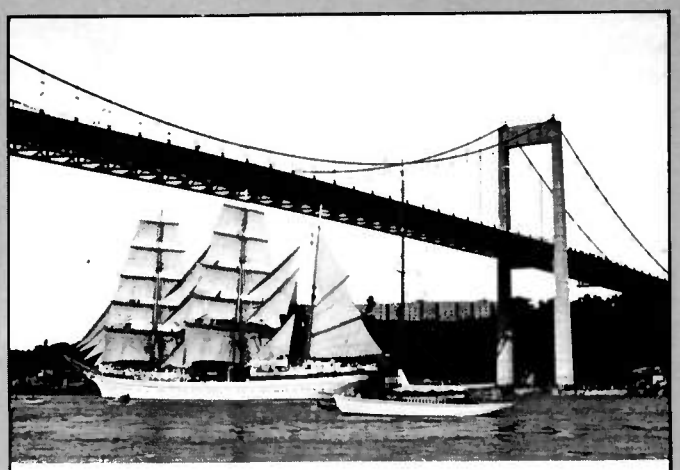
MINISTÈRE
DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS

instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art

FASCICULE **34**

DEUXIÈME PARTIE

Ponts suspendus et ponts à haubans



SOUS-FASCICULE **34.1**

Ponts suspendus

SOUS-FASCICULE **34.2**

Ponts à haubans

Direction des Routes
244 boulevard St-Germain . 75775 Paris Cedex 16

Page laissée blanche intentionnellement

Instruction technique du 19 octobre 1979

2e PARTIE

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

FASCICULE **34**

Ponts suspendus et ponts à haubans

Mars 1986

Document diffusé par

le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
58, boulevard Lefebvre - 75732 PARIS CEDEX 15

le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes
46, avenue Aristide Briand - 92223 BAGNEUX

AVERTISSEMENT

Le présent document est l'un des fascicules dont l'ensemble constitue la deuxième partie de l'Instruction technique pour la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art du 19 octobre 1979. La liste de ces fascicules est la suivante :

Fasc. 01. Dossiers d'ouvrage.

Fasc. 02. Généralités de la surveillance.

Fasc. 03. Mesures de sécurité - Auscultation - Surveillance renforcée - Haute surveillance.

Fasc. 04. Surveillance topométrique.

Fasc. 10. Fondations en site aquatique.

Fasc. 11. Fondations en site terrestre.

Fasc. 12. Appuis.

Fasc. 13. Appareils d'appui.

Fasc. 20. Zone d'influence - Accès - Abords.

Fasc. 21 Équipements des ouvrages (protection contre les eaux - revêtements - joints de chaussée et de trottoirs - garde-corps - dispositifs de retenue).

Fasc. 30. Ponts et viaducs en maçonnerie.

Fasc. 31. Ponts en béton non armé et en béton armé.

Fasc. 32. Ponts en béton précontraint, sous-fascicule 32-1 : ponts courants, sous-fascicule 32-2 : ponts à poutres - caissons ou à nervures et ouvrages analogues en béton précontraint.

Fasc. 33. Ponts métalliques (acier, fer, fonte).

Fasc. 34. Ponts suspendus et ponts à haubans. Sous-fascicule 34-1 : ponts suspendus, sous-fascicule 34-2 : ponts à haubans.

Fasc. 35. Ponts de secours.

Fasc. 36. Ponts mobiles.

Fasc. 37. Ponts en bois.

Fasc. 38. Ponts en alliage léger.

Fasc. 40. Tunnels, tranchées couvertes, galeries de protection.

Fasc. 50. Buses métalliques.

Fasc. 51. Ouvrages de soutènement, sous-fascicule 51-1 : ouvrages de soutènement classiques, sous-fascicule 51-2 : les tirants d'ancrage, sous-fascicule 51-3 : ouvrages en terre armée.

Fasc. 52. Déblais et remblais.

Fasc. 53. Ouvrages de protection.

Cet ensemble de fascicules est élaboré, au sein du groupe chargé — sous la présidence de M. André MOGARAY, Ingénieur général des Ponts et Chaussées, coordonnateur de la mission spécialisée d'inspection générale des ouvrages d'art — de l'étude de la politique générale de surveillance et d'entretien des ouvrages d'art, par un groupe de travail dans lequel sont représentés :

— Les Directions départementales de l'Équipement de l'Ain, des Alpes de Haute-Provence, du Gard, de la Moselle et du Nord.

— Les Centres d'études techniques de l'Équipement d'Aix-en-Provence, de Bordeaux, de Lille, de Lyon et de Rouen.

— Le Laboratoire central des Ponts et Chaussées.

— Le Service d'études techniques des routes et autoroutes.

— Le Centre d'études des tunnels.

— Le Service central technique des ports maritimes et des voies navigables.

— Le Centre national des ponts de secours.

— Le Service du contrôle des autoroutes concédées.

— La Direction générale des collectivités locales du ministère de l'Intérieur.

Le rapporteur du présent fascicule 34 *(Ponts suspendus et ponts à haubans)* **est M. GOURMELON,** IPC au Laboratoire central des Ponts et Chaussées.

SOMMAIRE GÉNÉRAL

Sous-fascicule 1, ponts suspendus ..... 5 à 22

Sous-fascicule 2, ponts à haubans ..... 23 à 34

ANNEXE 1 - Documentation et bibliographie 35

ANNEXE 2 - Modèle de document signalétique 36

ANNEXE 3 - Modèle de procès-verbal de visite annuelle 40

ANNEXE 4 - Cadre de procès-verbal d'inspection détaillée périodique 44

SOUS-FASCICULE **34.1**

Ponts suspendus

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 - Champ d'application 7

CHAPITRE 2 - Généralités 7
2.1. Description des ouvrages 7
2.2. Dispositions caractéristiques 9

CHAPITRE 3 - Notions sur les causes et la nature des désordres 10
3.1. Massifs et chambres d'ancrage 10
3.2. Pylônes 10
3.3. Câbles et ancrages 11
3.4. Suspentes et attaches 12
3.5. Tabliers 13
3.6. Appareils d'appui 14
3.7. Organes d'attache ou d'ancrage 15

CHAPITRE 4 - Surveillance 16
4.1. Particularités de la surveillance 16
4.2. Surveillance continue 16
4.3. Visite annuelle 17
4.4. Inspection détaillée 17

CHAPITRE 5 - Entretien et réparation 19
5.1. Entretien courant 19
5.2. Entretien spécialisé 19
5.2.1. Massifs et chambres d'ancrage 19
5.2.2. Suspension 19
5.2.3. Ancrages des câbles 20
5.2.4. Selles d'appui mobiles 20
5.3. Réparations 20
5.3.1. Comblement des chambres d'ancrage 20
5.3.2. Raccourcissement des câbles 21
5.3.3. Changement de suspension 21
5.3.4. Opérations sur les appareils d'appui 22
5.3.5. Remise en état des pylônes 22

CHAPITRE 1

Champ d'application

Les dispositions du présent sous-fascicule sont applicables aux ouvrages dont la fonction porteuse est assurée principalement par des câbles de tracé parabolique et aux ouvrages dont la suspension, de type Gisclard, est constituée d'un maillage de câbles rectilignes.

Seules sont traitées les dispositions correspondant à des organes spécifiques ou au mode de fonctionnement particulier à ces ouvrages. Elles sont à compléter par celles définies dans d'autres fascicules (fondations, appuis, ponts métalliques, pont en béton,...).

Sont exclus du champ d'application du présent sous-fascicule les ouvrages dont la fonction porteuse est assurée principalement par des câbles inclinés, de tracé rectiligne, appelés haubans, qui relèvent du sous-fascicule 2 « Ponts à haubans » du présent fascicule.

CHAPITRE 2

Généralités

2.1 — DESCRIPTION DES OUVRAGES

Les ponts suspendus se présentent sous la forme d'une structure comportant :

— un tablier assurant la continuité de la voie portée et, le plus souvent, la répartition des charges ;

— des suspentes supportant le tablier et transmettant les charges aux câbles ;

— des câbles d'allure parabolique, assurant la fonction porteuse dont les efforts sont équilibrés par :

- une réaction verticale absorbée par des pylônes,
- un effort de traction transmis par des câbles de retenue amarrés sur des massifs d'ancrages, excepté dans le cas des ouvrages dits « auto-ancrés » où les câbles sont amarrés sur le tablier.

Dans le cas des ouvrages à travées multiples, les efforts de traction induits par les charges roulantes sont transmis jusqu'aux câbles de retenue par des câbles accrochés sur des selles ou des chariots mobiles en tête des pylônes et appelés « câbles de tête ».

Dans le cas général, les câbles de retenue, situés entre les ancrages et les pylônes, ne supportent pas de charge. Les suspentes verticales peuvent être complétées par des haubans inclinés afin de réduire les déformations du tablier (fig. 1, 2, 3).

Dans le cas des suspensions de type Gisclard, les câbles paraboliques sont remplacés par un réseau de haubans raccordés par des câbles subhorizontaux, reprenant les efforts de traction (fig. 4).

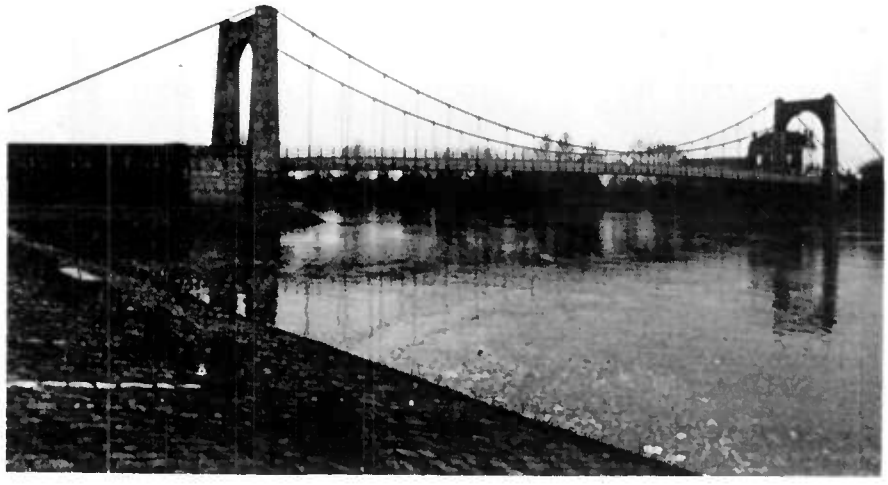


Fig. 1
Pont à une travée suspendue.

Fig. 2
Pont à trois travées suspendues.

Fig. 3
Pont suspendu à travées multiples.

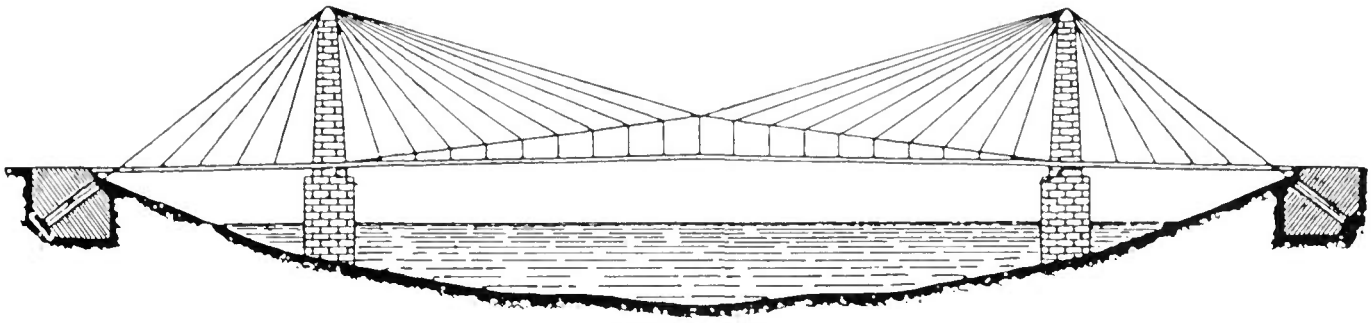


Fig. 4 — Pont Gisclard.

2.2 — DISPOSITIONS CARACTÉRISTIQUES

Excepté les ouvrages à suspension de type Gisclard, le type de structure décrit ci-dessus se caractérise par sa souplesse. Il en résulte un certain nombre de dispositions spécifiques, comportant de nombreuses variantes qu'il serait trop long d'énumérer ici, mais qui sont traitées dans le bulletin technique « Ponts suspendus » cité en annexe I.

On peut toutefois retenir que parmi les éléments constitutifs des ponts suspendus, même les éléments présents dans d'autres types de structures, tels que les tabliers ou les appareils d'appui, présentent des particularités résultant du mode de fonctionnement spécifique aux ponts suspendus, et que les autres éléments (pylônes, câbles, massifs d'ancrage, suspentes, organes de liaison) ont une fonction caractéristique importante pour le bon comportement des ouvrages.

