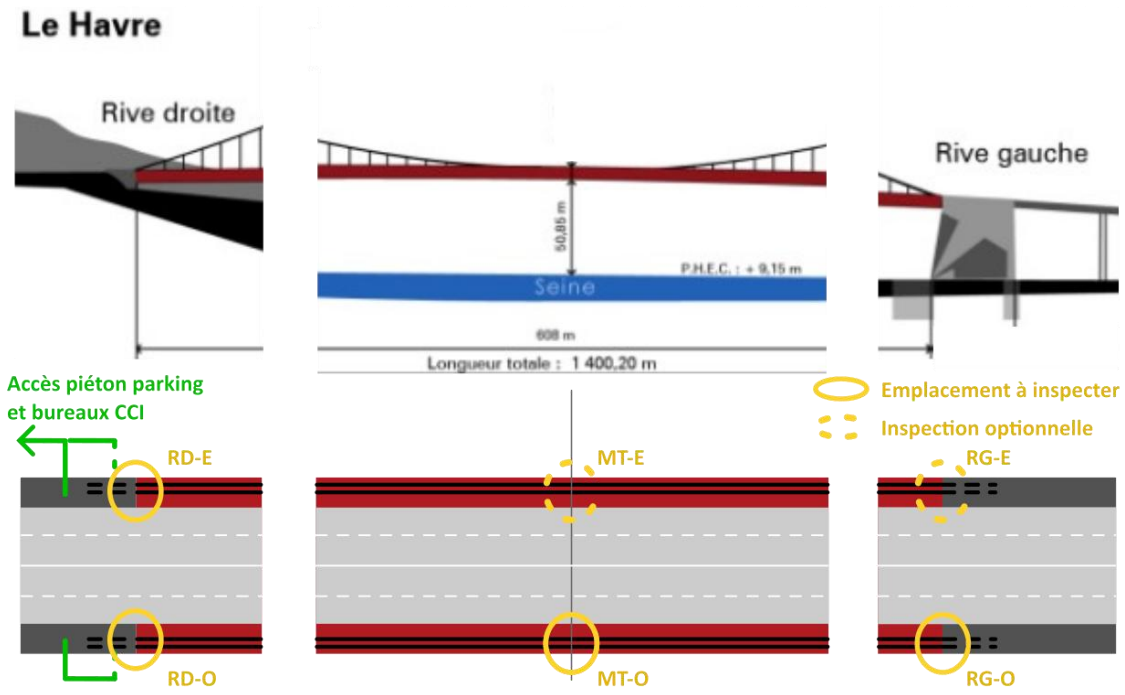


Figure 4 – Schéma des emplacements à inspecter

4.1 EMPLACEMENTS RIVE DROITE

L'inspection des câbles aux emplacements rive droite concerne les longueurs de câble entre le collier d'attache des trailles et la sellette d'épanouissement – voir la Figure 5.

Les points suivants sont à noter :

- Le petit collier, la manchette thermo rétractable et la gaine métallique de protection au niveau de l'entrée en chambre d'ancrage devront être temporairement retirés (et les câbles protégés à ce niveau pour éviter tout endommagement)
- Les câbles en faisceaux sont restreints au niveau du collier d'attache des trailles et de la sellette et par la structure de couverture en béton de la chambre d'ancrage
- Ces emplacements sont accessibles par les trottoirs mais également par des échelles descendant jusqu'à la voie d'accès au service technique de la CCI
- Les 2 chambres d'ancrage sont également accessibles par le biais d'échelles depuis la voie d'accès mentionnée ci-dessus



Figure 5 – Photos annotées montrant les caractéristiques de l'emplacement Rive Droite
La longueur à inspecter est indiquée en jaune sur le câble Est
(photos COWI septembre 2025 et Google Maps)

4.2 EMPLACEMENTS A MI-TRAVEE

L'inspection des câbles aux emplacements à mi travée concerne les longueurs de câble entre deux colliers de suspension à mi-travée du pont – voir la Figure 6.

Les points suivants sont à noter :

- Les faisceaux sont restreints au niveau des collier de suspension (séparés d'environ 10m)
- Ces emplacements sont accessibles par les trottoirs
- Un capteur GPS situé entre les deux câbles jumeaux (côtés Est et Ouest) sera retiré préalablement à l'inspection pour éviter tout endommagement, voir §8
- De l'amiante est présente au niveau du nœud central du tablier.

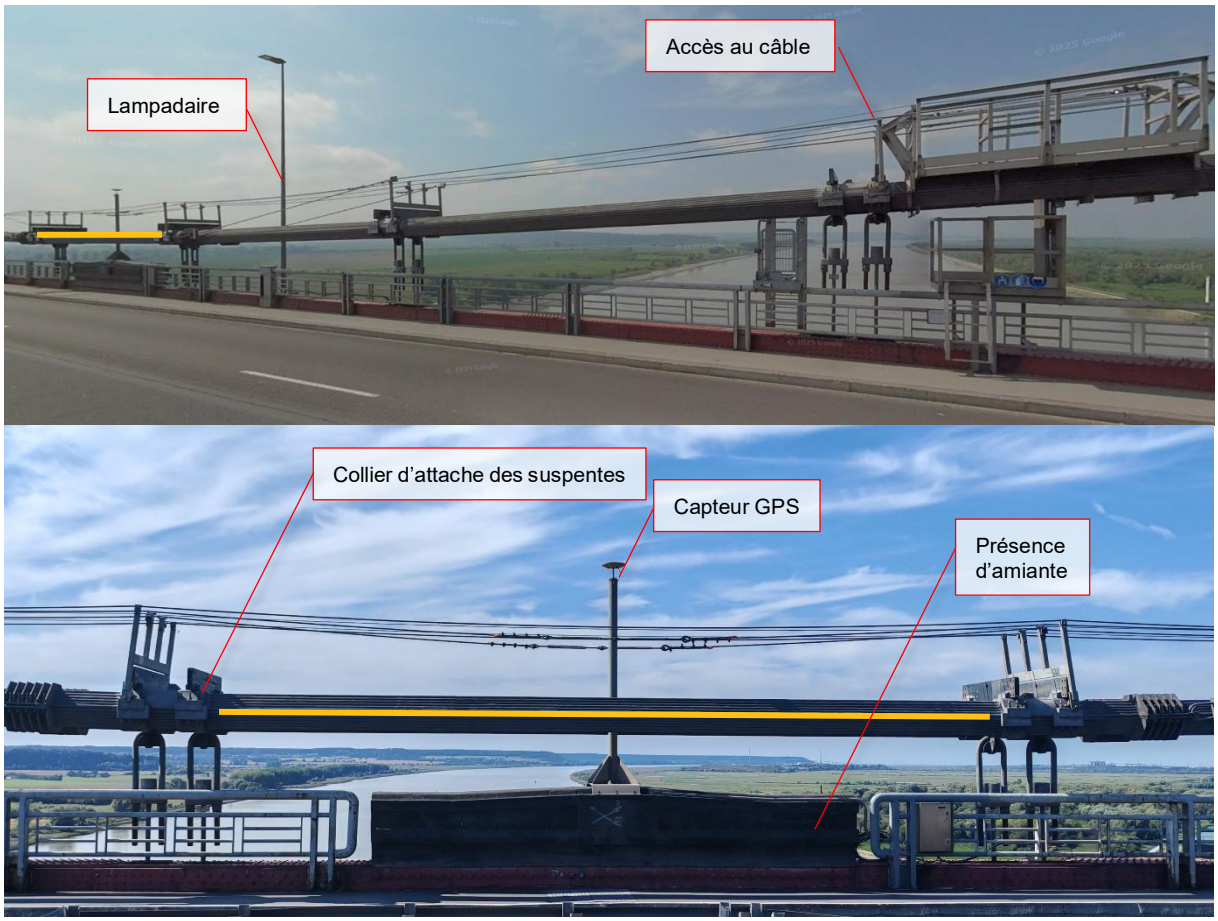


Figure 6 – Photos annotées montrant les caractéristiques de l'emplacement Milieu La longueur à inspecter est indiquée en jaune sur le câble (photos COWI septembre 2025 et Google Maps)

4.3 EMPLACEMENTS RIVE GAUCHE

L'inspection des câbles aux emplacements rive gauche concerne les longueurs de câble entre le collier d'attache des trailles et la sellette d'épanouissement – voir la Figure 7.

