



Direction des Routes Ile-de-France

Avant Projet – Notice Eclairage

Autoroute A115

Modernisation de la tranchée couverte de Taverny (95)

17/05/18

LOMBARDI INGÉNIERIE
66 rue Escudier 92100 Boulogne
Billancourt
70 rue de la Villette 69003 LYON
+33 (0)4 26 84 26 10
info@lombardi-ing.fr
www.lombardi.ch



Lombardi

SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédaction	Vérification
1	16/02/2018	David Delplanque	Eric Cesmat
2	17/05/2018	David Delplanque	Eric Cesmat Simone Franceschini

SUIVI DES MODIFICATIONS	1
I. PREAMBULE	3
I.1. OBJET DU PRESENT DOCUMENT.....	3
I.2. OBJECTIFS DE LA MISSION	3
II. SYSTEME D'ECLAIRAGE.....	4
II.1. REGLEMENTATION APPLIQUEE	4
II.2. SITUATION EXISTANTE	5
II.3. SOLUTIONS ENVISAGEES	8

I. PREAMBULE

I.1. OBJET DU PRESENT DOCUMENT

L'objet de ce document est l'étude des solutions concernant la rénovation du système d'éclairage existant de la tranchée couverte de Taverny.

I.2. OBJECTIFS DE LA MISSION

La mission comprend :

- Le diagnostic du système d'éclairage actuellement en place dans son ensemble (sécurité, normal, renforcement), y compris l'état des raccordements (alimentation électrique, qualité des câbles, etc...).
- L'étude de la mise à niveau de ce système, selon une décomposition du système en trois dispositifs : plots de jalonnement, éclairage de sécurité, l'éclairage normal et l'éclairage de renforcement.
- La formulation de propositions de modernisation et d'économie d'énergie potentielles ;

II. SYSTEME D'ECLAIRAGE

II.1. REGLEMENTATION APPLIQUEE

Texte législatif :

- Directive n° 2004/54/CE du 29 avril 2004 concernant les « exigences de sécurité minimales applicables aux tunnels du réseau routier transeuropéen »
- Loi n° 2006-10 du 5 janvier 2006 relative à la « sécurité et au développement des transports »
- Décret n° 2005-701 du 24 juin 2005 relatif à la « sécurité d'ouvrages du réseau routier »
- Décret n° 2006-1354 du 8 novembre 2006 relatif à la « sécurité d'ouvrages du réseau routier et modifiant le code de la voirie routière »
- CCTG applicables aux marchés publics de travaux (notamment Fascicules 31, 32, 62, 65, 70 et 71)
- Circulaire n° 2000-63 du 25 août 2000, et ses annexes, relative à la « sécurité dans les tunnels du réseau routier national »
- Texte normatif
- C 17-200 – « Installations d'éclairage extérieur – Règles » – Mars **2007**
- NF C 32-070 – « Conducteurs et câbles isolés pour installations – Essais de classification des conducteurs et câbles du point de vue de leur comportement au feu » – Janvier 2001 – Complété par l'additif A1 et les fiches d'interprétation F1 à F3
- NF EN 60598-1 (C71-000) – « Luminaires – Partie 1 : exigences générales et essais » – Mars 2009 –
- NF EN 60598-2-2 (C71-002) – « Luminaires – Partie 2 : règles particulières – Section 2 : luminaires encastrés » – Juin 1997 – Complété par l'additif A1 (C71-002/A1) – Juillet 1999
- NF EN 60598-2-3 (C71-003) – « Luminaires – Partie 2-3 : règles particulières – Luminaires d'éclairage public » – Juin 2003
- NF EN 62262 – « Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (code IK) » – Avril 2004 Complété par l'additif A11 (C71-000/A11) – Octobre **2009**
- Recommandations
- Recommandations et documents techniques du CETU (notamment Dossiers Pilote des tunnels, Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers, Guide du comportement au feu des tunnels routiers et Guide pour la surveillance, l'entretien, la conservation des tunnels routiers)
- Recommandations de l'AFTES, de l'AIPCR, de l'AFE et de l'UTENF

II.2. SITUATION EXISTANTE

II.2.1. Eclairage Normal et de renforcement

Les deux tubes de l'ouvrage sont éclairés par deux lignes d'appareils implantés en plafond, au-dessus et au centre de chacune des deux voies circulées. Ces appareils sont répartis en modules d'éclairage de 6,5 m de longueur. Suivant leur lieu d'implantation, ces modules sont équipés de manière différente.