CHAPITRE 3

Notions sur les causes et la nature des désordres

Les désordres affectant les fondations et les appuis sont traités dans les fascicules correspondants, de même que ceux affectant d'autres éléments de structures. Certains désordres peuvent, en outre, soit affecter les éléments spécifiques visés au chapitre 2, soit trouver leur origine dans le mode de fonctionnement particulier aux ponts suspendus et sont décrits ci-après.

3.1 — MASSIFS ET CHAMBRES D'ANCRAGE

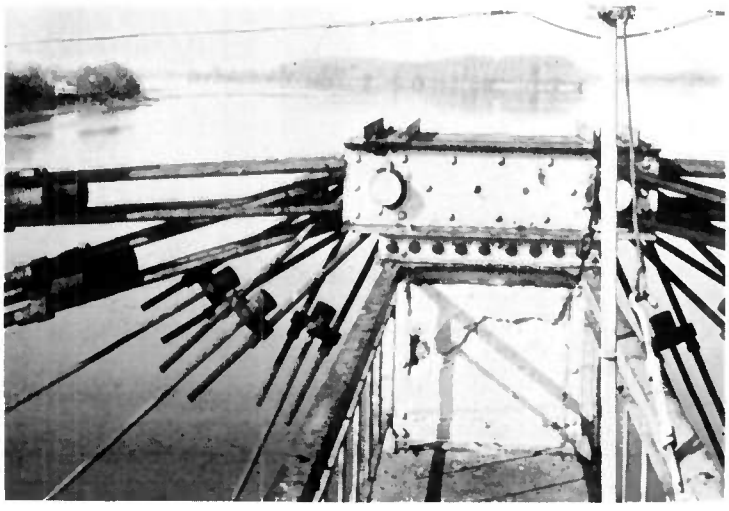
Conçus pour reprendre les efforts de traction des câbles de retenue, les massifs et chambres d'ancrage présentent rarement des désordres d'ensemble. Lorsque ceux-ci existent, il s'agit de déplacements dus à une instabilité de terrain provoquée par des affouillements consécutifs à une crue, ou plus rarement de fracturations dans la masse de massifs anciens en maçonnerie. Quelle qu'en soit la cause, il s'agit de désordres graves mettant en jeu la sécurité de l'ouvrage.

En fait, les désordres sont plus souvent constatés sur les câbles ou organes d'ancrage des câbles situés dans les chambres, galeries ou puits d'ancrage dont l'humidité permanente favorise les phénomènes de corrosion.

3.2 — PYLÔNES

Les pylônes peuvent être de trois types :

— Encastrés rigides, c'est-à-dire peu déformables, ils sont équipés en tête de selles ou de chariots mobiles sur lesquels viennent s'accrocher les câbles porteurs et, le cas échéant, les câbles de tête. La mobilité des selles et des chariots est assurée par des rouleaux ou des fléaux. Les poussières, la corrosion conduisent peu à peu à un grippage de ces éléments, voire à un blocage complet ; les pylônes sont alors soumis, au passage des charges, à des efforts importants pour lesquels ils ne sont pas conçus et qui produisent des désorganisations pouvant conduire soit à des fissures en tête de pylône (fig. 5 a) soit, sous l'effet de la flexion, à une rupture à la base (fig. 5 b).



a - en tête de pylône

b - à la base

Fig. 5 — Blocage d'une selle d'appui et conséquences.

— Encastrés flexibles, en acier ou en béton armé, ils sont à l'inverse des précédents, solidarisés avec les câbles porteurs. Les déplacements de ceux-ci, au passage des charges, induisent des déformations de flexion dans le corps des pylônes qui sont dimensionnés en conséquence : toutefois, les zones d'encastrement en pied restent des zones sensibles. De même, lorsque les déplacements des câbles porteurs sont trop importants, on peut assister à un glissement de ces derniers sur les selles, voire à une désolidarisation des selles et de la tête des pylônes. En outre, dans le cas des portiques, des charges dissymétriques sollicitent ces derniers en torsion ; soumise alors à des efforts de torsion, la traverse supérieure, trop ou insuffisamment rigide peut présenter des fissurations.

— Articulés en pied, ils ne sont, en règle générale, calculés que pour résister aux efforts de compression. Un bon fonctionnement de l'articulation est alors capital, sous peine de désordres engendrés par des moments de flexion parasites (flambements,...).

3.3 — CÂBLES ET ANCRAGES

Les câbles les plus utilisés dans les ponts suspendus sont du type toronné, c'est-à-dire qu'ils sont constitués de fils enroulés en hélice autour d'un fil central appelé âme, en plusieurs couches de pas inversés.

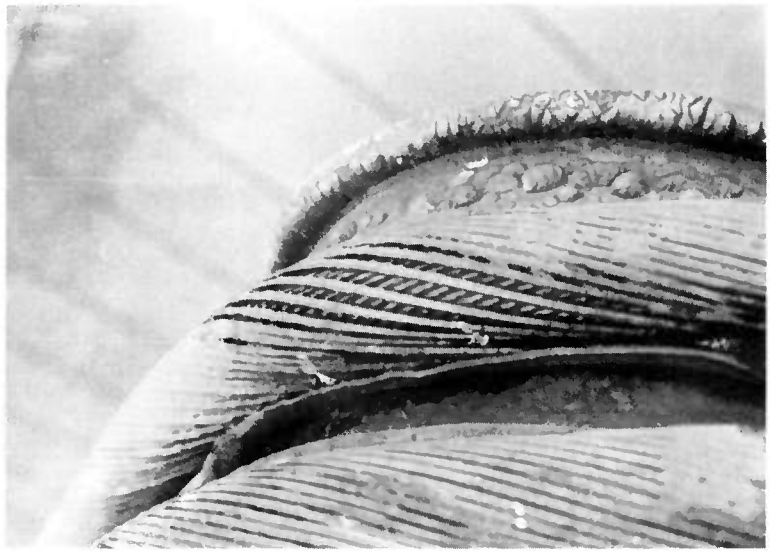


Fig. 6
Détoronnage d'un câble, constituant une entrée d'eau.

La structure même des câbles n'assure pas l'étanchéité vis-à-vis des eaux de ruissellement (fig. 6), même dans le cas de câbles « clos » où les fils des couches extérieures sont profilés de façon à s'emboîter les uns dans les autres, et malgré l'application de produits de protection dont la gamme s'étend des brais de houille et goudrons aux peintures époxy ou polyuréthanne.

Les câbles sont donc le siège d'une circulation d'eau quasi permanente provoquant, même si les fils constitutifs sont galvanisés, des phénomènes de corrosion aux points de rétention.

La localisation de ces points de rétention dépend de la disposition géométrique de la suspension.

Lorsque les câbles sont disposés en nappe, on peut retenir essentiellement :

— le bas des câbles de retenue, près des culots, particulièrement dans les chambres d'ancrage humides,

— la partie basse de la parabole (fig.7),

— le bas des haubans, lorsqu'il en existe, près des culots,

— accessoirement l'intérieur des colliers d'attache des suspentes, bien que ceux-ci soient en général de dimensions réduites.

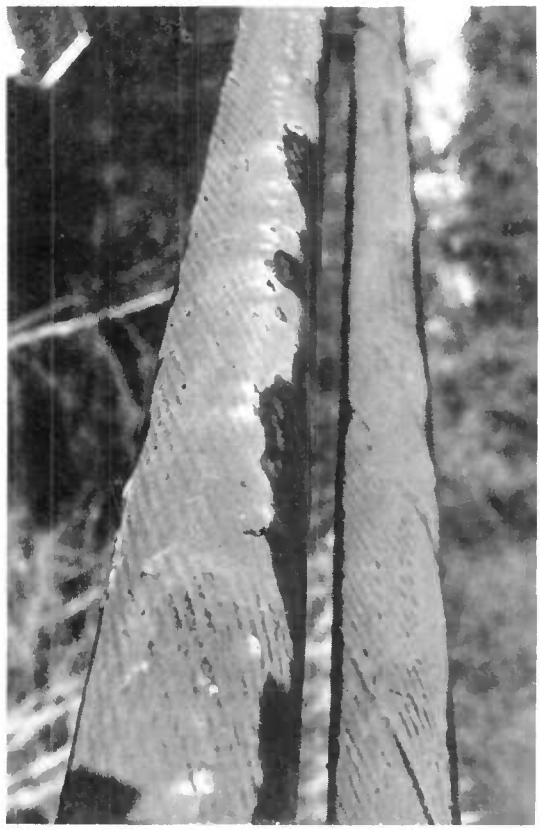


Fig. 7 — Retenue d'eau dans un câble dans la partie basse de la parabole.

Lorsque les câbles sont disposés en faisceau, ou en couronne, aux points précédents il faut ajouter :

— l'intérieur des colliers d'épanouissement,

— l'intérieur des colliers d'attache des suspentes qui présentent dans ce cas des dimensions importantes,

— l'intérieur des faisceaux, lorsque l'évacuation de l'eau en partie inférieure n'est pas correctement assurée.

Par ailleurs, d'autres désordres peuvent apparaître, conséquences d'un mauvais comportement mécanique de l'ouvrage. Du fait de sa souplesse, la structure des ponts suspendus constitue un amplificateur des phénomènes dynamiques dus au passage des charges : ces derniers se répercutent en tout point de la structure. En particulier, les ancrages des câbles, c'est-à-dire les culots, constituant un point fixe, peuvent être soumis à des efforts brutaux ; si l'alliage de remplissage présente une trop grande ductilité ou si le remplissage est défectueux, on peut assister à une rentrée du bloc câble-alliage à l'intérieur du culot et à un laminage progressif au niveau de la sortie de câble qui forme filière.

Sans aller jusqu'à un échappement complet de l'ancrage, un tel phénomène entraîne un déréglage notable de la suspension, d'autant plus nocif qu'il n'est pas uniformément réparti sur tous les câbles et qu'il aboutit à des surtensions, par report de charge, sur certains d'entre eux.

3.4 — SUSPENTES ET ATTACHES

Il existe trois types de suspentes : en fer forgé, en câble, en barre. Elles sont munies en partie haute d'attaches sur les câbles porteurs, en partie basse d'attaches sur le tablier ; celles-ci affectent des formes diverses, dépendant de la géométrie de la suspension et de la nature du tablier.

Les suspentes en fer forgé, les plus anciennes, sont en général monobloc avec leurs attaches constituées d'étriers. Elles présentent peu de désordres, hormis le risque de poinçonnement des fils périphériques des câbles porteurs, en raison de l'augmentation progressive des charges roulantes.

Les suspentes en câble présentent, vis-à-vis de la corrosion, les mêmes risques que les câbles porteurs, la localisation se situant alors au niveau des culots d'extrémité situés en partie basse, c'est-à-dire au niveau du tablier (fig. 8).

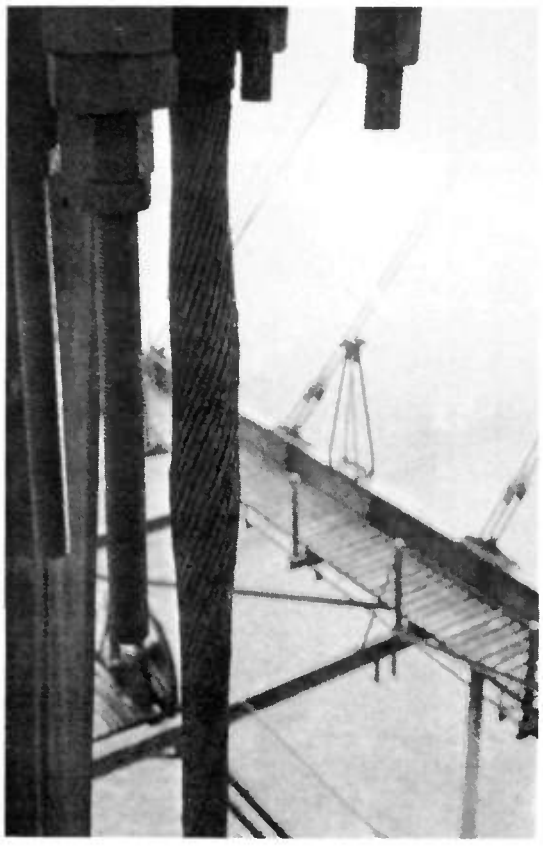


Fig. 8
Corrosion d'une suspente en câble.

Les suspentes en barre présentent peu de risques de corrosion en partie courante. Par contre, elles ne sont pas conçues pour subir les moments de flexion alternés dus aux mouvements relatifs du tablier et de la suspension. Leurs attaches doivent constituer des articulations efficaces ; certains dispositifs d'attache en partie basse, du fait de leur constitution, sont un lieu préférentiel de concentration de contraintes, pouvant engendrer des fissurations au niveau du filetage, et de rétention d'humidité, favorisant les phénomènes de corrosion.

