

Éclairage du réseau des routes nationales

Recommandations pour le contrôle de la stabilité des ouvrages d'éclairage public par un essai de charge statique

Circulation
Sécurité
Équipement
Exploitation**132**

AVERTISSEMENT : Cette note initialement publiée en juin 2009 a été révisée en décembre 2011, pour lui donner un caractère performantiel afin de favoriser la diversité des méthodes d'essai. La version de juin 2009 est annulée. Une révision plus complète de cette note est prévue prochainement.

La maintenance des installations d'éclairage public fait l'objet d'un guide commun du Sétra et du Certu intitulé " Guide pour la maintenance des installations d'éclairage public" publié en décembre 1996, et disponible au Sétra sous la référence E9663. L'objectif du présent document est de compléter la fiche numéro 8 du « Guide de maintenance des installations d'éclairage public » en définissant les exigences de base pour des essais de chargement statique visant à détecter le mauvais état des ouvrages d'éclairage. Ces essais concernent avant tout les ouvrages d'éclairage de routes supportant un trafic intense, sur lesquelles la chute d'un candélabre expose à des conséquences graves, pour le contrôle de travaux neufs en vue de la réception d'une installation, dont ils ne constituent alors qu'un des aspects. Ils peuvent s'appliquer aussi au diagnostic des structures anciennes en service, dans le cadre de la politique d'inspection de ces équipements.

Mais il convient de rappeler que les essais mécaniques des ouvrages d'éclairage en place n'ont pas de caractère obligatoire ou réglementaire. Ils ne sont pas interdits sur les ouvrages anciens mais doivent être pratiqués avec prudence pour éviter d'endommager ces installations ou de causer un accident dû à la chute d'un ouvrage.

Sommaire

1. Principes généraux	2
2. Exigences générales pour la réalisation d'essais de charge statique	3
3. Le rôle des intervenants	5
Références.....	6

1. Principes généraux

1-1 Principes des essais de chargement

Pour un maître d'ouvrage, un candélabre est un ouvrage d'éclairage public, qui ne comporte pas seulement un mât mais aussi des fondations auxquelles le mât est généralement assemblé par des ancrages, et qui se trouve muni d'une lanterne en vue de remplir sa fonction. Le test doit permettre de garantir la stabilité de l'ensemble de l'ouvrage. Dans le cas d'un contrôle de réception, le test in situ de l'ouvrage qui est décrit ici, ne doit pas être confondu avec les tests prévus dans le cadre du marquage CE de certains éléments constitutifs de candélabres, considérés comme produits. Il est rappelé que le marquage CE n'est ni un outil de prescription, ni un outil d'aide à la décision (fiche explicative B5 de la recommandation aux maîtres d'ouvrage public T1-99 du GPEM travaux et maîtrise d'œuvre).

La prestation d'essai mécanique ne dispense pas le maître d'ouvrage des vérifications prévues dans la fiche n°8 du « Guide de maintenance des installations d'éclairage public ». Son attention est particulièrement attirée sur la nécessité :

- **d'un examen visuel assez fréquent des boulons d'ancrage et des visseries, ainsi que d'un contrôle de leur état de serrage tous les 3 ans au moins ;**
- **d'une recherche, à l'occasion des examens visuels, des jeux survenant du fait d'une conception défectueuse de l'ancrage en pied, un desserrage, un défaut de soudure ou une toute autre origine.**

Le programme d'essai statique de réception ou de vérification de stabilité a pour objectif de vérifier le bon comportement d'un ouvrage d'éclairage public lors d'**essais de chargement représentatifs des effets du vent d'une intensité voisine de 60 % du vent extrême** des anciennes règles Neige et Vent (Fascicule du CCTG DTU règles NV 65). Ce vent extrême correspond à l'état limite ultime des eurocodes soit à 1,5 fois l'effet du vent cinquantennal.

Des essais dans **au moins deux directions perpendiculaires et dans les deux sens** sont en général nécessaires pour les candélabres routiers pour tester toutes les tiges d'ancrage et toutes les faces du mât. En effet, un contrôle par essai de chargement statique est une méthode de nature globale ne permettant de détecter des endommagements locaux que s'ils sollicitent suffisamment les pièces contrôlées pour faire apparaître une réduction de la rigidité ou une plastification se traduisant par la non linéarité de la loi de comportement. C'est notamment le cas d'une fissure dans une tige d'ancrage ou un cordon de soudure dont la propagation rapide peut avoir des conséquences graves sur la stabilité d'un support ordinaire d'éclairage.