Les points suivants sont à noter :

- Le petit collier, la gaine thermo-rétractable et le capot amovible devront être temporairement retirés puis reposés.
- Les faisceaux sont restreints au niveau du collier d'attache des trailles et de la sellette
- Ces emplacements sont accessibles par les trottoirs

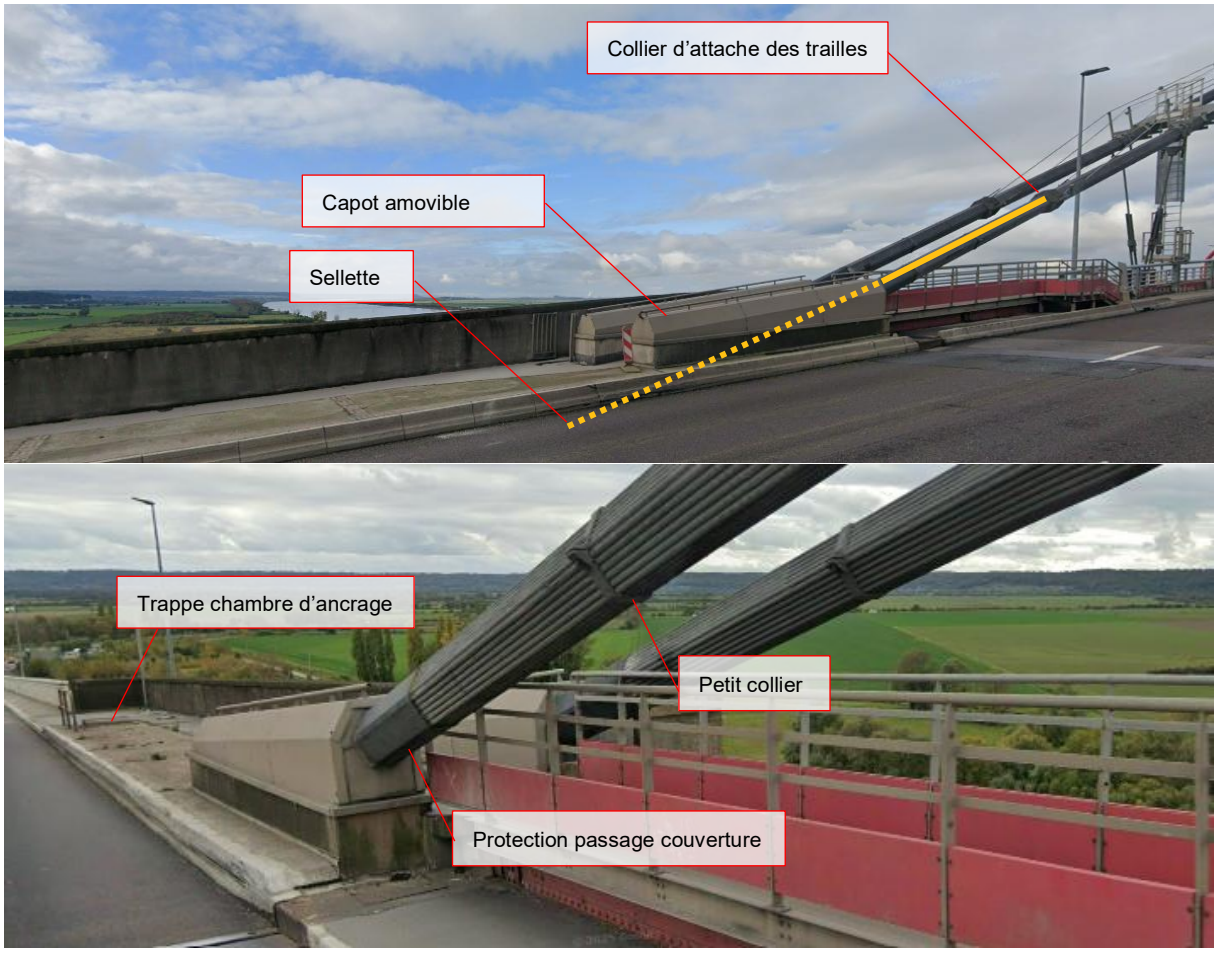


Figure 7 – Photos annotées montrant les caractéristiques de l'emplacement Rive Gauche
La longueur à inspecter est indiquée en jaune sur le câble interne côté ouest
(photos Google Maps)

5. PREPARATION ET REMISE EN ETAT DES CABLES

La préparation et la remise en état des câble porteurs doivent être effectuées comme indiqué dans le présent paragraphe.

5.1 ÉLEMENTS A RETIRER ET REMETTRE EN PLACE OU A PROTEGER

Les éléments faisant obstacle à l'insertion de coins et/ou à l'écartement associé de certains torons du faisceau devront être retirés avec les précautions nécessaires pour permettre leur réinstallation après l'inspection. Si les éléments retirés sont en mauvais état, ils devront être restaurés (par exemple remise en peinture des petits colliers) ou remplacés (les manchettes thermo-rétractables devront être remplacée). Voir la liste ci-dessous pour les éléments faisant obstacle à l'inspection interne des câbles :

- Petit collier entre les chambres d'ancrage et les colliers d'attache des trailles
- Manchettes de protection des câbles et tôles de fermeture à l'interface entre chambre d'ancrage et tablier
- Côté Rive Gauche, certains segments de tôle de couverture



Figure 8 – Illustration de certains éléments à retirer (photos COWI 12/03/2026 et Google Maps)

Les éléments non-retirés pouvant être impactés par l'inspection devront être protégés pour limiter le risque d'endommagement.

L'entreprise soumettra avant son intervention une procédure pour ces opérations, pour approbation par le maître d'ouvrage.

5.2 NETTOYAGE DES CABLES

La surface extérieure des segments de câbles à inspecter devra être nettoyée afin de faciliter son examen et de prévenir l'introduction de saleté à l'intérieur du faisceau lors de l'insertion des coins. Ce nettoyage pourra être effectué à l'aide d'un chiffon et d'une brosse non métallique (pour éviter des dommages à la protection anti-corrosion existante ou des dommages mécaniques aux fils de toron et à leur galvanisation, l'utilisation de brosses

métalliques, de grattoirs ou de tournevis en acier est interdite). L'entreprise devra recueillir et éliminer tous les déchets contaminés conformément à la réglementation applicable.

L'entreprise soumettra avant son intervention une procédure pour ce nettoyage, pour approbation par le maître d'œuvre.

5.3 INSERTION ET RETRAIT DES COINS

La séquence d'insertion et de retrait des coins est décrite dans le §6.

Avant et après insertion des coins, l'entreprise effectuera et documentera les mesures géométriques suivantes de chaque section de faisceau concernée, afin de confirmer le maintien de la géométrié du faisceau (voir la Figure 9 pour illustration) :

› Périmètre du faisceau

› Dimension des quatre faces du faisceau (par exemple à l'aide d'une jauge)

L'entreprise soumettra avant son intervention une procédure pour l'insertion et le retrait des coins ainsi que le compactage éventuel du faisceau pour approbation par le maître d'œuvre.