Par ailleurs, ces trois types de suspentes sont soumis aux mêmes phénomènes dynamiques que les câbles porteurs. Ces sollicitations se font plus particulièrement sentir au niveau des attaches sur les câbles porteurs, notamment en partie haute de la parabole, près des points fixes constitués par les têtes de pylônes et là où l'angle avec l'horizontale est le plus accusé. On peut alors assister à des ruptures de ligatures de fixation des attaches en fer forgé ou à un desserrage des colliers favorisé par la relaxation des boulons de serrage ; il s'ensuit un glissement des attaches avec déréglage de la suspension et report des efforts sur les suspentes voisines, d'où un effet de réaction en chaîne.

Au niveau des attaches sur le tablier, les risques de désordre sont essentiellement ceux mentionnés pour les suspentes en barres d'acier, ainsi que des risques de desserrage des écrous de butée entraînant un déréglage de la suspension.

3.5 — TABLIERS

L'ancienneté du parc des ponts suspendus en France conduit à une grande diversité des structures et des matériaux utilisés (bois, béton, acier, aluminium). Les désordres liés au type de matériau et aux modes d'assemblages correspondant sont traités dans les fascicules spécialisés ; toutefois, les tabliers des ponts suspendus peuvent présenter des désordres spécifiques liés le plus souvent à un déréglage de la suspension.

Dans les ouvrages les plus anciens, l'absence de poutre de rigidité conduit à considérer la structure du tablier comme une suite d'éléments articulés attachés individuellement à des suspentes. La défaillance de ces dernières, ou le glissement de leurs attaches sur les câbles conduit à des déformations de l'élément correspondant, à des efforts excessifs, voire à des ruptures de pièces.

Sur les ouvrages comportant des poutres de rigidité, il peut se produire une déformation de ces dernières :

— déformation générale en profil en long, sous charge permanente, due le plus souvent à un déréglage de la suspension,

◄ Fig. 9 — Déversement d'une membrure supérieure de poutre de rive consécutive au déréglage de la suspension.

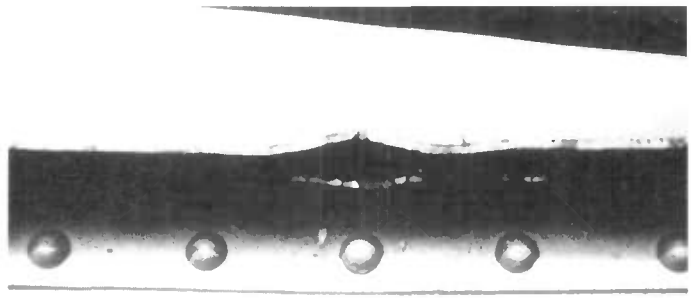


Fig. 10 — Déformation localisée de la poutre de rigidité consécutive au passage d'une charge excessive.

— déformation générale en plan, souvent concomitante à une déformation du profil en long ; il s'agit alors d'un déversement dû à un excès de compression de la membrure supérieure (fig. 9),

— déformation localisée, conséquence d'une instabilité de forme, due soit à un déréglage de la suspension, soit au passage d'une charge excessive (fig. 10).

Ainsi les désordres spécifiques constatés au niveau des tabliers de ponts suspendus ne sont-ils pas liés à des causes intrinsèques mais, en général, à des anomalies qu'il faut rechercher au niveau de la suspension.

Une mention particulière est faite des déformations locales accidentelles dues à des chocs de véhicules, dont l'origine ne réside pas dans une anomalie de comportement général, mais qui peuvent constituer une amorce de déversement.

3.6 — APPAREILS D'APPUI

Alors que dans la plupart des autres ouvrages, où ils servent le plus souvent à transmettre des réactions d'appui positives et à permettre la libre dilatation des tabliers, une anomalie au niveau des appareils d'appui entraîne rarement des désordres graves, il n'en est pas de même dans le cas des ponts suspendus (et dans celui des ponts à haubans) où ils jouent un rôle bien plus important dans la mesure :

— où ils transmettent des réactions d'appui verticales rapidement variables et alternées,

— où ils subissent des déplacements ou des efforts longitudinaux importants, alternés et inégaux au passage des charges,

— où ils reprennent les efforts transversaux dus au vent, importants en regard des efforts verticaux.

La présence de ces efforts tridirectionnels et rapidement variables conduit à une usure prématurée des appareils d'appui qui sont, pour la plupart, sous-dimensionnés par rapport aux actions d'un trafic lourd de plus en plus agressif. Cette usure, accentuant les jeux, entraîne des battements de plus en plus intenses, une majoration des efforts dynamiques dans l'ensemble de la structure, et peut aboutir à une désorganisation totale de l'appareil d'appui, ou à une rupture de ses scellements dans la maçonnerie.

3.7 — ORGANES D'ATTACHE OU D'ANCRAGE

Les organes d'attache ou d'ancrage des câbles (tirants et étriers), de même que les dispositifs anti-soulèvement des ponts auto-ancrés, se présentent, comme les parties haute et basse des suspentes en barres d'acier, sous la forme de ronds en acier mi-dur filetés à leur extrémité et transmettant un effort de traction à l'aide d'un écrou bloqué sur une autre pièce (culot, potence, chevalet,...).

Ces dispositions constructives, d'une part engendrent des concentrations de contrainte en fond de filets et, d'autre part, suivant la configuration propre à chaque ouvrage, peuvent favoriser les phénomènes de corrosion en ces mêmes points, l'ensemble pouvant conduire à une fissuration. Les aciers constitutifs de ces organes présentant, par ailleurs, une qualité très variable, notamment sur le plan de la résistance à la rupture fragile, il s'ensuit des risques de rupture de pièces pouvant entraîner des désordres sérieux et, exceptionnellement, la ruine de l'ouvrage.

CHAPITRE 4

Surveillance

4.1 — PARTICULARITÉS DE LA SURVEILLANCE

Les ponts suspendus font l'objet d'une surveillance particulière et les points suivants doivent être soumis à un examen attentif :

— massifs et chambres d'ancrage,

— pylônes dans leur ensemble et plus particulièrement selles d'appui ou d'attache des câbles,

— câbles dans leur ensemble et plus particulièrement zones de rétention d'eau et ancrages,

— suspentes et plus particulièrement leurs attaches sur les câbles et sur les tabliers,

— tabliers, sous l'angle de leur déformation générale ou localisée,

— appareils d'appui.

Il faut s'attacher à rechercher les causes et les conséquences possibles des désordres constatés et garder présent à l'esprit que, plus que dans n'importe quel autre type d'ouvrage :

— un désordre local peut avoir une cause d'ordre général,

— réciproquement, un désordre local, même apparemment peu grave, peut avoir des conséquences sur la tenue générale de l'ouvrage.

Les autres parties de ces ouvrages font l'objet d'une surveillance adaptée à la nature de leur construction (fondations, appuis, ponts métalliques,...) en application des dispositions des fascicules correspondants.

4.2 — SURVEILLANCE CONTINUE

La surveillance continue comporte essentiellement :

— l'examen de l'allure générale du profil en long dont les irrégularités peuvent révéler un déréglage de la suspension,

— l'examen de la verticalité des suspentes, dont l'inclinaison peut traduire :

- un glissement des pièces d'attache correspondantes si elle est aléatoire (fig. 11),
- un déplacement relatif entre câble porteur et tablier si elle est généralisée ;

— « l'écoute » des appareils d'appui, les bruits de choc au passage des charges étant révélateurs de battements, donc d'usure.

Fig. 11 — Inclinaison d'une suspente.

4.3 — VISITE ANNUELLE

La visite comporte obligatoirement les opérations suivantes en sus de celles visées par les fascicules correspondant à la structure générale de l'ouvrage :

a) Examen visuel de l'allure générale du profil en long.

b) Évaluation subjective de l'égalité des tensions des suspentes par mise en vibration à la main.

c) Évaluation subjective de la répartition des tensions des câbles de retenue par mise en vibration à la main.

d) Examen de l'état apparent des attaches des suspentes et de câbles.

e) Examen des tabliers avec recherches des déformations, en particulier au niveau de la poutre de rigidité.

f) Examen de l'état des appareils d'appui, de leurs scellements et des dispositifs anti-soulèvement des ponts auto-ancrés.

g) Examen de l'état apparent des selles d'appui mobiles et fixes (fig. 12).

h) Examen des zones d'encastrement en pied de pylônes avec recherche de fissures ou d'épaufrures,

ou examen de l'état apparent de l'articulation.

i) Visite des chambres d'ancrage, examen des massifs d'ancrage et recherche d'oxydation au niveau des culots.

j) Examen de l'état de la protection des câbles avec recherche de coulures d'oxydes pouvant révéler une corrosion interne. En l'absence de moyens d'accès à la totalité des câbles, cet examen peut être limité aux parties raisonnablement accessibles.

NOTA : L'attention est attirée sur les mesures de sécurité du personnel à observer lors de ces visites. Il convient, en premier lieu, de s'assurer du bon état de fonctionnement des passerelles de visite existant sur la plupart des ouvrages.

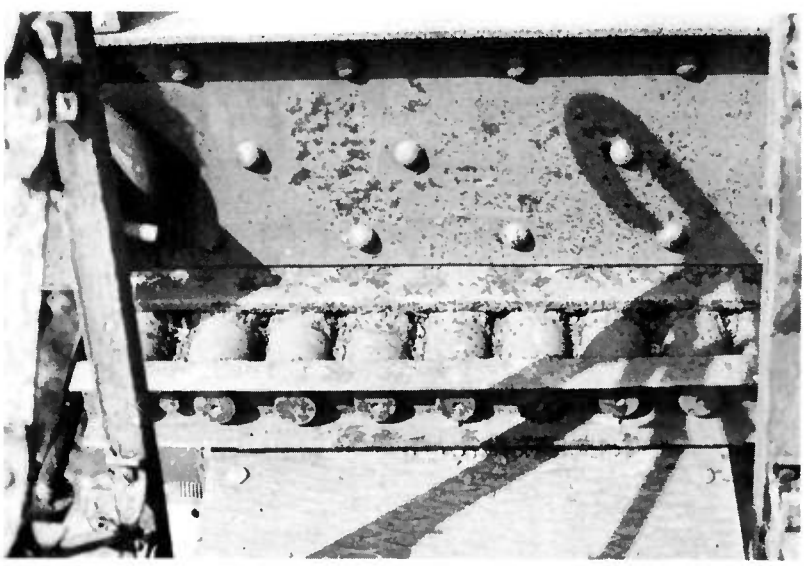


Fig. 12 — Blocage apparent du chariot d'une selle d'appui.

4.4 — INSPECTION DÉTAILLÉE

L'inspection détaillée périodique comprend, outre les opérations visées à la visite annuelle :

— le relevé topographique de l'ouvrage sous charge permanente comprenant le relevé du profil en long et de la position des pylônes et des massifs d'ancrage, avec mention de la température ;

— la vérification de la tension des suspentes par mise en vibration ou pesée au vérin ;

— l'examen détaillé des attaches de suspentes avec recherche des glissements éventuels (fig. 13), et la vérification du serrage des boulons de fixation des colliers ;

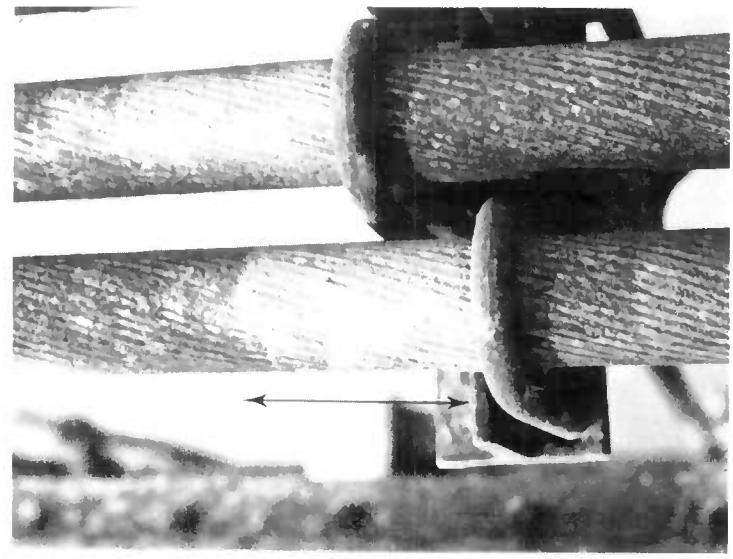


Fig. 13
Glissement de pièce d'attache.