Un programme d'essai statique plus restreint, comportant des méthodes de diagnostic structurel complémentaires comme le comportement dynamique est envisageable. Son **aptitude à détecter les défauts recherchés** dans les conditions variables et aléatoires de fondation des candélabres routiers doit alors faire l'objet d'une justification spécifique, comme par exemple d'une expérimentation reproduite par un laboratoire indépendant. On peut pour cela s'inspirer utilement du guide LCPC sur l'inspection des PPHM.

1.2 Exhaustivité des essais

Une méthode de contrôle à éviter pourrait consister à travailler par lots de structures semblables et de même âge. Après établissement de la note de calcul, et vérification de l'homogénéité des conditions de pose il pourrait être jugé opportun de ne tester qu'un échantillon du lot de candélabres afin d'éviter de solliciter inutilement l'ensemble des installations.. Toutefois, l'expérience montre que les défauts d'origine sont en fait de nature accidentelle. Ils n'apparaissent en général que sur un petit nombre d'ouvrages seulement, du fait de la nature locale du sol, d'une mauvaise mise en œuvre du massif, de l'approvisionnement d'une tige d'ancrage de mauvaise qualité, ou du manque de serrage d'un écrou. L'échantillonnage n'est donc pas conseillé comme méthode de contrôle des installations neuves.

Pour les installations anciennes, les accidents dus aux véhicules, les couloirs de vent, les agressions chimiques et les courants vagabonds constituent autant de causes supplémentaires de dégradation qui apparaissent comme aléatoires. Ces causes ne concernent qu'un petit nombre d'installations, de sorte que l'échantillonnage est déconseillé a fortiori comme méthode de diagnostic puisqu'il peut masquer les dégradations aux conséquences graves de certains ouvrages.

L'ancrage d'un candélabre ne présente pas de redondance importante, contrairement à d'autres structures comme les supports de signalisation verticale PPHM (portiques, potences et hauts-mâts de signalisation verticale), munis par exemple de nombreuses tiges d'ancrage. Pour les candélabres, les essais doivent donc (et peuvent) être exhaustifs.

1.3 Inspection des candélabres

IL convient de rappeler que l'inspection des candélabres consiste usuellement en un examen visuel et un contrôle des serrages et de jeux des assemblages boulonnés.

Cet examen sera complété si nécessaire par le diagnostic des cordons de soudure des assemblages accessibles, par ressuage, magnétoscopie ou ultra-sons et par le diagnostic des tiges d'ancrage. Le diagnostic des tiges d'ancrage peut dans certaines conditions se faire par l'analyse de la réflexion des ultra-sons. Cette méthode a été mise au point par le Laboratoire des Ponts et Chaussées de Nancy et testée avec succès sur site. À partir d'une certaine taille, l'écho d'une fissure dans une tige d'ancrage se distingue de celui d'un filetage. [1]

1-4 Périodicités recommandées pour les essais de charge de diagnostic

Pour les installations anciennes, l'essai de chargement statique pourra être préconisée en complément de l'inspection détaillée, lorsque celle-ci conclut qu'une auscultation complémentaire est nécessaire. Il n'est donc pas proposé de périodicité systématique pour l'essai de chargement statique.

Il est rappelé que la maintenance des installations d'éclairage public fait l'objet d'un guide commun du Sétra et du Certu intitulé " Guide pour la maintenance des installations d'éclairage public" publié en décembre 1996, et disponible au Sétra sous la référence E9663.

2. Exigences générales pour la réalisation d'essais de charge statique

2-1 Conception générale de l'essai des supports existants

L'objectif du contrôle mécanique d'un mât par un essai de chargement représentatif des effets du vent est de vérifier le comportement du support aux efforts exercés par le vent.

Les efforts mécaniques doivent permettre de vérifier plus spécialement la résistance de parties enterrées ou cachées de l'ouvrage, de la jonction fût-platine et de l'assemblage platine-massif de fondation, ainsi que la stabilité du massif de fondation dans le sol.

Les efforts mécaniques exercés ne doivent pas créer des sollicitations excessives non représentatives de l'effet du vent (effort local, cisaillement,...), qui pourraient endommager la structure.

Le risque d'une rupture au pied du candélabre doit être pris en compte et maîtrisé par le procédé d'essai de charge. En cas de rupture au pied du candélabre, le mécanisme appliquant l'effort, ou tout autre moyen approprié doit être en mesure de retenir la chute du fût.

Les efforts sont en général successivement appliqués dans deux directions perpendiculaires et dans les deux sens pour vérifier de façon exhaustive l'intégrité de toutes les tiges d'ancrage, et de toutes les faces du mât.

