

4



NOTE D'INFORMATION

FEVRIER 1994

COMMANDE DE L'ECLAIRAGE DES TUNNELS ROUTIERS

INTRODUCTION

L'éclairage d'un tunnel se compose généralement d'un éclairage de base et d'un éclairage d'entrée.

L'éclairage de base doit assurer sur toute la longueur de l'ouvrage un niveau minimum indispensable dans un milieu totalement clos où il se substitue à l'éclairage naturel. En cela il est très comparable à l'éclairage public traditionnel. Sa régulation varie selon les heures de jour ou de nuit et dépend bien sûr de la nature du trafic. Il se doit de procurer sécurité mais aussi confort à l'utilisateur.

L'éclairage d'entrée a pour but, du fait que l'éclairement naturel extérieur est beaucoup plus élevé que celui procuré par l'éclairage de base, d'assurer une transition nécessaire à la sécurité de l'utilisateur. La commande de cet éclairage dit de renforcement, correspond à un impératif de juste visibilité étant donné les niveaux importants nécessaires. Ces niveaux sont calculés pour un conducteur moyen et leur détermination tient compte des caractères spécifiques de chaque entrée.

Sous peine d'une consommation électrique excessive ou de ne pas assurer la sécurité de l'utilisateur, cette commande est réalisée à l'aide de capteurs dont le bon réglage est nécessaire pour optimiser le fonctionnement de l'installation.

Parce que sur le marché apparaissent depuis peu des capteurs spécialement adaptés, il est possible de proposer, tant au projecteur qu'à l'exploitant, des solutions rationnelles et performantes.

IMPORTANCE DE LA CELLULE DE COMMANDE

La cellule de commande de l'éclairage située à l'approche du tunnel a donc pour rôle de mettre en service les suréclairages d'entrée. Ceux-ci se rajoutent à l'éclairage de base et ont pour but d'assurer au conducteur une bonne adaptation visuelle.

Ceci est indispensable de jour pour assurer la transition d'un éclairement extérieur élevé à un éclairage intérieur de section courante comparable en niveau à un éclairage public traditionnel, et donc considérablement plus faible (de 10 à 100 fois plus faible).

Ce sont les éclairagements d'entrée qui en limitant l'effet du "trou noir", assurent la sécurité de l'usager en lui permettant de voir à temps l'éventuel obstacle. Cette impression désagréable peut être néanmoins ressentie car les niveaux, pourtant fort élevés, qui sont mis en œuvre, ne sont pas destinés à offrir du confort mais à maintenir une visibilité juste suffisante pour la sécurité, compte tenu des conditions lumineuses dans la zone d'approche.

C'est dire toute l'importance qu'il convient d'attacher au bon réglage des cellules de commande et à leur bonne adaptation au site.

PRINCIPES DE LA COMMANDE DE L'ECLAIRAGE

La commande de l'éclairage est spécifique en tunnel car il est nécessaire qu'elle prenne en compte l'état probable d'adaptation visuelle du conducteur avant son entrée dans le tunnel, afin que l'éclairage de renforcement corresponde bien aux besoins de visibilité.



Capteur sur mât dans la zone d'approche d'un tunnel.

La commande ne peut donc être assujettie à un simple relevé de l'ambiance lumineuse extérieure ou même au simple éclairage horizontal. Etant donné l'importance du champ visuel du conducteur pour son état d'adaptation, il est indispensable que le capteur de commande "voie" ce que voit l'automobiliste dans la zone d'approche. La prise en compte de surfaces claires ou sombres, de sources éventuellement éblouissantes qui contribuent à cet état d'adaptation, est impérative.

LES CAPTEURS

Compte tenu de ce qui vient d'être dit, le capteur quel que soit son modèle, doit être dirigé vers le tunnel, avoir si possible un champ visuel comparable à celui du conducteur et être placé à une distance compatible avec la distance d'arrêt des véhicules (fonction de la vitesse): dans la plupart des cas de 100 m à 150 m avant l'ouvrage.

- Le capteur qui est encore le plus généralement rencontré jusqu'à présent en France est le LUMANDAR. C'est une cellule photovoltaïque qui mesure l'éclairage dans un plan vertical. Afin d'adapter sa sensibilité à des niveaux relativement élevés (par rapport à son usage traditionnel pour l'allumage de l'éclairage public nocturne), on est amené à prévoir des diaphragmes et un capuchon qui limite le champ transversalement à quelques dizaines de degrés. Ce capteur ne peut toutefois rendre compte précisément du champ visuel des conducteurs.