— la vérification du fonctionnement des appareils d'appui ;

— la vérification du fonctionnement des selles d'appui mobiles ;

— la vérification du fonctionnement des articulations en pied de pylônes ;

— l'examen visuel des câbles sur toute leur longueur ;

— l'auscultation électromagnétique des câbles (recherche de l'oxydation et des fils rompus), lorsqu'elle est techniquement possible.

NOTA : *La vérification du fonctionnement de certains organes (selles et articulations) ne pouvant être appréciée qu'au passage des charges, il peut être utile, lors de l'inspection détaillée, de prévoir le passage d'un convoi lourd, afin d'obtenir des déplacements supérieurs à ceux constatés sous trafic normal.*

CHAPITRE 5

Entretien et réparation

5.1 — ENTRETIEN COURANT

L'entretien courant comporte peu de dispositions différant des opérations visées au paragraphe 4.1.1. de la première partie de la présente instruction. Une attention particulière doit être portée au nettoyage des selles d'appui mobiles des câbles et des articulations quand il en existe, ainsi que des abords des chambres et massifs d'ancrages qui doivent être régulièrement débarrassés de la végétation et des débris divers qui peuvent s'accumuler au voisinage des ancrages des câbles, retenant l'humidité et favorisant ainsi la corrosion.

5.2 — ENTRETIEN SPÉCIALISÉ

Les opérations d'entretien spécialisé particulières aux ponts suspendus concernent les parties d'ouvrages suivantes :

— massifs et chambres d'ancrage,
— suspension (câbles et suspentes),
— ancrages des câbles,
— selles d'appui mobiles.

5.2.1 — Massifs et chambres d'ancrage

Chaque fois que cela est possible, il est nécessaire d'assurer l'aération des chambres d'ancrage, au besoin par établissement d'orifices de ventilation haute et basse.

5.2.2 — Suspension

La suspension (câbles et suspentes) est justiciable de deux types d'opérations :

— Réfection périodique de la protection anticorrosion. Une attention particulière doit être apportée au choix des produits de protection qui doivent constituer un système homogène et être compatibles avec ceux préexistant sur les câbles. Ces produits ne sont pas visés par les agréments concernant les systèmes de protection des ossatures métalliques ; il convient donc, dans tous les cas, de prendre conseil auprès du Laboratoire central des Ponts et Chaussées.

Par ailleurs, dans le cas de câbles groupés en faisceau ou en couronne, les zones situées sous les colliers d'attache des suspentes sont justiciables d'un traitement spécial et d'une protection renforcée (interposition éventuelle d'une feuille de zinc).

— Réglage (fig. 14). Cette dernière opération doit être envisagée lorsqu'il est constaté une inégalité de tension des suspentes ou une anomalie dans le profil en long de l'ouvrage ; par anomalie il faut entendre, soit irrégularité du profil en long, soit abaissement général du profil entraînant, le plus souvent, une cassure aux extrémités des tabliers.

Le réglage de suspension peut ne concerner que les suspentes et, le cas échéant, la remise en place des attaches supérieures ayant pu glisser le long des câbles porteurs. Plus rarement le réglage peut concerner les câbles porteurs eux-mêmes avec égalisation des tensions.

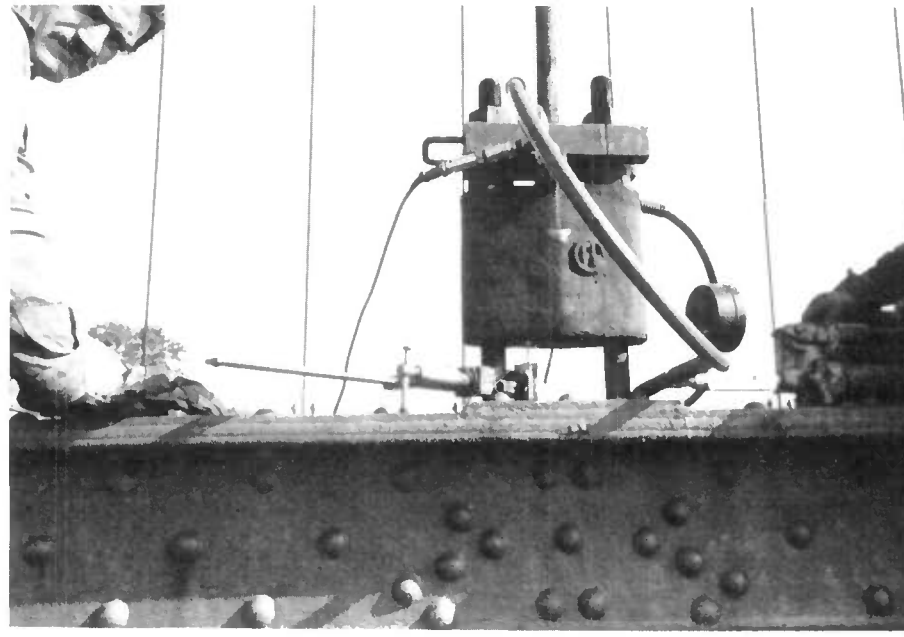


Fig. 14
Réglage de la suspension.

5.2.3 — Ancrages des câbles

Les joints d'étanchéité à l'entrée des culots doivent être refaits périodiquement, à l'occasion de la réfection de la protection anticorrosion, afin d'éviter toute infiltration d'eau. Les tirants d'ancrage doivent être protégés efficacement contre la corrosion.

5.2.4 — Selles d'appui mobiles

Lorsque leur fonctionnement n'est pas satisfaisant, les selles d'appui mobiles doivent être soulevées, les surfaces de roulement doivent être vérifiées et nettoyées, de même que les rouleaux qu'il est d'ailleurs préférable de changer à cette occasion.

5.3 — RÉPARATIONS

Les ponts suspendus peuvent faire l'objet d'un certain nombre d'opérations de réparation qui sont détaillées ci-après. Certaines d'entre elles peuvent être décidées sans que l'ouvrage présente de dégradations particulières et appartiennent donc plutôt aux opérations d'entretien spécialisé ; leur importance a conduit cependant à les classer dans les réparations.

Les opérations spécifiques de réparation des ponts suspendus sont les suivantes :

— Comblement des chambres et galeries d'ancrage et mise à l'air libre des culots.
— Raccourcissement et reculottage des câbles.
— Changement partiel ou total de la suspension. Rénovation ou changement du tablier.
— Réfection des scellements ou remplacement total des appareils d'appui.
— Remise en état des pylônes.

Les opérations ci-dessus ne préjugent en rien des autres opérations de réparation portant sur certaines parties d'ouvrage eu égard à la nature de leur construction et qui relèvent des fascicules spécialisés correspondants.

5.3.1 — Comblement des chambres d'ancrage (fig. 15)

Dans les anciens ouvrages, lorsqu'il est impossible d'assurer une ventilation correcte des chambres, galeries ou puits d'ancrage, il est souhaitable de procéder au comblement, par bétonnage, de ceux-ci. Les culots d'ancrage des câbles sont alors reportés à l'air libre et la reprise d'effort s'effectue par manchonnage, sur les anciens tirants, de barres de reprise noyées dans le béton.

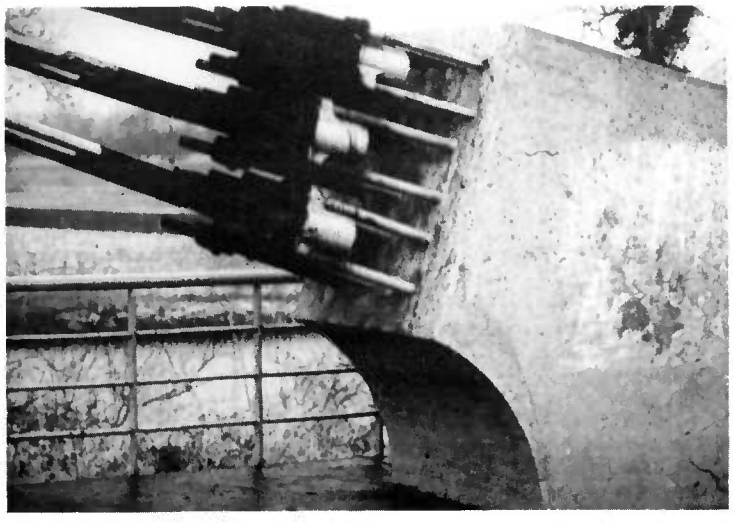


Fig. 15 — Comblement des chambres d'ancrage et mise à l'air libre des culots.

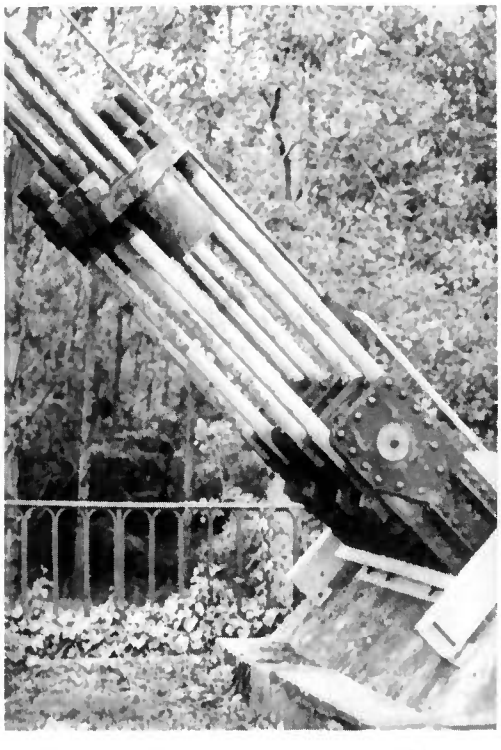


Fig. 16 — Raccourcissement des câbles.

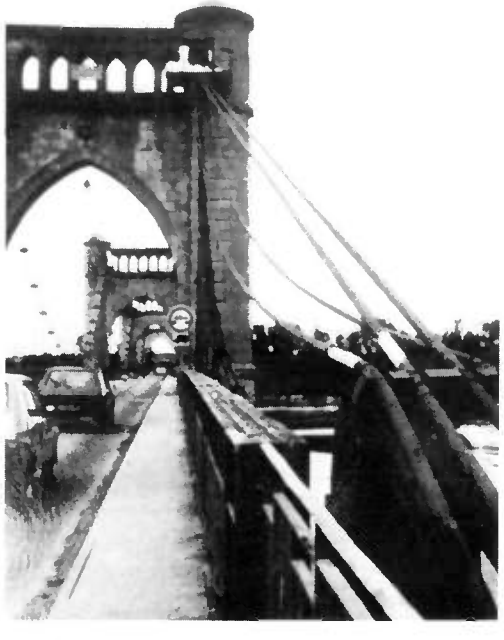


Fig. 17 — Changement de suspension.

5.3.2 — **Raccourcissement des câbles** (fig. 16)

Corrélative à l'opération précédente, l'opération de raccourcissement des câbles peut être également envisagée dans le cas de corrosion prononcée ou de ruptures de fils au niveau des culots d'ancrage, même lorsque ceux-ci sont à l'air libre. On procède alors à un nouveau culottage sur le câble amputé de sa partie défectueuse ; il est indispensable, au préalable, de s'assurer que le câble peut subir cette nouvelle opération. Dans le cas contraire, le remplacement complet du câble doit être envisagé et l'opération relève du changement de suspension.

5.3.3 — **Changement de suspension** (fig. 17)

Le changement de suspension d'un pont suspendu peut être partiel ou total ; il peut ne concerner que les suspentes, particulièrement lorsqu'elles sont constituées de câbles, ou concerner également un, plusieurs ou la totalité des câbles porteurs.

Le changement partiel ou total de suspentes ne présente pas de difficultés particulières ; il est souhaitable, dans cette opération, de remplacer les suspentes en câbles par des suspentes en barres, avec modification des systèmes d'attache.

Le changement d'un ou plusieurs câbles porteurs est une opération très délicate qui présente certains dangers. Dans le cas de câbles en faisceaux ou en nappes serrées, elle doit faire l'objet d'un projet d'ensemble, le changement d'un élément impliquant généralement le démontage de tous les autres. L'opération est plus simple dans le cas de câbles non jointifs ; toutefois, en raison des phénomènes de fluage, le changement partiel de câbles dans une même nappe ou un même faisceau est déconseillé.

Dans tous les cas (changement de suspentes ou changement de câbles) l'opération nécessite une étude effectuée par un service technique spécialisé, les matériaux utilisés et les différentes phases de travaux doivent être parfaitement définis, de même que la répartition des efforts au cours de ces différentes phases, notamment en cas d'utilisation d'une suspension provisoire et au cours du transfert de charges de l'ancienne suspension sur la nouvelle. Il est donc nécessaire de s'assurer une assistance technique pendant les travaux. Après mise en place et mise en tension, une vérification d'ensemble et un réglage de tous les éléments de la suspension doivent être effectués. De plus, en raison des phénomènes de fluage, un réglage de la suspension doit être effectué environ un an après le remplacement ; il doit être prévu au marché de travaux. Il est recommandé, pour minimiser ces phénomènes de fluage, de mettre en œuvre des câbles ayant subi une pré-tension en usine.