Le comportement statique du candélabre (déplacements, déformations, rotations,...) doit être mesuré par un ou des capteurs de précision adaptée, selon une méthodologie définie par le titulaire . Celui-ci doit justifier de la pertinence de sa méthode pour détecter une non-linéarité dans le comportement du candélabre, en particulier au niveau de l'ancrage dans la fondation. La nature des capteurs, leur positions et les mesures prévues seront précisées dans la proposition de l'offre technique des opérateurs économiques consultés . L'opérateur ou un dispositif automatique analyse le comportement du candélabre pendant l'essai avec l'objectif d'interrompre l'essai dès l'apparition d'un comportement non linéaire excessif, selon une procédure définie avant l'essai.

La méthode d'interprétation des signaux consiste en l'analyse des enregistrements obtenus en charge et en décharge par rapport à un comportement théorique ou un enregistrement antérieur. Elle doit permettre de repérer et distinguer les endommagements du mât ou des tiges d'ancrage (réductions de sections dues à la corrosion ou à une fissure provoquant une plastification), des problèmes de tenue du massif de fondation ou du sol.

Dans le cas où des doutes subsistent lors de l'essai sur le comportement élastique, les essais sont reconduits une seconde fois pour vérifier la reproductibilité et la réversibilité du comportement du candélabre.

Le titulaire doit établir préalablement à l'essai une note de calcul justificative des efforts appliqués à la structure. Cette note fait apparaître clairement les efforts horizontaux ou verticaux appliqués et leurs points d'application sur la structure.

Elle vérifie que :

- la somme des efforts réellement appliqués, qu'ils soient ou non représentatifs des effets du vent (effort local, cisaillement local) ne dépasse pas 65 % de la résistance ultime de toute section considérée. À cet égard, une attention particulière doit être apportée aux fûts en bois, aux fûts en béton précontraint et à leurs assemblages, ainsi qu'à la zone de la trappe de visite des fûts métalliques. Les supports présentant des dispositifs fusibles doivent aussi faire l'objet d'une attention particulière, mais ils n'ont exceptionnellement été autorisés jusqu'à présent qu'à titre expérimental ;
- les contraintes de traction maximales lors du programme d'essai à la base du mât et au niveau de son assemblage avec le massif de fondation sont comprises entre 50% et 65 % de celles résultant de l'effet du vent extrême (l'État Limite Ultime des Eurocodes correspondant à l'effet du vent extrême des Règles Neige et Vent NV). On se limite à un niveau un peu inférieur à l'effet du vent statique cinquantennal. Cette fourchette est comparable à celle retenue pour les essais statiques de chargement des ponts, jugée suffisante pour vérifier le bon comportement statique, sans prendre le risque de créer des déformations irréversibles de la structure.

Quelle que soit la hauteur du support d'éclairage, la vérification de l'interaction efforts locaux-effort tranchant dans les tiges d'ancrage qui sont toujours en acier doit être menée sur la base des « Recommandations sur le calcul des mâts d'éclairage », dans sa version de décembre 2000. (Revue Construction Métallique n°4-2000).

Concernant la nature de l'acier des tiges, une hypothèse prudente sera de considérer la nuance S235 (acier de limite élastique $f_y=235$ MPa) en l'absence d'information plus précise. L'hypothèse inverse peut conduire à un essai risquant d'être destructif lors du diagnostic de candélabres anciens.

Remarque : Dans la conception des ouvrages neufs, l'utilisation d'aciers de plus haute limite élastique permet d'utiliser des tiges d'ancrage de plus faible diamètre. Mais elles seront plus sensibles à la fatigue. Les aciers de haute limite élastique doivent donc être utilisés avec prudence.

Des ruptures de tiges d'ancrage ont donné lieu à des accidents graves dus à la fatigue. Les tiges d'ancrage de haute limite d'élasticité ($f_y>355$ MPa) doivent absolument être justifiées vis-à-vis de la fatigue en suivant par exemple [2].