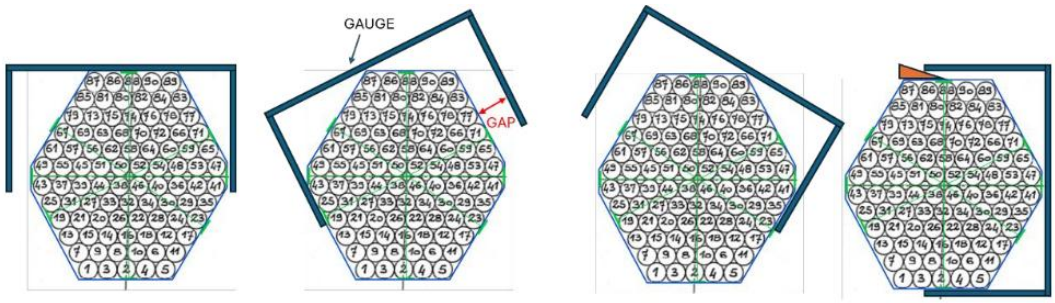


Figure 9 – Illustration des mesures de dimension des faisceaux

5.4 REMISE EN ETAT DES CABLES

Si les travaux préparatoires ou l'inspection venaient à causer des dommages au système de protection anti-corrosion des fils (y-compris leur galvanisation), l'entreprise devra remettre en état les zones impactées.

L'entreprise soumettra avant son intervention une procédure pour cette éventuelle remise en état pour approbation par le maître d'œuvre.

En cas d'observation de corrosion importante à certains emplacements, l'entreprise notifiera le maître d'ouvrage qui décidera si des mesures particulières doivent être prises afin de ralentir l'évolution de la corrosion à ces emplacements.

5.5 PRELEVEMENT ET REMISE EN ETAT EN CAS DE FIL ROMPU

Si des fils rompus sont observés lors de la préparation du câble ou après insertion de coins, des photos devront être effectuées, leur emplacement devra être noté sur un formulaire approprié, et le maître d'ouvrage devra être notifié. Une longueur de fil de 150 mm devra être prélevée de chaque côté de la rupture, et les 2 longueurs conservées ensemble comme paire correspondant à une surface de rupture. Ces paires seront convenablement protégées,

ensachées et étiquetées avant d'être remise au maître d'ouvrage afin de permettre d'éventuels essais en laboratoire.

L'entreprise devra également s'efforcer avant de retirer les coins de retourner et maintenir dans son pas toute longueur de fil déroulé afin d'éviter d'endommager les torons voisins. L'autorisation du maître d'ouvrage devra être obtenue avant le retrait des coins.

Avant l'inspection, l'entreprise proposera une procédure pour le prélèvement de fils rompus et pour la remise en état des torons avant retrait des coins en tenant compte des contraintes géométriques et de non-endommagement de la surface des torons.

5.6 PRELEVEMENT EN CAS DE PRESENCE D'EAU

Si une présence d'eau stagnante ou s'écoulant le long des torons est observée dans le faisceau pendant l'insertion des coins ou pendant que les coins sont en place, l'entreprise effectuera des prélèvements de cette eau dans des récipients stériles et scellés, identifiera les échantillons de manière unique et durable et indiquera sur un registre la date, l'heure et l'emplacement du prélèvement. Ces échantillons seront à remettre au maître d'ouvrage.

Avant l'inspection, l'entreprise proposera une procédure pour effectuer ces prélèvements.

6. INSERTION ET RETRAIT DES COINS

Afin d'inspecter l'intérieur du faisceau de torons, des coins doivent être insérés entre certains torons selon certains plans à divers emplacements le long du faisceau. Cette section définit les principes d'insertion et de retrait des coins, l'outillage utilisé et les précautions à prendre pour ne pas abîmer les torons et travailler en sécurité.

Pour chaque emplacement, des coins devront être insérés pour séparer des couches à plusieurs positions le long du câble. L'insertion et le retrait des coins est à effectuer couche par couche, puis position par position, puis coin par coin. Tous les coins utilisés pour inspecter une couche doivent donc être retirés avant d'insérer des coins pour inspecter une autre couche.

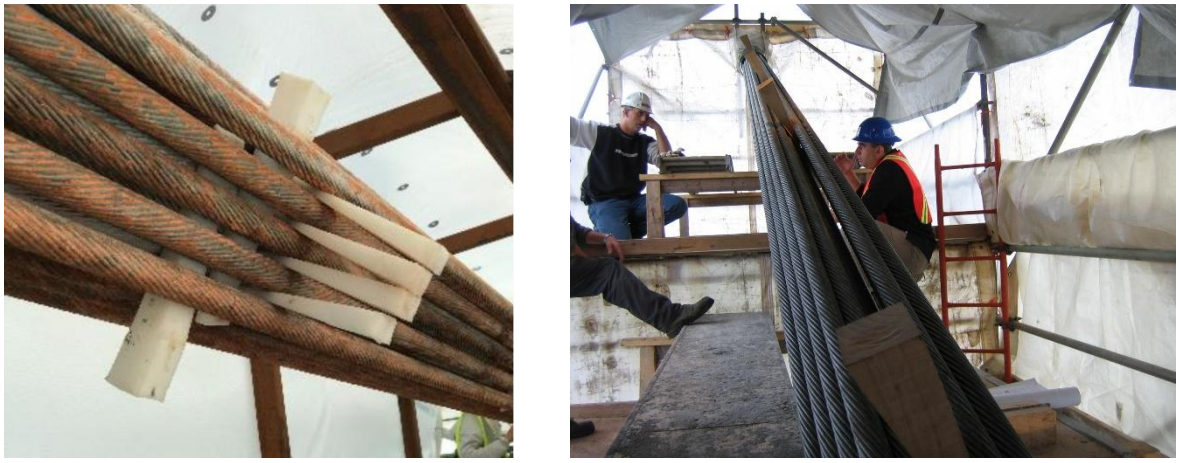


Figure 10 – Illustration de coins en position pour permettre une inspection interne (pont A. M. MacKay 2019-2020 à gauche, pont Grand-mère en 2008 à droite)

6.1 OUTIL DE DEMARRAGE ET COINS

L'ouverture des faisceaux est à effectuer à l'aide de coins en plastique polyéthylène de poids moléculaire ultra élevé (UHMW) ou en nylon - l'utilisation de coins en bois est interdite. Un outil de démarrage en bronze présentant un profil plus fin est également nécessaire pour commencer à séparer les torons avant que les coins prennent le relais. Voir la Figure 11 pour une suggestion de dimensions. Un vérin écarteur peut éventuellement être utilisé pour initier l'écartement, si tant est qu'il ne risque pas d'endommager les torons (voir exemple ci-dessous).



Un nombre suffisant de coins devra être fabriqué par l'entreprise pour permettre la séparation de couches et de torons à plusieurs positions, et potentiellement pour permettre un travail

parallèle sur plusieurs câbles ou emplacements. Il est suggéré d'avoir plusieurs tailles disponibles.

