Organisation pour L'Equipement de Banana et Kinshasa
République Démocratique du Congo

Le Projet de Renforcement de la Gestion du Pont Maréchal à Matadi en République Démocratique du Congo Inspection par Ouverture des Câbles

Rapport

Août 2012

Agence Japonaise de Coopération Internationale

Oriental Consultants Co., Ltd.
Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.

E I
J R
12-177

Organisation pour L'Equipement de Banana et Kinshasa
République Démocratique du Congo

Le Projet de Renforcement de la Gestion du Pont Maréchal à Matadi en République Démocratique du Congo Inspection par Ouverture des Câbles

Rapport

Août 2012

Agence Japonaise de Coopération Internationale

Oriental Consultants Co., Ltd.
Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.

Table des matières

Carte d'emplacement de la zone cible l'étude III
Dessin général du Pont Maréchal à Matadi IV
Photos V
Listes des Tableaux et Figures VIII
Liste des Acronymes X

Chapitre 1 Introduction générale 1-1
1.1 Contexte et objectifs de l'étude 1-1
1.2 Description de l'étude 1-2
1.2.1 Résumé de l'étude précédente 1-2
1.2.2 Principes de base concernant l'inspection par ouverture des câbles porteurs 1-2
1.2.3 Calendrier des études 1-3

Chapitre 2 Travaux préparatoires de l'inspection 2-1
2.1 Travaux préparatoires au Japon 2-1
2.2 Transport du matériel / équipement 2-2

Chapitre 3 Etude sur site 3-1
3.1 Méthode et procédure de l'inspection par ouverture des câbles porteurs 3-1
3.1.1 Structure des câbles porteurs et procédure de l'inspection 3-1
3.1.2 Inspection de l'aspect des câbles porteurs 3-3
3.1.3 Inspection de l'aspect de la pellicule protectrice des câbles porteurs sur le segment cible de l'inspection par ouverture des câbles 3-4
3.1.4 Retrait du fil d'enroulement 3-4
3.1.5 Inspection des torons juste après l'ouverture du câble 3-6
3.1.6 Inspection des torons après l'élimination des colles 3-8
3.1.7 Restauration provisoire 3-10
3.1.8 Reconstitution de l'enroulement (restauration) 3-10
3.2 Inspection par ouverture des câbles porteurs 3-15
3.3 Résultats de l'inspection par ouverture des câbles porteur 3-32
3.4 Séminaire sur site 3-39
3.5 Autres 3-41
3.5.1 Température et humidité de l'intérieur du massif d'ancrage et de l'atmosphère 3-41
3.5.2 Remise des outils et outillage utilisés 3-43
3.5.3 Installation électrique du Pont Maréchal à Matadi 3-44

Chapitre 4 Méthode de maintenance des câbles porteurs proposée 4-1
4.1 Nécessité du système d'insufflation d'air sec 4-1
4.1.1 Changement de la méthode de protection contre la corrosion pour les câbles porteurs du pont suspendu 4-1
4.1.2 Nécessité du système d'insufflation d'air sec 4-2
4.2 Frais approximatif dû à la mise en œuvre du système d'insufflation d'air sec, etc. 4-4

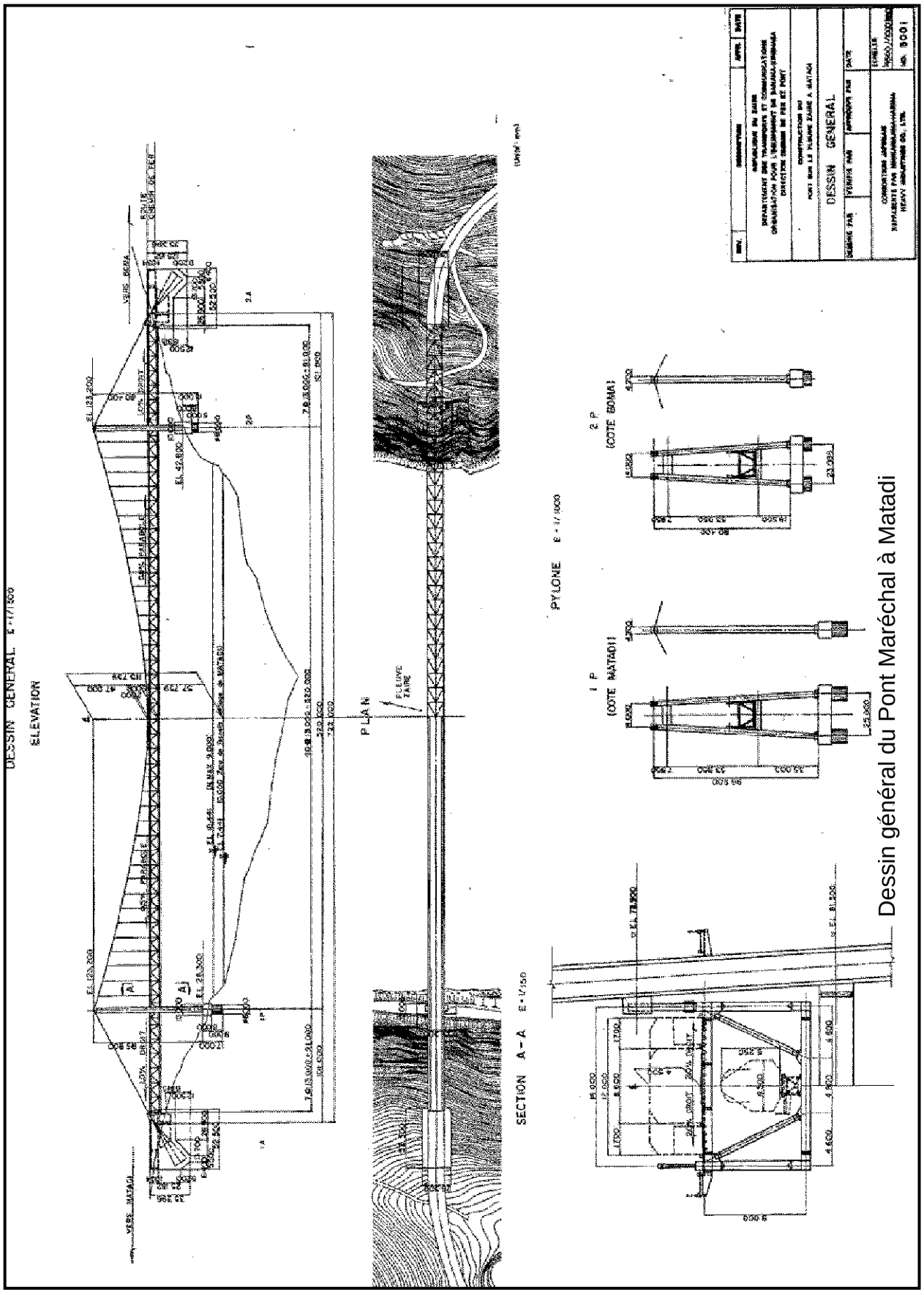
Chapitre 5 Organigramme et organisation de l'OEBK 5-1

Chapitre 6 Recommandations 6-1
6.1 Résultats de l'inspection et recommandations 6-1
6.2 Calendrier de l'avenir 6-1

« Documents annexes »

1. Procès-verbal des discussions A-1
2. Calendrier de l'étude A-4
3. Liste du matériel / équipement A-5
4. Données des résultats de l'inspection par ouverture des câbles porteurs. A-9
5. Documents connexes au séminaire A-17
5.1 Lettre d'invitation au séminaire A-17
5.2 Participants au séminaire A-18

Carte d'emplacement de la zone cible l'étude



Dessin général du Pont Maréchal à Matadi

Photos

Photo-1 Le panorama du Pont Maréchal à Matadi
(vue du côté de Boma)

Photo-2 Vue de face du Pont Maréchal à Matadi
(du côté de Boma)

Photo-3 Inspection de l'ensemble des câbles porteurs tout au long du pont

Photo-4 Vue de l'inspection par ouverture des câbles porteurs

Photo-5 Retrait du fil d'enroulement

Photo-6 Etat de la surface latérale en amont du câble porteur en amont, rouille rouge observée

Photo-7 Surface latérale en amont du câble porteur en aval, moins de rouille par rapport aux câbles porteurs en amont

Photo-8 Travaux d'enfoncement des cales par un grand marteau appartenant à l'OEBK

Photo-9 Inspection de la partie interne du câble par 8 sections du câble porteur

Photo-10 Intérieur de la partie latérale côté amont, rouille rouge assez développée et même état observé jusqu'au fond de la partie interne.

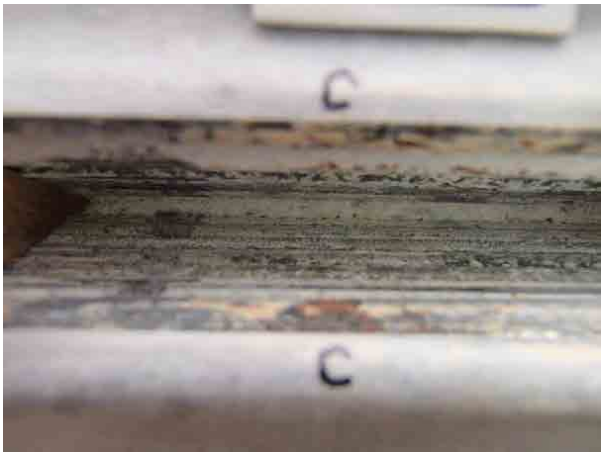


Photo-11 Surface latérale en amont du câble porteur du côté aval, rouille rouge développé

Photo-12 Explication au chantier donnée aux participants au séminaire

Photo-13 Travaux d'élimination des colles

Photo-14 Revêtement de la surface du câble porteur avec une peinture primaire riche en zinc organique

Photo-15 Présentation par Monsieur Tatsumi, Chef de mission

Photo-16 Monsieur Kidima, Directeur Général de l'OEBK et le Représentant de la JICA se serrent la main.

Listes des Tableaux et Figures

■ Liste des Tableaux

Tableau 2-1 Principal matériel / équipement 2-1
Tableau 3-1 Inspection de l'aspect des câbles porteurs 3-3
Tableau 3-2 Inspection de l'aspect de la pellicule protectrice des câbles 3-4
Tableau 3-3 Résultat de l'étude (note d'évaluation) 3-6
Tableau 3-4 Résultats de l'inspection de l'humidité de surface 3-6
Tableau 3-5 Résultat de l'inspection du pH 3-7
Tableau 3-6 Résultats des mesures de la quantité résiduelle de galvanisation du fil d'enroulement 3-7
Tableau 3-7 Résultats de l'inspection (note d'évaluation) 3-8
Tableau 3-8 Résultats des mesures de la quantité résiduelle de galvanisation des torons de câble 3-9
Tableau 3-9 Photo s servant de référence d'évaluation du vieillissement des colles 3-12
Tableau 3-10 Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des torons de câble 3-13
Tableau 3-11 Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des torons de couche intérieure des câbles 3-14
Tableau 3-12 Calendrier de la deuxième étude sur le terrain (Inspection par ouverture des câbles) 3-16
Tableau 4-1 Description des travaux 4-4
Tableau 5-1 Personnel principal de l'OEBK (Agents techniques indiqué en bleu) 5-1

■ Liste des Figures

Fig 1-1 Schéma de l'emplacement de l'inspection par ouverture des câbles porteurs 1-3
Fig 1-2 Etat des cales en bois enfoncées 1-3
Fig 3-1 Structure anticorrosive des câbles porteurs du point Matadi 3-1
Fig 3-2 Séquences de l'inspection par ouverture des câbles porteurs 3-2
Fig 3-3 Attaches de câble 3-3
Fig 3-4 Emplacements des mesures concernant l'aspect de la pellicule protectrice des câbles 3-4
Fig 3-5 Soudure du fil d'enroulement 3-4
Fig 3-6 Méthodologie du marquage 3-5
Fig 3-7 Retrait du fil d'enroulement 3-5
Fig 3-8 Emplacement de la surface des colles inspecté 3-6
Fig 3-9 Emplacement d'inspection de l'humidité de surface des colles des câbles et du pH 3-7
Fig 3-10 Emplacement des mesures de l'épaisseur de galvanisation du fil d'enroulement 3-7
Fig 3-11 Plage de l'inspection des torons de surface de câble de la couche externe 3-8
Fig 3-12 Inspection de la quantité résiduelle de galvanisation 3-9
Fig 3-13 Observation des torons de câble de la couche interne 3-10
Fig 3-14 Aperçu de la reconstitution de l'enroulement (restauration) 3-11
Fig 3-15 Essentiel de la reconstitution de l'enroulement 3-11
Fig 3-16 Désignation de chacun emplacement des câbles porteurs 3-21
Fig 3-17 Travaux de l'enroulement de câble porteurs à la main 3-29
Fig 3-18 Résultat de l'examen de l'aspect des câbles porteurs en amont 3-34
Fig 3-19 Résultat de l'examen de l'aspect des câbles porteurs en aval 3-35

Fig 3-20 Résultat de l'examen de l'aspect des torons de la couche interne, câbles en amont 3-36
Fig 3-21 Résultat de l'examen de l'aspect des torons de la couche interne, câbles en aval 3-37
Fig 3-22 Résultat de l'examen de l'aspect des torons de la couche interne Schémas de l'état des torons 3-38
Fig 3-23 Température et humidité relative de l'intérieur du massif d'ancrage 1A 3-41
Fig 3-24 Température et humidité relative de l'intérieur du massif d'ancrage 2A 3-41
Fig 3-25 Température et humidité de l'atmosphère près des câbles porteurs en aval du milieu de la travée centrale 3-42
Fig 3-26 Température et humidité de l'intérieur du massif d'ancrage / Température et humidité de l'atmosphère près des câbles porteurs en aval du milieu de la travée centrale 3-43
Fig 3-27 Schéma de câblage actuel des installations connexes du Pont Maréchal à Matadi 3-48
Fig 4-1 Schéma conceptuel du système d'insufflation d'air sec du Pont Maréchal à Matadi 4-5

Liste des Acronymes

- OEBK: Organisation pour L'Equipement de Banana et Kinshasa

Chapitre 1 Introduction générale

1.1 Contexte et objectifs de l'étude

Le Pont Maréchal à Matadi est un pont suspendu qui a été construit dans le cadre du «Projet de renforcement de la capacité de transport entre Banana et Matadi» (1974 - 1983) par le biais de la coopération japonaise sous forme de prêt. La ville de Matadi abrite le port de Matadi, le plus grand port du pays, et étant située sur l'axe routier reliant les avant-ports de Boma / Banana et la capitale, c'est également un point stratégique pour le transport terrestre. Étant donné que le Pont Maréchal à Matadi est le seul pont suspendu reliant les deux rives du Fleuve Congo, il a contribué à la revitalisation de la logistique et a joué un rôle important sur le plan économique et social.

Cependant, aujourd'hui, 29 ans après sa construction, la nécessité de procéder à un examen drastique de la maintenance du pont et d'élaborer un plan de réparations se fait sentir. La maintenance du Pont Maréchal à Matadi est assurée par l'Organisation pour l'équipement Banana-Kinshasa (OEBK), et est effectuée en ayant recours aux techniques / manuels ayant fait l'objet du transfert de technologie à l'époque de la construction du Pont Maréchal à Matadi. Toutefois, étant donné qu'il n'existe pas en République démocratique du Congo d'autres ponts suspendus, le capital technique afférent accumulé dans l'ensemble du pays est inadéquat. En outre, la plupart des techniciens qui avaient acquis les techniques de maintenance à l'époque de la construction du pont sont aujourd'hui à la retraite, et la formation de jeunes techniciens est une nécessité urgente. Dans ces circonstances, le Japon a effectué une «étude sur la gestion et l'entretien du Pont Maréchal à Matadi» en juin 2010, ainsi qu'une «étude pour la planification de la gestion et l'entretien du Pont Maréchal à Matadi» en juin 2011, a assimilé l'état de la maintenance mise en œuvre par l'OEBK relative au Pont Maréchal à Matadi, et a mené des concertations avec le gouvernement de la République démocratique du Congo en ce qui concerne la possibilité d'une aide japonaise. À la réception de ces études, la JICA a mis en œuvre le «Projet de Renforcement de la Gestion du Pont Maréchal à Matadi (mars 2012 - mars 2015) (ci-après dénommé le «Projet») dans le but de renforcer les capacités de maintenance de l'OEBK relatives au Pont Maréchal à Matadi.

Le travail en question consiste à effectuer une inspection par ouverture des câbles du pont suspendu de Matadi afin de recueillir et organiser les données relatives à l'intégrité des câbles porteurs, et examiner les méthodes de maintenance des câbles porteurs dans le cadre d'une évaluation des méthodes de maintenance du pont concerné par le Projet (concrètement, l'élaboration d'un plan de maintenance à moyen terme du pont et la mise à jour des manuels de maintenance).

1.2 Description de l’étude

1.2.1 Résumé de l’étude précédente

Le Pont Maréchal à Matadi ayant été achevé en 1983, la JICA a envoyé environ 10 ans plus tard, en 1996, des inspecteurs dont la mission était notamment d'inspecter le pont et de resserrer les boulons des attaches des câbles, mais en raison de l'émergence de conflits internes, ils avaient dû rentrer au Japon sans avoir été en mesure d'atteindre leur objectif. Par ailleurs, IHI, qui avait été en charge de la construction du pont, a réalisé une étude de l'état de l'ensemble du pont et de l'état des câbles en envoyant à ses frais une mission d'étude du 20 au 25 août 2009 afin de vérifier l'état du pont. À la réception des résultats de cette étude, deux (2) agents de la société Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited ont été envoyés à titre d'expert à court terme de la JICA du 28 mai au 5 juin 2010 pour réaliser une étude de l'état de l'ensemble du Pont Maréchal à Matadi et des câbles du pont.

À la réception des résultats de ce travail, une étude préparatoire a été effectuée du 17 juin au 13 juillet 2011 pour planifier les travaux ciblés par le Projet dans le but de préparer l'examen du pont de Matadi dans son ensemble et l'inspection par ouverture des câbles. Les résultats de cette étude ont révélé que M. Madiatta et M. Karombo, travaillant au service de l'OEBK depuis la construction du Pont Maréchal à Matadi, en particulier, avaient effectué la maintenance du pont de manière consciencieuse, et que les travaux de peinture de l'ensemble du pont avaient été réalisés. Par ailleurs, la circulation routière sur le pont en question étant comparativement faible et la charge ferroviaire inexistante, il a été confirmé que l'état du pont était sain. Par contre, des fuites d'eau provenant des alentours des attaches de câbles ont été observées, et de l'eau s'est accumulée à l'intérieur des bouchons des boulons des attaches des câbles. Par ailleurs, prenant comme référence l'état des câbles des ponts suspendus du réseau de ponts Honshu-Shikoku, tels que le Grand pont de Seto, il a été estimé que les câbles porteurs devaient être quelque peu rouillés. Cette supposition a été confirmée par le fait que les fuites d'eau dans la périphérie des attaches des câbles sont de couleur rouille. Par ailleurs, dans l'étude de 2010 il était suggéré, en se basant sur les valeurs des mesures des capteurs d'humidité installés à l'intérieur des attaches de câbles, qui indiquaient un niveau de 60 à 70% d'humidité, que les câbles étaient dans un état propice à la propagation de la rouille.

1.2.2 Principes de base concernant l’inspection par ouverture des câbles porteurs

L'inspection par ouverture des câbles porteurs sera mise en œuvre sur un segment de 2m environ sur chacun des câbles porteurs en amont et en aval à proximité du milieu de la travée centrale, qui, sur la base de l'expérience du réseau des ponts Honshu-Shikoku, s'avère être la méthode la plus simple. Tout d'abord, la sécurité sera assurée en installant une plateforme permettant de travailler sur le segment de 2m déterminé pour effectuer l’inspection par ouverture des câbles. Des précautions seront prises pour éviter que les fils d'enroulement ne rebondissent et heurtent les ouvriers même si des fils cassent, en soudant les fils ensemble par points avant d’enlever les fils d’enroulement. Une fois que les fils d'enroulement auront été enlevés, des cales en bois seront enfoncées dans 8 directions à partir de la surface des câbles porteurs, et la partie interne des câbles porteurs sera étudiée et relevée à partir de la couche de surface. Après l'achèvement de l'examen, les câbles porteurs seront repeints d’une peinture primaire de résine époxyde

riche en zinc et revêtus avec des fils d'enroulement, puis une couche de peinture de surface aluminisée de résine époxyde spéciale. Le schéma de l'emplacement de l'inspection par ouverture des câbles porteurs et des plateformes de travail figure à laFig 1-1. Par ailleurs, un câble porteur sur lequel les cales en bois ont été enfoncées est illustré à la Fig 1-2.