On retrouve ainsi ces appareils d'éclairage sur l'ensemble de l'ouvrage (section courante).

Par ailleurs, les zones de renforcement en entrée de l'ouvrage sont dotées d'appareils complémentaires.

Les luminaires installés sont de deux types :

- éclairage Fluo pour l'éclairage de sécurité et l'éclairage de la section courante (appareils de 1 tube de 36 W ou de 70W)
- éclairage Sodium Haute Pression pour les zones en entrée d'ouvrage (appareils composés de une ou deux lampes de 150W, 250 W ou 400 W en fonction des paliers).

L'éclairage de renforcement est asservi à la luminosité extérieure : en fonction des conditions extérieures de luminosité 2 régimes d'éclairage de renforcement sont alors disponibles pour la section courante : jour couvert et Plein Soleil.

L'éclairage de la section courante a un asservissement horaire, trois régimes sont possibles : nuit économique (de 22h à 6h), nuit (de 6h au lever du soleil et du coucher du soleil à 22h) et jour (du lever au coucher du soleil).

La commande des différents régimes par la GTC est réalisée par l'extinction ou l'allumage de circuits électriques alimentant une partie des sources lumineuses.

L'éclairage de la section courante est strictement identique dans les deux tubes :

Régimes	Appareils en fonctionnement par module
Nuit éco	1 x 36 W
Nuit	2 x 36 W
Jour	2 x 36 W + 1 x 70 W

Actuellement l'éclairage de renforcement est constitué de 3 paliers, chaque palier pouvant être exploité en mode « jour couvert » et « plein soleil ».

Palier 1 (160 m) :

Régimes	Tube Y	Tube W
Jour couvert	1 x 36 W + 1 x 400 W	1 x 36 W + 1 x 250 W + 1 x 400 W
Plein soleil	1 x 36 W + 2 x 400 W	1 x 36 W + 2 x 250 W + 1 x 400 W

Palier 2 (50 m) :

Régimes	Tube Y	Tube W
Jour couvert	1 x 36 W + 1 x 250 W	1 x 36 W + 1 x 250 W
Plein soleil	1 x 36 W + 2 x 250 W	1 x 36 W + 2 x 250 W

Palier 3 (50 m) :

Régimes	Tube Y	Tube W
Jour couvert	1 x 36 W + 1 x 150 W	1 x 36 W + 1 x 150 W
Plein soleil	1 x 36 W + 1 x 100 W + 1 x 150 W	1 x 36 W + 1 x 100 W + 1 x 250 W

On peut noter que l'éclairement de renforcement est supérieur pour le tube W, afin de tenir compte de l'orientation du flux de circulation vers le sud-sud-est et donc d'un éblouissement potentiellement plus fort qu'en entrée du tube Y qui est orienté dans le sens nord-ouest