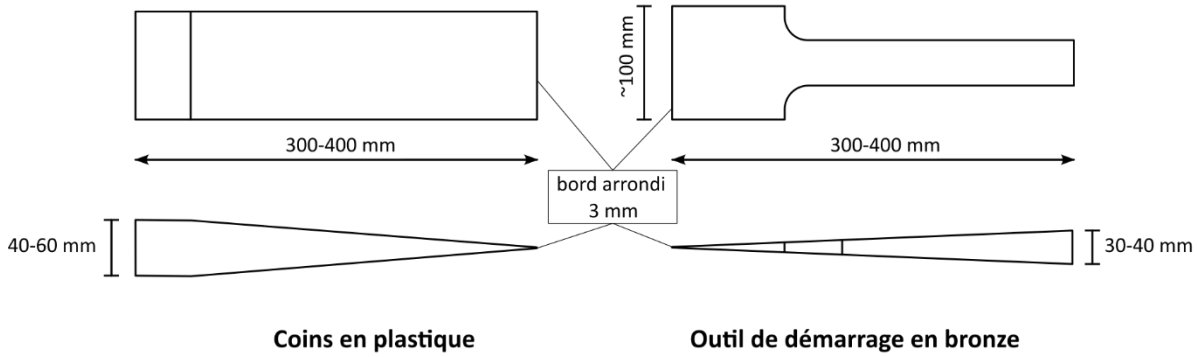


Figure 11 – Suggestions de dimensions pour les coins et l'outil de démarrage

6.2 METHODOLOGIE D'INSERTION, DE RETRAIT ET DE SECURISATION DE CHAQUE COIN

Chaque coin est inséré par percussion à son extrémité la plus large. A chaque emplacement où un coin doit être inséré, un outil de démarrage en bronze présentant un profil plus fin est à utiliser pour commencer à séparer les torons, sauf si un espace suffisant est déjà entrouvert entre les torons à séparer grâce à un coin parallèle voisin déjà en place.

Un coin est progressivement délogé en frappant son extrémité la plus large dans une direction parallèle au faisceau du câble.

Lorsqu'un coin est inséré, il est maintenu en place par les forces de friction induites par le déplacement des torons qu'ils séparent si tant est que l'angle d'ouverture du coin est suffisamment petit. Lorsqu'un coin est délogé, les forces de friction peuvent être moins importantes. Il est essentiel que l'entreprise considère et mitige le risque d'une éjection brutale des coins pouvant mettre en danger son personnel, le public ou les utilisateurs du pont, notamment lors du retrait de coins (voir §8).

6.3 PLANS D'INSERTION DES COINS / COUCHES A INSPECTER

L'insertion de coins le long de plans définis vise à séparer des couches de torons du reste du faisceau, ce qui permet d'inspecter des surfaces cachées en temps normal (on peut voir par exemple sur la Figure 10 à gauche 2 coins insérés dans un plan parallèle à une des faces du faisceau de torons, qui permettent de séparer la première couche de cette face du reste du faisceau).

Pour le cas particulier du pont de Tancarville, les plans d'insertion sont contraints par :

- la présence de mastic sur les 3 faces supérieures du faisceau
- la configuration en 2 demi-hexagones superposés du faisceau (Figure 2)

Les plans d'insertion des coins visés pour cette inspection sont donc des plans horizontaux inférieurs du faisceau. Il s'agit également des emplacements où l'on s'attend à observer des traces de ruissellement d'eau ou de la corrosion.

L'insertion de coins est d'autant plus difficile qu'on essaie de séparer plus de torons du reste du faisceau. Les plans d'insertion visés concernent ainsi les 2 premières couches en partant

de la face inférieure du faisceau. Une ouverture complète ou partielle de la 3è couche est également souhaitée.

Les couches inspectées seront en pratique limitées par la capacité à insérer les coins et par l'impératif d'éviter tout endommagement des torons.

6.4 POSITIONS D'INSERTION DES COINS LE LONG DU FAISCEAU

L'insertion de coins au niveau d'une section le long du faisceau ouvre un espace entre les torons à cette position (typiquement quelques cm). Cet espace est maximal au point d'insertion et se réduit jusqu'aux points où la forme du faisceau est restreinte (par exemple colliers ou sellette). Il est essentiel que toutes les précautions soient prises par l'entreprise avant toute insertion de coins pour éviter tout endommagement des torons entre le point d'insertion des coins et les points de restreinte (notamment au niveau des entrées des chambres d'ancrages).

La première insertion est typiquement effectuée à mi-distance entre les points de restreinte du faisceau et appelée position centrale. Afin de faciliter l'inspection interne, il est préférable d'insérer des coins à au moins une autre position le long du faisceau, ce qui ouvre un espace entre les torons entre les positions où des coins sont insérés (voir la Figure 10 à droite). Les insertions étant d'autant plus difficiles qu'on approche les points où la forme du faisceau est restreinte, des insertions intermédiaires peuvent être nécessaires.

La Figure 12 présente une suggestion de positions au niveau desquelles insérer des coins pour permettre l'inspection, et ce pour chacun des 3 emplacements. Les longueurs inspectables seront en pratique limitées par la capacité à insérer les coins et par l'impératif d'éviter tout endommagement des torons.

6.5 SEQUENCE D'INSERTION ET DE RETRAIT DES COINS

La séquence d'insertion des coins pour chaque position et chaque couche à inspecter est décrite ci-dessous et illustrée par la Figure 13.

- a – insertion de l'outil de démarrage dans le plan d'insertion
- b – insertion d'un coin dans le même plan et dans la même direction (libérant l'outil de démarrage)
- c – insertion de l'outil de démarrage dans le plan d'insertion dans la direction opposée au voisinage du premier coin (si l'ouverture du côté opposé au premier coin est insuffisante)
- d – insertion d'un second coin selon le même principe que c (libérant l'outil de démarrage)
- e – insertion d'un troisième coin selon le même principe que b mais plus profondément (si l'ouverture est insuffisante)
- f – insertion d'un coin secondaire entre 2 torons des couches séparées du faisceau (, pour révéler une plus grande surface interne des torons
- g-i – insertion d'autre coins secondaires entre torons des couches séparées du faisceau (même principe que f)

La Figure 10 à gauche illustre l'étape i à une position le long d'un faisceau hexagonal.

Après inspection des longueurs de torons révélées, le retrait des coins est effectué dans l'ordre inverse à l'insertion (l'utilisation de l'outil de démarrage n'est toutefois plus nécessaire).

6.6 RETRAIT DES COINS ET COMPACTAGE DU CABLE

Une fois l'inspection interne d'une longueur de câble effectuée, le retrait des coins décrit dans §6.5 est à effectuer position par position par ordre de distance croissante au point de restreinte le plus proche (la position centrale étant la dernière position où les coins sont retirés).

Par exemple, si des coins sont présents aux positions 1, 2 et 3 à l'emplacement milieu (Figure 12), l'ordre de retrait des coins sera 3, puis 2, puis 1.

Si des coins sont insérés à des positions intermédiaires entre la position centrale et la position la plus proche d'un point de restreinte afin de faciliter les insertions, il est recommandé de les laisser en place pendant l'inspection et de les retirer progressivement en allant de la restreinte au point central, afin de minimiser les déviations des torons. Cependant, comme il est en principe suffisant d'avoir des coins en position centrale et en position extrême pour inspecter une longueur, les coins des positions intermédiaires peuvent être retirés avant inspection.

Une fois l'inspection de la première couche effectuée et tous les coins retirés, l'inspection de la seconde couche peut commencer suivant les principes décrits ci-dessus, suivie par l'inspection de la troisième couche (si réalisée).

Une fois l'inspection de toutes les couches effectuées, le faisceau doit retrouver son profil original (ce qui sera confirmé à l'aide des mesures mentionnées en §5.3). Si nécessaire, des vibrations devront être induites sur les torons séparés du faisceau par l'insertion de coins en prenant toutes les précautions pour éviter d'endommager les torons (par exemple en frappant le câble par l'intermédiaire de pièces en bois interposées).