2-2 Contenu du rapport d'essai

Afin de permettre la reproductibilité de l'essai, le rapport d'essai doit présenter, pour chaque axe de circulation, les points suivants :

- l'identification précise de chaque candélabre contrôlé et la date du contrôle ;
- des schémas qui indiquent les principes de l'essai réalisé et pour tous les efforts appliqués sur le mât :
 - leur point d'application, repérés par leurs distances par rapport à des repères définis sur le candélabre comme la base du fût si elle est visible ou le niveau supérieur de la trappe de visite
 - leur orientation par rapport aux directions horizontales ou verticales et leur sens,
 - leur intensité
- les certificats d'étalonnage des différents moyens d'essai et de mesure employés (vérins, capteur sde déplacement, inclinomètres, ..., capteur de pression, ...) ;
- les enregistrements, propres à l'ouvrage contrôlé, traduisant le comportement du support lors des essais, et permettant d'assurer la traçabilité des résultats en vue d'éventuelles comparaisons ultérieures durant la vie de l'installation ;
- le diagnostic, fondé sur l'analyse des enregistrements par rapport au comportement théorique attendue ou un enregistrement antérieur ;
- les remarques relatives à l'examen visuel du mât : géométrie, corrosion, trappe de visite éventuellement manquante, ... ;
- les remarques relatives à l'examen visuel de l'ancrage : présence de « pointe de diamant », accessibilité à l'examen visuel et état de corrosion des tiges et des boulons, présence de mortier de calage entre la platine d'embase et le massif de fondation avec l'état de ce mortier de calage, vérification de la présence de contre-écrous dans le cas d'un mortier de calage dégradé, plaque d'appui de mât reposant seulement sur des contre-écrous et état de corrosion de ce dispositif.

Certaines installations anciennes présentent des « pointes de diamant » ou « pyramides » en béton qui recouvrent la plaque d'appui du mât. Cette disposition empêche l'inspection visuelle des tiges et des boulons d'ancrage. Elle est à éviter.

La présence d'un mortier de calage en bon état réduit les sollicitations de fatigue dans les tiges d'ancrage, et les protège de la corrosion. En revanche si l'état du mortier de calage s'est dégradé, il ne joue plus ce rôle protecteur, ce qui peut occasionner des jeux en l'absence de contre-écrous, tout en empêchant l'examen visuel des tiges d'ancrage.

Si les ancrages ont été réalisés avec une plaque d'appui de mât reposant sur des contre-écrous sans mortier de calage entre la plaque d'appui et le massif, les tiges et l'embase sont plus fortement sollicitées et les tiges exposées à la corrosion. L'embase doit en particulier avoir été prévue par le fabricant pour ce cas de montage dit « aérien », cf. [3].

L'attention des maîtres d'ouvrage est attirée sur le fait que des mesures doivent être prises pour mettre fin aux situations qui ne seraient pas satisfaisantes pour la durabilité des supports.

2-3 Précautions spécifiques

Le titulaire doit prendre toutes les précautions pour assurer la sécurité des opérateurs et du public, vis à vis d'un risque de chute accidentelle du candélabre ou d'un de ces éléments comme la lanterne lors de l'essai.

Si, au cours des opérations de contrôle ou de diagnostic, certains supports d'éclairage sont jugés dangereux pour la sécurité des personnes ou des biens, le titulaire doit immédiatement prévenir le maître d'ouvrage qui doit faire déposer les supports défectueux dans les plus brefs délais.

Le titulaire doit attirer l'attention du maître d'ouvrage sur l'évolution éventuelle du comportement mécanique du support par rapport au comportement attendu.

En raison des dangers que présente l'électricité, le titulaire doit prendre toutes les précautions concernant l'alimentation électrique et les connexions de mise à la terre de l'installation. Il s'engage à respecter la réglementation en vigueur dans ce domaine pour la protection des opérateurs et du public. Il peut être demandé en variante dans le cadre de l'article 50 du code des marchés publics que le prestataire contrôle après l'essai mécanique l'intégrité des connexions électriques.

3. Le rôle des intervenants

Toutes les précautions doivent être prises par les intervenants pour assurer la sécurité du trafic pendant les essais.

3-1 Le rôle du maître d'ouvrage, ou du donneur d'ordre qui le représente

Le maître d'ouvrage doit s'assurer d'une bonne mise en place de la signalisation temporaire et de sa maintenance dans le temps durant les essais.

Le maître d'ouvrage doit fournir :

- le plan de situation et la liste des axes de circulation concernés par l'opération ;
- les plans schématiques faisant apparaître l'emplacement des supports objets du contrôle avec leur numéro d'identification sur site ;
- le référentiel réglementaire pris en compte par le concepteur, la zone de vent correspondante, et les coefficients de site ou de catégories de terrain et le coefficient de hauteur au-dessus de l'environnement aérodynamique, à prendre en compte ;
- la liste des supports d'éclairage concernés avec les indications suivantes : matériau (acier, alliage d'aluminium, béton, autres), forme du candélabre (octogonal, rond-conique, autres), dimensions (hauteur, diamètre à la base et en tête), dimensions de la crosse, du ou des luminaire(s), accessoires (panneaux de signalisation ou autres) ;
- le diamètre des tiges d'ancrage afin de permettre au titulaire de vérifier avant l'essai que l'interaction efforts locaux dus à l'effort tranchant / effort normal est acceptable dans les tiges d'ancrage ;
- les schémas de signalisation à adopter durant les différentes phases de l'opération (déchargement du matériel, contrôle des supports d'éclairage, etc.) ou, à défaut, valider les schémas proposés par le titulaire. En effet, il appartient au maître d'ouvrage de veiller à une bonne application des règlements et au respect des règles de l'art, en matière de signalisation routière.