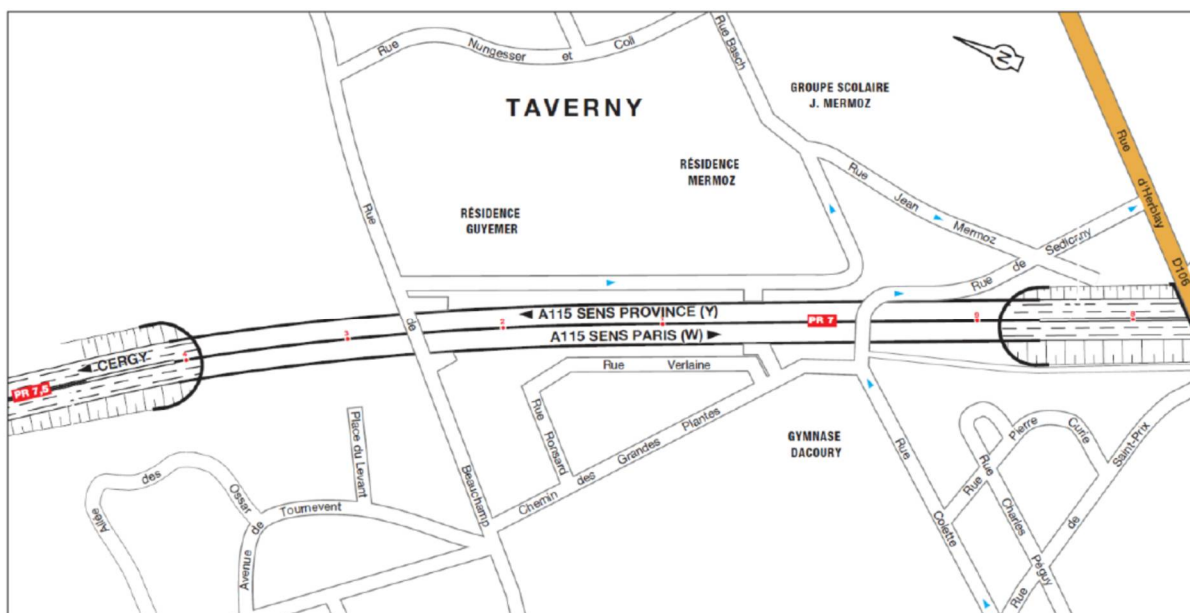


Figure 1 - Orientation flux de circulation

Les appareils (sauf ceux servant pour l'éclairage de sécurité) sont alimentés par des câbles U1000R2V cheminant sur des chemins de câbles.

Le caractère non propagateur de l'incendie (C1) et sans Halogène de ces câbles n'est pas assuré : les câbles ne pourront pas être conservés conformément à l'IT.

De nombreux appareils sont en panne ou manquant.

Les relevés photométriques fait en phase DIAG montrent que les performances actuelles de l'éclairage normal ne sont pas conformes aux performances attendues par le guide pilote du CETU.

Les appareils sont en fin de durée de vie (approvisionnés en 1999).

II.2.2. Eclairage de sécurité

L'éclairage de sécurité actuel du tunnel de Taverny correspond au régime nuit économique détaillé dans le paragraphe ci-dessus.

L'éclairage de sécurité est donc composé d'un appareil fluo d'une lampe de 36 W tous les 6.5 mètres.

Les appareils sont alimentés par un câble résistant au feu CR1-C1 et par des boîtes de dérivation résistant au feu. L'alimentation est secourue par un onduleur d'une autonomie de 30 minutes.

Le câble d'alimentation est directement fixé au mur.

De nombreux appareils sont en panne ou manquant (arraché). La protection au feu de l'ensemble du circuit de sécurité n'est plus assurée au niveau des boîtes de dérivation et des luminaires qui ont été arrachés.

Les appareils sont en fin de durée de vie (approvisionné en 1999).

L'éclairage de sécurité correspond à l'éclairage « nuit éco » et est allumé en permanence.

II.2.3. plots de jalonnement

Les plots de jalonnement sont implantés sur les deux piédroits de chaque tube, au-dessus du trottoir à environ 1 mètre de hauteur.

Ils sont allumés en permanence, ils sont double face à LED de couleur Ambre.

Les plots de jalonnement sont alimentés par les PST par canton de 100 mètres (en aval et en amont de chaque PST).

L'état des plots de jalonnement est très dégradé, certains sont défectueux, d'autres manquants (arrachement).

II.2.4. Puissance installée

La puissance installée de l'éclairage existant est résumée dans le tableau suivant :

Existant	Origine alimentation	Puissance installée (en kVA)
Eclairage de sécurité tube Ouest	TGBT Secouru	8,26
Eclairage section courante Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	22,6
Eclairage de renforcement Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	97,6
Eclairage de sécurité tube Est	TGBT Secouru	8,24
Eclairage section courante Tube Est	TGBT 2 Est	32,6
Eclairage de renforcement Tube Est	TGBT 2 Est	87,6
	Total	256,9
	<i>dont secouru</i>	16,5

II.3. SOLUTIONS ENVISAGEES

II.3.1. Caractéristiques fonctionnelles générales

Eclairage normal et de renforcement

L'installation doit comporter d'une part un éclairage de base régnant de manière uniforme sur l'ensemble de la couverture, et d'autre part, un éclairage de renforcement d'entrée permettant une adaptation progressive à la vision des usagers pour éviter tout phénomène de « trou noir ».

L'éclairage de renforcement permet aux usagers d'avoir le temps de s'adapter à l'éclairage en tunnel. La longueur de l'éclairage de renforcement dépend donc :

- De la vitesse de l'utilisateur
- Des caractéristiques de l'éclairage diurne aux têtes du tunnel.

L'éclairage de renforcement accompagne progressivement l'utilisateur à l'intérieur de l'ouvrage jusqu'à atteindre le niveau lumineux de l'éclairage de base.