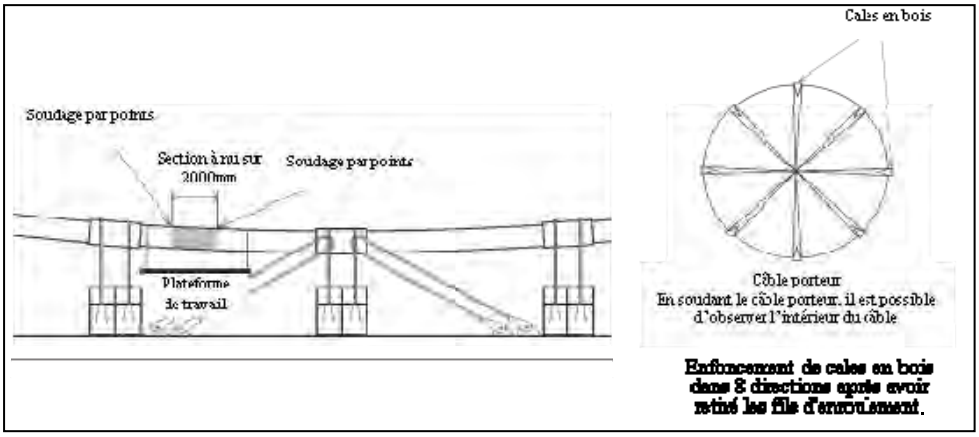


Fig 1-1 Schéma de l'emplacement de l'inspection par ouverture des câbles porteurs

Fig 1-2 Etat des cales en bois enfoncées

En outre, les fils d'enroulement utilisés pour recouvrir les câbles après l'examen seront des fils en acier doux galvanisés enduits de zinc. Étant donné qu'il est impossible de serrer fermement à la main les fils d'aciers enduits de zinc qui avaient été serrés mécaniquement au moment de la construction, des fils en acier doux permettant un bon serrage à la main seront utilisés. Cette même méthode a également été utilisée lors de l'inspection initiale du réseau de ponts Honshu-Shikoku.

1.2.3 Calendrier des études

Le Japon a mis en œuvre la première étude sur site sur la période du 14 au 28 avril 2012 afin de présenter à l'OEBK les principes de base de l'inspection, son planning et le plan d'expédition du matériel / équipement. Dans le cadre de ladite étude, la mission a concerté et confirmé avec l'OEBK les points ci-dessous :

- Détermination du planning de l'inspection par ouverture des câbles porteurs à effectuer en juin 2012 ;
- L'installation des plateformes de travail pour l'inspection par ouverture des câbles porteurs sera assurée par l'OEBK
- La réception du matériel / équipement expédié en provenance du Japon par voie aérienne pour l'inspection par ouverture des câbles porteurs sera assurée par l'OEBK sous sa responsabilité ;
- Organisation d'un séminaire au 20 juin 2012 dans un hôtel de la ville de Matadi.

La deuxième étude a été réalisée du 6 au 28 juin 2012 pour la mise en œuvre de l'inspection par ouverture des câbles porteurs. La mission s'est déplacée le 9 juin 2012 de Kinshasa à Matadi pour vérifier le matériel / équipement expédié depuis le Japon le 10 juin 2012 et les plateformes de travail installées par l'OEBK. L'inspection par ouverture des câbles porteurs a effectuée pour la période du 11 au 23 juin 2012 durant laquelle un séminaire a eu lieu le 20 juin 2012.

Chapitre 2 Travaux préparatoires de l'inspection

2.1 Travaux préparatoires au Japon

Les principales étapes des travaux de l'inspection par ouverture des câbles porteurs sont les suivantes :

(1) Installation des plateformes de travail pour l'inspection par ouverture des câbles porteurs en amont et en aval,
(2) Sectionnement / retrait (démontage) des fils d'enroulement existants sur un segment de 2m,
(3) Enfoncement de cales à l'intérieur des câbles porteurs, inspection et relevé de la couche superficielle et de la partie interne des câbles,
(4) Enroulement du segment inspecté avec du fil d'acier en acier doux enduit de zinc, et pose d'une couche de peinture primaire de résine époxyde riche en zinc ainsi qu'une couche de peinture aluminisée de résine époxyde spéciale,
(5) Démontage des plateformes de travail

L'installation et le démontage des plateformes de travail pour effectuer l'inspection par ouverture des câbles ont été assurés par l'OEBK. Le matériel / l'équipement à préparer au Japon se rapporte à l'étape (ii), (iii) et (iv). Le Tableau 2-1 indique la désignation de principal matériel / équipement à expédier du Japon, ses spécifications et quantités.

La longueur du fil d'enroulement est de 800m pour chaque câble porteur, en prévoyant une longueur supplémentaire. Le fil d'enroulement sera sectionné à l'aide de cisailles. Le poste de soudure sélectionné sera un dispositif doté d'un chargeur de batterie. La méthode Tayca weld (à poudre) est utilisée au Japon pour le raccordement des fils, pourtant il n'était pas possible d'expédier la poudre. Ainsi, le poste de soudure avec chargeur a été sélectionné. Une fois les fils d'enroulement serrés, il est prévu de boucher les ouvertures entre les fils avec un matériau de calfeutrage à l'aide d'un pistolet à calfeutrer. La peinture primaire de résine époxyde riche en zinc a été préparée pour revêtir la surface des câbles porteurs en tant que traitement anticorrosion avant de procéder à l'enroulement. En outre, la peinture aluminisée de résine époxyde spéciale sera également préparée pour deux couches à appliquer à la surface des fils d'enroulement, en tant que traitement de protection contre les rayons ultraviolets. Par ailleurs, en ce qui concerne les outils nécessaires pour des travaux de précision tels que l'élimination de la rouille, le nettoyage d'incrustations des colles, etc., le serrage des fils d'enroulement, etc., il est également prévu de les approvisionner au Japon.

Tableau 2-1 Principal matériel / équipement

N°	Désignation	Spécifications	Quantité
1	Fil d'enroulement	Fils en acier doux galvanisés enduits de zinc (φ 4mm, 4x400m, 40kg de chaque)	4
2	Outil de serrage	Shimale pour l'installation électrique (N° série D3)	1
3	Outil de serrage	Attache-fils (pour l'installation électrique)	1
4	Poste de soudure avec chargeur de batterie	1kVA (100V, 10A)	1
5	Baguette de soudure	Pour le fil en acier doux,	1

N°	Désignation	Spécifications	Quantité
		φ 2mm 500g	
6	Support de sécurité pour le poste de soudure (câble sous gaine de caoutchouc)	22sq, 10m Agrafe de connexion à la terre	2
7	Meuleuse rechargeable	14,4V 10 000 tours/min.	1
8	Transformateur pour alimentation multiple	220-100V 1 500W	1
9	Matériau de revêtement	peinture aluminisée de résine époxyde spéciale	20kg
10	Matériau de revêtement	peinture primaire de résine époxyde riche en zinc organique	20kg
11	Matériau de revêtement	Diluant époxyde	16kg
12	Pistolet à calfeutrer	Type levier standard φ50, 330L	1
13	Matériau de calfeutrage	Produit d'étanchéité en silicone, 330L	2
14	Cisaille		1
15	Cale	en acier	2
16	Cale	en bois	15
17	Jauge d'épaisseur de revêtement	Numérique Elcometer 0 à 1000μm	1
18	Thermo-hydrographe	Type numérique SK-L200	1
19	Balance	Balance électronique numérique	1
20	Lunettes de protection de soudure		1

2.2 Transport du matériel / équipement

Il est prévu d'approvisionner au Japon et d'expédier au site le matériel / l'équipement nécessaire aux travaux, tels que les outils de travail en plus du principal matériel / équipement indiqué au Tableau 2.1. Pour ce qui est du moyen d'expédition au Congo, le matériel / l'équipement pourrait être transporté par la mission d'étude en tant que bagage à main, ou expédié par bateau et/ou par courrier comme DHL et/ou par fret aérien. La possibilité et la certitude des choix du transport ont été examinées en prenant compte de l'expédition par bateau et par avion. Compte tenu du fait que la période et la durée de l'étude sont restreintes et mettant en priorité le temps impératif du dédouanement, il a été décidé d'envoyer le matériel / l'équipement par voie aérienne en ayant recours à l'expédition par fret aérien à destination de l'aéroport de Kinshasa.

En ce qui concerne la réception du matériel / de l'équipement nécessaires à l'inspection par ouverture des câbles porteurs (Documents annexes-2), des réunions ont été menées avec l'OEBK et le transitaire AMI-CONGO (Agence maritime internationales du Congo) Matadi lors de la première étude sur site, et il a été confirmé les procédures de réception sur place seraient effectuées par AMI-CONGO et que tous les frais nécessaires à la réception seraient pris en charge par l'OEBK.

Le matériel et l'équipement a été expédié depuis l'aéroport internationale de Kansai le 9 mai 2012 et est arrivé à Kinshasa le 17 mai 2012 après une escale à Luxembourg. La réception s'est achevée sans problème pour permettre d'effectuer l'inspection à temps prévu.

Chapitre 3 Etude sur site

3.1 Méthode et procédure de l'inspection par ouverture des câbles porteurs

L'inspection par ouverture des câbles porteurs a été mise en œuvre suivant la méthode et la procédure qui précisent le contenu de l'inspection, le relevé des résultats de l'inspection, l'évaluation des résultats de l'inspection et la restauration, etc.

3.1.1 Structure des câbles porteurs et procédure de l'inspection

(1) Structure anticorrosion des câbles porteurs

En ce qui concerne la structure anticorrosion, les câbles porteurs actuels du Pont Maréchal à Matadi ont été traités contre corrosion avec des torons des câbles revêtus d'une colle, sur lesquels le fil d'enroulement est embobiné, puis la peinture est appliquée. Ceci est une méthode de traitement anticorrosif le plus ordinaire utilisé aux Etats-Unis, au Royaume-Uni ainsi que les ponts construits avant 1990 tels que le réseau de ponts Honshu-Shikoku.

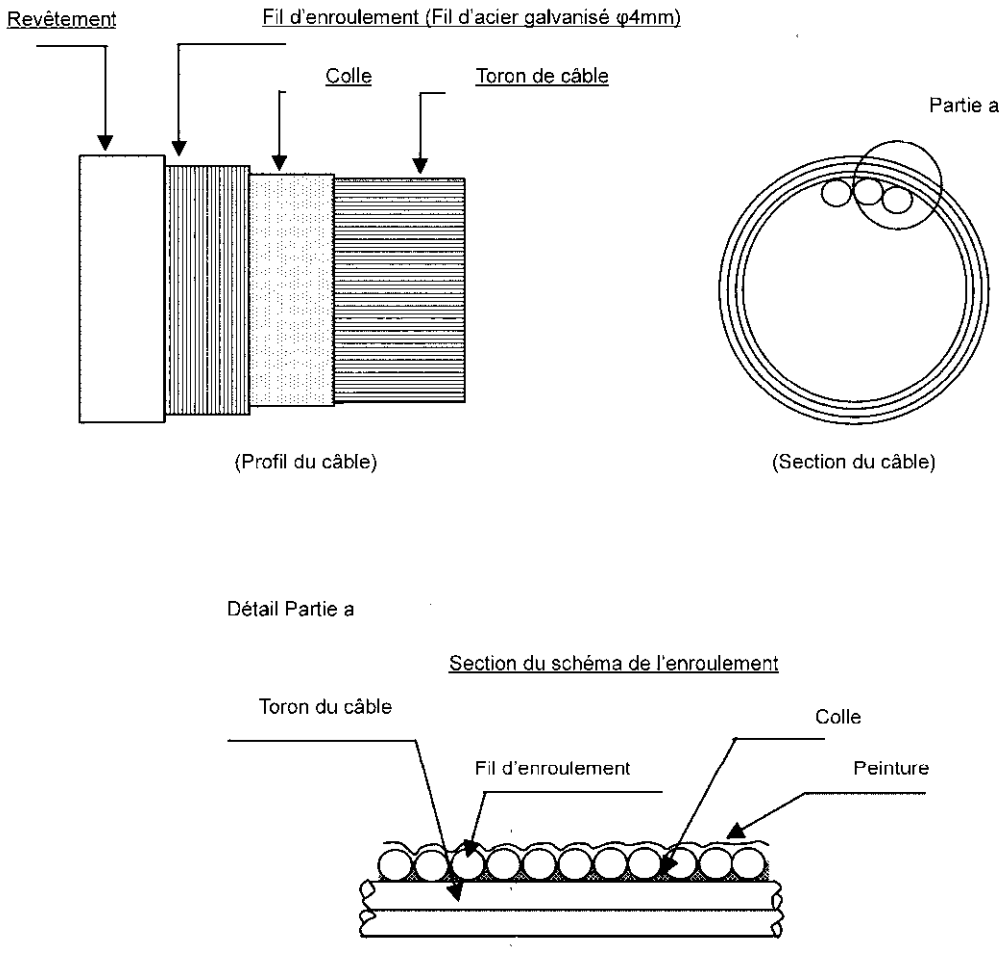


Fig 3-1 Structure anticorrosive des câbles porteurs du point Matadi

(2) Séquences de l'inspection par ouverture des câbles porteurs

Les séquences des travaux de l'inspection par ouverture des câbles sont indiquées à la Fig. 3.2.

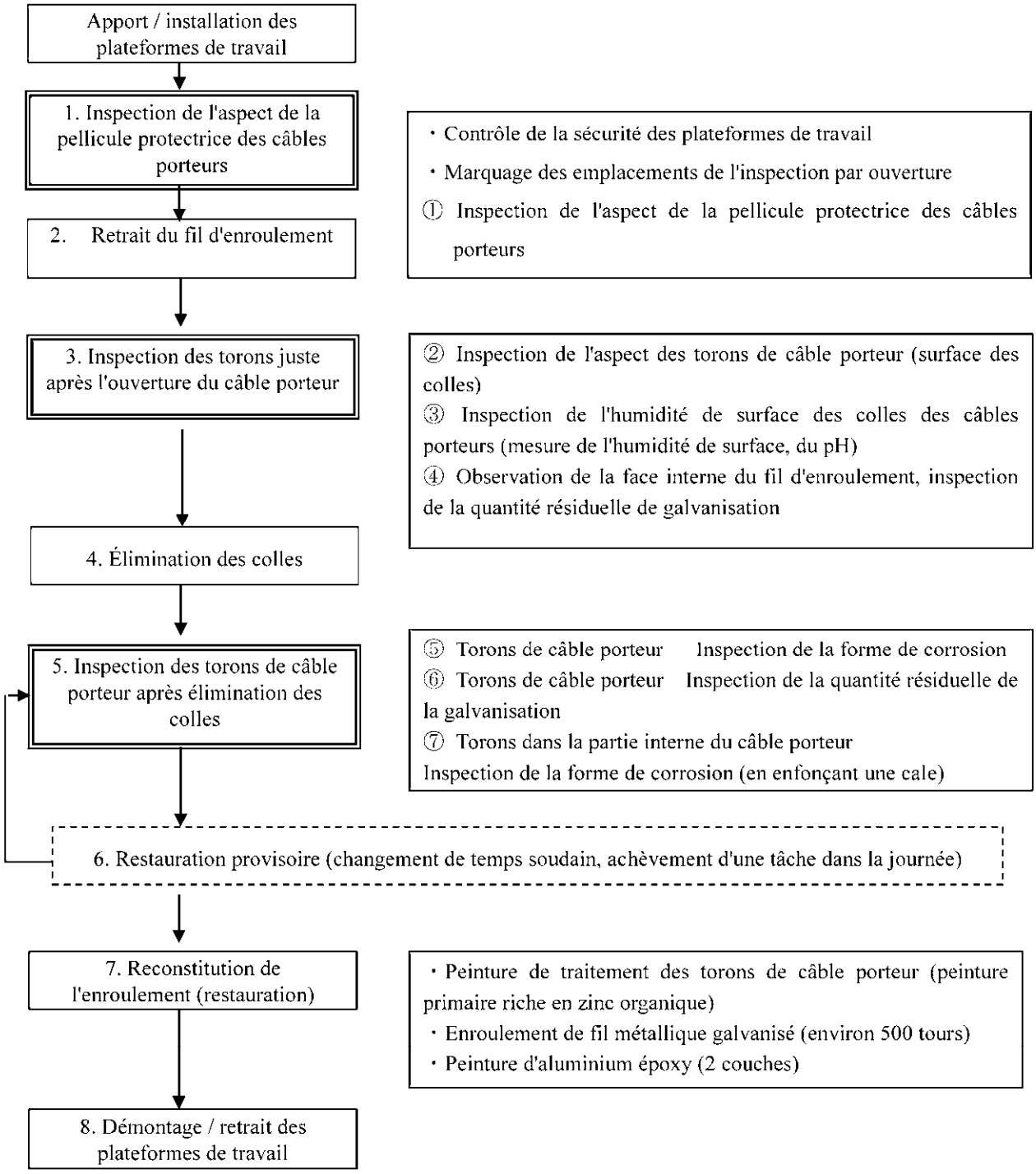


Fig 3-2 Séquences de l'inspection par ouverture des câbles porteurs

3.1.2 Inspection de l'aspect des câbles porteurs

(1) Aspect des câbles porteurs

Les câbles porteurs en amont et en aval feront l'objet d'une observation visuelle d'ensemble pour évaluer le niveau d'intégrité de la pellicule protectrice et la surface des câbles. La méthode appliquée pour cette inspection consistera en une observation visuelle, en traversant au-dessus des câbles et à l'aide de jumelles d'ensemble des câbles à partir du dessus du pont en même temps, pour évaluer la dégradation de l'état de la pellicule protectrice, à savoir la présence de fentes, d'écaillement, et de rouille, ainsi que l'état du fil d'enroulement. Lors de l'inspection en question, l'écaillement, la rouille, les fuites d'eau, les ruptures du fil d'enroulement, et autres observations seront enregistrés sur un formulaire figurant au Tableau 3.1, et les parties ayant subi des dégradations seront photographiées.

Tableau 3-1 Inspection de l'aspect des câbles porteurs

Emplacement inspecté	Fentes	Écaillement	Rouille	Fuites d'eau	Rupture du fil d'enroulement
En amont Note d'évaluation : XX points - XX points					
En aval Note d'évaluation : XX points - XX points					

(2) Situation de la formation de poches d'eau des attaches de câble

La situation des dommages concernant la formation de poches d'eau / la corrosion / le matériau d'étanchéité au niveau des attaches de câble se trouvant à proximité de la hauteur de la surface de la route et à proximité de la partie centrale de la travée centrale fera l'objet d'une inspection.

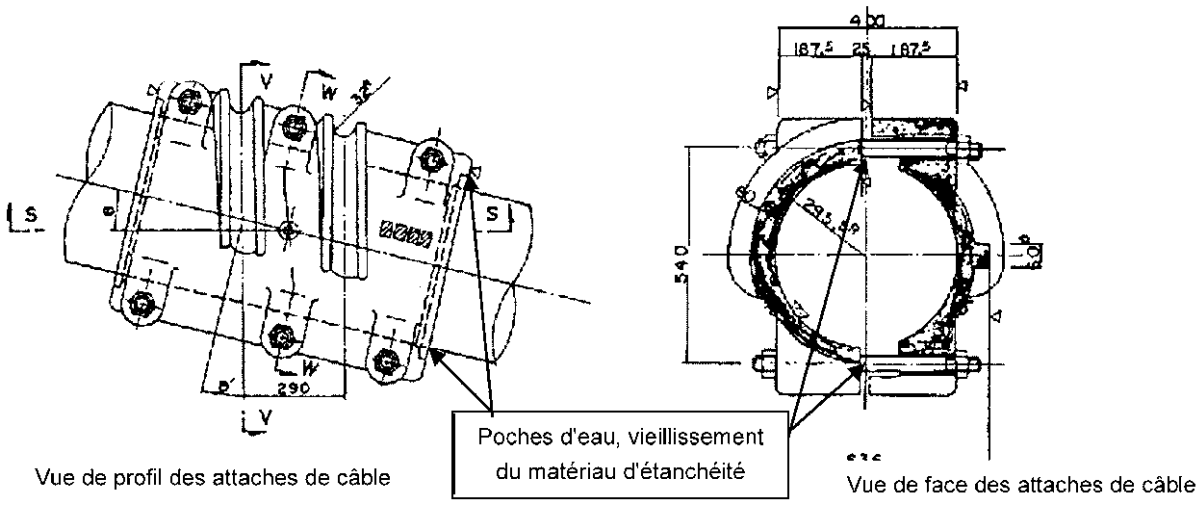


Fig 3-3 Attaches de câble

3.1.3 Inspection de l'aspect de la pellicule protectrice des câbles porteurs sur le segment cible de l'inspection par ouverture des câbles

L'aspect de la pellicule protectrice sur le segment cible de l'inspection par ouverture des câbles porteurs est inspecté sur 4 sections indiquées dans la figure ci-dessous, en matière de points figurant au Tableau 3.2.