Pour les installations neuves, dans le cas où le dimensionnement des tiges d'ancrage s'avère insuffisant, il convient de refuser la réception de l'installation et l'essai de contrôle devient alors inutile.

3-2 Le rôle du titulaire

Le titulaire désigne dans ce document l'opérateur en charge de l'essai de contrôle. Il ne doit pas être confondu avec les fournisseurs de produits constitutifs du candélabre, ni avec l'opérateur économique en charge des travaux de mise en place du candélabre.-

Si cela est demandé au CCTP, le titulaire propose au maître d'ouvrage dans son offre technique toutes les mesures de balisage et précautions pour assurer la sécurité du trafic pendant les essais. Lors des essais, le prestataire ne met en œuvre des mesures de balisage qu'avec l'accord du maître d'ouvrage donneur d'ordre.

Le titulaire établit une note de calcul justifiant des sollicitations exercées sur et à la base du fût lors de l'essai, en respectant les limitations définies au paragraphe 2.1 ci-avant. En fonction de l'âge estimé de l'ouvrage, et du fait de l'évolution dans le temps des normes de calcul, il attire l'attention du maître d'ouvrage sur une divergence possible entre le référentiel réglementaire demandé pour le test et le référentiel réglementaire probable en vigueur et pris en compte par le concepteur initial du candélabre, avant de procéder à un essai risquant d'être destructif.

La note de calcul prend en compte les charges et les prises au vent additionnelles éventuelles supportées par le mât, du fait de panneaux, ou autres. Toutefois le titulaire doit avertir le maître d'ouvrage avant l'essai de l'existence de ces panneaux, afin que ce dernier puisse éventuellement décider par exemple de faire démonter les panneaux, si leur mise en place n'avait pas été précédée d'une vérification par une note de calcul.

Si des supports d'éclairage sont jugés dangereux pour la sécurité des personnes ou des biens au cours de l'opération de contrôle, le titulaire doit immédiatement prévenir le maître d'ouvrage qui doit faire déposer les supports défectueux dans les plus brefs délais.

Le titulaire doit immédiatement attirer l'attention du maître d'ouvrage en cas d'évolution majeure du comportement mécanique du support par rapport à un comportement théorique ou à un enregistrement effectué antérieurement.

Le titulaire transmet au maître d'ouvrage après les opérations de contrôle, le rapport de contrôle comprenant entre autres, sous formes graphiques ou numériques, les enregistrements réalisés au moment de l'essai en vue de comparaisons ultérieures éventuelles durant la vie des installations.

Références

- [1] BARBIER, V., GOURY, Ph. : *Mise au point d'une méthode de détection des défauts par ultrasons dans les tiges d'ancrage*, Bulletin ouvrages d'art du Sétra, numéro 50, novembre 2005.
- [2] KRETZ, T., BERTHELLEMY, J. : *Propositions pour la vérification à la fatigue des Portiques, Potences, et Hauts Mâts*, Bulletin ouvrages d'art du Sétra, numéro 49, juillet 2005.
- [3] BERTHELLEMY, J. : *Éclairage public. Quelques éclaircissements pour les maîtres d'ouvrages*, Bulletin ouvrages d'art du Sétra, numéro 55, juillet 2007.

Rédacteur

Jacques BERTHELLEMY - Sétra
téléphone : +33 (0)1 46 11 32.69 – télécopie : +33 (0)1 45 36 83.69
mel:jacques.berthelley@developpement-durable.gouv.fr

En liaison avec :

Bruno GODART – LCPC

Thierry KRETZ - Sétra

Renseignements techniques

Jacques BERTHELLEMY - Sétra
téléphone : +33 (0)1 46 11 32.69 – télécopie : +33 (0)1 45 36 83.69
mel:jacques.berthelley@developpement-durable.gouv.fr

AVERTISSEMENT

La collection des notes d'information du Sétra est destinée à fournir une information rapide. La contre-partie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son rédacteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 1135w – ISSN : 1250-8675

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEEDAT

