

	Fiche d'action	Fiche d'action n°
	Vérifications du pilotage des installations d'éclairage basé sur le principe d'allumage-extinction	2

Famille concernée :	Éclairage en tunnel	
Nom de l'équipement :	Chaîne d'asservissement des installations d'éclairage	
Version n°	Rédacteur	Date
1.3	C BANOS	17 novembre 2021

Objet de la fiche d'action

Suite aux constats de dysfonctionnement ou de mauvaise utilisation dans différents tunnels en exploitation du pilotage des circuits d'éclairage basé sur le principe d'allumage-extinction (cas restant le plus courant aujourd'hui), les objectifs de cette fiche sont de :

- rappeler succinctement les principes de pilotage d'une installation d'éclairage en tunnel ;
- proposer des actions simples pour vérifier la cohérence du fonctionnement avec celui attendu.

Cette fiche n'aborde pas le fonctionnement des installations d'éclairage basé sur des systèmes de variation.

Description sommaire de l'équipement

Le « Dossier pilote des Tunnels 4.2 éclairage » du CETU de novembre 2000 [1] donne des recommandations concernant les installations d'éclairage en tunnel et rappelle la réglementation pour l'éclairage de sécurité.

Objectifs de l'éclairage selon les zones d'un ouvrage

En tunnel, l'installation d'éclairage répond à des objectifs différents selon la zone considérée. En fonction notamment des caractéristiques géométriques, de vitesse et de trafic dans l'ouvrage, on peut distinguer différentes zones.

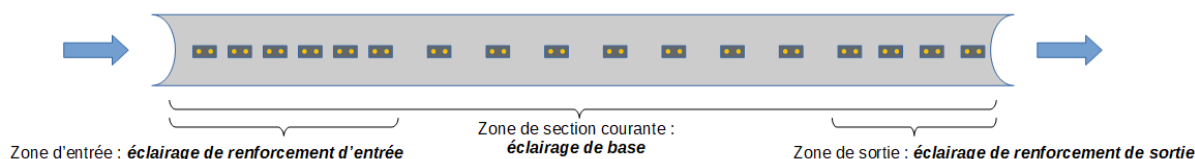


Figure 1 : décomposition d'un ouvrage selon les zones d'éclairage

- La zone d'entrée, avec l'éclairage de renforcement d'entrée dont le niveau décroît progressivement vers l'intérieur de l'ouvrage. Son objectif est de lutter contre l'effet « trou noir » en entrée de tunnel, c'est-à-dire de permettre aux usagers en approche de distinguer un obstacle type* à la distance d'arrêt, quelles que soient les conditions lumineuses extérieures.
- La zone de section courante sur toute la longueur de l'ouvrage, y compris la zone de renforcement, avec l'éclairage « de base », comportant, si requis, un « éclairage de sécurité ». Le niveau d'éclairage y est constant et beaucoup plus faible que dans la zone de renforcement. En journée, l'éclairage de base assure la visibilité nécessaire au conducteur dont l'œil s'est adapté en entrée. De nuit, il permet de souligner le point singulier qu'est le tunnel. L'éclairage de sécurité permet en toutes circonstances d'assurer un niveau d'éclairement minimal, sur la chaussée et les trottoirs pour permettre aux usagers d'évacuer le tunnel. Les sources lumineuses associées à l'éclairage de sécurité restent allumées en permanence, et leur alimentation est secourue sans interruption et résistante au feu.
- La zone de sortie, avec l'éclairage de renforcement de sortie installé dans certains cas particuliers (existence de sérieux risques de gêne et d'éblouissement à la sortie). L'objectif de cet éclairage est de faciliter l'adaptation de l'utilisateur aux conditions lumineuses extérieures en sortant du tunnel.

Régulation des niveaux selon les zones de l'ouvrage – Principe de régime d'éclairage

L'éclairage de renforcement (entrée ou sortie) est régulé en fonction des conditions de luminosité extérieures mesurées par des luminancemètres dédiés disposés à chaque tête. Ainsi, pour les entrées, on retrouve usuellement 3 régimes dénommés « plein soleil », « jour couvert » et « arrêt ». Ces régimes sont activés ou éteints lorsque les conditions de luminosité extérieure sont au-dessous ou en dessous des seuils définis. En particulier, l'éclairage de renforcement est totalement éteint la nuit (régime « arrêt »).