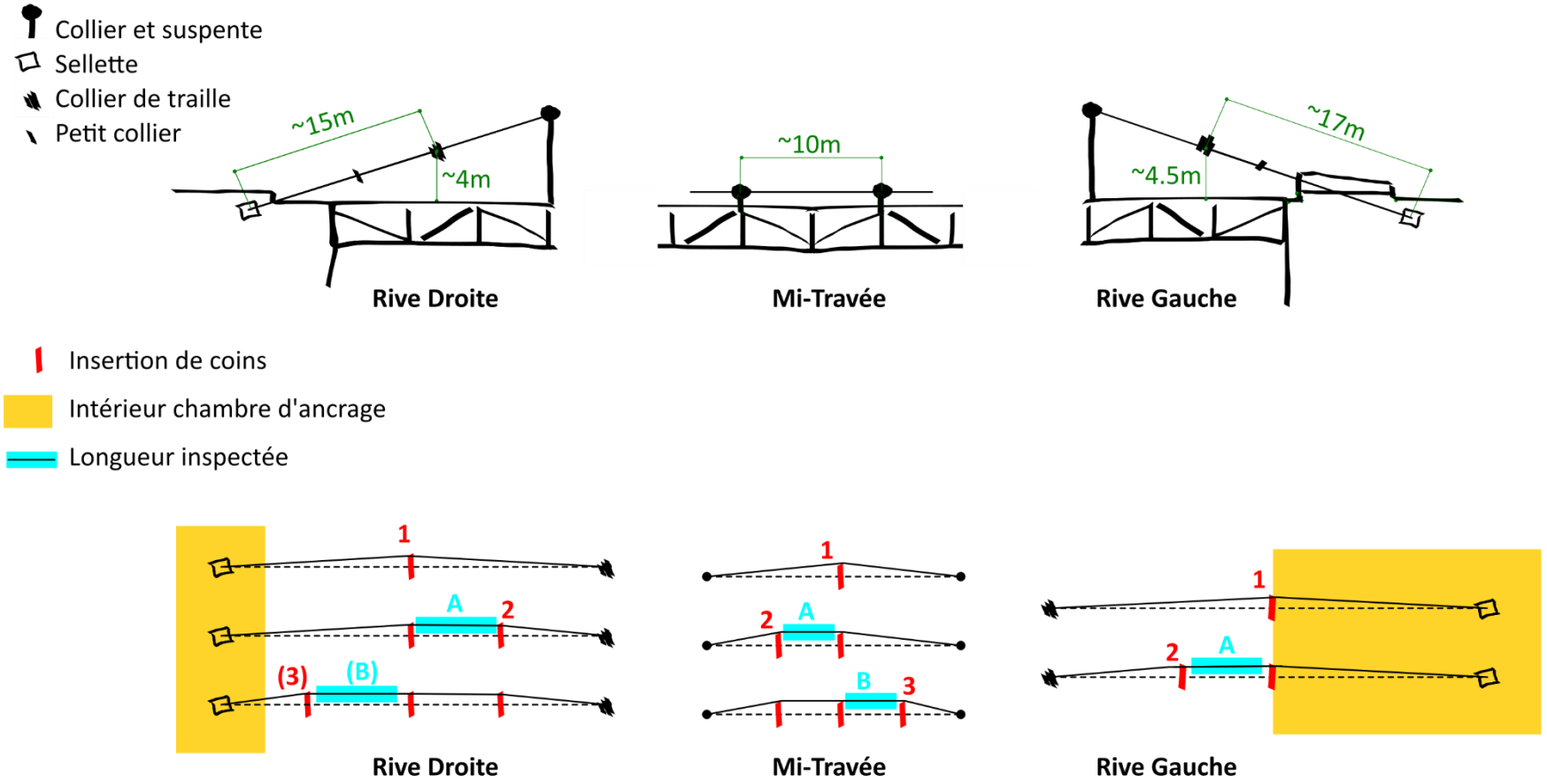


Figure 12 - Schéma de situation (en haut) et de séquence d'insertion des coins (en bas).
En haut - Les dimensions sont approximatives et à vérifier pas l'entreprise.
En bas - Les insertions de coins sont numérotées et les longueurs inspectées indiquées par des lettres. Les parenthèses indiquent une insertion/longueur à effectuer sous réserve qu'elles ne risquent pas d'endommager les torons.

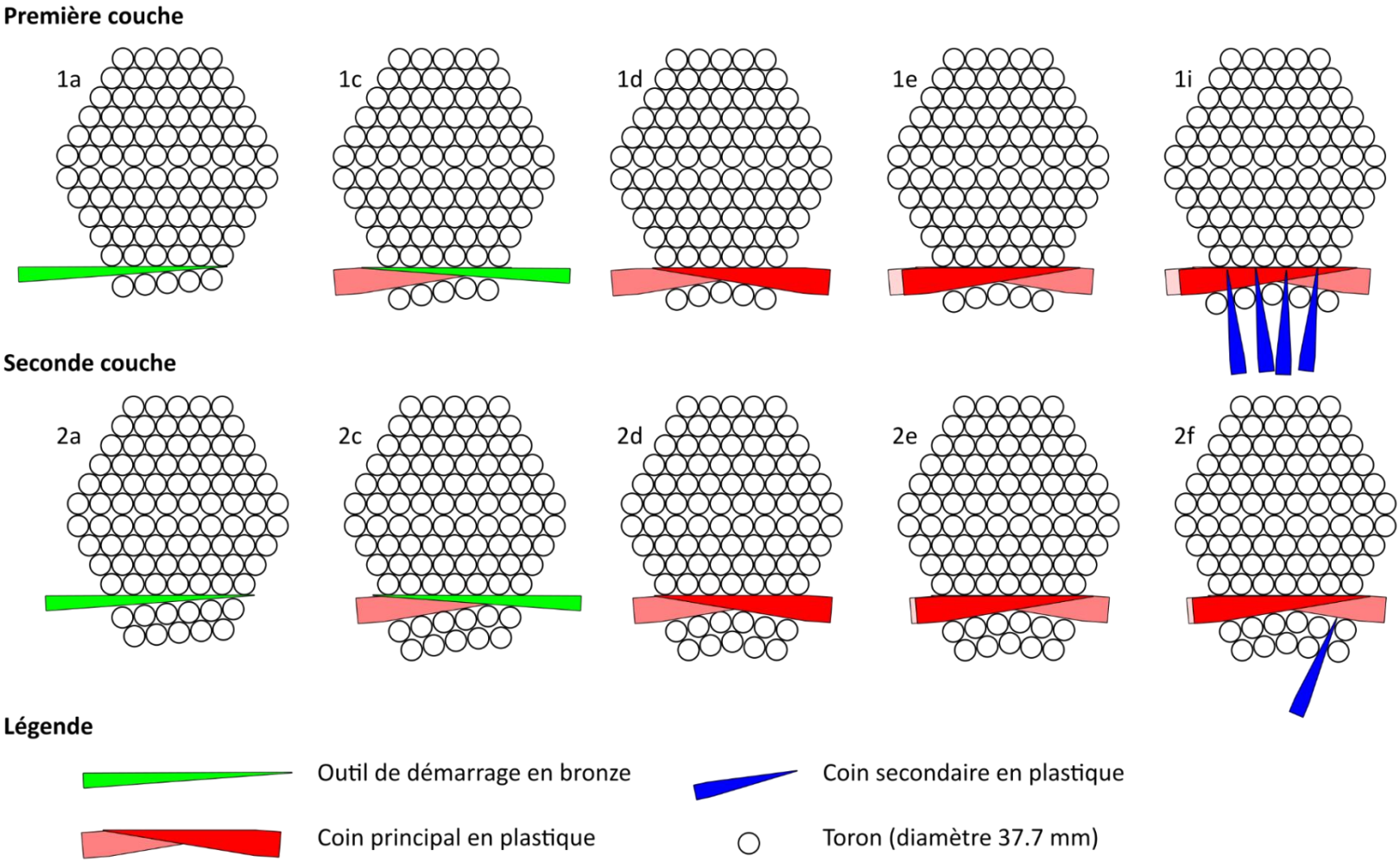


Figure 13 – Schéma de principe d'insertion des coins à chaque emplacement.