5.3.4 — Opérations sur les appareils d'appui

Les effets dynamiques du trafic, particulièrement sensibles sur les ponts suspendus, entraînant les désordres cités au chapitre 4, il peut être nécessaire de procéder à la réfection des scellements des appareils d'appui. Dans ce cas, il ne faut pas hésiter à surdimensionner, dans la mesure du possible, les nouveaux scellements et, le cas échéant, à revoir la conception et procéder au changement des appareils d'appui, en tenant compte de l'agressivité du trafic actuel pour lequel les ouvrages anciens n'étaient pas conçus.

5.3.5 — Remise en état des pylônes

Le type de réparation le plus important concerne les pylônes présentant une fracturation à leur base, qui sont le plus généralement des pylônes en maçonnerie.

Pour des pylônes modestes, la solution consiste en la mise en place d'un échafaudage provisoire destiné à soutenir la selle d'appui des câbles, puis en un démontage et une reconstitution du fût fracturé.

Les désordres affectant des pylônes relativement élevés requièrent des solutions de réparation spécifiques qui doivent être étudiées en liaison avec un service technique spécialisé.

SOUS-FASCICULE **34.2**

Ponts à haubans

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 - Champ d'application 25

CHAPITRE 2 - Généralités 26
2.1. Description des ouvrages 26
2.2. Dispositions caractéristiques 27

CHAPITRE 3 - Notions sur les causes et la nature des désordres 28
3.1. Pylônes 28
3.2. Câbles et ancrages 28
3.3. Appareils d'appui 29

CHAPITRE 4 - Surveillance 30
4.1. Particularités de la surveillance 30
4.2. Surveillance continue 30
4.3. Visite annuelle 30
4.4. Inspection détaillée 32

CHAPITRE 5 - Entretien et réparation 33
5.1. Entretien courant 33
5.2. Entretien spécialisé 33
5.2.1. Câbles 33
5.2.2. Ancrages des câbles 34
5.2.3. Réparation 34

En raison du faible nombre de ponts à haubans existant en France, les prescriptions figurant dans le présent sous-fascicule ne résultent pas d'une expérience acquise, mais d'une transposition des problèmes rencontrés sur les ponts suspendus, eu égard à la structure particulière des ponts à haubans.

Des renseignements ont pu également être obtenus auprès des responsables de l'administration de la République fédérale d'Allemagne qui compte plus de vingt ouvrages importants de ce type.

CHAPITRE 1

Champ d'application

Les dispositions du présent sous-fascicule sont applicables aux ouvrages dont la fonction porteuse est assurée principalement par des câbles inclinés de tracé rectiligne appelés haubans.

Seules sont traitées les dispositions correspondant à des phénomènes spécifiques ou au mode de fonctionnement particulier à ces ouvrages. Elles sont à compléter par celles définies dans d'autres fascicules (fondations, appuis, ponts métalliques,...).

Sont exclus du champ d'application du présent sous-fascicule les ouvrages comportant des câbles de tracé parabolique et les ouvrages dont la suspension, de type Gisclard, est composée d'un réseau de câbles inclinés et horizontaux, qui relèvent du sous-fascicule « Ponts suspendus » du présent fascicule.

CHAPITRE 2

Généralités

2.1 — DESCRIPTION DES OUVRAGES

Les ponts à haubans se présentent sous la forme d'une structure comportant un tablier en acier (fig. 1) ou en béton (fig. 2) et des organes porteurs : pylônes, en acier ou en béton, travaillant en compression, et câbles inclinés, appelés haubans, travaillant à la traction. Les forces horizontales dues à l'action des câbles sont intégralement reprises par le tablier, ce qui évite d'avoir recours à des massifs d'ancrage.

Fig. 1 — Pont à haubans à tablier métallique.

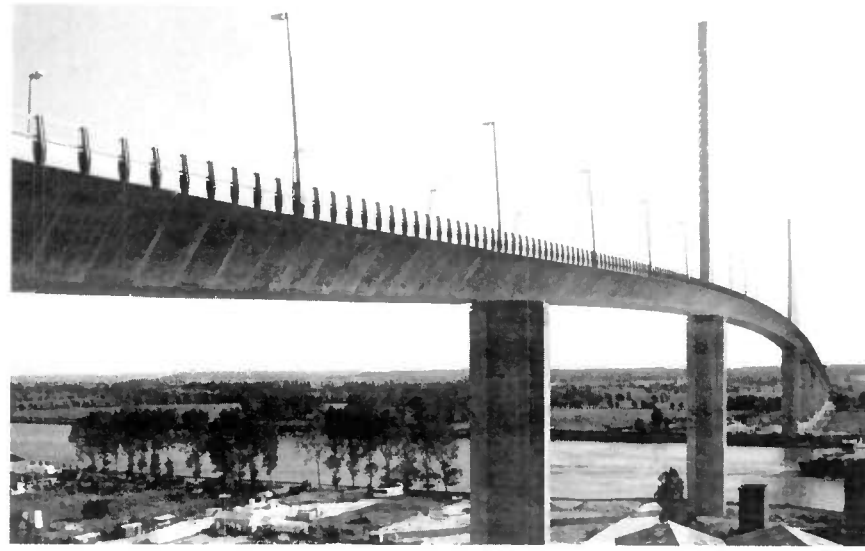


Fig. 2 — Pont à haubans à tablier en béton.

Les haubans peuvent être discontinus, ancrés en partie inférieure sur le tablier de l'ouvrage et en partie supérieure sur un pylône, ou continus, ancrés à leurs deux extrêmités sur le tablier de l'ouvrage avec passage sur une selle d'inflexion solidaire du pylône ou articulée sur ce dernier.

2.2 — DISPOSITIONS CARACTÉRISTIQUES

Trouvant leur origine vers 1600 à Venise où Vérantius construisit un ouvrage dont les haubans étaient constitués de barres à œils, les ponts à haubans connurent un développement relativement important au cours du XIXe siècle. Mais la méconnaissance de la répartition réelle des efforts et l'impossibilité de tendre suffisamment les haubans en raison des caractéristiques mécaniques trop faibles des matériaux de l'époque, entrainèrent la ruine d'un certain nombre d'ouvrages. Ce type de structure fut donc abandonné au profit des ponts suspendus. Le seul exemple subsistant en France est le pont de Lezardrieux (fig. 3), construit en 1925, et qui peut être considéré comme un prototype des ponts à haubans modernes.

Construits aux alentours des années 1950, notamment en Allemagne, les premiers ponts à haubans modernes comportent un nombre de haubans relativement faible. Les haubans fonctionnant comme des appuis élastiques, leur grand espacement nécessitait une rigidité de flexion des tabliers relativement importante. Puis la tendance a évolué vers l'augmentation du nombre des haubans conduisant à une réduction de leur section, de leur espacement et de la rigidité des tabliers.

Hormis une configuration leur donnant une grande rigidité transversale et de torsion et un bon comportement aérodynamique, afin de résister aux effets statiques et dynamiques du vent, les tabliers des ponts à haubans ne présentent, en fait, de dispositions particulières que les zones d'ancrages des câbles, où sont appliquées des forces concentrées. Les parties proprement spécifiques des ponts à haubans sont les pylônes d'appui ou d'ancrage des câbles, les câbles et leurs ancrages, ainsi que les dispositifs de reprise des efforts verticaux dans les travées de rive qui sont, le plus souvent, reportés au niveau de l'ancrage du tablier sur les culées, mais qui peuvent être également répartis au niveau des attaches de haubans sur le tablier (cas du pont de Duisbourg en RFA). Sièges de sollicitations particulièrement importantes, ce sont ces éléments qui doivent faire l'objet d'une surveillance spécifique.

Fig. 3
Pont de Lezardrieux.

CHAPITRE 3

Notions sur les causes et la nature des désordres

Outre les désordres affectant les fondations, les appuis ou les tabliers, qui sont traités dans les fascicules correspondants, certains désordres peuvent se manifester dans les parties spécifiques visées au chapitre 2.

3.1 — PYLÔNES

Le comportement des pylônes dépend de leur mode de liaison aux câbles, au tablier ou aux piles (articulation en pied ou encastrement). Le pied des pylônes encastrés, outre un effort de compression important dû à la réaction verticale des câbles, est soumis à des efforts de flexion (moment d'encastrement) variables en fonction des charges. L'articulation en pied de pylône se rencontre notamment dans le cas de mauvaise qualité du sol de fondation ; son mauvais fonctionnement peut entraîner des désordres, soit dans le corps même du pylône, soit au niveau des fondations par transmission d'efforts parasites.

En partie supérieure des pylônes, il convient de distinguer deux cas suivant que les câbles sont continus ou discontinus.

Les câbles continus passent sur des selles fixes ou mobiles ; les selles fixes ne posent pas de problème particulier, à la différence des selles mobiles dont le blocage (par grippage par exemple) entraîne une modification du mode de fonctionnement de la structure pouvant provoquer des désordres, notamment dans le pylône par création de moments de flexion excessifs.

Dans le cas de câbles discontinus, les tensions dans deux câbles opposés entraînent un effort horizontal de traction au niveau des points d'attache. Dans le cas de pylônes en béton, si la section correspondante du pylône n'a pas été convenablement dimensionnée (chaînage) à la conception, il peut en résulter, à terme, des désordres graves (fissuration,...).

3.2 — CÂBLES ET ANCRAGES

Deux types de câbles sont utilisés dans la construction des ponts à haubans :

— les câbles monotorons composés de fils enroulés en hélices sur plusieurs couches, et identiques aux câbles porteurs des ponts suspendus ; ils sont laissés à l'air libre, leur protection est assurée par peinture, les fils constitutifs peuvent être galvanisés ;

— les câbles composés de fils ou de torons parallèles ancrés individuellement, du type de ceux utilisés dans les constructions en béton précontraint par post-tension, qui sont entourés d'une gaine et protégés par injection.

Les désordres à craindre peuvent être dus soit à la corrosion, soit aux effets de fatigue.

Les effets de la corrosion sont différents suivant qu'il s'agit de câbles monotorons ou de câbles à fils ou torons parallèles.

• *Les câbles monotorons* bien que recouverts d'un produit de protection par peinture, sont le siège d'une circulation d'eau infiltrée dans les vides interfilaires. Du fait de leur tracé rectiligne, la corrosion est peu à craindre en partie courante, mais la rétention d'eau s'effectue aux points bas, au niveau des ancrages (fig. 4), provoquant soit une corrosion par dissolution avec réduction de section des fils, soit une corrosion fissurante sous tension avec rupture de fils individuels : le processus est essentiellement fonction de la composition chimique de l'acier constitutif.

Fig. 4 — Hauban en câble monotoron.
Rétention d'eau en partie basse et conséquences.

• *Les câbles à fils ou torons parallèles* sont placés, quant à eux, dans une gaine continue d'un ancrage à l'autre et remplie d'un produit de protection (coulis). Lorsque les opérations de mise en œuvre ont été effectuées correctement et tant que les ancrages sont bien cachetés, aucune infiltration d'eau n'est à craindre. Dans le cas contraire, l'eau peut s'infiltrer et séjourner au voisinage des fils, dans les zones où le coulis de protection est soit dégradé soit absent ; on peut alors craindre des effets de corrosion fissurante sous tension.

Les effets de fatigue ont pour cause des variations de contrainte répétées et sont localisés préférentiellement dans les zones où les câbles sont en contact avec d'autres organes et qui sont le siège de concentrations de contraintes complexes : en outre, les inévitables variations angulaires entre les câbles et le tablier provoquent, à la sortie des ancrages, principalement lorsque ceux-ci ne sont pas articulés sur le tablier, des moments de flexion d'intensité variable. Un effet similaire peut être également provoqué par la vibration des haubans sous l'action du vent, effet lié à la conception générale de l'ouvrage et dont les amplitudes sont essentiellement variables. Ces phénomènes cumulés peuvent provoquer des ruptures de fils au ras des organes d'ancrages, voire à l'intérieur de ceux-ci.

3.3 — APPAREILS D'APPUI

Se reporter à l'article 3.6 du sous-fascicule 1 « Ponts suspendus » du présent fascicule. Il convient en outre de noter que, dans le cas des ponts à haubans, les appareils d'appui des travées de rive sont soumis à des efforts de traction importants et que leur bonne tenue conditionne l'équilibre général de l'ouvrage.