L'éclairage « de base » est allumé en permanence avec des niveaux différents le jour et la nuit. Cette régulation peut être réalisée grâce à des capteurs disposés à l'air libre, ou par plages horaires. Ainsi, on retrouve usuellement 2 régimes dénommés « jour » et « nuit ». Il existe dans certains ouvrages, un 3^e régime, « nuit réduit », généralement activé selon des plages horaires nocturnes durant lesquelles le trafic est habituellement très faible. Dans certains ouvrages, l'éclairage de sécurité peut être utilisé comme régime « nuit réduit » s'il respecte les conditions s'appliquant à l'ensemble des autres régimes d'éclairage.

* Cube de 0,3 x 0,3 x 0,3 m [1]

Vérifications du pilotage des installations d'éclairage basé sur le principe d'allumage-extinction

2

Description sommaire de l'équipement (suite...)

Pour des raisons de confort des usagers et de préservation des sources (notamment les sources sodium), la régulation automatique des régimes à partir des mesures de capteurs répond, quelle que soit la zone de l'ouvrage, aux principes :

- de **moyennage** : les valeurs du capteur sont moyennées pour lisser les fluctuations et l'impact des valeurs extrêmes ;
- de **temporisation** : un délai est utilisé pour éviter les allumages-extinctions trop rapprochés dans le temps ;
- d'**hystérésis** : le seuil pour l'activation est différent et supérieur à celui pour l'extinction, permettant ainsi de confirmer les tendances à la hausse ou à la baisse de la luminosité avant d'activer ou de couper le circuit.

Allumage-extinction des circuits d'éclairage

L'obtention des régimes d'éclairage de renforcement et d'éclairage de base est réalisée par superposition et activation de circuits électriques alimentant des luminaires. Par exemple, dans la section courante, le régime « nuit » s'obtient par l'activation des circuits « nuit réduit » et « nuit » (figure 2). Pour activer le régime « jour », il faut allumer en plus les circuits « jour ». Le tableau 2 en fin de document donne plus d'exemples sur différentes combinaisons.

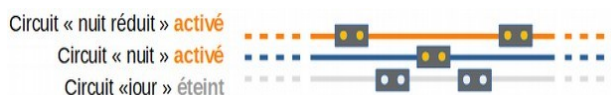


Figure 2 : obtention de régime d'éclairage par allumage-extinction de circuits (régime « nuit » dans cet exemple)

Différents modes de commandes

Selon les installations, on peut distinguer différents modes de commande (voir figure 3) :

- mode « automatique » : pilotage automatique des régimes en fonction des valeurs des capteurs ou par plages horaires,
- mode « manuel distant » : pilotage manuel des circuits ou régimes depuis une interface de supervision par exemple,
- mode « local » : pilotage par action manuelle directement sur les commutateurs en tête des circuits électriques,
- mode « automatique dégradé » : en cas de défaillance d'un ou plusieurs capteurs, forçage de régimes ou pilotage automatique à partir des relevés d'un autre capteur, de plages horaires...

Ces différents modes répondent à un principe de priorisation des commandes (les commandes locales sont prioritaires sur les commandes distantes et automatiques, etc.).

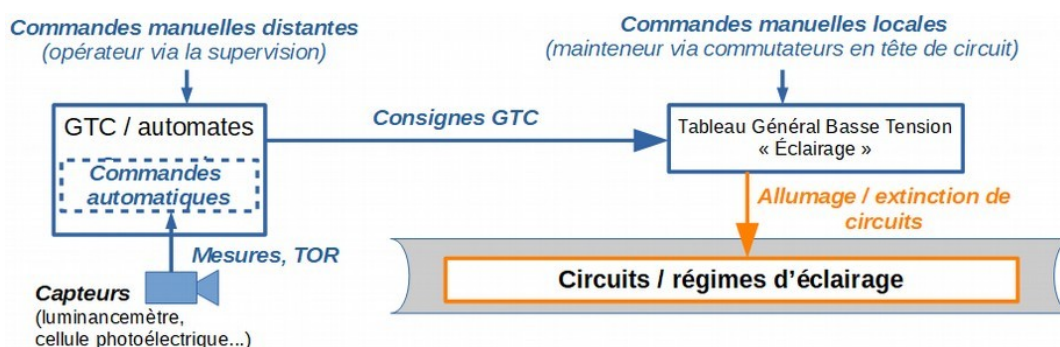


Figure 3 : synoptique des modes de pilotage des circuits / régimes d'éclairage

Constats fréquents sur site faits à l'occasion d'inspections détaillées

- Mauvaise évaluation des conditions lumineuses extérieures : défaillance ou mauvais positionnement des capteurs, dysfonctionnement dans la chaîne de mesure ou d'acquisition (voir fiche « Vérification et maintenance des luminancemètres » [3])
- Définitions des plages horaires de fonctionnement non pertinentes.
- Remontées d'état du fonctionnement des circuits d'éclairage sur la supervision incohérentes avec l'état sur le terrain.
- Mauvaise définition ou programmation des seuils de transition/basculement d'un niveau d'éclairage à un autre...