- D'autres capteurs mieux adaptés sont des luminancemètres d'un champ de 20° normalisé CIE qui prennent en compte la partie centrale du champ de vision du conducteur. Ces capteurs sont, pour la première génération, fabriqués en Suisse et ont la particularité d'être associés à de véritables centrales de mesure. Il en résulte un matériel très sophistiqué, onéreux et sans nul doute surdimensionné vis-à-vis du simple besoin de mise en fonctionnement d'un circuit d'éclairage.



Cellule LUT 9, "Système CETU".

En France, un modèle simple a été développé à partir d'une cellule LESA 13 (même fabricant que le LUMANDAR): le LUT 9 "système CETU". Il répond au cahier des charges habituel: délivrer un signal analogique compris entre 4 mA et 20 mA, pour un étalonnage en luminance de 0 à 5 000 cd/m². Ce signal préamplifié peut être transporté sur quelques kilomètres avant traitement par un automate. Une version comprend des relais à seuils (et dispense donc d'une unité de traitement de signal) préréglables en luminance et permettant de commuter 3 régimes, ce qui correspond aux cas les plus fréquemment rencontrés.

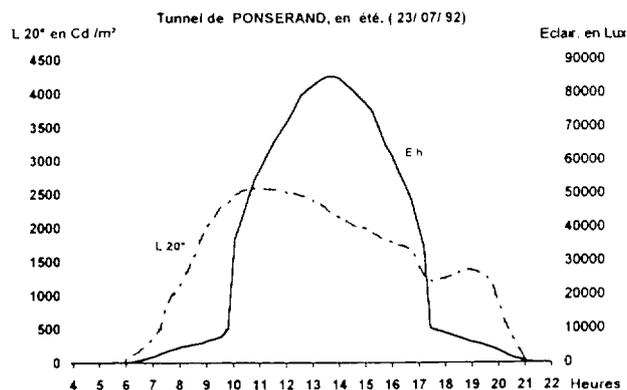
● Enfin, pour mémoire, car à notre connaissance il n'existe pas en France d'installation de ce type, il faut citer la commande par une caméra vidéo spécifique. Compte tenu de l'évolution de ce matériel, de la souplesse accrue du traitement du signal vidéo, cette configuration peut s'avérer intéressante dans le futur.

A l'heure actuelle le CETU recommande fortement la mise en place de luminancemètres à champ de 20° pour tous les tunnels neufs ou lors de la rénovation des équipements de tunnels anciens.

DETERMINATION DES SEUILS DE COMMANDE DES CAPTEURS

Dans la zone d'entrée, l'installation d'éclairage est dimensionnée pour répondre à des conditions d'approche très défavorables sur le plan de la visibilité. Les suréclairagements maximaux prévus correspondent donc en général à des périodes d'ensoleillement élevées conduisant, selon la composition du champ visuel du conducteur, à des luminances d'adaptation critiques. Dans certains cas le dimensionnement est déterminé par des conditions d'éblouissement bien spécifiques, parfois davantage fonction des conditions d'approche que du simple niveau d'éclairage.

Le niveau maximal de suréclairage ainsi réalisé est traditionnellement appelé "plein soleil". Les conditions d'approche qui justifient la mise en service de ce régime maximal ne se rencontrent pas tout au long de l'année, ni même tout au long



Différence de variation de l'éclairage et de L 20° représentatif de l'adaptation visuelle du conducteur.

de la journée. En fait la plupart du temps des niveaux de suréclairage deux ou trois fois moins élevés suffisent à assurer au conducteur de bonnes conditions d'adaptation visuelle. Suivant la complexité de l'installation, on trouvera ainsi un à plusieurs niveaux intermédiaires avec des appellations diverses comme "jour couvert", "jour sombre", "jour", etc...

Le réglage de la cellule de commande vise à assurer la meilleure adaptation entre le besoin en éclairage et le régime de suréclairage à mettre en service.

Lors de l'élaboration du projet d'éclairage, pour les conditions d'approche les plus défavorables que l'installation doit satisfaire, on mesure sur le site, ou on détermine par le calcul, la luminance perçue par l'oeil du conducteur et à laquelle il s'est adapté. C'est cette valeur qui correspond au régime maximal et qui permet de calculer les niveaux de suréclairage. Pour le même site on peut admettre que les valeurs de seuils de commande intermédiaires sont proportionnelles aux niveaux de suréclairage mis en oeuvre (suivant les cas, régimes 1/2 et 1/4, ou 2/3 et 1/3, etc..).

Le cahier des charges de l'installation donne donc normalement les valeurs de luminance de réglage pour des cellules dont le champ est de 20°. Dans le cas de l'utilisation d'une cellule d'éclairage (au lieu d'une cellule de luminance comme nous le recommandons), on doit établir la correspondance entre ces valeurs de luminance et l'éclairage dans un plan vertical. Cette correspondance est fonction du site, de ce que "voit" la cellule, étant donné la différence de champ de mesure. Le mieux, bien entendu, est un étalonnage sur place: on compare in situ la correspondance entre éclairage vertical et luminance dans un champ de 20°.

Afin de tenir compte d'éventuelles sources éblouissantes, il est préférable d'établir cette relation pour différentes conditions, celle du régime maximal dit le "plein soleil" et un régime intermédiaire de temps couvert ou sombre.

REGLAGE DES CELLULES SUR LE SITE

Cas d'une cellule LUMANDAR

1) Vérifier que le modèle livré ou en place est bien de type tunnel. Il est différent de celui de l'éclairage public car à commutation inverse. Vérifier également que les caches sont appropriés aux sensibilités désirées.

2) A la mise en service comme en exploitation, s'assurer que le fonctionnement de la cellule correspond à ce que voit le conducteur à l'approche du tunnel. Attention aux surfaces très claires qui impressionneraient la cellule alors que le conducteur n'y serait pas sensible: décaler alors la ligne de visée en conséquence.

3) En exploitation vérifier l'état de salissure. Nettoyer la cellule si besoin est et noter les constatations faites afin d'établir une éventuelle périodicité de nettoyage.

4) Pour vérifier la temporisation de la cellule, mettre un cache en plein soleil, afin de constater le basculement interne du relais.

Cas d'une cellule L20°

1) On vérifie le positionnement de la cellule: distance au tunnel et dirigée vers l'entrée.

2) C'est le courant de sortie normalement compris entre 4 mA et 20 mA qui permet de fixer le seuil de déclenchement, la courbe de variation étant linéaire. On met un cache devant la cellule pour vérifier le zéro et contrôler la temporisation de la cellule.

3) En exploitation il n'y a normalement pas de salissure pour ce modèle de cellule. On pourra éventuellement recalibrer la courbe d'étalonnage, mais cette action est délicate car elle requiert une source lumineuse étalonnée en luminance.

CONCLUSION

Du bon entretien et du bon réglage de la cellule ou des cellules de commande de l'éclairage de renforcement d'entrée d'un tunnel dépendent et la sécurité de l'usager liée à un ajustement des niveaux nécessaires pour satisfaire ses besoins de visibilité et l'optimisation de l'exploitation pour une juste consommation en puissance électrique, par nature élevée en raison des niveaux d'éclairage mis en oeuvre.

Il est de ce fait particulièrement recommandé d'utiliser des cellules étalonnées en luminance (capteur LUT9 par exemple), voire même de remplacer les cellules LUMANDAR traditionnellement utilisées pour la commande d'une installation tunnel par une telle cellule dont le signal continu permet de mieux appréhender le fonctionnement de l'installation.

Dans le cas d'installations anciennes, l'exploitant doit contrôler les cellules : salissure, mauvais contacts électriques, dérèglages de la virole sont autant de facteurs qui entraînent un dysfonctionnement de l'installation. L'expérience montre que s'il peut se faire au détriment de la sécurité de l'usager, il conduit aussi à des déclenchements anticipés des niveaux les plus élevés, donc à des consommations excessives.

N.B.: Une vidéo de 10 mn sur ce sujet est à la disposition des services intéressés, au CETU.

Personne à contacter :

B. MONIÉ - Unité Eclairage - CETU
109 Avenue Salvador Allende Case n°1 69674 BRON

AVERTISSEMENT

Cette série de documents 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 auteur 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.