CHAPITRE 4

Surveillance

4.1 — PARTICULARITÉS DE LA SURVEILLANCE

Les ponts à haubans font l'objet d'une surveillance particulière et les points suivants doivent être soumis à un examen attentif :

— zones d'ancrage des câbles sur le tablier (fig. 5),

— pylônes dans leur ensemble et plus particulièrement les zones d'ancrage ou d'appui des câbles, et la liaison aux piles ou au tablier,

— câbles dans leur ensemble et plus particulièrement les ancrages,

— appareils d'appuis et ancrages des travées de rive.

Les autres parties de ces ouvrages font l'objet d'une surveillance adaptée à la nature de leur construction (fondations, appuis ponts métalliques,...) en application des dispositions des fascicules correspondants.

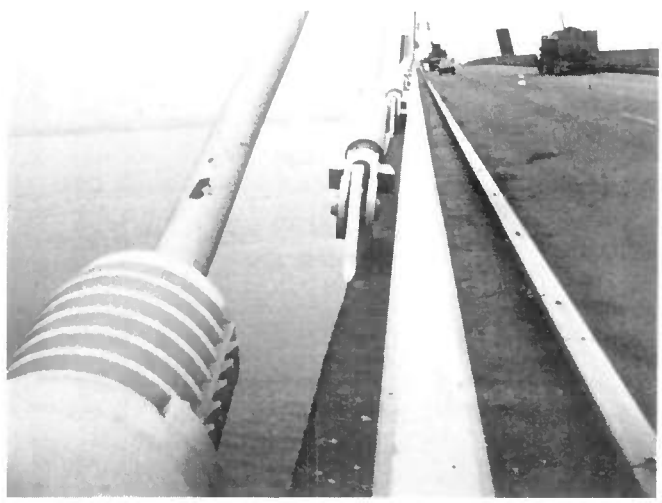


Fig. 5 — Zone d'ancrage des haubans sur le tablier.

4.2 — SURVEILLANCE CONTINUE

La surveillance continue comporte essentiellement l'examen de l'allure générale du profil en long, dont les irrégularités peuvent révéler une variation anormale de la tension des haubans, ainsi que l'observation de la vibration éventuelle des haubans en fonction de la vitesse du vent. Des dispositifs simples peuvent être installés à demeure afin d'évaluer l'amplitude de ce dernier phénomène (fig. 6).

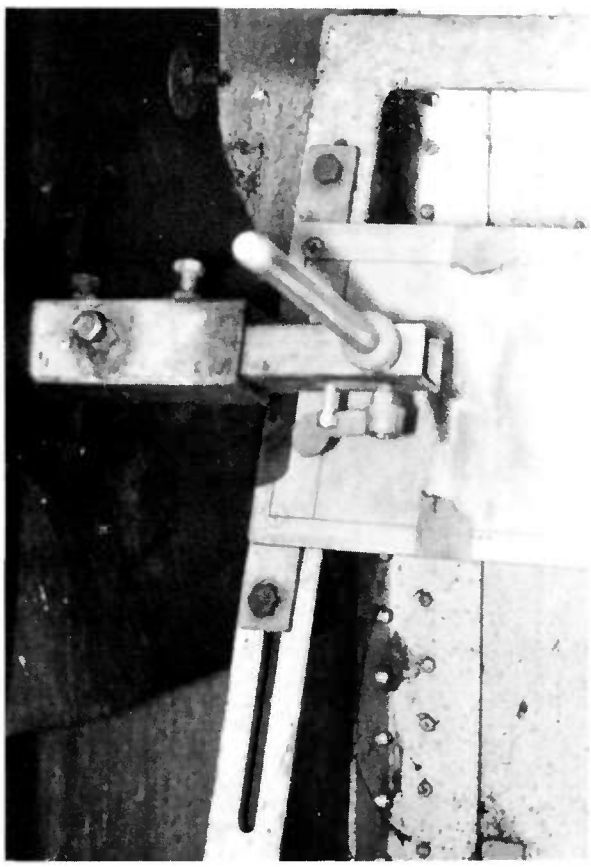
4.3 — VISITE ANNUELLE

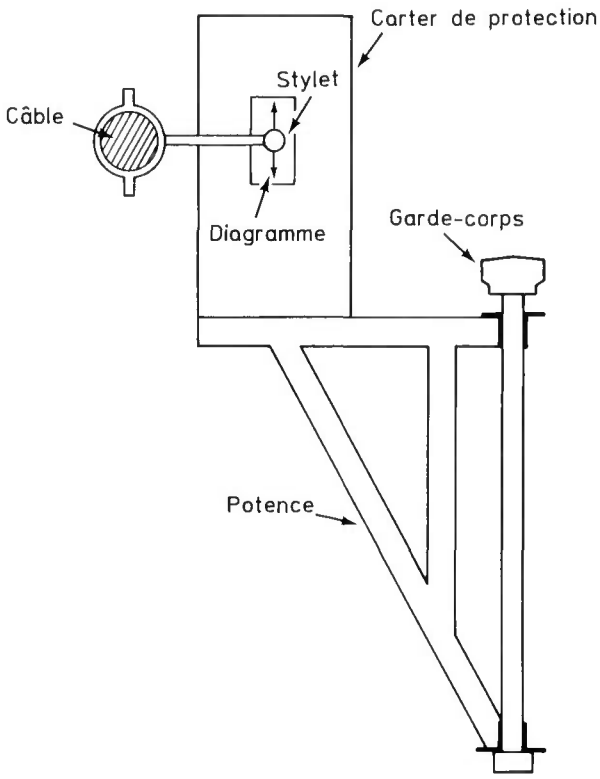
La visite comporte obligatoirement les opérations suivantes :

a) Examen visuel de l'allure générale du profil en long.

b) Examen des zones d'ancrage des câbles sur le tablier avec recherche de fissures dans les zones périphériques.

Fig. 6 — Dispositif de surveillance de l'amplitude de vibration d'un hauban.





c) Examen des zones d'ancrage en tête de pylônes avec recherche de fissures ou examen de l'état apparent des selles d'appuis mobiles.

d) Examen des zones d'encastrement en pied de pylônes avec recherche de fissures ou d'épaufrures ou examen de l'état apparent de l'articulation.

e) Examen des ancrages des câbles ; en particulier sortie des culots des câbles monotorons (fig. 7) avec recherche visuelle de fils rompus, partie arrière des ancrages des câbles à fils ou torons parallèles avec état du cachetage. Dans les deux cas, recherche des possibilités d'infiltration d'eau et des indices d'infiltration (coulures,...).

f) Examen de l'état de la protection des câbles monotorons ou de la gaine périphérique des câbles à fils ou torons parallèles. En l'absence de moyens d'accès à la totalité des câbles, cet examen peut être limité aux parties raisonnablement accessibles.

Fig. 7 — Sortie de culot d'un câble monotoron.

4.4 — INSPECTION DÉTAILLÉE

L'inspection détaillée périodique comprend, outre les opérations visées à la visite annuelle :

— le relevé topographique de l'ouvrage sous charge permanente, comprenant le relevé du profil en long et de la position des pylônes, avec mention de la température ;

— la vérification de la tension des haubans (par mise en vibration par exemple) ;

— l'examen visuel des câbles ou de leur gaine sur toute leur longueur ;

— l'auscultation électromagnétique des câbles monotorons (recherche de l'oxydation et des fils rompus) ;

— la vérification du bon fonctionnement des selles d'appui mobiles ;

— la vérification du bon fonctionnement des articulations en pied de pylônes ;

— la vérification du bon fonctionnement des appareils d'appui et de l'intégrité des ancrages des pièces soumises à des efforts de traction.

NOTA : *La vérification du bon fonctionnement de certains organes (selles et articulations) ne pouvant être appréciée qu'au passage des charges, il peut être utile, lors de l'inspection détaillée, de prévoir le passage d'un convoi lourd, afin d'obtenir des déplacements supérieurs à ceux constatés sous trafic normal.*

CHAPITRE 5

Entretien et réparation

5.1 — ENTRETIEN COURANT

L'entretien courant comporte peu de dispositions différant des opérations visées au paragraphe 4.1.1 de la première partie de la présente instruction. Une attention particulière doit être portée au nettoyage des selles d'appui mobiles des câbles et des articulations quand il en existe.

5.2 — ENTRETIEN SPÉCIALISÉ

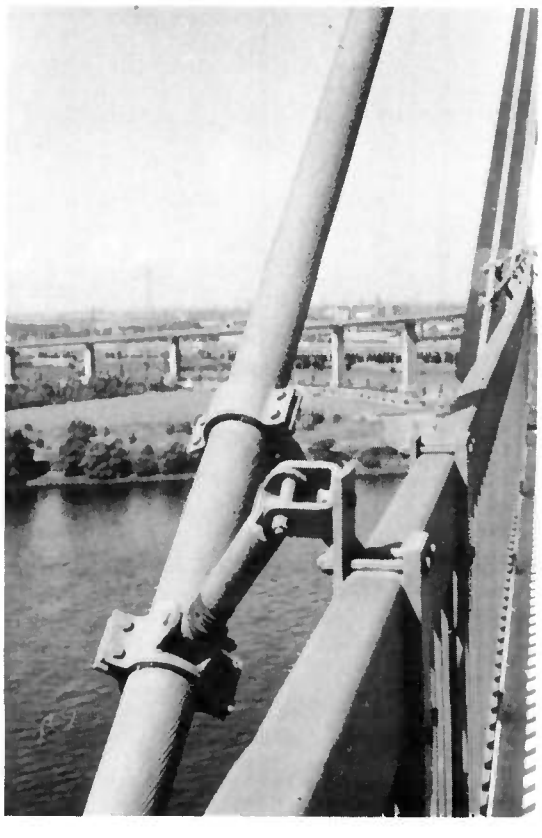
Les opérations d'entretien spécialisé particulières aux ponts à haubans concernent les parties d'ouvrages suivantes :

— les câbles,
— leurs ancrages,
— les selles d'appui mobiles.

5.2.1 — Câbles

La protection anticorrosion des câbles monotorons doit être refaite périodiquement.

En outre, en raison des pertes différées, un réglage par remise en tension des câbles peut être nécessaire ; il doit être envisagé lorsqu'une anomalie est constatée dans le profil en long de l'ouvrage.



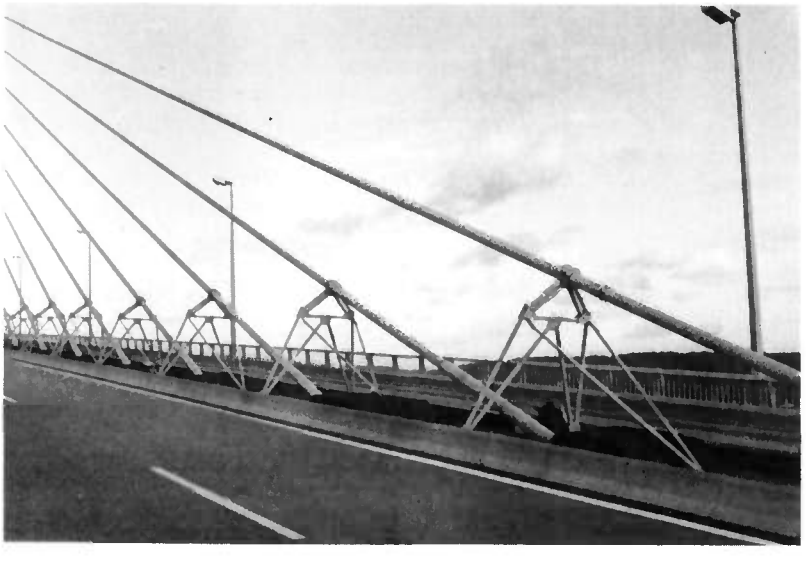


Fig. 8 — Deux exemples de dispositifs amortisseurs.

Par ailleurs, lorsque des vibrations anormales sont constatées, susceptibles d'engendrer des effets de fatigue, il convient de mettre en place des dispositifs amortisseurs (fig. 8) ainsi que, le cas échéant, à proximité des ancrages, des sellettes d'appui dont le rôle essentiel est de reporter la zone de flexion du câble en dehors de la zone sensible d'entrée dans le culot d'ancrage (fig. 9).

Fig. 9 — Sellette d'appui à proximité de l'ancrage.

5.2.2 — Ancrages des câbles

Les joints d'étanchéité à l'entrée des culots des câbles monotorons doivent être refaits si nécessaire, afin d'éviter toute infiltration d'eau.

De même, les cachetages des ancrages des câbles à fils ou torons parallèles doivent être maintenus en état.

5.2.3 — Réparation

Les réparations spécifiques des ponts à haubans sont le changement partiel ou total des haubans et le renforcement des zones d'ancrage des câbles. Pour les autres réparations, il convient de se reporter aux fascicules correspondants de l'instruction.