7. INSPECTION ET DOCUMENTATION

Des observations au niveau des chambres d'ancrages et de la surface visible des câbles suggèrent que de l'eau peut pénétrer à l'intérieur des faisceaux et s'écouler le long des torons. L'objectif de cette inspection est d'évaluer l'état des surfaces des torons à l'intérieur du faisceau avant la mise en place d'un gainage (wrapping) et d'une déshumidification des faisceaux, afin de s'assurer préalablement de l'absence ou limitation de la corrosion.

L'inspection interne des torons est décrite dans le reste de ce paragraphe, ainsi que le contenu attendu du rapport d'inspection.

7.1 PRINCIPE DE L'INSPECTION INTERNE

Le processus d'insertion et de retrait des coins décrit dans la §6 vise à permettre l'inspection d'une couche de torons sur une certaine longueur. L'inspection interne vise à obtenir une classification de l'état des torons sur cette longueur par une inspection visuelle à l'œil nu, ou à l'aide d'équipement tel qu'un boroscope.



Figure 14 – Illustration de l'utilisation d'un boroscope (pont de l'Île d'Orléans au Québec en 2005-2006)

Étant donné que les fils des torons sont organisés en spirale, l'inspection vise à classifier l'état de surface des torons plutôt que l'état des fils individuels. Afin de faciliter un éventuel travail d'évaluation de la résistance des torons, cette classification est à effectuer pour des segments de la longueur inspectable révélée par l'insertion de coins. La longueur suggérée pour ces segments est la longueur du pas des fils externes du torons (supposée être d'environ 500mm).

7.2 NOMENCLATURE, IDENTIFICATION ET REPERAGE

Dans un but d'uniformisation des résultats et de simplification, la nomenclature ci-dessous est imposée. Elle est illustrée dans la Figure 16.

7.2.1 Identification de l'emplacement et du faisceau

La convention suivante doit être suivie :

- Emplacement : **RD** ou **MT** ou **RG**
- Paire de câbles : **amont** ou **aval**
- Faisceau : **chaussée** ou **Seine**

7.2.2 Identification des torons

La nomenclature utilisée pour le remplacement des câbles dans les années 1990 (voir Figure 2) est à utiliser pour identifier les torons. Elle identifie de manière unique les torons d'un faisceau en fonction de sa position horizontale par rapport à l'axe de nappe des câbles jumeaux.

7.2.3 Identification de la couche, de la longueur et du segment

La nomenclature suivante est spécifique à l'inspection interne :

- Couche inspectée : face inférieure **1**, **2** ou **3** (voir §6.3)
- Longueur : **RD** ou **RG** (par rapport à la section centrale (voir §6.4))
- Segment : **distances** en m par rapport à la section centrale (au dm près)

7.3 CLASSIFICATION DU NIVEAU DE CORROSION DES SEGMENTS DE TORONS

Dans un but d'uniformisation des résultats et de simplification, l'inspection interne des torons devra adopter la classification décrite dans cette sous-section.

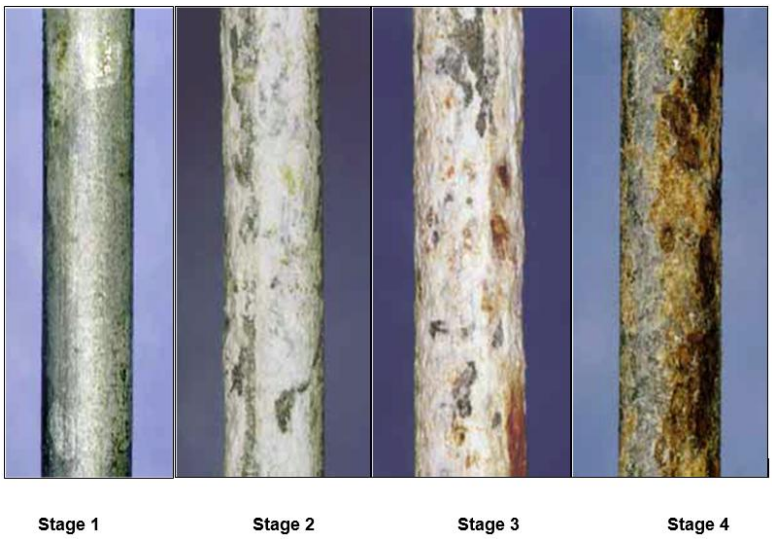


Figure 15 – Classification du niveau de corrosion des fils selon NCHRP 534

7.3.1 Classification NCHRP du niveau de corrosion des fils

La classification du niveau de corrosion des fils issue du rapport 534 du NCHRP intitulé *« Guidelines for Inspection and Strength Evaluation of Suspension Bridge Parallel Wire Cables »* est décrite ci-dessous et illustrée par la Figure 15.

- Stade 1 : taches blanchâtres d'oxydation du zinc sur les fils
- Stade 2 : oxydation du zinc sur toute la surface du fil
- Stade 3 : taches de rouille brune couvrant jusqu'à 30% de la surface d'une longueur de 75 à 150 mm
- Stade 4 : rouille brune couvrant plus de 30% de la surface d'une longueur de 75 à 150 mm, y compris les piqûres et / ou toute perte de section

7.3.2 Classification des segments de torons

La classification ci-dessus a été développée pour des câbles principaux composés de fils parallèles. Elle est adaptée ci-dessous pour fournir une classification de segments de torons.

Pour chaque couche de torons révélée par l'insertion de coins, et pour un segment de toron déterminé, identifier le stade de corrosion des fils visibles. La classification du segment de toron pour cette couche est le stade de corrosion le plus élevé des fils observés. En cas de fil rompu sur le segment, la classification du toron est stade 4. Si tous les fils sont de stade 1, la classification du toron est stade 1.

Ainsi, si pour une couche, un segment et un toron déterminés, quelques fils sont stade 2 et quelques fils sont stade 3, la classification du segment de toron sera stade 3.

Il est théoriquement possible qu'un même segment de toron dont des surfaces différentes seraient révélées par l'insertion de coins pour 2 couches différentes (torons 6 à 11 et 12 à 18) soit associé à des stades différents, d'où la distinction couche par couche. Les classifications de torons communs à plusieurs couches pourront être consolidées dans un second temps.

7.4 DOCUMENTATION DE L'INSPECTION INTERNE

L'inspection interne devra être documentée pendant qu'elle est effectuée à l'aide de fiches d'inspection interne ainsi que par des photographies permettant d'identifier les segments de torons en cours d'inspection.

7.4.1 Fiche d'inspection interne

Une fiche d'inspection spécifique à un emplacement, un faisceau, une couche, une longueur et un segment est proposée dans la Figure 16. A minima, les fiches doivent indiquer les informations suivantes :

Contexte

- Date et heure de début/fin d'inspection du segment et de la couche
- Identification du/des inspecteur(s)

Identification

- Emplacement
- Câble
- Faisceau
- Couche
- Longueur
- Segment

Pour chaque toron de la couche, classification du segment selon §7.3.2

Il est également demandé d'indiquer sur ces fiches la présence de tout fil rompu observé pour ce segment, identifié par le toron concerné et la distance au point central d'insertion des coins ainsi qu'un numéro s'il y a plusieurs fils rompus pour ce segment et toron (sauf si une fiche dédiée est utilisée pour les fils rompus).

7.4.2 Photos et vidéos d'inspection interne

Une ou plusieurs photos de repérage devront permettre d'identifier le segment et les torons inspectés. Un marquage temporaire permettant cette identification pourra être utilisé tant qu'il n'endommage pas les torons (par exemple, un tableau effaçable ou une fiche d'inspection pourrait indiquer des informations et les segments pourraient être délimités par un ruban de masquage et un numéro de toron indiqué sur ce ruban pou repérage). En complément, des photos de détail seront prises en cas de dégradation au-delà du stade 1.

Des vidéos peuvent également être utilisées en complément, selon le même principe.

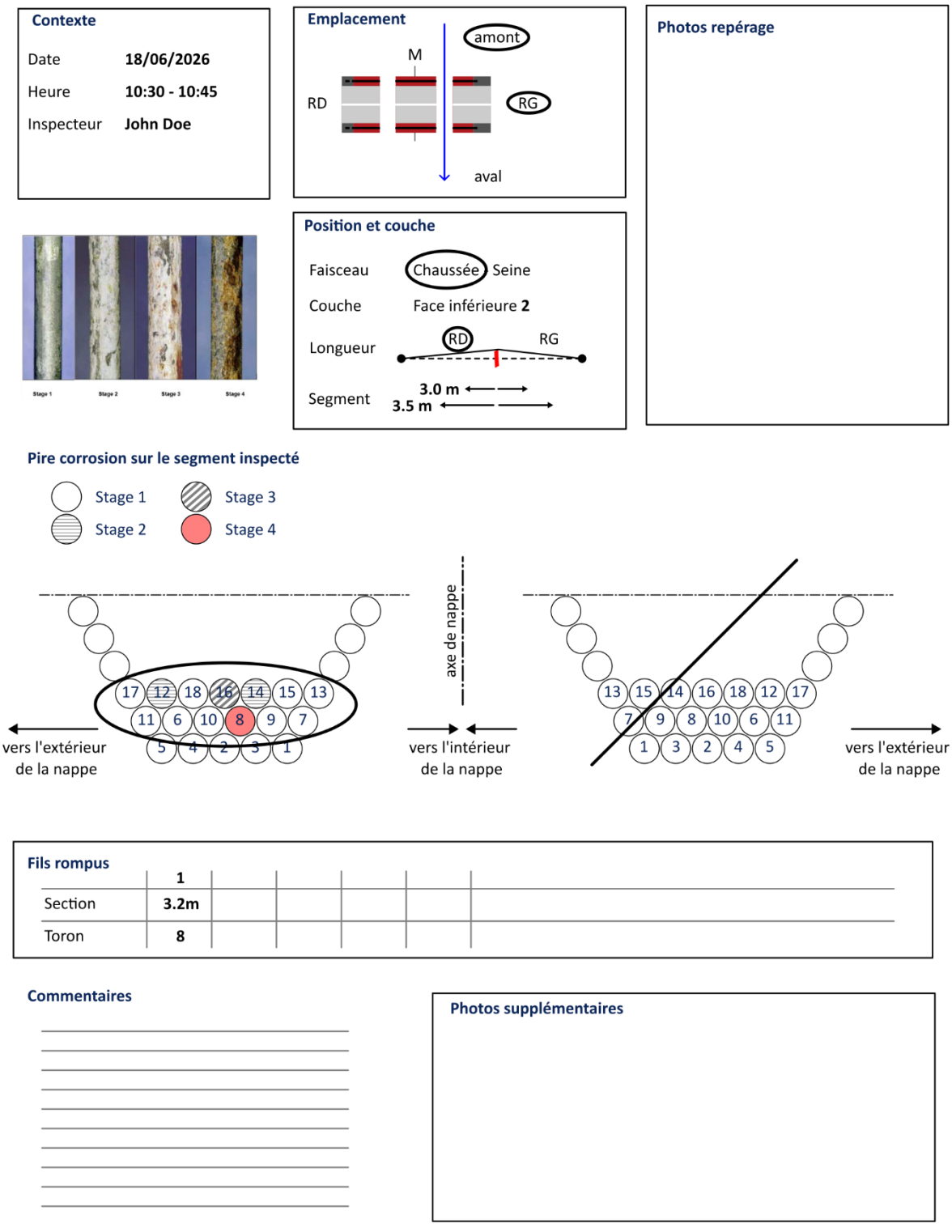


Figure 16 – Suggestion de format de fiche d'inspection pour l'inspection interne

7.5 CONTENU DU RAPPORT D'INSPECTION

Le rapport d'inspection doit comprendre au minimum les éléments suivants :

Méthodologie d'inspection

- Description générale de la préparation et remise en état des câbles décrite dans les sections §5 et §6, illustrée par une sélection de photos prises pendant ces opérations
- Spécifications du matériel et des procédures utilisées utilisés pour l'inspection interne, illustrés par une sélection de photos prises pendant ces opérations

Synthèse des résultats pour chaque emplacement

- Toute observation spécifique à cet emplacement issue de la préparation (par exemple présence d'eau) ou de l'inspection interne, illustrée par des photos pertinentes
- Pour chaque longueur inspectée à cet emplacement, un tableau de synthèse indiquant pour chaque toron inspecté la distribution des pires stades de corrosion (sur la base des fiches d'inspection des segments pertinents), un tableau récapitulatif des fils rompus sur cette longueur (indiquant couche, toron et distance par rapport à la section centrale)

Conclusion de l'inspection

- Synthèse des observations
- Avis/recommandations des inspecteurs

Annexe fiches et registres (incluses dans le rapport)

- L'ensemble des fiches d'inspection interne dument remplies et complétées par des photos de repérage des segments inspectés
- Les registres de présence d'eau ou de fils rompus si pertinents / non couverts par les fiches d'inspection interne

Annexe procédures (incluses dans le rapport)

- Les procédures de préparation et de remise en état demandées dans les §5 et §6

Annexe photographique au format numérique

- Registre photographique organisé par emplacement, câble, couche, longueur et segment documentant l'état des câbles lors du processus de préparation, d'inspection et de remise en état des câbles

Annexe tabulaire au format numérique

- Tableau contenant l'ensemble des résultats de fiches d'inspection interne (emplacement, câble, couche, longueur, segment, toron, classification)

8. CONTRAINTES, INTERFACES ET RISQUES SPECIFIQUES

› Exploitation du pont (contrainte)

Les travaux ne doivent pas faire obstacle à l'exploitation du pont par le maître d'ouvrage, telle que définie dans le règlement d'exploitation du pont (péage et maintien circulation).

Pour l'inspection, les trottoirs peuvent être temporairement ou fermés. L'entreprise doit s'assurer de permettre aux piétons d'utiliser au moins le trottoir d'un côté du pont en tout temps.

› Gestion du trafic (interface avec le maître d'ouvrage)

L'entreprise devra s'adapter aux modes de gestion du trafic proposés par le maître d'ouvrage. Elle s'organisera avec lui pour maintenir la santé et sécurité du personnel intervenant sur le pont et des usagers.

› Équipements et instrumentation (contrainte et interface avec le maître d'ouvrage)

L'entreprise devra s'assurer de ne pas endommager les équipements et l'instrumentation sur le pont.