Pour éviter d'avoir une longueur d'éclairage de renforcement trop élevée, l'éclairage de base permet d'avoir un éclairage plus fort la journée que la nuit.

De même l'éclairage de renforcement peut être asservi à la luminosité extérieure.

Eclairage de sécurité

En cas d'évènement tel un incendie, un éclairage minimal doit être maintenu pour une durée minimum de 30 minutes afin de permettre l'évacuation des usagers.

Cet éclairage de sécurité doit avoir une alimentation résistante à un incendie dans les zones circulées.

II.3.2. Objectifs performanciers

Eclairage normal

En se basant sur le guide du CETU, les objectifs de niveaux de luminance pour le tunnel de Taverny sont les suivants :

- Pour le régime Jour (J) 4cd/m²
- Pour le régime Nuit (N) 2 cd/m²
- Pour le régime nuit économique : 1cd/m²

Eclairage de Renforcement

L'éclairage de renforcement doit se rapprocher des courbes de référence définies par le guide pilote du CETU.

Les courbes de référence dépendant de deux critères :

- Le voile d'exposition des têtes du tunnel,
- La vitesse d'approche des véhicules.

Concernant le tunnel de Taverny :

- La vitesse des véhicules en entrée de tunnel est de 90km/h,
- Vu l'orientation des têtes il a été considéré un voile moyen pour le tube Y et un voile fort pour le tube W,
- L'éclairage de jour en section courant sera de 4 cd/m².

Sur cette base nous préconisons la mise en œuvre :

- D'un éclairage de renforcement de longueur 300m à partir de l'entrée du tube Y,
- D'un éclairage de renforcement de longueur 350m à partir de l'entrée du tube W.

Les courbes de référence, en bleues, sont donc :

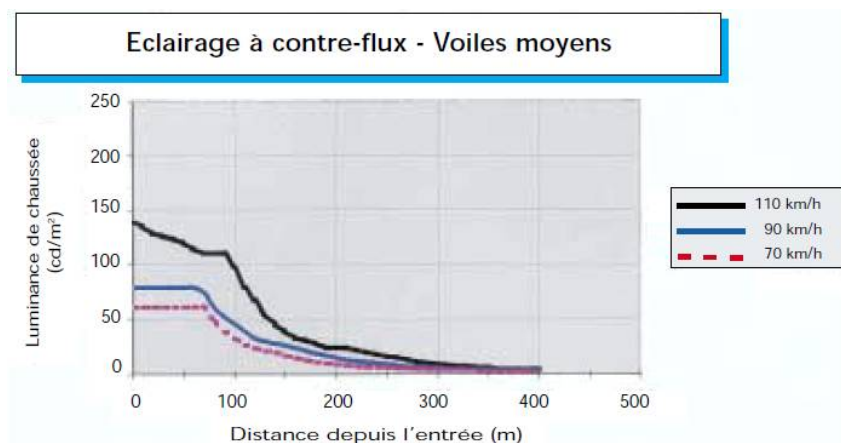


Figure 2 - Courbe de référence de l'éclairage de renforcement du tube Y

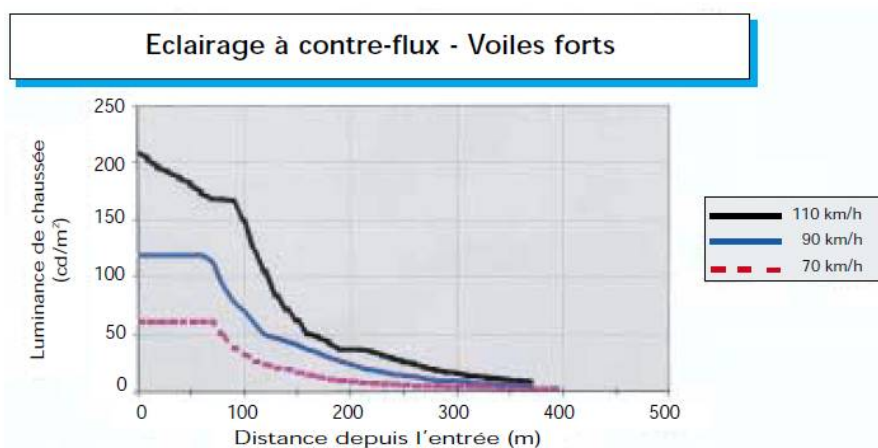


Figure 3 - Courbe de référence de l'éclairage de renforcement du tube W

Pour le sens W, il est donc préconisé un premier palier à 125 cd/m² sur une longueur de 60 mètres. Puis une diminution des performances de façon évolutive entre le PM 60 et le PM 350 pour atteindre l'éclairage de la section courante de 4cd/m².

Pour le sens Y, il est donc préconisé un premier palier à 85 cd/m² sur une longueur de 60 mètres. Puis une diminution des performances de façon évolutive entre le PM 60 et le PM 300 pour atteindre l'éclairage de la section courante de 4cd/m²

La qualité de contraste sur le premier palier devra être au minimum de 1 pour une installation à contre-flux.

Critère d'uniformité

Les critères d'uniformité de l'installation d'éclairage sont basés sur des mesures d'éclairement ou de luminance.

Les critères suivants seront évalués :

- L'uniformité générale U_0 qui est le rapport entre la valeur minimale relevée sur la zone de mesure et la moyenne des mesures effectuées sur cette même zone.
- L'uniformité longitudinale qui est le rapport entre la luminance la plus basse et la plus haute mesurées sur un axe longitudinal. La largeur roulable, de bord de trottoir à bord de trottoir, est divisée en bandes. L'uniformité longitudinale U_L de la zone considérée est la valeur la plus faible obtenue sur les axes longitudinaux de chaque bande de mesure.

Les valeurs à respecter sont les suivantes :

- Uniformité Générale $\geq 0,5$
- Uniformité Longitudinale $\geq 0,8$

Ces valeurs d'uniformité s'appliquent au dimensionnement du régime nominal (jour pour la section courante, plein soleil pour le renforcement).

Une bonne répartition des appareils dans le tunnel permet d'obtenir une bonne uniformité longitudinale pour ceci, il est recommandé de ne pas dépasser une interdistance de l'ordre de 9 m entre appareils d'éclairage.

Eclairement des piédroits : Le rapport entre l'éclairement des piédroits, à 1 m du sol et la moyenne des mesures effectuées sur la chaussée devra être supérieur à 0,4.

Eblouissement

Le T_i sera limité à 8%.

Eclairage de sécurité

Conformément à l'instruction technique l'éclairage de sécurité doit permettre d'obtenir 10 lux moyens et 2 lux minimum en tout point.

II.3.3. Hypothèse de dimensionnement

Un facteur de réflexion de 0,5 pour les piédroits a été pris en considération.

La hauteur de fixation des appareils est de 5m25 pour un respect de gabarit routier à 4,85m.

Les hypothèses de calcul prises pour le dimensionnement de l'éclairage du tunnel sont :

- Tunnel urbain à trafic non faible à deux tubes d'une longueur de 507 m environ.
- 2 Tubes unidirectionnels.
- Vitesse des véhicules = 90 km/h.

- Béton bitumineux moyen standard => R = 2
- Béton bitumineux moyen => C = 0.15
- Tunnel non peint.
- Un trottoir de 0.75 m de large à Droite
- Deux voies de circulation de 3.60 m
- Une Bande d'arrêt d'urgence de 1.85 m
- Un Bande dérasée à Gauche de 0.5m
- Facteur de maintenance source SHP M = 0.78
- Facteur de maintenance source LED M = 0.8
- Hauteur de fixation des appareils : minimum 5.05m pour un respect de gabarit routier de 4.85m.

Nota : le facteur de 0.8 pour les luminaires SHP implique un nettoyage des luminaires et un remplacement des sources tous les 3 ans maximum. Le facteur de 0.8 pour les luminaires LED est surdimensionné et correspond à une fréquence de nettoyage supérieure à 10 ans

II.3.4. Descriptions des scénarios

Plusieurs solutions d'implantation sont envisagées :

- Rénovation de l'éclairage tel que l'existant,
- Rénovation de l'éclairage par des luminaires LED,
- Rénovation de l'éclairage par des luminaires LED pour l'éclairage de base et par des luminaires SHP pour l'éclairage de renforcement.

Deux solutions de contrôle et de commande peuvent être également être envisagés :

- Contrôle par alimentation/extinction de circuit tel que l'existant,
- Contrôle par gradation.

Le cumul des solutions d'implantation et de contrôle/commande permette donc d'avoir 5 scénarios d'éclairage potentiels :

		Contrôle/commande	
		Par circuits	Par Gradation
Technologie	Tel que l'existant	Scénario 1	
	"Full" LED	Scénario 2	Scénario 3
	LED+SHP	Scénario 4	Scénario 5

Scénario 1 : Rénovation tel que l'existant.