Vérifications du pilotage des installations d'éclairage basé sur le principe d'allumage-extinction

2

Conséquences identifiées

Des niveaux d'éclairage inadaptés au besoin de l'utilisateur peuvent avoir pour conséquences :

- La création de situations accidentogènes :
 - Zone d'ouvrage sous éclairée : usager dans l'incapacité de distinguer un éventuel obstacle à la distance d'arrêt, en particulier en entrée de tunnel.
 - Zone d'ouvrage sur-éclairée : la nuit, usager gêné, voire ébloui en entrant dans le tunnel (cas d'un renforcement d'entrée allumé la nuit). En sortie d'ouvrage sur-éclairé, usager dans l'incapacité de distinguer un éventuel obstacle à la distance d'arrêt lors du passage d'une zone sur-éclairée vers l'air libre, dans le noir.
- Des sur-consommations électriques : cas de zones d'ouvrage sur-éclairées, en particulier s'il s'agit d'une zone de renforcement où l'éclairage est très consommateur en énergie.
- Des surcoûts matériels et de maintenance : sources ayant fonctionné plus de temps que nécessaire, fin de vie atteinte prématurément avec nécessité de remplacement.

Vérifications

En préalable aux vérifications, il convient d'identifier le fonctionnement des éclairages de renforcement et de base : régimes installés et circuit(s) correspondant(s) sur le terrain, nature des capteurs et seuils d'activation des régimes, valeurs des paramètres de régulation (temporisation, moyennage et hystérésis), plages horaires d'activation des régimes...

Cette action peut être réalisée dans le cadre des vérifications détaillées ci-dessous et permet de compléter avec un niveau de détail à adapter, les tableaux 1 et 2 suivants qui pourront servir de guide pour mener les vérifications.

Fonctionnement du pilotage manuel local depuis les TGBT, et manuel distant depuis l'IHM de la supervision

- Par activation locale ou distante, identifier les régimes installés et leur(s) circuit(s) correspondant(s) sur le terrain.
- Vérifier la cohérence entre les commandes manuelles locales et distantes, le fonctionnement sur le terrain et les remontées d'état sur l'IHM de la supervision. Les commandes manuelles des différents circuits depuis les TGBT permettent en outre de vérifier le bon fonctionnement des disjoncteurs en tête de circuits.
- Vérifier le fonctionnement de l'éclairage de sécurité : ces circuits doivent être actifs en permanence, reliés à l'alimentation secourue sans interruption et ne doivent être commandables ni depuis l'IHM de la supervision, ni depuis les commutateurs en face avant des TGBT dans les locaux techniques. Ils peuvent toutefois être mis hors service en activant les dispositifs de coupure situés à l'intérieur des TGBT.

Paramètres de pilotage

- Vérifier les paramètres de pilotage programmés dans la GTC (seuils de basculement, paramètres de régulation). Sont-ils identiques à ceux définis dans les études ? Sont-ils « réalistes » ? Sont-ils compatibles avec la plage de mesures des capteurs ?
- Vérifier la pertinence de la programmation des plages horaires éventuellement définies pour le fonctionnement des régimes, par exemple : activation du régime « nuit réduit » sur une plage horaire nocturne où le trafic constaté est très faible, recours à des plages horaires variables en fonction des saisons...

Régimes	Zones de l'ouvrage	Circuits activés						Renfo. de sortie
		Plein soleil	Jour couvert	Jour	Nuit	Nuit Réduit	Sécurité	
Plein soleil 100 %	Renforcement d'entrée	x	x				En permanence	
	Section Courante			x	x	x		
	Renforcement de sortie							x
Jour couvert 50 %	Renforcement d'entrée	-	x				En permanence	
	Section Courante			x	x	x		
	Renforcement de sortie							x
Jour	Totalité de l'ouvrage	-	-	x	x	x	En permanence	-
Nuit	Totalité de l'ouvrage	-	-	-	x	x	En permanence	-
Nuit Réduit	Totalité de l'ouvrage	-	-	-	-	x	En permanence	-

Tableau 1 : exemple de tableau d'identification et de correspondance entre régimes d'éclairage et circuits activés
(pour une zone d'ouvrage et un régime d'éclairage donnés, le tableau liste les circuits activés).