Tableau 3-2 Inspection de l'aspect de la pellicule protectrice des câbles

Emplacement inspecté	Fil d'enroulement		Peinture				
	Relâchement	Interstice	Fentes	Boursouflures	Écaillement	Rouille	Infiltration d'eau
A							
C							
E							
G							

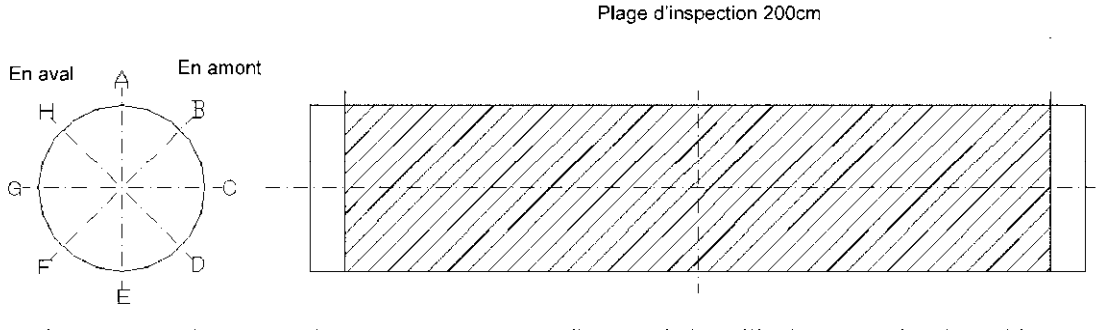


Fig 3-4 Emplacements des mesures concernant l'aspect de la pellicule protectrice des câbles

3.1.4 Retrait du fil d'enroulement

(1) Soudure par points

Avant la mise en œuvre de l'inspection par ouverture des câbles porteurs, des soudures seront effectuées entre les tours du fil d'enroulement du côté extérieur du segment cible de l'inspection, d'une largeur de 200 cm, afin d'empêcher que le fil d'enroulement du segment qui n'est pas cible de l'inspection se détache de manière anarchique lors de son retrait.

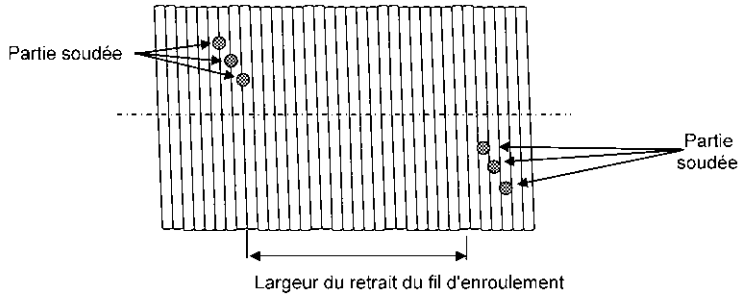


Fig 3-5 Soudure du fil d'enroulement

(2) Marquage

Un marquage sera effectué sur la face externe du fil d'enroulement avant son sectionnement de manière à pouvoir vérifier la position du fil d'enroulement après son retrait. La méthodologie du marquage est la suivante : A : 2 traits rouges C : 1 trait rouge E : 2 traits noirs G : 1 trait noir

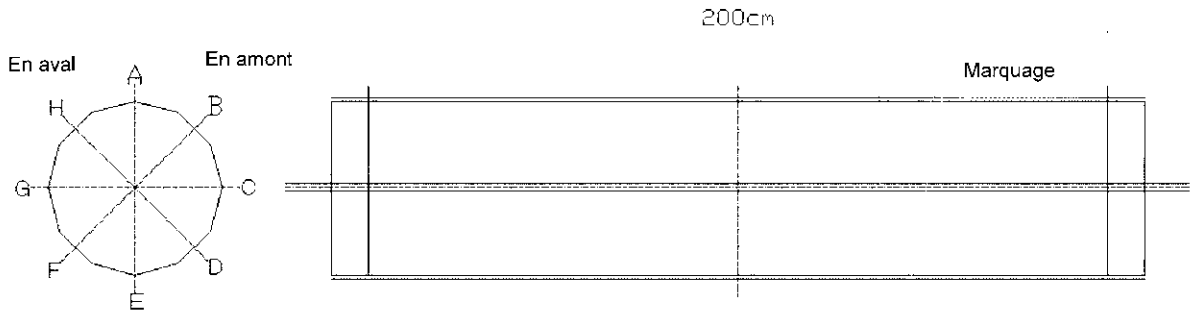


Fig 3-6 Méthodologie du marquage

(3) Retrait du fil d'enroulement

Une fois le soudage terminé, le retrait du fil d'enroulement se fait en le sectionnant à l'aide d'un burin en veillant à ne pas endommager les torons. Puis, le fil d'enroulement est sectionné à l'aide d'une cisaille sur le sommet à chaque tour de fil. En ce qui concerne le fil d'enroulement enlevé, un numéro est attribué par ordre de sectionnement afin de vérifier l'emplacement.

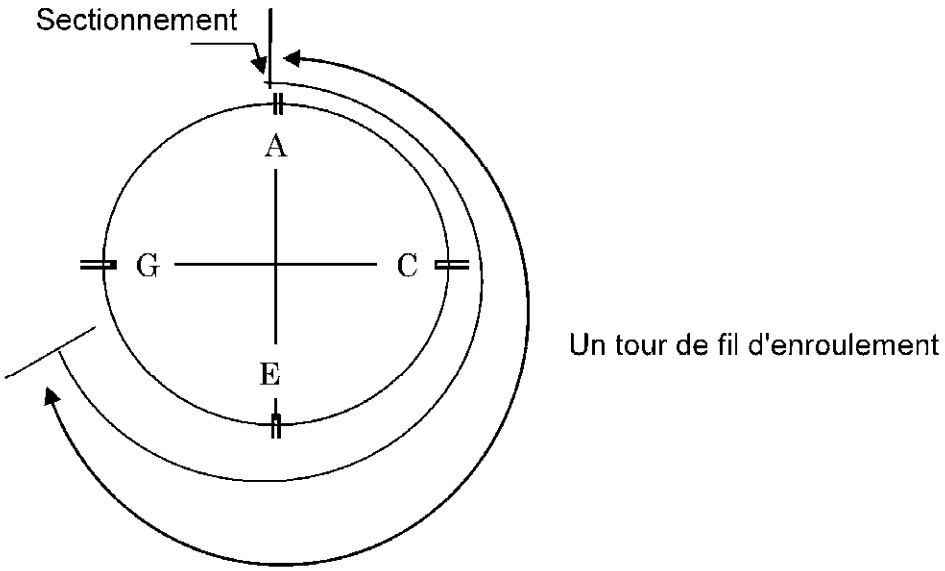


Fig 3-7 Retrait du fil d'enroulement

3.1.5 Inspection des torons juste après l'ouverture du câble

(1) Inspection de l'aspect des torons (surface des colles)

Juste après avoir retiré le fil d'enroulement, toute la circonférence sera observée sur ses 8 sections pour vérifier l'état des colles sur les torons. L'état de la surface des colles fera l'objet d'une observation, et la note d'évaluation comparative, par rapport aux photos servant de référence sera inscrite, et une photo sera prise pour témoigner de l'état de la surface des colles en question. Les critères d'évaluation sont du tableau 3.9 les "photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des colles (Inspection minutieuse des câbles du Grand Pont de Seto : Honshu-Shikoku Bridge Authority, septembre 1992)".

Tableau 3-3 Résultat de l'étude (note d'évaluation)

Emplacement inspecté	Note d'évaluation							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Câble en amont								
Câble en aval								

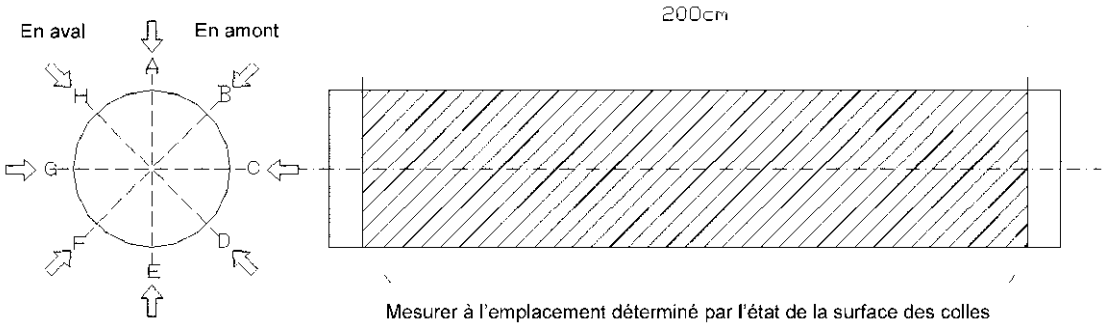


Fig 3-8 Emplacement de la surface des colles inspecté

(2) Inspection de l'humidité de surface de ˙les des câbles (mesure de l'humidité de surface, du pH)

Une fois le fil d'enroulement retiré, l'humidité de surface des colles sera mesurée à l'aide d'un humidimètre. La valeur du pH des colles sera également mesurée, ce qui servira à juger du niveau de leur vieillissement.

Tableau 3-4 Résultats de l'inspection de l'humidité de surface

Emplacement inspecté	Humidité de surface (%)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Câble en amont								
Câble en aval								

Tableau 3-5 Résultat de l'inspection du pH

Emplacement inspecté	pH (Partie superficielle)	Remarques
Câble en amont		
Câble en aval		

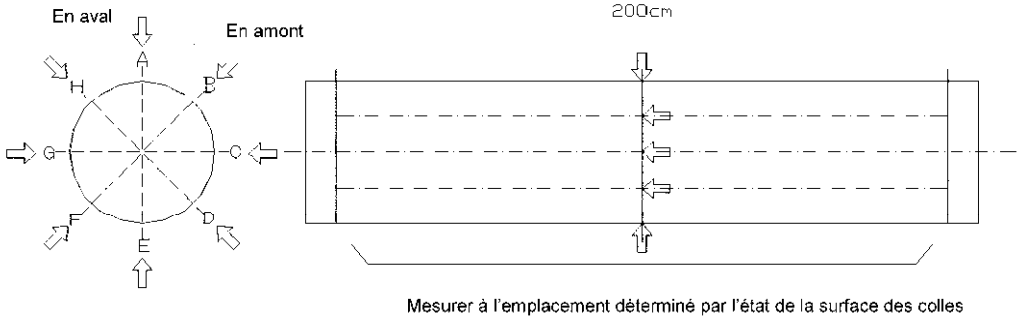


Fig 3-9 Emplacement d'inspection de l'humidité de surface des colles des câbles et du pH

(3) Inspection de la quantité résiduelle de galvanisation de la face interne du fil d'enroulement

La situation de la corrosion de la face interne du fil d'enroulement sera observée et inscrite, et, après l'élimination des colles sur la face interne du fil d'enroulement, l'inspection de la quantité résiduelle de la galvanisation des 8 sections de A à H sera réalisée et les résultats seront enregistrés.

Tableau 3-6 Résultats des mesures de la quantité résiduelle de galvanisation du fil d'enroulement

Emplacement inspecté	Quantité résiduelle de galvanisation (μ m)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Câble en amont								
Câble en aval								

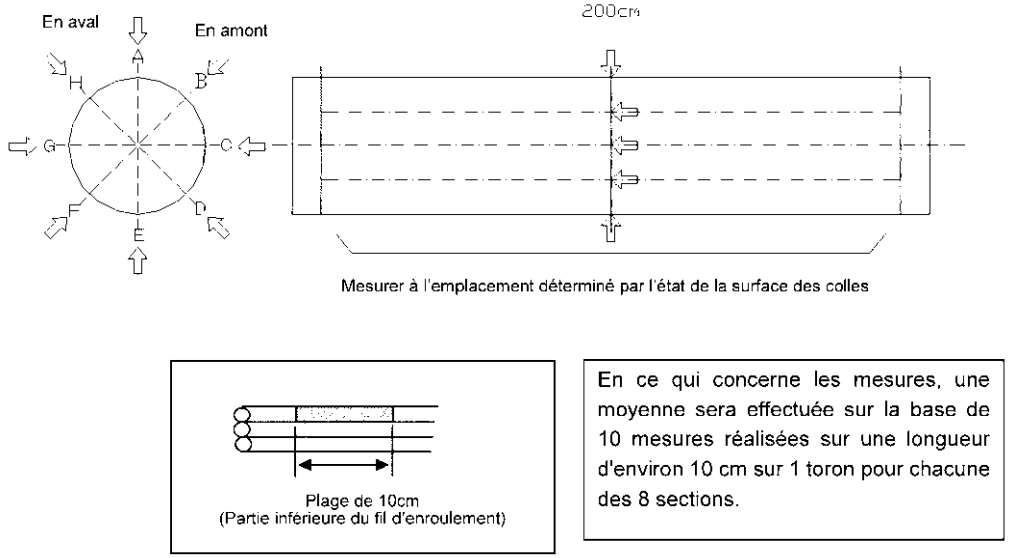


Fig 3-10 Emplacement des mesures de l'épaisseur de galvanisation du fil d'enroulement

3.1.6 Inspection des torons après l'élimination des colles

(1) Inspection de la forme de corrosion des torons de la couche externe

En ce qui concerne la forme de corrosion de la surface des torons de la couche externe, les colles feront l'objet d'une observation au niveau des 8 sections de A à H sur une dizaine de torons après l'élimination des colles. Un marquage sera effectué sur les emplacements inspectés, et des photos seront prises pour référence. Les critères de jugement du degré de vieillissement de la surface des torons de la couche externe (Tableau 3.10) sont les photos servant de référence d'évaluation du vieillissement (Inspection minutieuse des câbles du Grand Pont de Seto : Honshu-Shikoku Bridge Authority, septembre 1992).

Tableau 3-7 Résultats de l'inspection (note d'évaluation)

Emplacement inspecté	Inspection de la forme de corrosion							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Câble en amont								
Câble en aval								

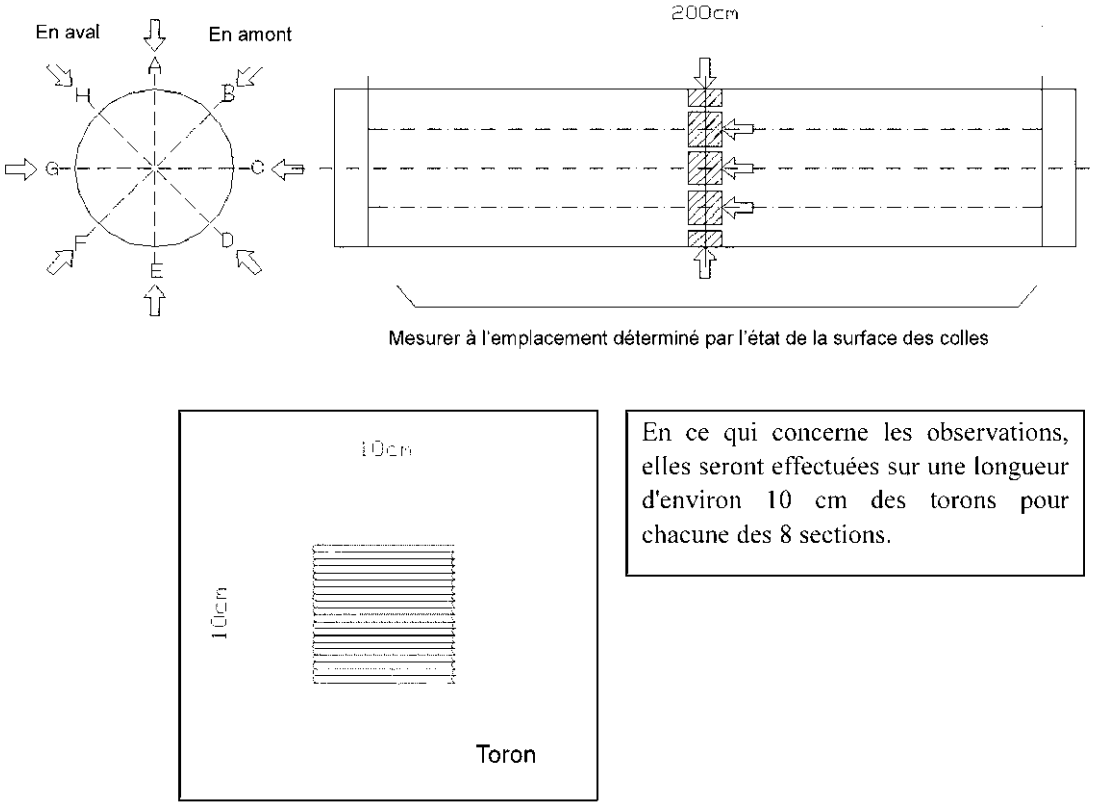


Fig 3-11 Plage de l'inspection des torons de surface de câble de la couche externe

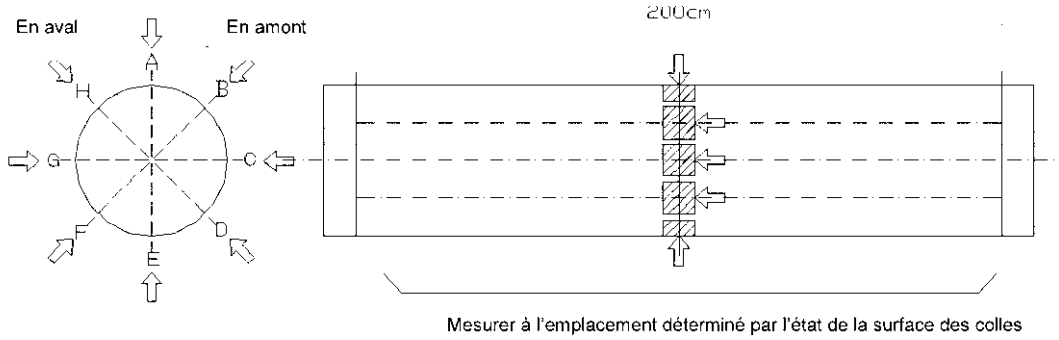
(2) Inspection de la quantité résiduelle de la galvanisation des torons de câble

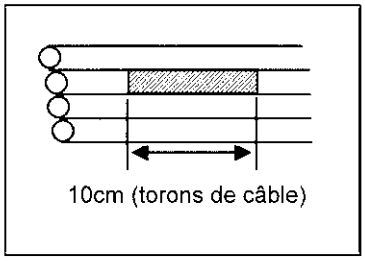
En ce qui concerne les 8 sections de A à H de l'inspection de la surface des torons de câble de la couche externe dans le paragraphe précédent, la quantité résiduelle de galvanisation fera l'objet de 10 mesures / emplacements pour établir une moyenne qui sera relevée et inscrite.

Tableau 3-8 Résultats des mesures de la quantité résiduelle de galvanisation des torons de câble

Emplacement inspecté	Quantité résiduelle de galvanisation (μ m)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Câble en amont								
Câble en aval								

(Remarque : la quantité de galvanisation initiale lors de la fabrication est de 346,9g/m2 (n=7.11) et l'épaisseur de galvanisation est de 48,6μm.)





En ce qui concerne les mesures, 10 mesures seront effectuées sur une longueur d'environ 10 cm sur 1 toron pour chacune des 8 sections.

Fig 3-12 Inspection de la quantité résiduelle de galvanisation

(3) Inspection de la forme de corrosion de la couche interne des câbles

Une cale sera enfoncée sur les 8 sections de A à H des câbles de la partie cible de l'inspection, et l'état de corrosion de la partie interne fera l'objet d'une observation visuelle, et des photos seront prises pour référence. La méthode appliquée pour cette inspection consiste à enfoncer dans l'ordre à partir de l'emplacement A une cale à une profondeur permettant d'observer une dizaine de torons de la partie interne, pour évaluer l'état des torons tel que le degré de rouille rouge, de rouge blanche, ainsi que les poches d'eau. L'état des torons de la couche interne fera l'objet d'une évaluation par comparaison avec les photos servant de référence d'évaluation du vieillissement (Inspection minutieuse des câbles du Grand Pont de Seto : Honshu-Shikoku Bridge Authority, septembre 1992) (Tableau 3.11).