- L'entreprise devra indiquer dans son programme quand elle interviendra à mi-travée afin de permettre au maître d'ouvrage d'organiser la dépose des capteurs GPS situés à mi-travée avant l'intervention de l'entreprise et leur réinstallation après.
- Si d'autres équipements doivent être retirés, l'entreprise consultera le maître d'ouvrage pour obtenir les informations nécessaires à sa proposition de méthode et établir des interfaces externes si nécessaire.

› Matériaux toxiques (risque spécifique)

Les diagnostics amiante n'ont pas identifié d'amiante au niveau des câbles. Les produits de protection contre la corrosion des câbles contiennent cependant du plomb ainsi que du benzo[a]pyrène, présentant des dangers pour la santé et l'environnement.

Des mesures d'atténuation du risque devront ainsi être en place, notamment vis-à-vis du procédé d'insertion des coins.

L'écartement des torons à l'aide de coins va sans doute craqueler la peinture et le mastic qui contiennent du plomb. Toutefois, il ne va pas y avoir d'émission de poussière contenant du plomb comme lors de travaux de sablage ou de grenaillage de sorte qu'un confinement de la zone de travail n'est pas nécessaire. L'entreprise doit néanmoins prendre ses précautions pour garantir la sécurité et la santé de ses salariés en contexte plomb (point d'eau, interdiction de fumer, gants, masques, captation des déchets si besoin).

› Protection des câbles (contrainte)

L'entreprise devra protéger les câbles contre les précipitations pendant leur préparation et inspection, par exemple en mettant en place des bâches sur les échafaudages. Ce système

de protection ne devra pas faire obstacle aux activités prescrites par le présent cahier des charges.

› Ejection des coins (risque spécifique)

L'entreprise devra considérer le risque d'éjection des coins et minimiser son impact pendant leur insertion, l'inspection interne et pendant leur retrait. Notamment, l'entreprise devra s'assurer qu'en cas d'éjection les coins n'iront pas sur la chaussée ou dans la Seine en mettant en place une barrière physique. En complément, une sécurisation des coins entre leur insertion et leur retrait pourrait être envisagée (par exemple une dragonne allant d'un point d'accroche en extrémité large du coin jusqu'à un sanglage autour du faisceau).

› Présence du maître d'œuvre (interface avec le maîtrise d'œuvre)

L'entreprise devra s'organiser avec le maître d'œuvre afin de lui permettre d'assister à la première instance des opérations suivantes (premier emplacement, première longueur, et première couche) :

- Insertion de coins et potentiellement nettoyage des surfaces de toron révélées
- Inspection des surfaces intérieures de toron révélées (y-compris sa documentation)
- Remise en état des surfaces si nécessaire (notamment en cas d'observation de fils rompus)
- Retrait des coins

L'entreprise devra également se coordonner avec le maître d'œuvre pour lui permettre d'assister aux premières insertions de coins pour chaque emplacement et en particulier pour les deuxièmes ou troisièmes couches.

› Inspection externe (interface potentielle)

Une inspection externe des faisceaux est également prévue, couverte par le cahier des charges « 003-61304-DIA-SET-CDC-1001 ». Selon le programme de l'inspecteur retenue, une coactivité est possible, mais les interfaces seraient limitées à l'inspection externe des longueurs de faisceau concernées par les deux inspections et potentiellement aux échelles d'accès aux câbles à mi-travée. S'il y a effectivement coactivité, l'entreprise se coordonnera avec l'inspecteur externe pour lui permettre d'inspecter les longueurs de câbles concernées par l'inspection interne avant la première insertion de coins, et lui donnera accès à ses échafaudages pour marcher sur les câbles si nécessaire.

› CSPS

Avant toute intervention sur site, l'entreprise devra prendre attache auprès du CSPS désigné par le Maître d'ouvrage, et signer le plan de prévention. Ls coordonnées du CSPS sont les suivantes :

- Ali KARAGOZ
- CSPS Niv 1 Conception et Réalisation
- Nord Ouest Coordination , 14 Rue Jean Moulin, 27 370 La Saussaye
- 06-22-11-85-00
- ali.karagoz@nordouestcoordination.com

9. LIVRABLES ET DELAIS

Avant le début des travaux, pour examen et approbation par le maître d'ouvrage, au plus tard 1 mois avant le début anticipé des travaux :

- Plan d'Assurance Qualité
- Documentation Qualité, Sécurité et Environnement respectant les normes en vigueur et tenant compte des contraintes particulières des travaux
- Programme anticipé
- Procédures et méthodes respectant le présent cahier des charges, à savoir : retrait/protection des éléments faisant obstacle à l'inspection (§5.1), nettoyage des câbles (§5.2), insertion et retrait des coins (§5.3), remise en état des câbles (§5.4), prélèvement et remise en état en cas de fil rompu (§5.5) et prélèvement en cas de présence d'eau (§5.6).
  - Pour ces procédures, des commentaires éventuels seront fournis au plus tard 2 semaines avant le début anticipé des travaux, et les versions finalisées par l'entreprise seront à retourner 1 semaine avant le début anticipé des travaux pour validation.

Pendant les travaux :

- Après finalisation de l'inspection de chaque emplacement, un rapport d'inspection partiel présentant les résultats de cette inspection, contenant a minima les fiches d'inspection conformes à §7.4.1 dument remplies, ainsi qu'une mise à jour du programme.
  - *Dans un délai de 10 jours ouvrés après la fin de l'inspection d'1 emplacement*
- Éventuels prélèvements d'eau et échantillons de fils rompus.
  - *Dans la journée suivant le prélèvement ou l'échantillonnage*

Après les travaux :

- Rapport d'inspection respectant le présent cahier des charges (voir §7.5) et couvrant l'ensemble des emplacement inspectés.
  - *Dans un délai de 10 jours ouvrés après la fin de l'inspection du dernier emplacement*

10. PRECISIONS SUR LES PRIX ET PRESTATIONS

› Pour les prestations potentiellement limitées par l'impératif de ne pas endommager les câbles, à savoir les longueurs inspectées et le nombre de couches inspectées à chaque emplacement (§6.3 et §6.4), l'entreprise fournira, pour chaque emplacement : un prix sur la base de 2 couches inspectables, et de 2 longueurs inspectables en RD et à MT contre 1 longueur inspectable en RG. L'entreprise fournira également un prix pour l'inspection d'une 3è couche pour 1 longueur, qui sera appliqué pour chaque 3è couche effectivement inspectée. L'inspection d'une 3è couche devra être autorisée avant son début par le maître d'ouvrage, et validée par celui-ci sur la base du rapport d'inspection partiel associé (voir §9). Ce prix inclura l'insertion et le retrait des coins, l'inspection de la couche, et l'incorporation des résultats au rapport d'inspection.

› Pour les emplacements indiqués comme complémentaires dans le Tableau 3 et la Figure 4 (§4), le maître d'ouvrage informera l'entreprise de la nécessité ou non d'inspecter l'un ou les deux 2 emplacements supplémentaires par l'intermédiaire d'un OS dans un délai de 3 jours ouvrés après réception de 3 des 4 rapports d'inspection partielle mentionnés ainsi que du prix associé, définis dans la §9.

› Les éventuels échantillonnages d'eau sont réputés inclus dans les prix. L'entreprise fournira un prix unitaire pour prélèvement éventuel de fil rompu, y-compris remise en état, et la découverte d'un fil rompu constituera un point d'arrêt à lever par le maître d'ouvrage, qui autorisera et validera ou non le prélèvement et la remise en état.

› La gestion du trafic et le retrait des capteurs GPS à mi-travée sont à la charge du maître d'ouvrage

› Le paiement du péage est à la charge de l'entreprise