Dans cet exemple, si on considère le régime « jour couvert 50 % » dans la zone de renforcement d'entrée, celui-ci s'obtient par activation des circuits « jour couvert », « jour », « nuit », « nuit réduit » et « sécurité » (les circuits « sécurité » étant activés en permanence).

Vérifications du pilotage des installations d'éclairage basé sur le principe d'allumage-extinction

2

Vérifications (suite...)

Chaîne de mesure et d'acquisition des capteurs

- Vérifier les luminancemètres : voir fiche « *Vérifications et maintenance des luminancemètres* » [3].
- Vérifier les cellules photo-électriques et des interrupteurs crépusculaires en se basant sur la fiche [3] : vérification de l'état des capteurs, de l'absence d'élément perturbant l'acquisition (masquage ou sur-exposition des capteurs), et de leur fonctionnement (vérification du « zéro » et de la saturation) sur les mêmes principes que pour les luminancemètres.

En particulier, vérifier la correspondance entre les plages de mesures des capteurs (usuellement 0–5 000 cd/m² pour les luminancemètres), les plages du signal en entrée de l'automate (4–20 mA) et les valeurs affichées sur la supervision.

Fonctionnement du pilotage automatique des régimes d'éclairage

- Vérifier la cohérence des régimes d'éclairage activés dans l'ouvrage avec :
 - les conditions lumineuses extérieures observées (tête de l'ouvrage très ensoleillée par exemple... voir tableau 2) ;
 - les mesures des luminancemètres remontées sur l'IHM de la supervision (si elles sont consultables) en lien avec les seuils de basculement entre les différents régimes à vérifier également (voir « *Paramètres de pilotage* » et tableau 2) ;
 - les plages horaires éventuellement définies pour le fonctionnement des différents régimes ;
 - les états de fonctionnement remontés sur l'IHM de la supervision.

Ces opérations peuvent être réalisées annuellement, conjointement entre opérateur et patrouilleurs ou techniciens de maintenance, selon plusieurs niveaux de détails. Un premier niveau de vérification simple peut consister à s'assurer que l'éclairage de renforcement est bien éteint la nuit, et en fonctionnement par temps très ensoleillé.

Attention, les changements de régime sur dépassement de seuil ne sont pas instantanés, du fait des principes de temporisation et de moyennage des valeurs des capteurs mis en œuvre. Il peut être nécessaire de patienter plusieurs minutes dans certains cas.

- Vérifier le fonctionnement du mode dégradé éventuellement prévu pour le pilotage automatique : simuler la perte d'un ou plusieurs capteurs et constater la mise en œuvre effective du mode dégradé (pilotage de circuits à partir des mesures d'un autre capteur, forçage de régimes, recours à des plages horaires...).

Période de la journée	Conditions lumineuses extérieures		Zone de l'ouvrage / et régimes activés		
	observées	mesurées	Renforcement d'entrée	Section courante	Renforcement de sortie
En journée	Jour, très lumineux (ex : journée très ensoleillée)	Luminance > seuil L2 (ex : avec seuil L2 compris entre 2000 et 3500 cd/m ²)	Plein soleil 100 %	Jour	Renfo. allumé
	Jour, moyennement lumineux (ex : journée lumineuse mais soleil voilé)	Luminance > seuil L1 (ex : avec seuil L1 compris entre 500 et 1500 cd/m ²)	Jour couvert 50 %	Jour	Renfo. allumé
	Jour, faiblement lumineux (ex : au levé du jour, ou ciel extrêmement couvert)	Éclairement > seuil E1 (ex : avec seuil E1 = 100 lux)	Renfo. éteint	Jour	Renfo. éteint
La nuit	Nuit	Éclairement < seuil E1 (ex : avec seuil E1 = 100 lux)	Renfo. éteint	Nuit	Renfo. éteint
	Nuit, dans la plage horaire définie	Entre 23h et 5h	Renfo. éteint	Nuit Réduit	Renfo. éteint

Tableau 2 : exemple de tableau définissant les principes généraux de fonctionnement des régimes d'éclairage

Les ordres de grandeurs de seuils d'activation et de plages horaires du tableau sont donnés à titre d'exemple et ne doivent pas être utilisés sans étude préalable. Un diagnostic plus poussé par un prestataire doit être mené.

Documents ressources

- [1] Dossier Pilote des Tunnels – partie 4.2 Éclairage » (novembre 2000).
- [2] Note d'information n°4 du CETU de 1994 « Commande de l'éclairage des tunnels routiers ».
- [3] Fiche d'action n°1 « Vérifications et maintenance des luminancemètres ».