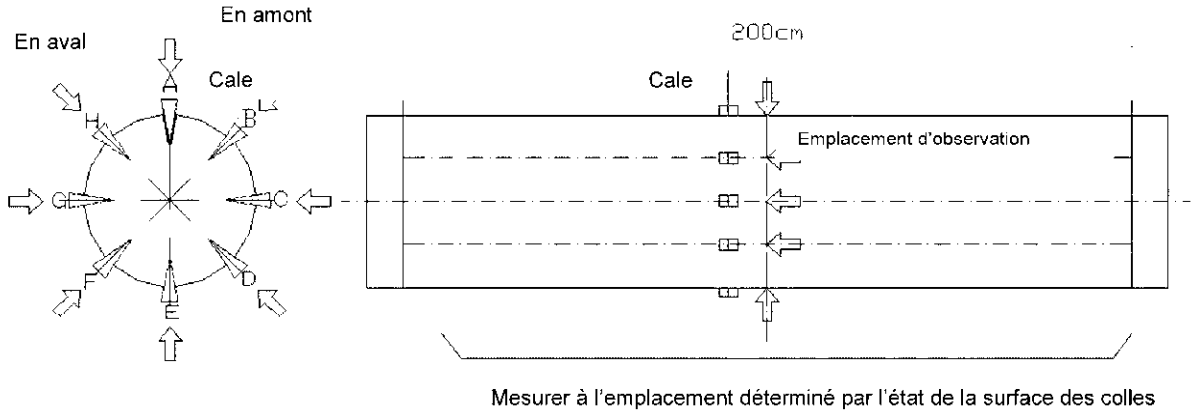


Fig 3-13 Observation des torons de câble de la couche interne

3.1.7 Restauration provisoire

Une fois l'inspection de la journée de travail achevée, toute la circonférence des câbles de la partie de l'inspection par ouverture sera enveloppée dans une bâche et recouverte d'un ruban.

3.1.8 Reconstitution de l'enroulement (restauration)

L'enroulement des emplacements de l'inspection par ouverture des câbles sera reconstitué (restauration) conformément aux procédures suivantes.

(1) Les colles appliquées sur les torons de câbles du tronçon cible de l'inspection par ouverture des câbles (environ 2m) seront éliminées.
(2) Une couche de 30µm de peinture primaire riche en zinc (JIS K555 2 variétés)

sera appliquée après avoir nettoyé les torons de câble (suppression des graisses).

(3) Le fil d'enroulement (φ4mm) sera enroulé à la main autour du câble (reconstitution de l'enroulement).

(4) Le fil utilisé pour la reconstitution de l'enroulement sera fixé par une soudure effectuée à des intervalles d'environ 10cm

(5) La surface du fil d'enroulement utilisé pour la reconstitution de l'enroulement sera nettoyée (suppression des graisses).

(6) 2 couches de 50μm de peinture aluminium de résine époxy spéciale (JIS k5551) seront appliquées.

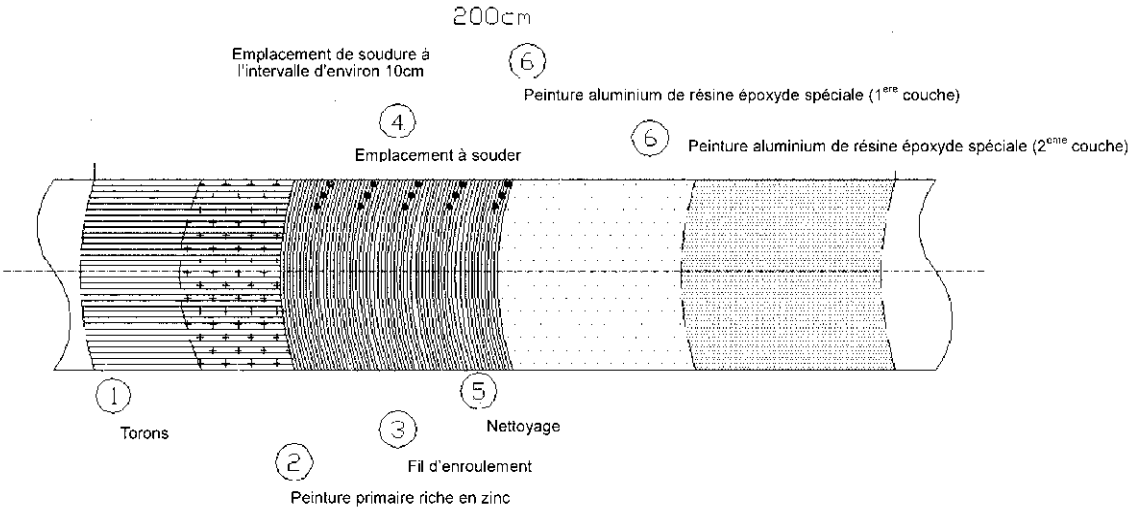


Fig 3-14 Aperçu de la reconstitution de l'enroulement (restauration)

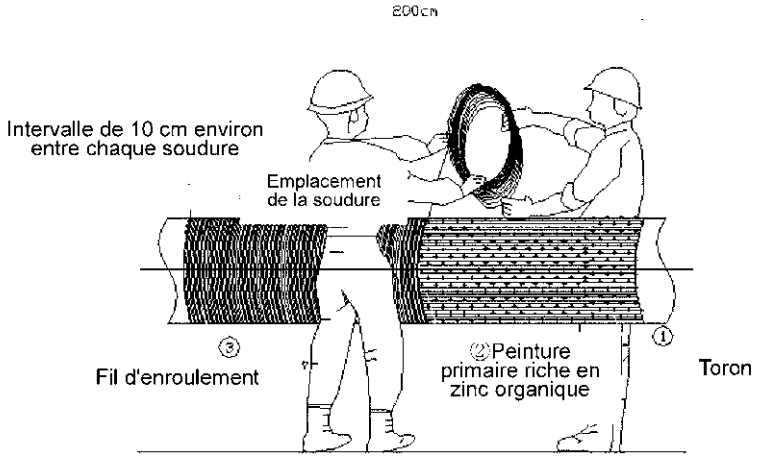


Fig 3-15 Essentiel de la reconstitution de l'enroulement

Tableau 3-9 Photo s servant de référence d'évaluation du vieillissement des colles

Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des colles

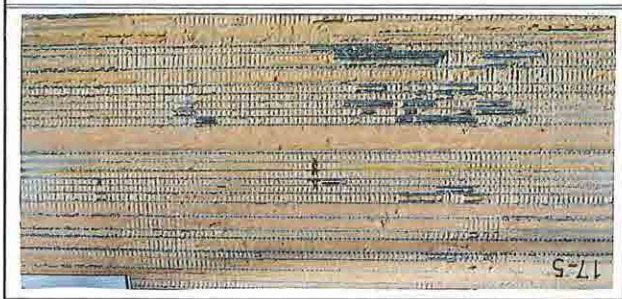
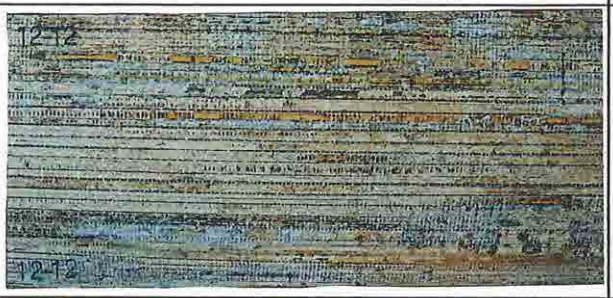
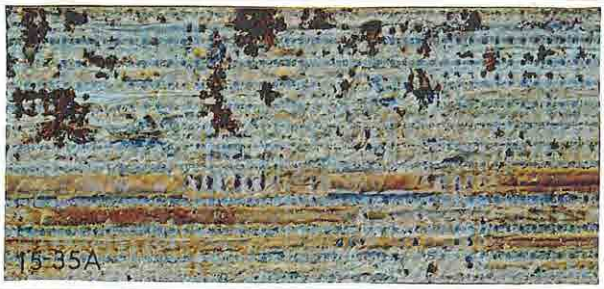
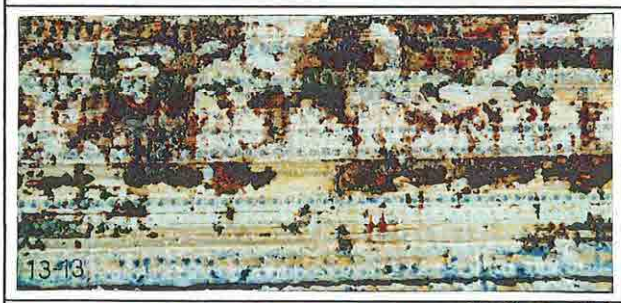
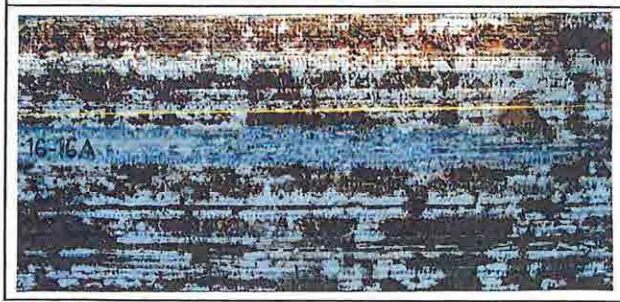
Photo servant de référence d'évaluation	Critère d'évaluation	Note
	Bon état Aucune détérioration	5
	Rouille blanche Développée Les composés du zinc étaient observés.	4
	Rouille blanche plus Rouille rouge en partie Un peu de rouille était observée.	3
	Rouille rouge un peu beaucoup développée Beaucoup de rouille étaient observées.	2
	Rouille rouge considérablement développée La plupart des zones étaient couvertes par la rouille extrême.	1

Tableau 3-10 Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des torons de câble

Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des torons de câble

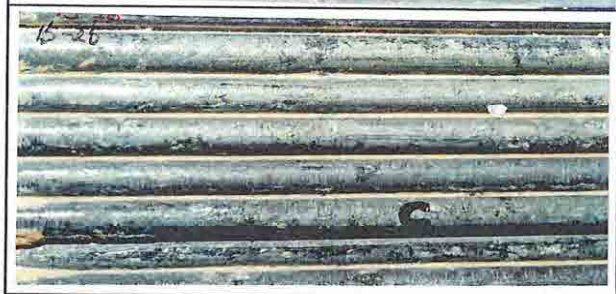
Photo servant de référence d'évaluation	Critère d'évaluation	Note
	Bon état Aucune détérioration	5
	Un peu de rouille blanche développée Les composés du zinc étaient un peu observés.	4
	Légère dégradation de galvanisation La détérioration du zinc était un peu observée.	3
	Dégradation de galvanisation La détérioration du zinc était observée.	2
	Forte dégradation de galvanisation La détérioration de la rouille du zinc était observée.	1

Tableau 3-11 Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des torons de couche intérieure des câbles

Photos servant de référence d'évaluation du vieillissement des torons de couche intérieure des câbles

Photo servant de référence d'évaluation	Critère d'évaluation	Note
	Bon état Aucune détérioration	5
	Rouille blanche Développée Les composés du zinc étaient observés.	4
	Rouille blanche beaucoup développée Les composés du zinc étaient beaucoup observés.	3
	Points de rouille sur la rouille blanche Les points de rouille étaient un peu observés.	2
		1

3.2 Inspection par ouverture des câbles porteurs

Le calendrier de l'ensemble de la deuxième étude sur site figure à la page suivante (Tableau 3.12). Une modification a été apportée entre le calendrier initial et le calendrier réellement appliqué du fait que l'enroulement des câbles en amont aurait dû être restauré tout de suite après l'inspection par ouverture, mais qu'en réalité ces câbles ont été laissés ouverts pendant l'inspection des câbles en aval par ouverture et n'ont été restitués qu'après la restitution des câbles en aval. Une telle mesure a été prise pour permettre de présenter aux participants au séminaire l'état de la rouille observée sur les câbles en amont qui s'est développée un peu plus par rapport à celle sur les câbles en aval.

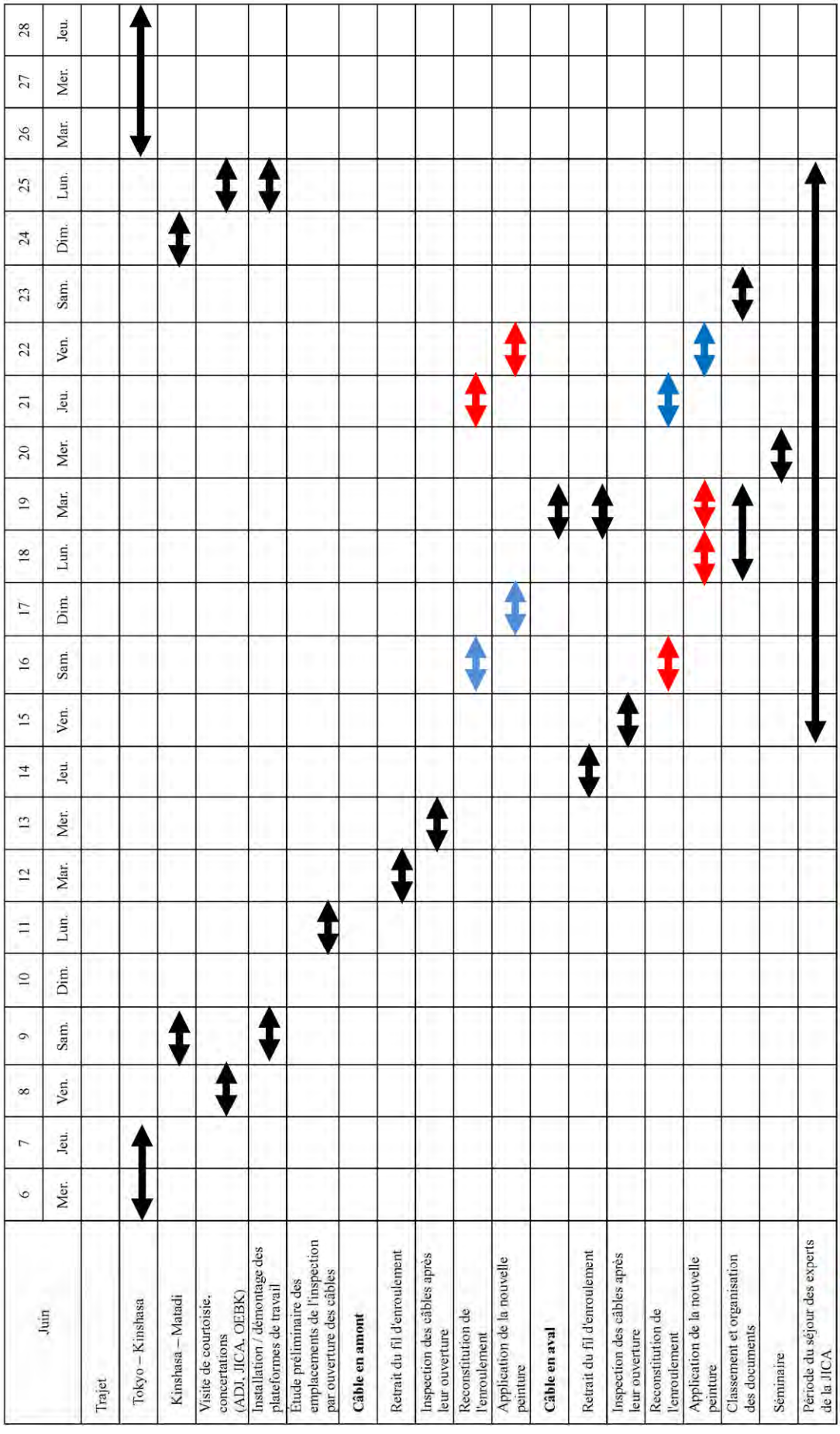
(1) Dimanche 10 juin 2012

L'inspection du Pont Maréchal à Matadi a été réalisée et les plateformes de travail installées par l'OEBK ont fait l'objet d'un examen. Les résultats de cet examen ont signalé une éventuelle chute d'un petit outillage entre les planches d'échafaudage pendant l'inspection par ouverture des câbles porteurs. De ce fait, il a été demandé à l'OEBK d'installer des filets pour éviter une telle chute, puis les mesures ont été prises immédiatement par l'OEBK avant le démarrage des travaux.

Photo 3-1 Initialement, comme les planches de l'échafaudage avaient été installées avec un jeu, il y avait une possibilité de chute d'objets.

Photo 3-2 Plateformes après la correction
Les filets ont été mis au-dessous des planches, et les bois équarris ont été mis pour boucher les espaces.

Tableau 3-12 Calendrier de la deuxième étude sur le terrain (Inspection par ouverture des câbles)



(2) Lundi 11 juin 2012 à 10 heures

La méthodologie de l'inspection par ouverture des câbles porteurs, son processus ainsi que le calendrier de l'ensemble de l'étude ont été présentés par Monsieur Tatsumi au personnel de l'OEBK dans la salle de conférence de l'OEBK.

Photo 3-3 Mission expliquant la méthodologie pour l'inspection par ouverture des câbles porteurs

Un humidimètre a été installé sur les massifs d'ancrage. Après cela, l'examen visuel a été effectué pour les câbles en amont et les câbles en aval, respectivement par Monsieur Hosokawa et Monsieur Yamamoto, qui ont parcouru à pieds le dessus des câbles. Il a été constaté que les câbles étaient en bon état dans leur ensemble grâce à la peinture refaite il y a près de 10 ans. Toutefois, des fentes ont été observées sur une partie des surfaces de câble. En outre, le stock des bouchons originaux des boulons des attaches de câble ayant été épuisé, les boulons étaient couverts en mettant des bols dessus et/ou en entourant d'étoffe, à cause de la perte du bouchon. Il sera nécessaire d'en assurer l'herméticité en remplaçant par de nouveaux bouchons des boulons au cas où un système d'insufflation d'air sec serait installé.

Photo 3-4 Inspection visuelle de l'ensemble des câbles (1)

Photo 3-5 Inspection visuelle de l'ensemble des câbles (2)

Par la suite, les plateformes du milieu de la travée centrale ont été vérifiées pour effectuer l'inspection par ouverture à partir des câbles en amont. Les plateformes étaient couvertes par les bâches bleues pour

être protégées du soleil, mais ces bâches bleues auraient pu influencer la couleur des photos servant à inspecter l'état des câbles seront remplacées par les bâches blanches amenées par la mission.

L'inspection par ouverture des câbles porteurs en amont est expliquée ci-après, suivant le processus de l'inspection.

(3) Mardi 12 juin 2012

L'inspection par ouverture des câbles a commencé à partir des câbles porteurs en amont. A l'issue des observations des surfaces, quelques fentes sur les peintures ont été confirmées. Par la suite, le test d'adhésion des matériaux de revêtement a été effectué et a confirmé une très bonne adhésivité. Ceci montre que la peinture refaite s'adhère bien sur les câbles du fait qu'au moment du renouvellement de la peinture, l'élimination des rouilles et pellicules protectrices des câbles ont été effectuées de manière minutieuse. Toutefois, selon les documents fournis par l'OEBK, la peinture utilisée pour renouveler le revêtement des câbles n'était pas de type flexible. Il est estimé qu'à cause de cela, des fentes sont provoquées sur la surface de la peinture. La peinture polyuréthane de type flexible ou la peinture de résine fluorée a été utilisé pour le cas du réseau de ponts Honshu-Shikoku, ceci permet d'avoir une structure qui échappe à des fuites d'air. Il sera nécessaire de repeindre les câbles à l'aide de la peinture de type flexible lors de l'installation du système d'insufflation d'air sec au Pont Maréchal à Matadi. Les câbles porteurs du pont ont été repeints par l'OEBK sur la période de l'octobre 2003 au juillet 2004. Pour repeindre les câbles avec la peinture de type flexible, il sera nécessaire d'éliminer toute la peinture existante, ce qui demandera des travaux de grande taille. Dix (10) ans étant passés après le renouvellement de la peinture, le renouvellement de la peinture en question pourrait être considérée comme les travaux du prochain renouvellement, par conséquent le dernier renouvellement n'aurait pas été inutile. Etant donné qu'il n'est pas nécessaire de repeindre les attaches de câble, la surface à peindre ne concerne que les câbles porteurs, soit environ 1 000m2 (Voir les documents annexes).