Le changement d'un ou plusieurs haubans est une opération délicate. Dans le cas de haubans en faisceaux ou en nappes serrées, elle doit faire l'objet d'un projet d'ensemble, le changement d'un élément impliquant généralement le démontage de tous les autres. L'opération est plus simple dans le cas de haubans continus non jointifs et ne présente pas de difficulté particulière dans le cas des haubans discontinus ancrés individuellement.

Dans tous les cas, les différentes phases des travaux doivent être parfaitement définies, de même que la répartition des efforts au cours de ces différentes phases. Après mise en place et mise en tension, une vérification d'ensemble et, le cas échéant, un réglage de la tension de tous les haubans doivent être effectués. De plus, en raison des phénomènes de fluage, un réglage de tension doit être effectué environ un an après le remplacement ; il doit être prévu au marché de travaux.

Il est recommandé, pour minimiser ces phénomènes de fluage, de mettre en œuvre des câbles ayant subi une pré-tension en usine.

Annexes

ANNEXE 1

DOCUMENTATION - BIBLIOGRAPHIE

— NAVIER, *Mémoire sur les ponts suspendus*, 2e éd. (Carilian-Goeury, Paris, 1830).

— JULLIEN, Note sur quelques propriétés qu'affecte la chaîne d'un pont suspendu, *Ann. P. et Ch.* - 1re série - 1er semestre 1887.

— PH. CROIZETTE DESNOYERS, *Cours de construction des ponts*, Tome II - Chapitre XII (Vve. Ch. Dunod, 1885).

— D. AMOUROUX, B. LEMOINE, L'âge d'or des ponts suspendus en France, 1823-1850, *Ann. P. et Ch.*, **19**, 3e trimestre 1981.

— J. COURBON, *Cours de résistance des matériaux*, chapitre XXVII - Ponts suspendus à poutre de rigidité (1971), Dunod.

— W. POLODNY, J.B. SCALZI, *Construction and design of cable stayed bridges*, John Wiley and Sons, New York, 1976.

— M.S. TROITSKY, *Cable stayed bridges. Theory and design*, Crosby Lockwood Staples, London, 1977.

— NIELS J. GIMSING, *Cable supported bridges, Concept and design*, John Wiley and Sons, New York, 1983.

— R. WALTHER, *Ponts haubanés*, éd. Presses polytechniques romandes, 1985, 200 p.

— MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET DU LOGEMENT, Circulaire n° 72-96 du 29 juin 1972 relative à la surveillance et à l'entretien des ponts suspendus, ponts à haubans et ouvrages analogues.

— MINISTÈRE DES TRANSPORTS, *Défauts apparents des ouvrages d'art métalliques*, LCPC-SETRA, 1981.

— LCPC-SETRA, *Nomenclature des parties d'ouvrages d'art métalliques*, à paraître.

— LCPC-SETRA, *Les ponts suspendus en France*, à paraître.

ANNEXE 2

MODÈLE DE DOCUMENT SIGNALÉTIQUE

Indication du Service :

Pont suspendu de .....
Pont à haubans de .....

DOCUMENT SIGNALÉTIQUE

— Date de mise à jour :
— Nombre de pages :

1 — IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE

Numéro d'identification :		
Département	Voie(s) concernée(s)	P.R. (ou P.K.) origine

Nature et nom de l'ouvrage	Commune(s)

— Maître d'ouvrage : (avec référence aux actes administratifs)
— Service gestionnaire : (arrondissement et subdivision)
— Permissionnaire et occupants de voirie :
(avec références aux permissions de voirie et autres actes administratifs)
— Obstacle(s) franchi(s) :
(nature, statut juridique et dénomination, service gestionnaire, P.R. ou P.K. de l'ouvrage sur la ou les voies franchies).
— Photographie de l'ouvrage (en élévation) :
— Schéma de situation de l'ouvrage :
— Perspective schématique du site avec les indications suivantes :

- points cardinaux,
- direction, numérotation et P.R. ou P.K. sur les voies,
- sens du courant sur la rivière,
- numérotation des appuis (piles et culées).

2 — CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

2.1 — Type de structure (description sommaire) :

2.2 — Nature(s) des matériaux de la structure :

2.3 — Ouverture de la brèche franchie :

2.4 — Longueur de l'ouvrage :

2.5 — Biais (géométrique) de l'ouvrage :

2.6 — Ouvrage(s) de soutènement contigu(s) (description) :

2.7 — Étendue de la zone d'influence (oui, non) :

2.8 — Rayon de courbure en plan de la voie portée :

2.9 — Profil en long de la voie portée (nature, pente(s)) :

2.10 — Profil en travers de la voie portée (nature, pente(s)) :

2.11 — Nombre de travée(s) suspendue(s)
- Portées des travées (dans le sens des P.R. croissants)

2.12 — Largeur de l'ouvrage entre dispositifs de sécurité (garde-corps, barrières,...) :

- Largeur roulable,
- Trottoirs (nombre, largeur(s)),
- Nombre de voies de circulation.

2.13 — Nombre d'appuis intermédiaires :

2.14 — Nombre d'appuis en site aquatique :

2.15 — Pylônes :

Ponts suspendus

- Nature (encastrés, articulés, flexibles),
- Disposition (indépendants, en portique),
- Matériau et structure :
  - Maçonnerie
  - Beton (massifs, en caisson)
  - Acier (triangulés, en caisson)

Ponts à haubans

- Nature (encastrés sur le tablier, encastrés sur pile, articulés),
- Disposition (simple, double, en portique, en A),
- Matériau et structure :
  - Béton (massifs, en caisson)
  - Acier

2.16 — Selles sur pylônes :

- Fixes,
- Mobiles.

2.17 — Suspension :

Ponts suspendus

- Câbles porteurs :
  - Nombre
  - Diamètres
  - Disposition géométrique (en nappe, en faisceau, en couronne)
  - Continus
  - Interrompus sur pylônes
- Câbles de retenue :
  - Nombre
  - Diamètre
  - Disposition
- Câbles de tête :
  - Nombre
  - Diamètre
- Autres câbles (haubans en travée, câbles au vent)
- Suspentes :
  - Nature (fer forgé, câbles, acier,...)
  - Disposition (simple, double)

Ponts à haubans

- Nature (câbles monotorons, câbles type précontrainte)
- Disposition générale :
  - transversale (nappe unique, nappe double, verticale, inclinée)
  - longitudinale (convergents, en éventail, en harpe, en étoile)
- Disposition géométrique (isolés, en nappes, en faisceau)
- Nombre
- Diamètre ou composition (torons, fils parallèles)
- Continus
- Ancrés sur pylône
- Pour les câbles type précontrainte :
  - Nature de la gaine (acier, polyéthylène,...)
  - Produit d'injection (coulis, graisse,...)

2.18 — Ancrages :

Ponts suspendus

- Massifs à l'air libre
- Chambres d'ancrage :
  - Simples
  - En puits
  - En galerie semi-circulaire

Ponts à haubans

- Sur tablier, sur pylônes :
  - Isolés
  - Groupés
  - Articulés
  - Encastrés
- Dispositifs de réglage (oui-non)

2.19 — Limitation de charge :

Date de décision :

2.20 — Limitation(s) de gabarit(s) :

- Voie(s) franchie(s) :

  • Gabarit transversal : Date de décision :
  • Tirant d'air : Date de décision :

- Voie portée :

  • Gabarit transversal : Date de décision :
  • Tirant d'air : Date de décision :

2.21 — Limitation(s) de vitesse(s) :

- Voie franchie : Date de décision :
- Voie portée : Date de décision :

2.22 — Élévation générale avec cotes principales et indication des différents points de repérage topométrique :

2.23 — Coupes schématiques :

2.24 — Aménagement(s) postérieur(s) à la mise en service :

(description, date, références au dossier d'ouvrage)

2.25 — En cas d'interruption de la circulation sur (ou sous) l'ouvrage :

- Une déviation est possible de la voie franchie par :
- Une déviation est possible de la voie portée par :
- Existence d'un plan de détournement de circulation dans le dossier de l'ouvrage (oui-non) :

2.26 — Caractéristiques particulières :

(site d'exposition, agressivité de la zone d'influence,...)

2.27 — Photographies et schémas particuliers et caractéristiques (avec légende) :

3 — CONCEPTION ET CONSTRUCTION

3.1 — Date de la construction :

3.2 — Date de mise en service :

3.3 — Environnement et renseignements géologiques :

3.3.1 — Appréciation sur la stabilité des terrains concernés :
3.3.2 — Hydrogéologie (nappe, régime des eaux) :
3.3.3 — Carrière(s) et ouvrage(s) de décharge situé(s) à proximité :

3.4 — Construction :

3.4.1 — Service constructeur :
3.4.2 — Entreprise(s) ayant participé à la construction :
3.4.3 — Hypothèses de calcul (règlement(s) particularité(s)) :
3.4.4 — Nature(s) et origine(s) des matériaux mis en œuvre (câbles, tablier,...) :
3.4.5 — Incident(s) de construction :
3.4.6 — Étanchéité (type, emplacement) :
3.4.7 — Revêtement de chaussée (type, épaisseur) :
3.4.8 — Système(s) d'évacuation des eaux (description, emplacement) :
3.4.9 — Appareils d'appui (nombre, type) :
3.4.10 — Équipement(s) sur ouvrage (type(s), emplacement(s)) :
3.4.11 — Réseaux divers portés (nature(s), dimension(s), réservation(s)) :
3.4.12 — Réseaux divers franchis (nature(s), dimension(s), réservation(s)) :
3.4.13 — Dispositifs de surveillance (nature(s), emplacement(s)) :
3.4.14 — Dispositifs de destruction des ouvrages (nature(s), emplacement(s)) :
3.4.15 — Remarques particulières :

4 — ÉTAT DE RÉFÉRENCE - VIE DE L'OUVRAGE

Pour chacune de ces rubriques, énumération, description succincte et référence au dossier d'ouvrage.

4.1. — État de référence

et particularités signalées dans le document de synthèse des pièces du dossier :

4.2 — Études, essais, reconnaissances, auscultations :

(date(s), résultats).

4.3 — Constatations de désordres :

(date(s), nature(s), localisation(s) et évolution(s) éventuelle(s)).

4.4 — Rechargement(s) de la voie portée :

(date, méthode suivie, épaisseur mise en place).

4.5 — Entretien spécialisé et travaux de réparation :

(date(s), nature(s) et localisation(s)).

4.6 — Projet(s) d'amélioration :
(élargissement, rectification, etc.)

4.7 — Points particuliers :

(fréquence des visites d'appuis immergés, des relevés topométriques, précautions à prendre pour visites et inspections détaillées, accès aux pylônes, personne(s), dépositaire(s) des clefs d'accès particuliers, etc.).

5 — BIBLIOGRAPHIE

— **Cartes géologiques** (numéros, dates, références) :

— **Cartes topographiques** (numéros, dates, références) :

— **Photographies de la couverture aérienne** (numéros, dates, références) :

— **Principaux articles techniques publiés sur l'ouvrage** (références) :

— **Références des actes administratifs relatifs à l'ouvrage** (conventions internationales, consignes d'exploitation,...) :

ANNEXE 3

MODÈLE DE PROCÈS-VERBAL DE VISITE ANNUELLE

Indication du Service :

Numéro d'identification :
Date du procès-verbal :
Feuillet n° :

PROCÈS-VERBAL DE VISITE ANNUELLE

Le présent procès-verbal comprend... feuillets. Chaque feuillet doit comporter le numéro d'identification et la date du procès-verbal.

1 — IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE

Numéro d'identification :		
Département	Voie(s) concernée(s)	P.R. (ou P.K.) origine

Nature et nom de l'ouvrage	Commune(s)

1.1 — Photographie d'ensemble (éventuellement)

2 — VIE DE L'OUVRAGE

2.1 — Documents de référence

— Date de construction de l'ouvrage :

— Date de la précédente visite annuelle :

— Date de la dernière inspection détaillée :

— Date(s) des dernières vérifications réglementaires concernant les ouvrages des occupants du domaine public :

— Date de la dernière visite des fondations en site aquatique (le cas échéant) :

— Date des dernières vérifications des installations mécaniques, électriques ou électromécaniques existantes sur l'ouvrage (le cas échéant) :

— Date et nature de la dernière intervention sur la zone d'influence de l'ouvrage :

— Date de la dernière mise à jour du document signalétique :

2.2 — Constatations et faits intervenus depuis la dernière visite ou inspection :
(description(s), date(s), référence(s) au dossier d'ouvrage).

2.3 — Travaux d'entretien spécialisé et réparations effectués depuis la précédente visite annuelle :
(description(s), date(s), référence(s) au dossier d'ouvrage).

2.4 — Campagne(s) de mesures et essais divers effectués depuis la dernière visite ou inspection :
(description(s), date(s), référence(s) au dossier d'ouvrage).

3 — CONDITIONS DE LA VISITE

3.1 — Date de la visite :

3.2 — Équipe de visite :
(nom(s) et fonction(s)).