Test d'adhésion de matériau de revêtement

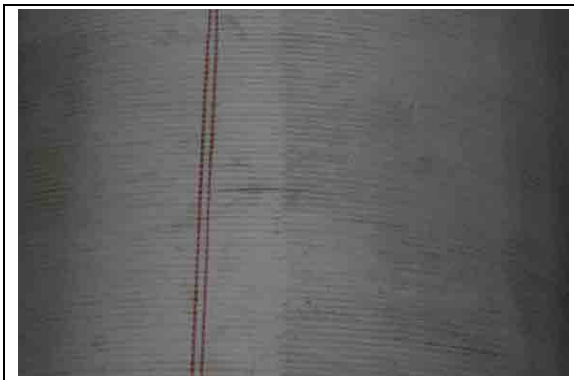


Photo 3-6 Ecaillement de la peinture (Câble porteur en aval)

Photo 3-7 Surface tailladée avec couteau (Câble porteur en aval)

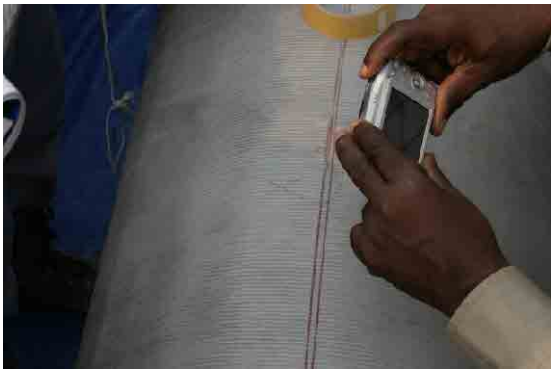


Photo 3-8 Câble tailladé en croix (Câble porteur en aval)

Photo 3-9 Pose d'un ruban adhesive (Câble porteur en aval)

Photo 3-10 Retrait du ruban adhesive (Câble porteur en aval)

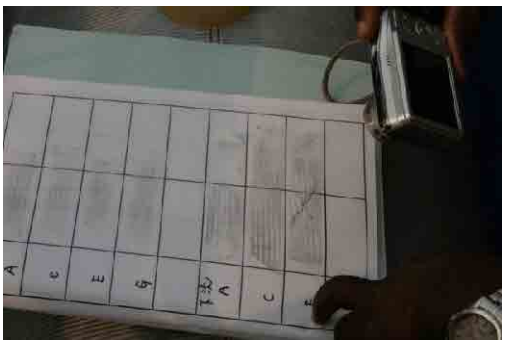


Photo 3-11 Archivage des rubans retirés (Câble porteur en aval)

Photo 3-12 Test d'adhésion de matériau de revêtement

La surface peinte est tailladée et un ruban y est collé, puis enlevé par force pour vérifier si la peinture se colle au ruban.
L'adhésion de la peinture sur ruban n'est presque pas observée.

Ensuite, les travaux de l'enlèvement des fils d'enroulement ont été effectués. Tout d'abord, le marquage a été fait sur les câbles pour permettre d'identifier plus tard l'emplacement initial des fils d'enroulement qui auront été retraits, puis les travaux de l'enlèvement ont commencé. Les fils d'enroulement ont été sectionnés par burin et enlevés par tour unifiant deux fils. Le point soudé pour prévenir le relâchement des fils d'enroulement, provoqué de façon inattendue pendant les travaux était considéré comme point de départ de retrait des fils d'enroulement. Etant donné qu'il n'existait pas de point soudé pendant les

travaux, à l'emplacement favorable à la dernière extrémité des travaux de retrait des fils, à cet effet la dernière section a été soudée par points afin de prévenir le relâchement des fils d'enroulement de la section non cible du retrait des fils. Le retrait des fils a été réalisé sur un intervalle d'environ 1,8m.

Photo 3-13 Sectionnement du fil d'enroulement par burin

Photo 3-14 Fixation du bout extrême par soudure par points

Photo 3-15 Sectionnement et retrait du fil d'enroulement

Photo 3-16 Mesure de l'humidité des colles

Photo 3-17 Mesure du pH des colles

Photo 3-18 Fils d'enroulement retirés

Photo 3-19 Emplacement des observations et fils d'enroulement correspondants, état de la surface interne des fils d'enroulement, Voir la figure ci-dessous pour les sigles ABC, etc.

Photo 3-20 Etat des fils d'enroulement et des colles à l'emplacement A

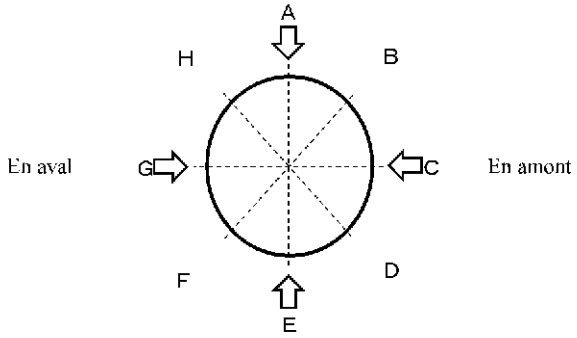


Fig 3-16 Désignation de chacun emplacement des câbles porteurs

L'emplacement des câbles porteurs ABC en amont et en aval est le même.

Photo 3-21 Etat des colles de la partie supérieure du câble porteur

Photo 3-22 Etat des colles de la partie inférieure du câble porteur
rouille rouge découverte et observée à la même position, après l'élimination des colles. L'état des colles semble correspondant à peu près à celui des torons des câbles.

Photo 3-23 Etat des colles en aval (côté de la route)

Photo 3-24 Etat des colles en amont

Photo 3-25 Etat de l'emplacement G après l'élimination des colles. Pour plus de détail, voir le rapport en annexe.

Photo 3-26 Mesure de l'épaisseur de la galvanisation. Pour plus de détail, voir le rapport en annexe.

L'épaisseur de la galvanisation était dans la plupart des cas d'environ 100µm. L'épaisseur de la galvanisation des torons étant prescrite à 48,6µm lors de sa fabrication, les produits ayant la valeur supérieure à celle prescrite passent le contrôle du produit. Cependant, l'épaisseur d'environ 100µm étant assurée par des fabricants qui de manière générale prévoient une marge de sécurité, les valeurs observées cette fois-ci ont pour la plupart dépassé la valeur de 48,6µm.

Photo 3-27 Elimination des colles Les colles ont été éliminées à l'aide des tournevis, etc., cela demandait un travail dur.

Photo 3-28 Câbles couverts de bâches après les travaux pour la protection contre l'eau des pluies. Au matin du 13, une formation de la rosée n'est pas observée à l'intérieur. Au Japon, la condensation de rosée est souvent observée.

Les câbles porteurs ont été couverts de bâches à la fin des travaux du 12. Le lendemain matin, la condensation de rosée n'est pas observée à l'intérieur de bâches. Lorsque de travaux similaires sont mis en œuvre au Japon, il est souvent observé d'avoir, le lendemain matin, la condensation sur des surfaces latérales des câbles, ce qui a révélé une des différences des circonstances entre le Japon et le Congo. Ce phénomène semble lié au fait qu'il y a peu de différence entre la température maximale et celle minimale de la journée.

(4) Mercredi 13 juin 2012

Bien que presque toutes les colles aient été éliminées la veille, le reste des colles a été éliminée et les poussières ont été enlevées à l'aide du souffleur appartenant à l'OEBK. Cette méthode était efficace. Ensuite, l'état des surfaces éliminées des colles a été examiné. Il s'est avéré que la surface du côté supérieur est en état d'intégrité, le développement de la rouille rouge (rouille de fer) n'y étant pas observée malgré la rouille blanche observée. Par contre, la surface latérale est atteinte par la rouille rouge et en état un peu dégradé.

Photo 3-29 Souffleur appartenant à l'OEBK

Photo 3-30 Elimination des petites poussières des colles à l'aide du souffleur

Photo 3-31 Etat de la surface supérieure du câble après l'élimination des colles

Photo 3-32 Surface inférieure du câble

Photo 3-33 Etat de la surface latérale du câble en aval

Photo 3-34 Etat de la surface latérale du câble en amont, pour plus de détail, voir le rapport en annexe.

La surface inférieure était atteinte par la rouille rouge, pourtant elle n'était pas aussi grave que la surface latérale. Il semblait que la tendance de la rouille observée était comme celle observée lors de l'inspection par ouverture effectuée par la société Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, mais que la rouille de la surface au Pont Maréchal à Matadi est moins observée et son état était meilleur par rapport aux pont Innoshima et Grand pont de Seto (Kita-Bisan).

Par la suite, l'état de la rouille de la partie interne des câbles est examiné en enfonçant les cales. Pour ces travaux, les cales en acier amenés par la mission ont été enfoncées à l'aide des marteaux de la mission. Lorsque la force d'enfoncement était insuffisante, la mission a eu recours au grand marteau appartenant à l'OEBK. Au début, les cales en plastiques ont été utilisées pour servir d'un élément d'espacement pour des espaces ouverts par les marteaux. Pour remplacer les cales en plastiques qui manquaient de solidité, les cales en bois ont été fabriquées par l'OEBK et utilisées.

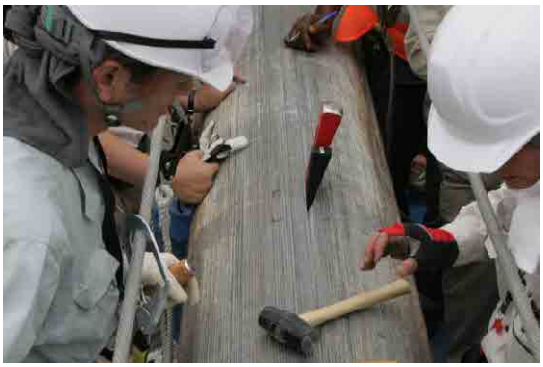


Photo 3-35 Enfoncement des cales par marteau à l'intérieur des câbles porteurs

Photo 3-36 Travaux de l'enfoncement des cales par le grand marteau appartenant à l'OEBK

Photo 3-37 Cales en bois fabriquées en toute urgence par l'OEBK, elles étaient utilisées pour le reste des travaux.

Photo 3-38 Enfoncement presque terminé des cales par 8 sections

Photo 3-39 Etat de la partie interne de la surface supérieure du câble porteur
Bon état avec uniquement de la rouille blanche
Toutefois, la rouille blanche a progressée jusqu'au fond de la partie interne.

Photo 3-40 Partie interne de la surface latérale du câble en amont
La rouille rouge bien développée, observée également jusqu'au fond de la partie interne.

Photo 3-41 Partie interne de la surface inférieure du câble porteur
Moins de rouille rouge par rapport à la surface latérale, mais atteinte jusqu'au fond

Photo 3-42 Partie interne à un emplacement de la surface latérale en aval
La rouille rouge développée jusqu'à la partie interne (emplacement G)

Photo 3-43 Examen terminé de la partie interne, câbles couverts de bâches avant de quitter le pont pour la protection

(5) Jeudi 20 juin 2012

Après la fin du séminaire, la méthode et le processus de l'inspection, l'état de la rouille des câbles, la comparaison avec les cas d'autres câbles y compris les câbles au Japon, etc. ont été présentés sur place aux participants du séminaire sur le site de l'inspection par ouverture des câbles porteurs en amont,

La présentation des sujets susmentionnés et l'état de la restauration telle que la reconstitution de l'enroulement, le recouvrement de la peinture sont montrés dans les photos ci-dessous :

<table>
<tr>
<td>
Photo 3-44 Explication sur place aux participants au séminaire</td>
<td>
Photo 3-45 Enlèvement des cales</td>
</tr>
<tr>
<td>
Photo 3-46 Après l’inspection par ouverture des câbles porteurs, la rouille a été éliminée à l’aide des brosses métalliques et brosses métalliques motorisées pour permettre d’appliquer la peinture primaire riche en zinc avant la restauration. (Cette photo présente l’état des travaux du câble porteur en aval).</td>
<td>
Photo 3-47 La poussière des colles d’enroulement de l’intérieur du câble a été enlevée à l’aide du grand marteau qui était utilisé, il y a 30 ans, pour mettre en forme des câbles lors de la construction du pont.</td>
</tr>
<tr>
<td>
Photo 3-48 Revêtement de la peinture primaire riche en zinc organique</td>
<td>Les câbles ont été laissés en cet état pendant une nuit. Au matin du 21, les travaux d’enroulement ont commencé.</td>
</tr>
</table>

Photo 3-49 Fixation par soudure du fil existant et du fil à enrouler (Cette photo présente l'état des travaux du câble porteur en aval)

Photo 3-50 Fils enroulés à la main sur le câble porteur

Photo 3-51 Environ 25 cm de longueur de fil peuvent être enroulé en une fois grâce à la facilité des travaux d'enroulement à la main Fixation par soudure de l'extrémité

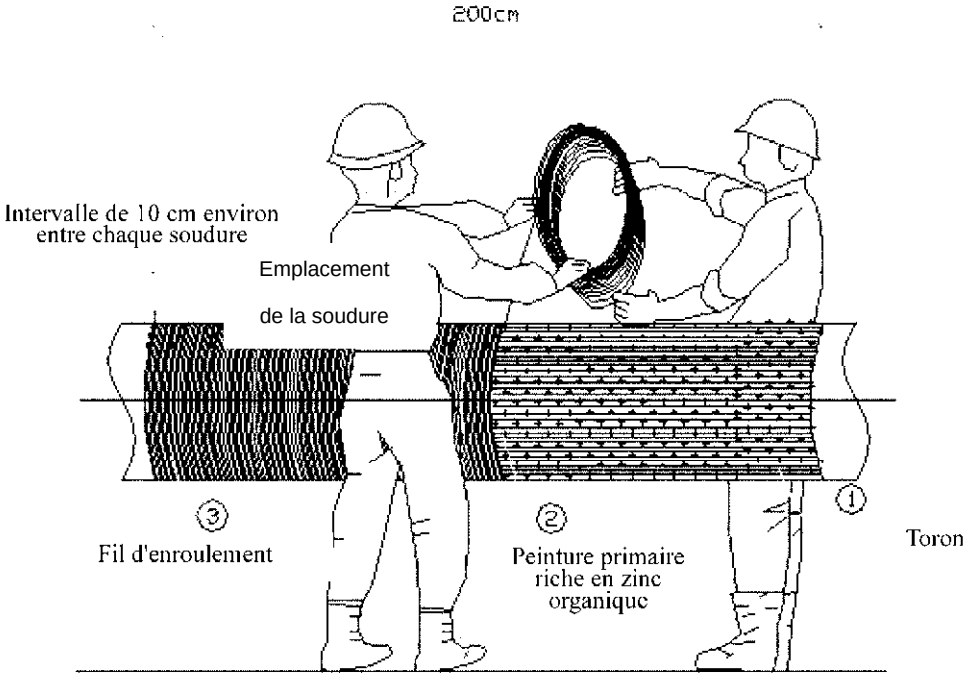
Photo 3-52 Fixation par soudure de l'extrémité du fil d'enroulement Connexion avec le fil d'enroulement existant également assurée par soudure

Photo 3-53 Bourrer l'interstice avec matériau de calfeutrage (Cette photo présente l'état des travaux du câble porteur en aval)

Photo 3-54 Traitement pour la surface (grattage par papier de verre) La photo présente la partie soudée du fil d'enroulement.

Photo 3-55 Première couche de la peinture aluminisée appliquée le 21 juin 2012

Photo 3-56 Deuxième couche appliquée dans la matinée du 22 juin 2012
Tous les travaux ont été achevés.



Travaux d'enroulement du fil

Fig 3-17 Travaux de l'enroulement de câble porteurs à la main

Le poste de soudure avec chargeur de batterie a été transporté depuis le Japon pour les travaux de soudure nécessaires à l'inspection. C'est parce que le poste de soudure qui fonctionne avec la poudre, de type généralement utilisé au Japon, ne peut pas être transporté. Par ailleurs, les brosses métalliques électriques dotées d'accumulateur ont été envoyées du Japon et utilisées au chantier. Supposant initialement qu'il n'y aurait pas d'installation électrique pour charger les brosses sur le pont, les brosses dotées d'accumulateur ont été apportées. Mais en réalité, il fut possible de s'alimenter depuis le poteau d'éclairage, ce qui a permis d'utiliser le poste de soudure tout en le chargeant. Ce fut de même pour les brosses métalliques électriques. Pour les brosses métalliques électriques, il n'était pas nécessaire de préparer les brosses avec accumulateur en ayant recours à l'installation d'alimentation électrique. Il était

possible d'utiliser les brosses en utilisant une allonge. Désormais, il sera nécessaire d'éliminer la peinture existante des câbles porteurs pour y appliquer la peinture de type flexible. Pour ce faire, les travaux d'élimination de la peinture deviendront relativement faciles si des brosses métalliques électriques seraient disponibles.

Photo 3-57 Monsieur Nimi se préparant à s'alimenter depuis le poteau d'éclairage

Photo 3-58 Accumulateur du poste de soudure connecté à l'installation d'alimentation électrique provenant du poteau d'éclairage
Les travaux de soudure étant effectués dans ces conditions, aucun souci de batterie épuisée

L'aspect des câbles porteurs en aval, qui étaient en meilleur état, après élimination des colles et l'état de la partie interne des câbles porteurs sont montrés dans les photos ci-dessous :

Photo 3-59 Aspect supérieur du câble porteur après l'élimination des colles
Rouille rouge non observée

Photo 3-60 Aspect inférieur du câble porteur, état légèrement meilleur par rapport aux câbles porteurs en amont

Photo 3-61 Aspect de la surface latérale en amont, moins rouillé par rapport aux câbles porteurs en amont

Photo 3-62 Aspect de la surface latérale en aval, moins rouillé par rapport aux câbles porteurs en amont

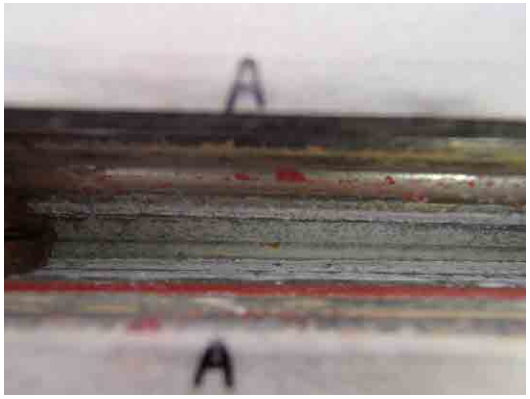


Photo 3-63 Etat intérieur de la surface supérieure du câble porteur, bon état malgré la rouille blanche observée, toutefois la rouille blanche atteint le fond de la partie interne.

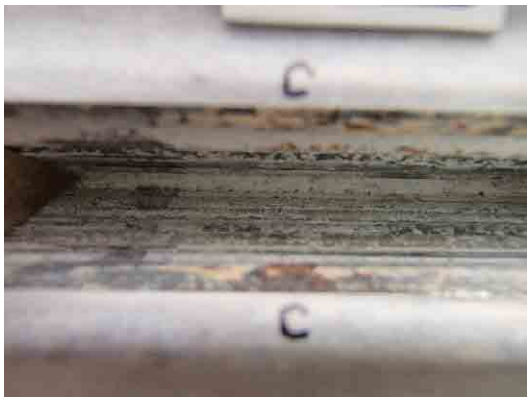


Photo 3-64 Surface latérale en amont du câble porteur, rouille rouge développée

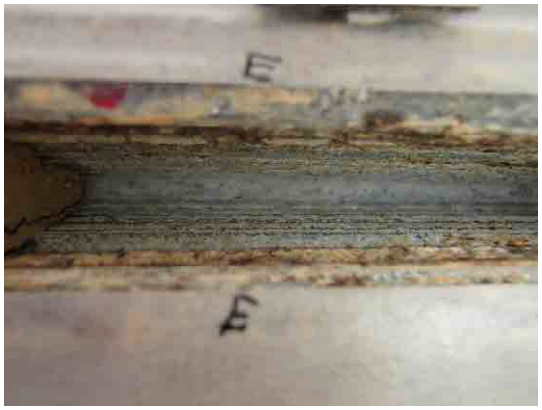


Photo 3-65 Rouille rouge développée sur la surface inférieure du câble porteur

Photo 3-66 Surface latérale en aval du câble porteur, rouille rouge plus développée par rapport à la surface latérale en amont (emplacement C)

3.3 Résultats de l'inspection par ouverture des câbles porteur

Les résultats de l'inspection de l'aspect des câbles porteurs ainsi que celle de l'aspect des torons de câbles de la partie interne figurent aux Fig. 3.3.1 à 3.3.5. Ces figures sont l'extrait des données des résultats de l'inspection par ouverture des câbles porteurs en annexe. Après analyse des états observés à l'inspection, il s'avère que le Pont Maréchal à Matadi suit la une même tendance en matière de rouille que les ponts suspendus construits par la société Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited. En somme, la rouille n'est pas tellement développée sur la surface supérieure des câbles porteurs, pourtant plus développé sur leur surface latérale.

30 ans passés après l'achèvement du Pont Maréchal à Matadi, il semble que la rouille est moins développée par rapport aux pont Innosima, Grand pont de Seto (Kita-Bisan), etc. construits par la société Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited au vu de l'aspect des câbles porteurs. Le pont Innoshima pour lequel a été réalisée l'inspection par ouverture des câbles au bout de la 7ème années de service semble avoir plus de rouille rouge que le Pont Maréchal à Matadi.

Photos des rouilles observées sur la partie interne des attaches de câble

Photo 3-67 5ème attache à partir de l'attache centrale fixe de câble côté Boma (à gauche sur la photo) en amont pour laquelle une poche d'eau a été confirmée

Photo 3-68 Rouille sur un toron et un bout de la partie interne de l'attache
Attache en amont

Photo 3-69 Attache en aval dont l'existence d'une poche d'eau est confirmée (Se trouvant à la 4ème suspente à partir du milieu de la travée centrale vers le côté Matadi)	**Photo 3-70 Toron rouillé et bout de la partie interne de l'attache Attache en aval**

Toutefois, il semble que la rouille est plus développé pour le Pont Maréchal à Matadi même jusqu'au fond de la partie interne des torons. A l'issue de l'inspection des torons de la partie interne du pont Innoshima, la galvanisation était toujours observée jusqu'aux 6ème à 7ème couches de la partie interne. Contrairement à cela, il est observé qu'une rouille blanche s'est développé jusqu'à l'intérieur et que la galvanisation n'existait plus pour le Pont Maréchal à Matadi. Il est également observé que pour la partie atteinte de la rouille rouge sur sa surface abritait la rouille rouge jusqu'au fond de la partie interne des torons. Par conséquent, il est estimé que les torons de la partie interne du pont Innoshima étaient en meilleur état par rapport à ceux du Pont Maréchal à Matadi. Ceci pourrait être dû à la différence d'années passées, soit 7ème année de service pour le pont Innoshima et 30ème année pour le Pont Maréchal à Matadi.

Cependant, aucune rupture des torons n'a été observée pour le Pont Maréchal à Matadi grâce au contrôle quotidien et aux travaux de renouvellement de la peinture, etc. En outre, il est estimé que l'environnement local ayant moins de différence de température pourrait influencer le développement de la rouille, dont la vitesse semble lente.

Des poches d'eau ont été confirmées par l'OEBK sur les 2 seules parties des attaches de câbles autres que celles inspectées cette fois-ci. Il a été constaté que les torons de la partie interne des attaches des câbles porteurs en amont sont le plus rouillés parmi ces deux parties. En fait, il est estimé que l'état de la rouille rouge des torons de câbles est plus dégradé par rapport aux points examinés dans le cadre de la présente inspection.

En considérant globalement ces résultats, il est recommandé d'installer un système d'insufflation d'air sec au Pont Maréchal à Matadi dans la mesure du possible. L'installation immédiat du système permettra d'arrêter le développement de la rouille sur les torons de câbles, ce qui empêchera de dégrader davantage des câbles.

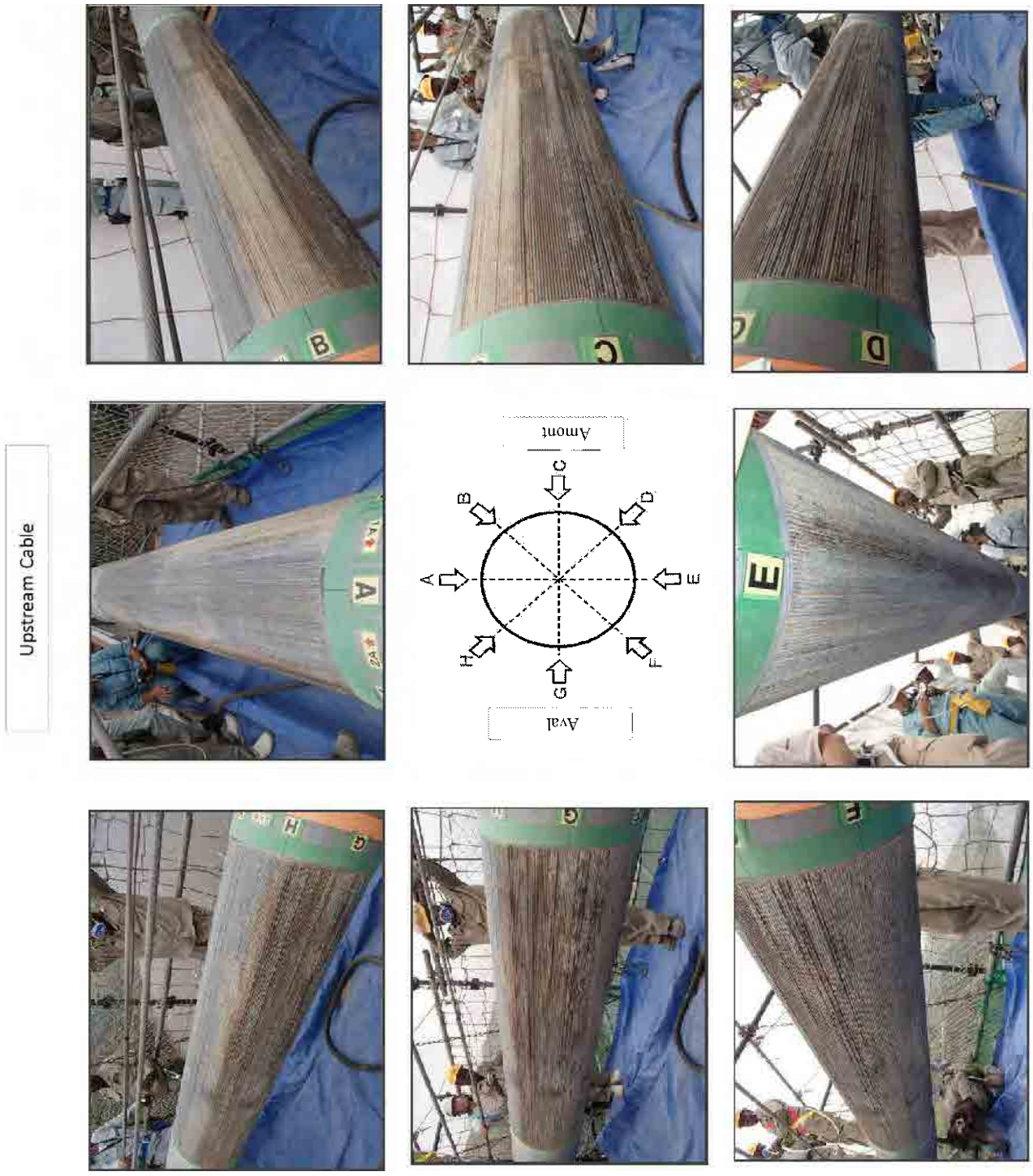


Fig 3-18 Résultat de l'examen de l'aspect des câbles porteurs en amont

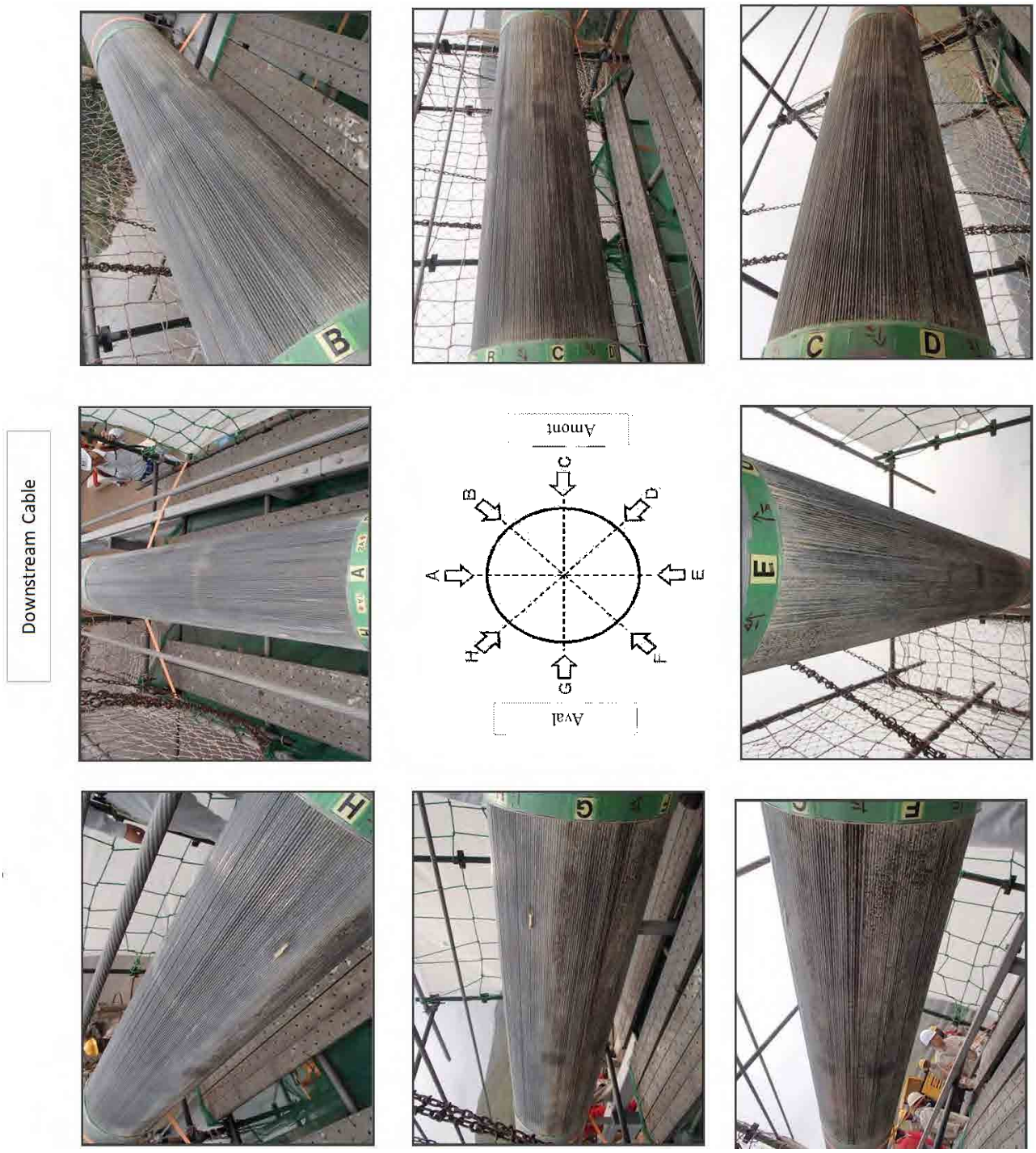


Fig 3-19 Résultat de l'examen de l'aspect des câbles porteurs en aval

Emplacement de l'inspection Câble en amont	Evaluation							
	A	B	C	D	E	F	G	H
	4	3	2	2	2	2	2	2

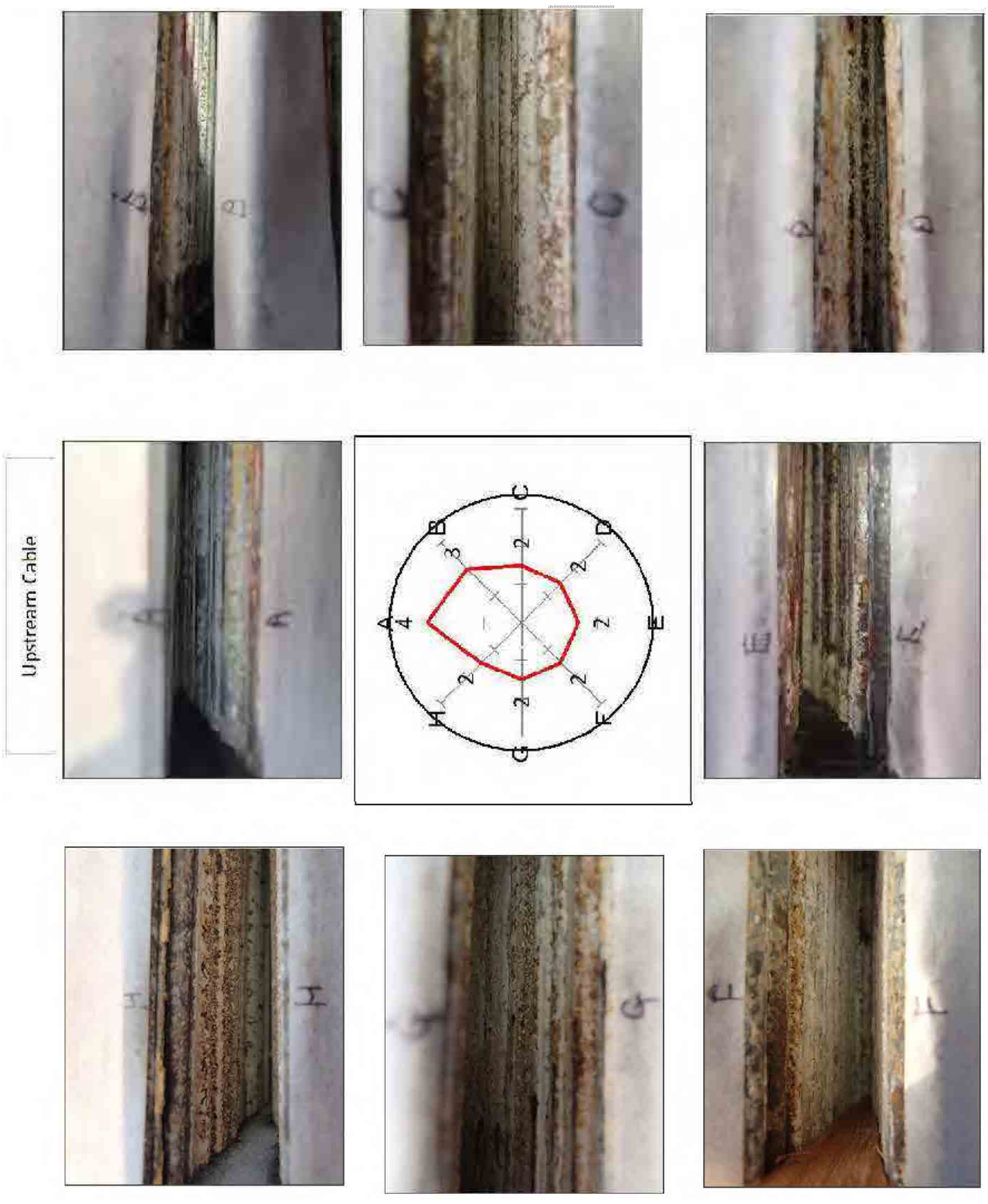


Fig 3-20 Résultat de l'examen de l'aspect des torons de la couche interne, câbles en amont

Position of Investigation	Evaluation							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Downstream Cable	4	4	4	3	3	3	2	4

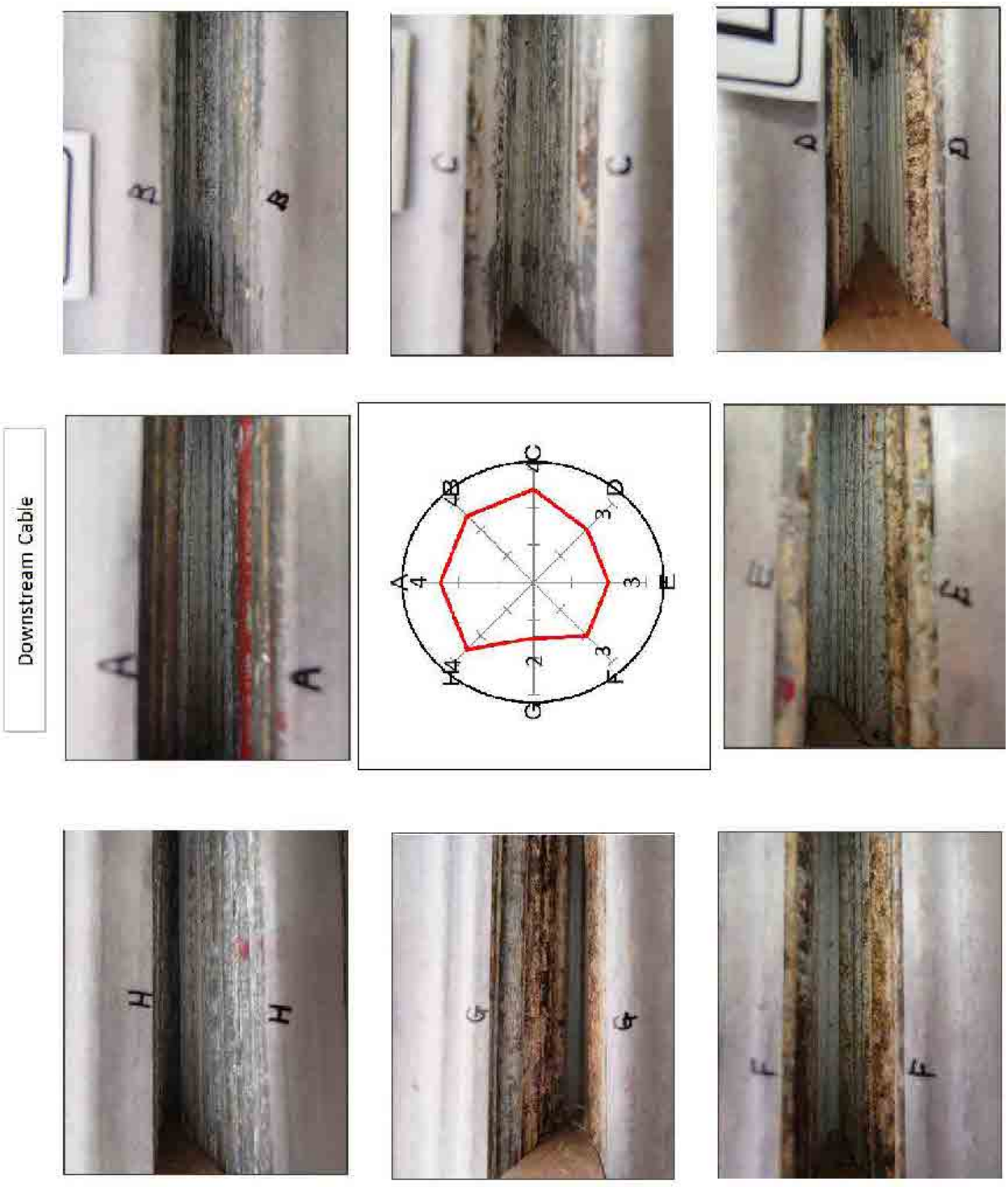


Fig 3-21 Résultat de l'examen de l'aspect des torons de la couche interne, câbles en aval

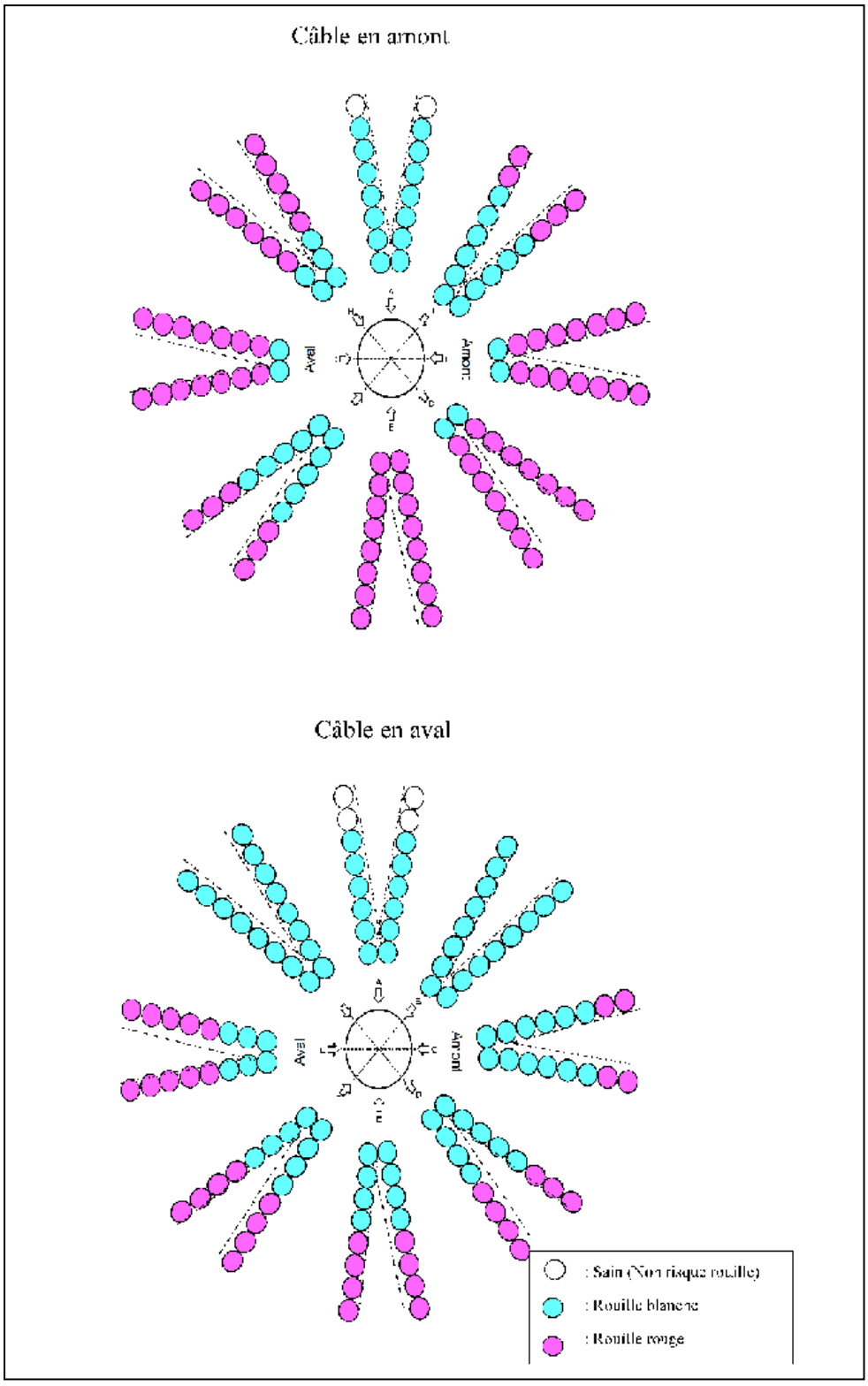


Fig 3-22 Résultat de l'examen de l'aspect des torons de la couche interne

Schémas de l'état des torons

3.4 Séminaire sur site

Le séminaire s'est tenu le mercredi 20 juin 2012 à partir de 9h30 à l'Hôtel Ledya. Le représentant du Ministère de l'Intérieur de la province de Bas Congo, le Directeur Général de l'OEBK et le représentant de la JICA ont prononcés un discours d'ouverture, puis la séance a été ouverte. Les participants ont compté environ 70 personnes, y compris 15 personnes concernées de la partie japonaise (Ambassade du Japon, JICA, mission d'étude) et les gens de médias (Voir 4.2 des documents annexes).

La situation des ponts au Japon a été présentée par Monsieur Tatsumi. La présentation portait sur les grands ponts de travée importante des régions de Tokyo, Osaka et Nagoya, les ponts ayant subi l'évolution historique ainsi que le réseau de ponts Honshu-Shikoku.

Ensuite, l'historique du système d'insufflation d'air sec du pont suspendu du réseau de ponts Honshu-Shikoku ainsi que sa situation actuelle ont été présentées par Monsieur Ogiwara, expert de la JICA. Au cours de cette présentation, les résultats de l'inspection par ouverture des câbles porteurs mise en œuvre 10 ans après l'achèvement du pont du détroit d'Akashi ont été exposés. Le système d'insufflation d'air sec est installé depuis le début au pont du détroit d'Akashi. L'exposé a expliqué le fait qu'aucun développement de la rouille n'y était observé lors de l'inspection effectuée 10 ans après son achèvement.

Par la suite, la méthode de l'inspection par ouverture des câbles porteurs du Pont Maréchal à Matadi et les résultats de l'inspection ont été expliqués par Monsieur Matsumoto. En outre, il a été également expliqué que le coût estimé des travaux s'élèverait à près de 600 millions de yens (7,5 millions de dollars US) pour le cas de l'installation au Pont Maréchal à Matadi d'un système d'insufflation d'air sec. Une telle explication a été donnée dans le but de rappeler au Ministère des Transports, au gouvernement provincial ainsi qu'à la mairie le fait que la maintenance demande les frais énormes, ce qui répond à la demande de Monsieur Madiata de l'OEBK qui avait souhaité que le coût approximatif des travaux soit présenté au séminaire. L'exposé a été ainsi suivi de la présentation des cas des rouilles observées des ponts suspendus de la France, de l'Angleterre et du Japon.

Photo 3-71 Exposé par Monsieur Tatsumi, Chef de Mission

Photo 3-72 Présentation par Monsieur Ogiwara, Expert

Photo 3-73 Exposé par Monsieur Matsumoto

Après la séance de questions-réponses, Monsieur Kidima, Directeur Général de l'OEBK et le représentant de la JICA ont apposé leur signature sur le procès-verbal des discussions, puis la séance du séminaire a été clôturée.

Dans l'après-midi, la situation des câbles porteurs du pont Maradi a été présentée par Monsieur Tatsumi aux participants au séminaire, sur le lieu de l'inspection par ouverture des câbles porteurs.

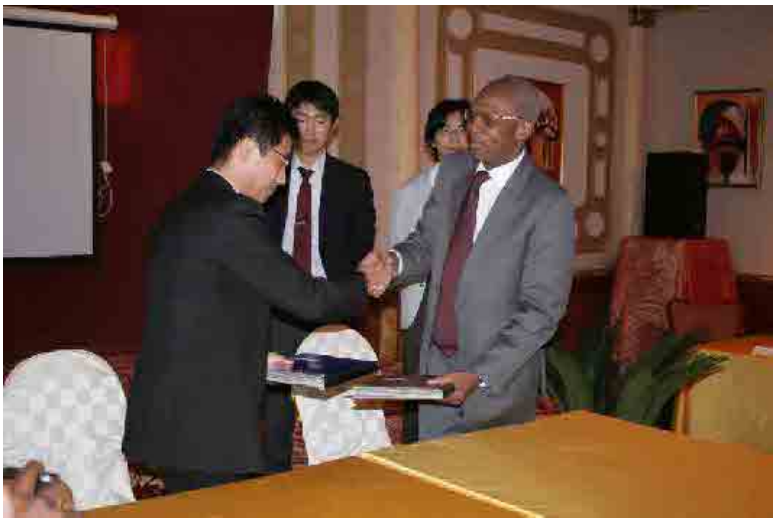


Photo 3-74 Monsieur le Directeur Général de l'OEBK et Monsieur le Représentant de la JICA se serrent les mains après la signature du procès-verbal des discussions

3.5 Autres

3.5.1 Température et humidité de l'intérieur du massif d'ancrage et de l'atmosphère

La température et l'humidité ont été mesurée par les instruments installés à l'intérieur des massifs d'ancrage 1A et 2A ainsi qu'au câble porteur en aval près du milieu de la travée centrale.

Les résultats de mesure sont montrés dans les figures ci-dessous :

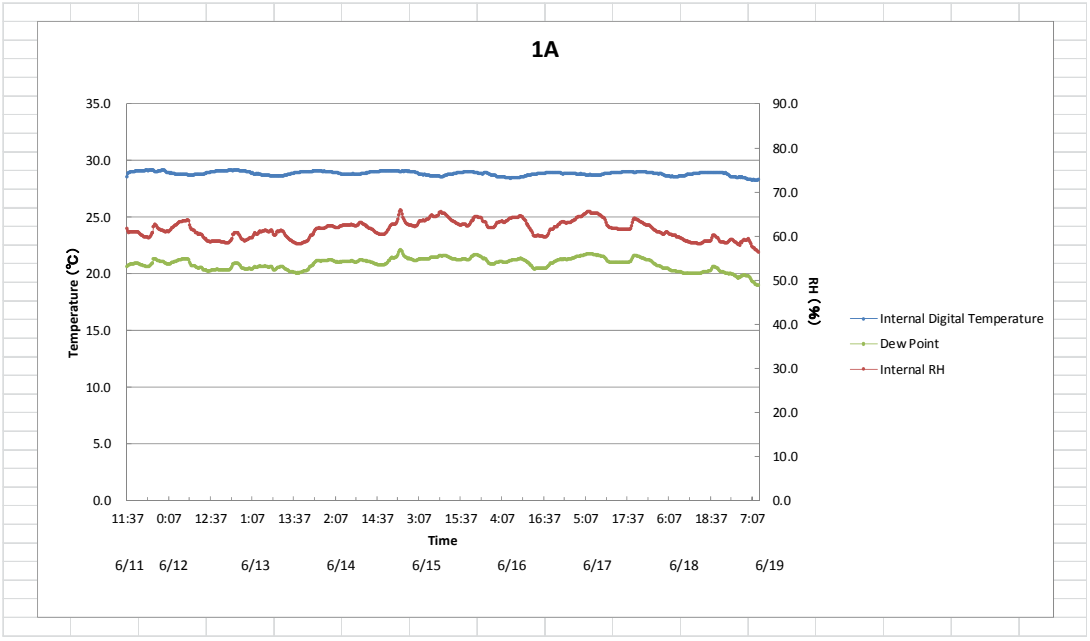


Fig 3-23 Température et humidité relative de l'intérieur du massif d'ancrage 1A

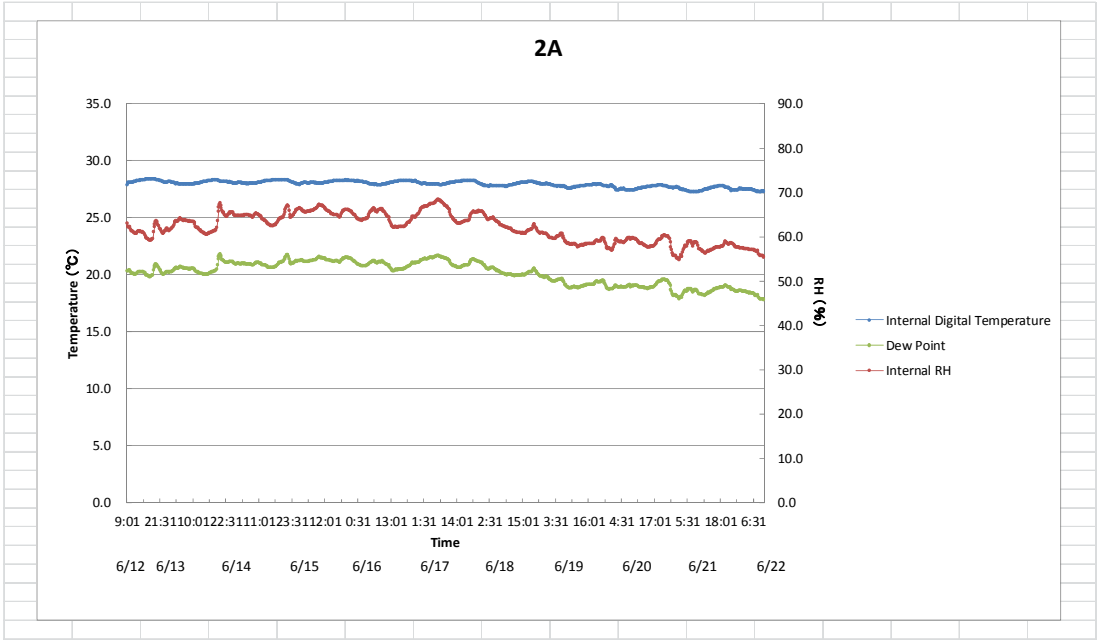


Fig 3-24 Température et humidité relative de l'intérieur du massif d'ancrage 2A

La température interne des massif d'ancrage 1A et 2A était stable toute la journée autours de 28 °C. L'humidité relative n'était pas élevée, soit près de 60%, cela pourrait être dû à la saison sèche. Lors de la première étude sur site (en avril), en fin de la saison des pluies, la température interne des massifs d'ancrage n'était pas jugée élevée selon nos expériences. A présent, l'état des torons de câble dans les massifs d'ancrage est sain, ce qui est presque pareil que les ponts suspendus construits par la société Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited. Désormais, il est nécessaire d'étudier l'installation d'un déshumidificateur à l'intérieur des massifs d'ancrage du fait que le taux d'humidité dépassant 60% est observée.

Le thermomètre installé à l'intérieur du massif d'ancrage 1A a été détaché pour être installé sur le câble porteur en aval au milieu de la travée centrale afin de mesurer l'humidité atmosphérique. Les résultats figurent ci-dessous. Du fait qu'une condensation de rosée n'a pas été observée le lendemain matin de la journée où les câbles avaient été couverts de bâches après le retrait des fils d'enroulement dans le cadre de l'inspection par ouverture des câbles porteurs, il a été jugé nécessaire de prendre connaissance de l'évolution de la température et de l'humidité atmosphériques. La température varie entre 20°C et 30°C pendant la journée et l'humidité entre 50% et 80%. Il est estimé que la condensation de rosée n'est pas provoquée par le fait qu'à la température la plus basse, le point de rosée est à environ 5°C de moins par rapport à la température.

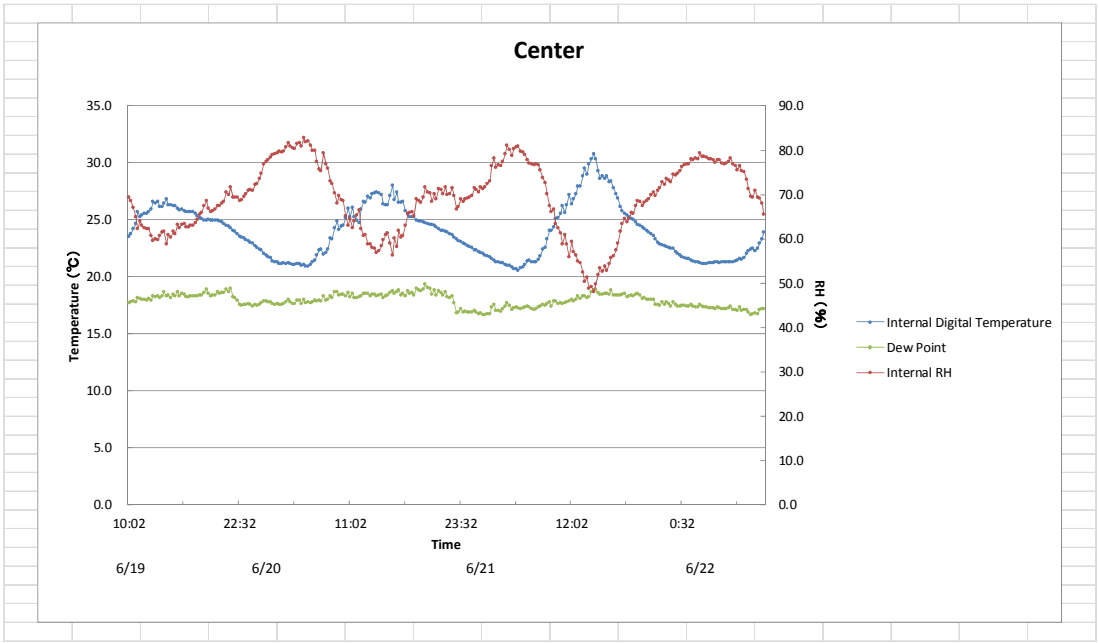


Fig 3-25 Température et humidité de l'atmosphère près des câbles porteurs en aval du milieu de la travée centrale

Les trois (3) graphiques ci-dessus sont résumés en un graphique chronologique figurant à Fig. 3-26.

Cela a révélé que la température et l'humidité à l'intérieur des massifs d'ancrage sont plus stables que celles de l'atmosphère.

La température atmosphérique baisse de la nuit au petit matin, et inversement, l'humidité augmente. La température de l'intérieur des massifs d'ancrage étant stable, l'humidité change peu.

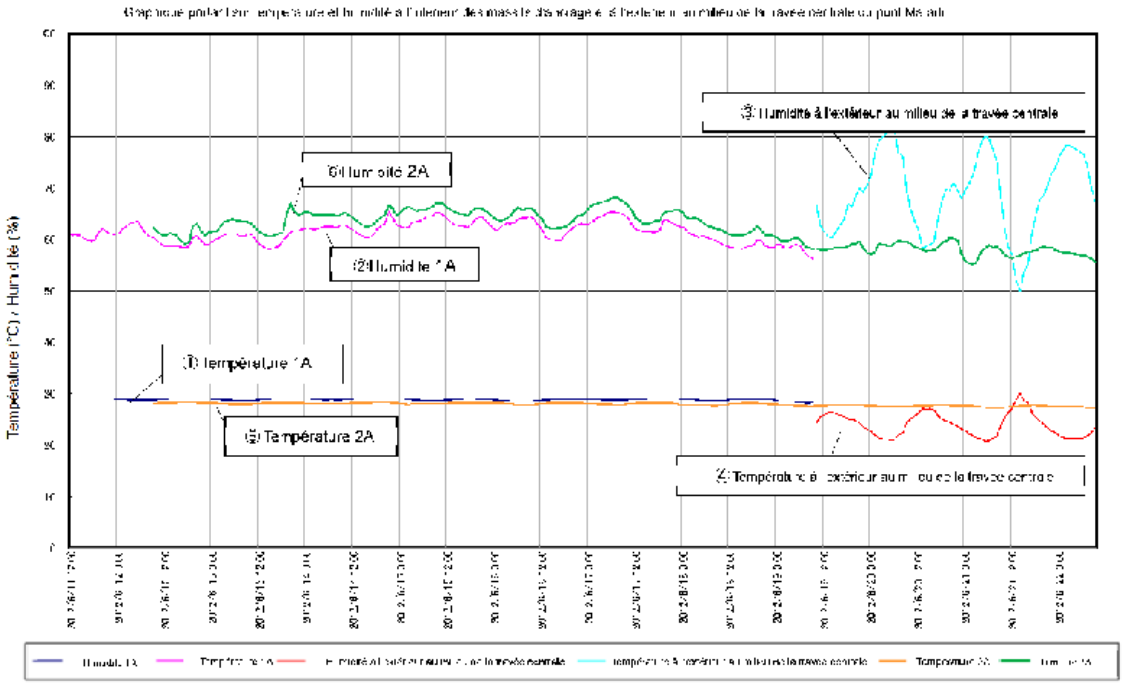


Fig 3-26 Température et humidité de l'intérieur du massif d'ancrage / Température et humidité de l'atmosphère près des câbles porteurs en aval du milieu de la travée centrale

3.5.2 Remise des outils et outillage utilisés

Le matériel amené pour l'inspection par ouverture des câbles porteurs (poste de soudure, jauge d'épaisseur de revêtement) ainsi que le reste du matériel / de l'équipement parmi l'outillage expédié du Japon en tant que consommables ont été transmis à l'OEBK avec une liste des produits identifiables avec les photos.

Photo 3-75 Outillage remis à l'OEBK

3.5.3 Installation électrique du Pont Maréchal à Matadi

L'installation OEBK est alimentée en 15 000 V en passant par le tableau de réception se trouvant dans l'emplacement de l'hébergement destiné au personnel de l'OEBK (Le tableau ayant appartenu à lHI à l'époque de la construction du Pont Maréchal à Matadi est géré par la SNEL. Désignation de l'installation : Sous-station 2 / fabriquée au Japon). A travers ce tableau, la puissance électrique est transformée en puissance de 15 000 V à 6 600 V, voire 380 V/220V. Ce tableau alimente les tableaux de réception du bureau de l'OEBK, du Pont Maréchal à Matadi et de l'installation connexe de l'hébergement, etc.

Photo 3-76 Installation de réception électrique (Sous-station 2)

Photo 3-77 Vue de l'installation de réception électrique - 1

Photo 3-78 Vue de l'installation de réception électrique - 2

Photo 3-79 Vue de l'installation de réception électrique - 3

Photo 3-80 Indication du fonctionnement de l'installation

Photo 3-81 Intérieur de l'installation

La puissance électrique est d'abord envoyée en puissance de 380V à partir de la sous-station 2 vers le tableau d'alimentation électrique (sous-station 3) installé à côté du garage de l'OEBK, puis y est transformée de 380V à 220V pour alimenter les tableaux de répartition du Pont Maréchal à Matadi (Le tableau de répartition alimentant le massif d'ancrage 1A ainsi que les installations connexes du Pont Maréchal à Matadi se trouve à 1A).

La sous-station 3 (installée à l'époque de la construction du Pont Maréchal à Matadi) est très délabrée et en état dangereux. En cas d'installation des systèmes d'insufflation d'air sec, la puissance électrique devrait être alimentée en passant par ladite sous-station. Ainsi il sera probablement nécessaire de renouveler l'installation d'alimentation électrique de la sous-station 3.

Photo 3-82 Sous-station 3

Photo 3-83 Etat délabré de l'intérieur

Photo 3-84 Vue de l'extérieur

Photo 3-85 Câble reliant la station 2 à la station 3

La ligne électrique provenant de la sous-station 3 est amenée jusqu'au tableau de répartition installé à l'intérieur du massif d'ancrage 1A en aval en passant par le tuyau enterré. Deux regards sont installés pour le tuyau enterré. La ligne électrique amenée à l'intérieur du massif d'ancrage est desservit jusqu'au poteau d'éclairage, à tous les pylônes (y compris le balise d'obstacles à la navigation aérienne) et au massif d'ancrage 2A en traversant les supports de lignes installés dans l'espace réservé au voie ferroviaire de l'intérieur du massif d'ancrage ainsi que sur les poutres rigides.