3.3 — Autres participants à la visite :
(nom(s) et fonction(s)).

3.4 — Moyens mis en œuvre :
(accès, signalisation temporaire).

3.5 — Conditions atmosphériques :
(température, précipitations au cours du mois précédent la visite, si possible).

3.6 — Conditions particulières de la visite :
(difficultés, incidents).

4 — CONSTATATIONS

Chaque constatation doit être localisée, décrite et faire l'objet, si possible, de renseignements chiffrés (largeur, longueur, surface, ouverture et, si nécessaire, des croquis ou des photographies sont à joindre).

4.1 — Zone d'influence aux abords et aux accès de l'ouvrage :

4.1.1 — Étendue de la zone visitée :
4.1.2 — Zones d'accès et abords de l'ouvrage :
4.1.2.1 — Remblais, talus, quarts de cône perrés (stabilité, ravinements, tassements, érosion, débris divers,...)
4.1.2.2 — Système d'évacuation et de drainage des eaux aux abords (existence, nature, fonctionnement)
4.1.2.3 — Chaussée et revêtements des accès (fissuration, faïençage, flaches, points bas, défauts particuliers)
4.1.2.4 — Raccordements des accès avec l'ouvrage (marche d'escalier, affaissement, venues d'eau)
4.1.2.5 — Dispositif de protection (existence, nature, alignement, état)
4.1.2.6 — Constatations diverses (déplacements ou inclinaisons anormales d'arbres, de poteaux électriques ou téléphoniques, traces d'animaux pouvant exercer des dégradations, dépôts divers, travaux réalisés aux abords,...)
4.1.2.7 — Ouvrages annexes (ouvrages souterrains de voirie des concessionnaires ou autres permissionnaires de voirie,...).

4.2 — Tablier de l'ouvrage :

4.2.1 — Profil en long général de l'ouvrage (alignement apparent, cassure éventuelle du garde-corps... le nivellement si nécessaire est à joindre au présent P.V.).
4.2.2 — Déformations des poutres de rigidité (ponts suspendus uniquement) :
4.2.3 — Chaussée et revêtement du tablier (fissuration, faïençage, défauts particuliers, rechargements) :
4.2.4 — Trottoirs et bordures (alignement, descellement, cassures, absences d'éléments, traces de chocs, comparaison entre la hauteur de la bordure et celle figurant au dossier qui permet de contrôler l'importance d'un rechargement de la chaussée) :
4.2.5 — Dispositifs de protection (existence, nature, alignement, état) :
4.2.6 — Réservations de réseaux divers (existence, nature, utilisation, état,...) :
4.2.7 — Signalisation permanente (existence, adaptation, état,...) :
4.2.8 — Dispositifs de surveillance et de nivellement (existence, état, relevés,...), pour les ponts à haubans dispositifs d'enregistrement de vibration de câbles :
4.2.9 — Divers (présence de végétation, de dépôts,...) :

4.3 — Pylônes :

- État des zones d'encastrement ou des articulations
- État des traverses de portiques (fissurations,...)

4.4 — Selles :

- Propreté
- Symptômes de blocage (corrosion,...)

4.5 — Suspension :

- État de la protection (cloquage, craquelage, décollement, disparition) ou état de la gaine périphérique
- Détoronnages
- Oxydation, gonflement
- Fils rompus

Ponts suspendus

- Pour les câbles porteurs et les câbles de tête
  Déversement de nappes
- Pour les câbles de retenue
  Inégalité flagrante de tension
- Pour les suspentes
  Inégalité flagrante de tension
  Défauts de verticalité
  - suspentes en câbles : état des culots
  - suspentes en barres : état des attaches (articulations)

Ponts à haubans

Inégalité flagrante de tension

4.6 — Ancrages :

Ponts suspendus

- Stabilité des massifs d'ancrage (indices de mouvements)
- État des chambres (humidité, aération)
- État des tirants (corrosion)
- État des culots (oxydation, glissements)

Ponts à haubans

- État des zones d'ancrage (fissures,...)
  - sur tablier
  - sur pylônes
- État des culots (oxydation, glissements) ou
- État des ancrages
  - Cachetage
  - Coulures d'oxydes
- Sorties de culots (fils rompus,...)

4.7 — Appareils d'appui :

- État, mobilité
- Battements sous circulation
- État des scellements.

Pour les paragraphes 4.3 à 4.7, la liste n'est pas exhaustive ; se reporter au catalogue des défauts apparents des ouvrages d'art métalliques « 2 - Défauts spécifiques des ponts suspendus et à haubans ».

4.8 — Fondations :

Indices apparents d'évolution des fondations, état des enrochements, érosions, affouillements, travaux de dragage, de curage... Le cas échéant, constatations faites par les plongeurs autonomes.

4.9 — Dispositifs de visite et d'entretien :

Portes d'accès, échelles à crinolines, plates-formes, échelons, trappes de visite, éclairage intérieur (existence, état, sécurité) :

4.10 — Dispositifs de mines permanents éventuels :

État, drainage.

4.11 — Ouvrages annexes :

(Locaux souterrains, emplacements des permissionnaires et occupants de voirie, ouvrages d'élargissement, galeries, structures et matériaux différents ou de fonctionnement indépendant,...) :
Cette liste n'est pas exhaustive ; chaque ouvrage doit être traité séparément en suivant le même processus que pour l'ouvrage principal.

4.12 — Divers :

Équipements mécaniques ou électromécaniques éventuels : existence, état, fonctionnement.

4.13 — Remarques diverses ou générales
(circulation lourde inhabituelle, travaux au voisinage de l'ouvrage,...) :

5 — CONCLUSIONS

5.1 — Observations, suggestions et avis éventuels :

Signature de l'agent ayant conduit la visite annuelle et date :

5.2 — Observations du Subdivisionnaire comportant : [1]

- un avis sur l'état de l'ouvrage,
- l'indication des suites données ou qu'il propose de donner à la visite annuelle [1]
- les décisions prises concernant l'entretien courant,
- les propositions d'entretien spécialisé,
- les propositions de visite complémentaire,
- les propositions d'inspection détaillée exceptionnelle,
- les autres propositions.

Signature du Subdivisionnaire et date :

5.3 — Visa et instructions de l'Ingénieur d'Arrondissement de gestion au Subdivisionnaire :

Signature de l'Ingénieur d'Arrondissement de gestion et date :

---

[1] Les avis, propositions et instructions peuvent faire l'objet d'annexes détaillées.

ANNEXE 4

CADRE DE PROCÈS-VERBAL D'INSPECTION DÉTAILLÉE PÉRIODIQUE

Ce cadre ne s'applique qu'aux inspections détaillées périodiques, à l'exclusion des autres types d'inspection : inspection détaillée avant mise en service, inspection détaillée de fin de garantie, inspection détaillée exceptionnelle, pour lesquelles l'agent conduisant la visite peut, en fonction du but recherché et des constatations effectuées, adapter et modifier le présent modèle.

L'inspection détaillée périodique, valant visite annuelle, l'énumération des points à examiner, explicitée dans le modèle de procès-verbal de la visite annuelle, n'a pas été reprise dans les rubriques correspondantes de l'inspection détaillée périodique si elle ne comportait pas de modification.

Indication du Service

Numéro d'identification :
Date du procès-verbal :
Feuillet n° :

PROCÈS-VERBAL D'INSPECTION DÉTAILLÉE N°

Le présent procès-verbal comprend... feuillets. Chaque feuillet doit comporter le numéro d'identification de l'ouvrage et la date du procès-verbal.

1 — IDENTIFICATION DE L'OUVRAGE

Numéro d'identification :		
Département	Voie(s) concernée(s)	P.R. (ou P.K.) origine

Nature et nom de l'ouvrage	Commune(s)

1.1 — Photographie d'ensemble (éventuellement)

2 — CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

2.1 — Schémas cotés :

- coupe longitudinale,
- vue en plan,
- coupe(s) transversale(s),
- plans de détail (utiles à la compréhension du procès-verbal).

2.2 — Photographies (datées et légendées).

3 — VIE DE L'OUVRAGE

3.1 — Documents de référence

3.1.1 — Date de construction de l'ouvrage :
3.1.2 — Date de la dernière inspection détaillée :
3.1.3 — Date(s) et nature(s) des actions de surveillance effectuées depuis la précédente inspection détaillée :
3.1.4 — Date(s) des dernières vérifications réglementaires concernant les ouvrages des occupants du domaine public :
3.1.5 — Date et nature de la dernière visite des fondations en site aquatique (le cas échéant) :
3.1.6 — Date et nature de la dernière intervention sur la zone d'influence de l'ouvrage :
3.1.7 — Date de la dernière mise à jour du document signalétique :
3.1.8 — Date de la dernière mise à jour des plans d'inspection de l'ouvrage :
3.1.9 — Date des dernières vérifications des installations mécaniques, électriques ou électromécaniques existant sur l'ouvrage (le cas échéant) :

3.2 — Constatations et faits intervenus depuis la dernière action de surveillance

- Enumération datée avec référence(s) au dossier d'ouvrage et interprétation dans le cadre de l'évolution générale de l'ouvrage :

3.3 — Travaux d'entretien courant, spécialisé, ou réparations effectuées depuis la dernière inspection détaillée

- Énumération datée avec référence(s) au dossier d'ouvrage, appréciation sur les résultats obtenus :

3.4 — Campagne de mesures et essais divers effectués depuis la dernière inspection détaillée

- Énumération datée avec référence(s) au dossier d'ouvrage et interprétation des résultats dans le cadre de l'évolution générale de l'ouvrage :

3.5 — Évolution de l'ouvrage avant l'inspection

- Analyse tenant compte des indications et orientations du document de synthèse du dossier d'ouvrage (sous-dossier 2) et des procès-verbaux précédents (sous-dossier 3).

4 — CONDITIONS DE L'INSPECTION

4.1 — Date de l'inspection :

4.2 — Équipe d'inspection (nom(s) et fonction(s)) :

4.3 — Autres participants à l'inspection (nom(s) et fonction(s)) :

4.4 — Moyens mis en œuvre :
(accès, signalisation, nacelle, passerelle, autres matériels)

4.5 — Conditions atmosphériques :
(température, précipitations au cours du mois précédant l'inspection...)

4.6 — Conditions particulières de l'inspection :
(difficultés, incidents,...)

5 — CONSTATATIONS

Le modèle du procès-verbal de visite annuelle (annexe 3) donne une énumération des points à examiner.

En supplément.
Fonctionnement
- des appareils d'appui
- des selles d'appui mobiles
- des articulations en pied de pylônes.

- sous circulation normale
- avec passage d'un convoi lourd (le cas échéant).

6 — MESURES, ESSAIS, RECONNAISSANCES EFFECTUÉS

Relevé topographique de l'ouvrage
Auscultation électromagnétique des câbles

Ponts suspendus	Ponts a haubans
Mesures des tensions dans les suspentes	Vérification de la tension des haubans

7 — DOCUMENTS GRAPHIQUES, PHOTOGRAPHIES

8 — INTERPRÉTATION DÉTAILLÉE DE TOUTES LES OBSERVATIONS EFFECTUÉES

9 — CONCLUSIONS

9.1 — Appréciation sur l'état de l'ouvrage et son évolution :

9.2 — Propositions de modification ou de mise à jour :

- du document signalétique,
- du dossier d'ouvrage.

9.3 — Suggestions concernant les travaux d'entretien courant avec éventuellement un ordre de priorité :

9.4 — Propositions d'actions complémentaires de surveillance ou d'investigations :

9.5 — Suggestions concernant les études, les travaux d'entretien spécialisé et les réparations s'avérant nécessaires ou souhaitables avec éventuellement un ordre de priorité :

Signature de l'agent ayant conduit l'inspection détaillée et date :

9.6 — Observations du Subdivisionnaire comportant :

- un avis sur l'état de l'ouvrage,
- l'indication des suites données ou qu'il propose de donner à l'inspection détaillée[1],
- les décisions prises concernant l'entretien courant,
- les propositions d'entretien spécialisé,
- les propositions d'investigations complémentaires d'études et de réparations,
- les autres propositions (limitation du trafic,...).

Signature du Subdivisionnaire et date :

9.7 — Visa et instructions de l'Ingénieur d'Arrondissement de gestion au Subdivisionnaire

Signature de l'Ingénieur d'Arrondissement de gestion et date :

---

[1] Les avis, propositions et instructions peuvent faire l'objet d'annexes détaillées.

Imprimé par le LCPC, 58, boulevard Lefebvre, 75732 PARIS CEDEX 15
sous le numéro 502513 - Dépôt légal : 1er trimestre 1986.

Page laissée blanche intentionnellement

Page laissée blanche intentionnellement

Page laissée blanche intentionnellement