Photo 3-86 2ème regard depuis la station

Photo 3-87 Même regard au milieu

Photo 3-88 Groupe d'électrogène de secours pour le pont suspendu

Photo 3-89 Câble électrique existe au-dessous de cette pierre

Photo 3-90 Tableau de répartition à l'intérieur du massif d'ancrage

Photo 3-91 Tableau de répartition de l'intérieur du massif d'ancrage

Photo 3-92 Installation des câbles électrique dans l'espace réservé à la voie ferroviaire à l'intérieur du massif d'ancrage

Photo 3-93 Câble électrique de côté espace réservé à la voie ferroviaire à l'intérieur du massif d'ancrage

Photo 3-94 Câbles électrique depuis l'espace destiné à la voie ferroviaire de l'intérieur du massif d'ancrage vers le support installé dans la poutre rigide

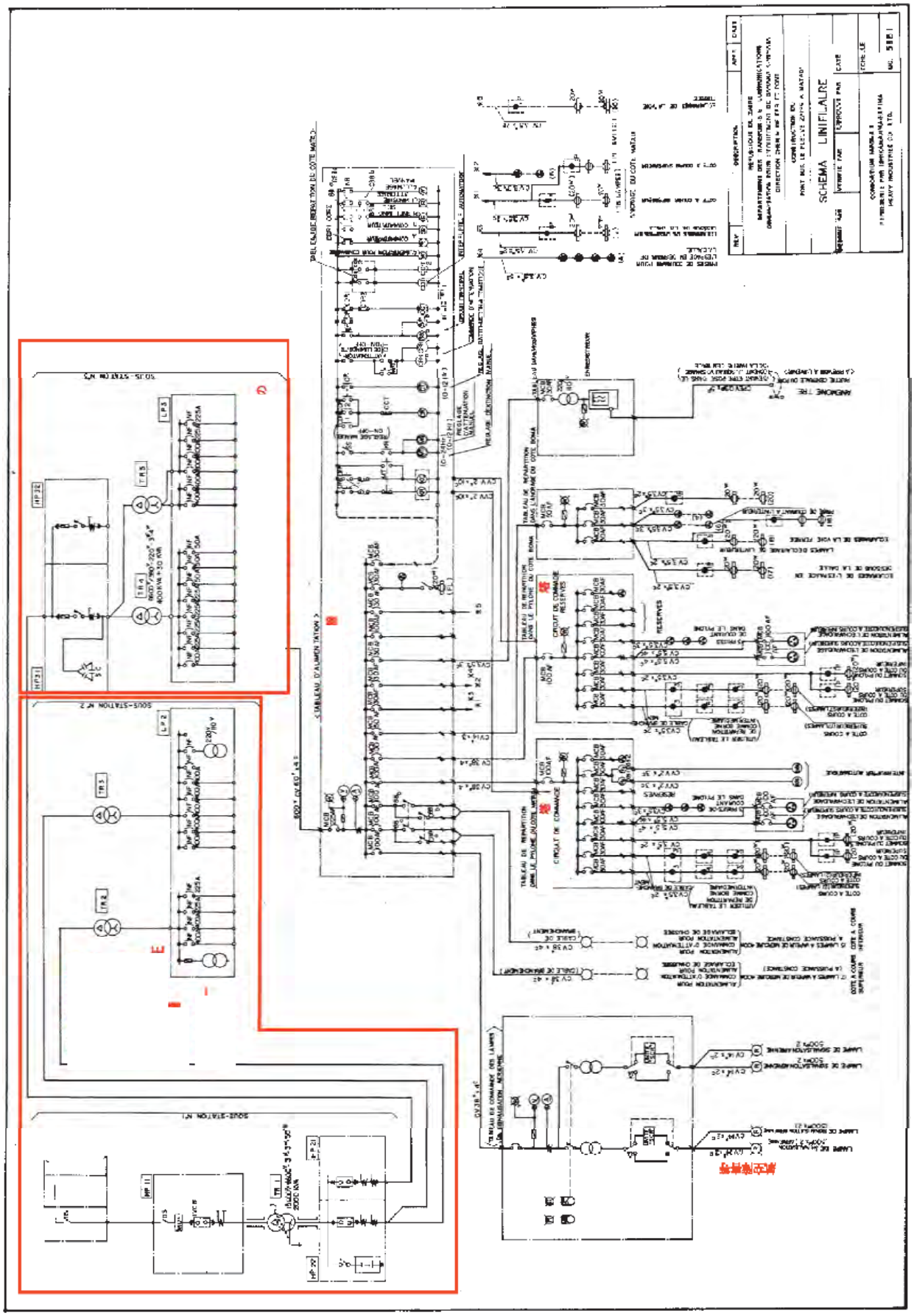


Fig 3-27 Schéma de câblage actuel des installations connexes du Pont Maréchal à Matadi

Chapitre 4 Méthode de maintenance des câbles porteurs proposée

4.1 Nécessité du système d'insufflation d'air sec

4.1.1 Changement de la méthode de protection contre la corrosion pour les câbles porteurs du pont suspendu

(1) Protection contre la corrosion des câbles porteurs adoptée au Pont Maréchal à Matadi (méthode traditionnelle)

La mesure de protection anticorrosion des câbles porteurs adoptée au Pont Maréchal à Matadi a été réalisée suivant la méthode ci-après :

(1) Appliquer les colles sur les torons de câble porteur ;
(2) Par la suite, enrouler le fil en acier galvanisé de diamètre de 4mm (fil d'enroulement) ;
(3) Appliquer un revêtement dessus.

Cette méthode était considérée à la fois comme banale et comme meilleure méthode de protection contre la corrosion des câbles porteurs jusqu'à ce que le système d'insufflation d'air sec ait été introduit pour le pont du détroit d'Akashi (achevé en 1998, portée principale de 1 991m), pont suspendu le plus long du monde

(2) Protection contre la corrosion pour des câbles porteurs par système d'insufflation d'air sec

Les résultats de l'inspection par ouverture des câbles porteurs des ponts de moins de 20 ans après leur achèvement au réseau de ponts Honshu-Shikoku ont confirmé des états de la corrosion des câbles qui n'avaient pas été attendue. A l'issue des résultats de différentes études et examens menés par la société Honshu-Shikoku Bridge Expressway Company Limited, il a été jugé nécessaire d'introduire le système d'insufflation d'air sec pour les câbles porteurs, le système traditionnel de la protection anticorrosion étant insuffisant pour les câbles porteurs.

Au Japon, le système d'insufflation d'air sec a été mis en place sur tous les grands et longs ponts suspendus qui ont été achevés après l'achèvement du pont du détroit d'Akashi. En outre, les grands et longs ponts suspendus antérieurement construits ont fait l'objet de l'installation dudit système au fur et à mesure.

En ce qui concerne l'historique des ponts suspendus, les Etats-Unis et le Royaume Uni étaient en avance sur les autres avant l'achèvement de réseau de ponts Honshu-Shikoku. Trois (3) ponts suspendus de renommé existent en Angleterre et tous ces trois sont déjà dotés du système d'insufflation.

Concernant les deux (2) ponts parmi ces trois, soit le pont du Forth (achevé en 1964, 1 006m) et le pont du Severn (1966, 988m), une reconstruction est envisagée du fait que les câbles étaient considérablement dégradés par la corrosion avant de penser à introduire le système en question.

Le dernier pont est le pont du Humber (1981, 1 410m, 5ème pont le plus long du monde) qui a été

construit presque à la même période que le Pont Maréchal à Matadi. Une partie des torons ayant été rompue sur le pont du Humber, le système en question a été introduit avec un système de suivi servant à détecter en permanence de nouvelles ruptures.

Il a été déjà décidé d'introduire le système d'insufflation également pour la Liaison du Grand Belt (achevé en 1998, 1 624m, 3ème pont plus long du monde) au Danemark. Aux Etats-Unis, des études et recherches sont menées pour introduire le système d'insufflation en visantse concentrant sur les ponts suspendus gérés par la ville de New York. Pourtant, il est constaté que la plupart des ponts suspendus ont subis des ruptures avancées des torons de câble porteur. Il sera donc nécessaire de réfléchir l'impact de l'introduction dudit système.

En outre, le système en question est installé au pont RunYang (2005, 1 490m, 4ème pont plus long du monde).

Compte tenu de ce qui précède, à l'heure actuelle, le traitement anticorrosion pour des câbles porteurs par le système d'insufflation d'air sec est reconnu dans le monde comme étant la meilleure méthode.

Il est jugé trop tard d'instaurer le système après l'avancement de la corrosion des câbles porteurs suivi par la rupture des torons, car il faudra continuer le suivi (installation, entretien et renouvellement des équipements) permettant la détection permanente de nouvelles ruptures, l'estimation de la résistance résiduelle, la vie restante, etc.

4.1.2 Nécessité du système d'insufflation d'air sec

(1) Les ouvrages en acier peuvent être résistants en semi-permanence à moins qu'ils ne soient rouillés. Les ouvrages en acier y compris des câbles porteurs de ponts suspendus sont conçus au préalable pour ne pas avoir de rouille. Pour le Pont Maréchal à Matadi, le revêtement sur la surface des câbles porteurs, les poutres rigides et les pylônes excepté la partie interne des câbles porteurs sont bien entretenu par l'OEBK.

(2) Il est jugé que la forme de corrosion sur le segment cible de l'inspection des câbles porteurs du Pont Maréchal à Matadi est presque pareille par rapport aux cas inspectés au Japon. Toutefois, une corrosion avancée peut avoir lieu en partie sur l'intérieur des attaches des et/ou les câbles porteurs voisinant les attaches points N° 24 en aval et N°33 en amont pour lesquels était observés le jus de rouille coulant de l'extrémité des attaches (L'inspection par ouverture des attaches de câble nécessite l'installation des suspentes provisoires. Pour ce faire, il est requis d'assurer une installation provisoire de grande taille, du temps et un coût important).

(3) Il a été observé que pour le segment inspecté, la corrosion progresse un peu plus lentement par rapport aux cas du Japon. Les causes d'un tel phénomène ne peuvent pas être clairement expliqués, mais il peut être supposé d'avoir les explications comme suit :

- Non chargé de particule de sel marin, ni de gaz toxique évacué d'usines, le pont est situé dans un environnement favorable par rapport au Japon en matière de prévention de la corrosion.
- Il est estimé que l'eau existante à l'intérieur des câbles porteurs provient de l'eau de pluies qui est directement pénétrée à travers la surface des câbles porteurs et de l'eau accumulée

issue de la condensation de rosée de l'air traversant de petites fissures des pellicules de protection de la surface ou de l'air directement pénétré des pellicules dans la partie interne, qu'entraîne la baisse de température pendant la nuit. A Kinshasa, la différence entre la température maximale (31°C) et la température minimale (17°C) étant faible tout au long de l'année, il est estimé qu'il y a peu d'eau accumulée par la condensation de rosée (Les données sur Kinshasa sont utilisées faute de données sur Matadi).

(4) Les résultats de l'inspection permettent d'estimer que pour le moins, la corrosion des torons de câbles porteurs sur le segment inspecté s'est développée plus lentement que celle observée au Japon et au Royaume-Uni et pourtant, la corrosion étant observée même sur les torons de la partie interne de câble, il est estimé que la corrosion continuera certainement à se développer à l'avenir. La corrosion avancée provoquera la rupture des torons. A ce moment-là, il faudra penser que beaucoup de torons auraient été tombés dans une situation similaire. Les torons rompus ne peuvent pas être restaurés. En plus, il peut être supposé d'avoir des ruptures en chaîne par la suite.

(5) Il est vrai que le Pont Maréchal à Matadi conçu pour servir à la fois du pont routier et du pont ferroviaire a une marge en matière de taux de sécurité pour la conception, puisque la voie ferroviaire n'est pas construite à ce jour. Cependant, il est impossible d'estimer la progression de la corrosion avec assez de précision pour calculer le taux de sécurité à assurer pour faire face à un éventuel développement des régions périphériques dans quelques dizaines d'années. Le montant nécessaire à l'introduction du système d'insufflation d'air sec prévu à l'heure actuelle n'est pas inabordable. Le fait d'assurer l'intégrité des câbles porteurs en plus des poutres rigides et des pylônes est considérée raisonnable en tant que la position de l'entité gérante de l'ensemble du Pont Maréchal à Matadi.

4.2 Frais approximatif dû à la mise en œuvre du système d'insufflation d'air sec, etc.

A l'issue des résultats de l'étude détaillée sur le terrain, il s'est avéré nécessaire de procéder à un nouveau revêtement par la peinture de type flexible (par exemple la peinture polyuréthane) pour prévenir la fuite d'air sec envoyée, du fait que de petites fissures ont été observées sur la surface de la peinture des câbles porteurs. La fourniture de la peinture sera assurée par la partie japonaise et les travaux au chantier seront assurés par l'OEBK.

Il est également nécessaire d'assurer les travaux de renouvellement et supplémentaire pour le calfeutrage aux attaches de câble y compris les parties d'accrochage des suspentes. Le matériau de calfeutrage sera fourni depuis le Japon et l'OEBK se chargera des travaux sur le site.

En outre, préalablement à l'introduction du système d'insufflation d'air sec, les boulons des attaches de câbles seront resserrés. La partie japonaise apportera son soutien en matière de matériel / équipement nécessaire et d'orientation technique, et l'OEBK sera chargé de travaux sur site.

Le schéma conceptuel du système d'insufflation d'air sec dont l'introduction est prévu pour le Pont Maréchal à Matadi figure à la Fig.4.1.

Le système d'insufflation sera installé aux longerons inférieurs (au-dessous de poutres rigides) de deux pylônes, à partir dudit système des tuyaux seront mis en place à l'intérieur de chaque pylône jusqu'à son sommet. Voire des tuyaux seront menés vers le point 1/4 du côté de la travée centrale et le point 1/2 du côté de la travée de rive. A chacun de ces points, un couvre conduit d'insufflation d'air est prévu. En passant par ledit poste, l'air sec sera envoyé à l'intérieur des câbles porteurs. L'air sec insufflé sera évacué à travers un couvre conduit d'évacuation d'air du milieu de la travée centrale (l'installation est prévue à l'emplacement examiné dans le cadre de l'inspection par ouverture des câbles), les selles du sommet de pylônes ainsi que les sellettes d'appui.

La description du contenu de ces travaux est montrée au Tableau 4.1.

Tableau 4-1 Description des travaux

Description
1. Travaux relatifs à l'installation du système d'insufflation d'air sec
Etude, conception, élaboration de cahier des charges, estimation de coûts, conclusion de contrats, supervision des travaux
Fabrication, transport, installation et réglage sur place (instruction technique) et orientation sur l'exploitation
Peinture de restauration pour la surface des câbles porteurs
Matériau d'étanchéité pour les attaches de câble
2. Resserrement des boulons des attaches des câbles
Etude, conception, élaboration de cahier des charges, estimation de coûts, conclusion de contrats, supervision des travaux

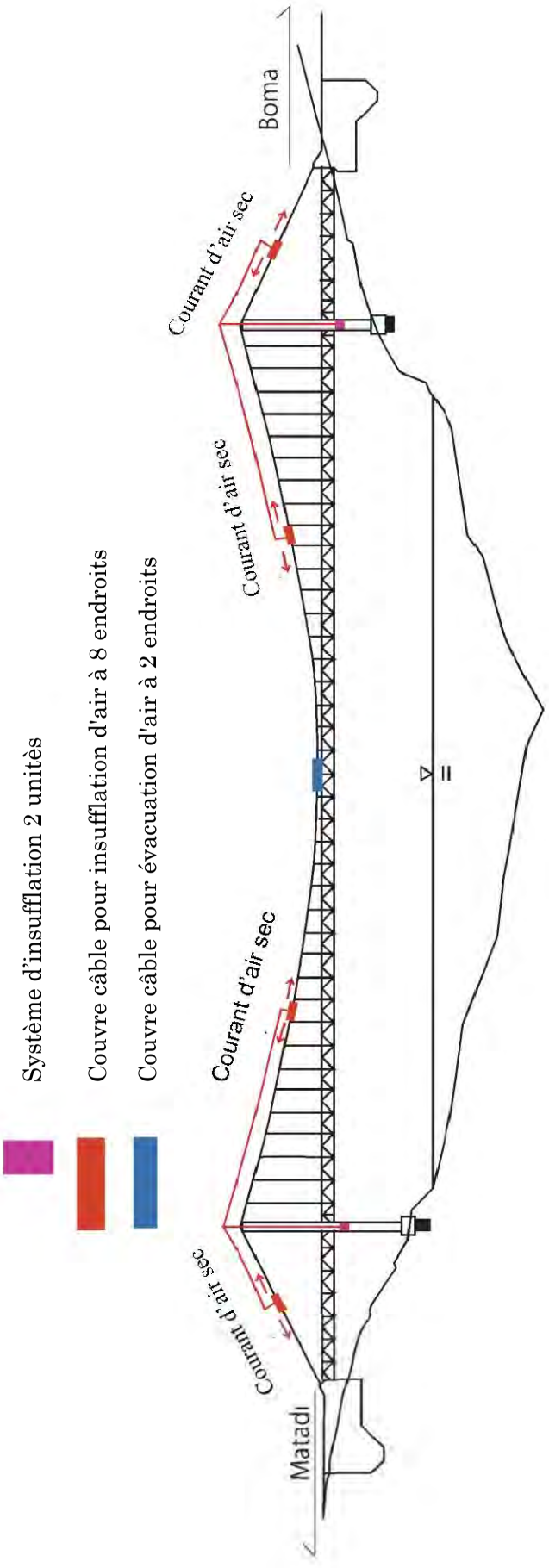


Fig 4-1 Schéma conceptuel du système d'insufflation d'air sec du Pont Maréchal à Matadi

Chapitre 5 Organigramme et organisation de l'OEBK

L'organisation de l'OEBK ne connaît pas de grand changement depuis l'année 2011. Monsieur Luthero, ancien Directeur Général est devenu député à l'Assemblée Nationale, puis Monsieur Kidima qui était Directeur Général Adjoint s'occupe du poste du Directeur Général et Monsieur Madiata pour le Directeur Général Adjoint. Monsieur Madiata cumule des fonctions du Directeur de la Maintenance et de l'Entretien et du Directeur Général Adjoint.

Par ailleurs, Monsieur Christian Sefu a été recruté comme nouveau diplômé universitaire et il est toujours en période d'essai.

L'organigramme de l'OEBK figure à la page suivante :

Tableau 5-1 Personnel principal de l'OEBK (Agents techniques indiqué en bleu)

N°	Nom et prénom	Fonction
1	KIDIMA NUMA	Directeur Général
2	MADIATA NDELE BUBA	Directeur Général Adjoint
3	MAKENGO MABEKA	Directeur Administratif et Financier
4	GESANGA MALIO	Directeur d'Exploitation
5	MADIATA NDELE BUBA	Directeur Maintenance et Entretien
6	KALOMBO MUKEBA	Assistant Directeur Général
7	LUKOMBO NSIMBA	Chef Service Maintenance et Entretien
8	KABWENDE MATONGOLE	Chef de Section Pont
9	MUNTOMOSI TOMADIA	Chef Section Travaux Neufs
10	MVUMBI PUATI	Chef Service Routes d'accès
11	CHRISTIAN SEFU	

Chapitre 6 Recommandations

6.1 Résultats de l'inspection et recommandations

(1) L'existence de la corrosion été confirmée pour les câbles porteurs du Pont Maréchal à Matadi ;

(2) La forme de ladite corrosion est pareil que celle constatée au Japon (ponts suspendus du réseau de ponts Honshu-Shikoku) ;

(3) Il peut être considéré que cette corrosion se développe plus lentement en comparaison avec le cas au Japon ;

(4) Toutefois, étant donné qu'il est nécessaire d'empêcher le développement d'une telle corrosion qui progressera certainement, il semble opportun à ce jour d'installer le système d'insufflation d'air sec. Par conséquent, il est recommandé de mettre en place le système d'insufflation d'air sec.

6.2 Calendrier de l'avenir

Les tâches pour concrétiser l'introduction du système d'insufflation d'air sec ainsi que le temps nécessaire à chacune des tâches sont prévus comme suit :

(1) Etude sur le terrain, conception, estimations de coûts, élaboration de documents contractuels : environ 8 mois

(2) Revêtement des câbles porteur et calfeutrage des attaches des câbles : environ 16 mois

Approvisionnement et transport de peinture et matériau de calfeutrage : environ 4 mois
Travaux au chantier de peinture et calfeutrage : environ 12 mois

(3) Fabrication, transport, installation d'un système d'insufflation d'air sec et instruction sur l'exploitation : environ 11 mois.