Cette solution correspond :

- Au remplacement à l'identique des luminaires existants
- Au remplacement des câbles d'alimentations des luminaires de bases et de renforcement
- Au remplacement de l'ensemble des boîtes de dérivation résistant au feu de l'éclairage de sécurité.

Cette solution présente une contrainte élevée de phasage nécessitant la mise en place d'un éclairage provisoire pendant toute la phase de mise en conformité des 2 tubes afin de garantir un niveau d'éclairage suffisant conformément au guide pilote du CETU.

La solution consiste à la mise en œuvre d'un éclairage de substitution qui n'impactera pas l'éclairage actuel.

Dès lors que l'éclairage provisoire travaux est opérationnel, la dépose des éclairages actuels peut s'opérer. Il n'est pas prévu d'éclairage de renforcement dans cette phase de travaux.

Synthèse puissance électrique

Existant	Origine alimentation	Puissance installée (en kVA)	Puissance consommée				
			Nuit éco	Nuit	Jour	avec renf JC	avec Renf PS
Eclairage de sécurité tube Ouest	TGBT Secouru	8,26	8,26	8,26	8,26	8,26	8,26
Eclairage section courante Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	22,6	0	11,3	22,6	22,6	22,6
Eclairage de renforcement Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	97,6	0	0	0	48,8	97,6
Eclairage de sécurité tube Est	TGBT Secouru	8,24	8,24	8,24	8,24	8,24	8,24
Eclairage section courante Tube Est	TGBT 2 Est	32,6	0	16,3	32,6	32,6	32,6
Eclairage de renforcement Tube Est	TGBT 2 Est	87,6	0	0	0	43,8	87,6
	Total	256,9	16,5	44,1	71,7	164,3	256,9
	<i>dont secouru</i>	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5

Scénario 2 : Scénario 2 : Solution « full » LED et contrôle par circuit

→ A) L'éclairage de base

L'éclairage de base sera composé de luminaires de technologie LED de flux de 18500 à 19500 lumens (en fonction des fournisseurs) qui seront répartis suivant une inter distance à pas fixe. En fonction des fournisseurs l'inter distance pourra osciller entre 8 et 9 mètres et la puissance de chaque luminaire sera d'environ 130 W.

Pour optimiser les coûts de cheminement de câbles et faciliter les opérations de maintenance, les appareils seront implantés sur une file unique au-dessus de la voie rapide à une hauteur d'implantation de 5.05m.

Les critères d'uniformité du guide pilote du CETU seront respectés.

Un luminaire sur 2 sera alimenté par un circuit résistant au feu sans Halogène et par une alimentation secourue 30 minutes.

Un luminaire sur 4 sera alimenté par un circuit d'alimentation composé d'un câble non propagateur de l'incendie sans Halogène et alimenté depuis les TGBT normaux (non secouru).

Un luminaire sur 4 sera alimenté par autre un circuit d'alimentation composé d'un câble non propagateur de l'incendie sans Halogène et alimenté depuis les TGBT normaux (non secouru).

L'éclairage de base « jour » sera obtenue par le fonctionnement de tous les luminaires.

L'éclairage de base « nuit » sera obtenue par l'extinction d'un circuit d'éclairage correspondant à un luminaire sur 4.

L'éclairage de base nuit économique sera obtenue par l'extinction de tous les luminaires non secourus : cet éclairage correspond à l'éclairage de sécurité.

Un des inconvénients de cette solution est qu'une partie des luminaires sera beaucoup plus utilisé ce qui nécessitera de programmer plus d'interventions de maintenance préventive.

→ B) L'éclairage de renforcement

L'éclairage est de type contre flux L'éclairage de renforcement est réalisé depuis les têtes du tunnel sur environ 300 m pour le tube Y et 350 mètres pour le tube W.

Les appareils d'éclairage sont de type LED à contre flux.

Les luminaires de renforcement devront être installés sur deux files : l'un au-dessus de la voie lente, sur la même file que les luminaires de la section courante, l'autre au-dessus de la voie rapide.

Concernant le tube W, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 50 000 lumen pour une inter distance entre luminaire d'environ 2.95 m.

Concernant le tube Y, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 50 000 lumen pour une inter distance entre luminaire d'environ 4.5 m.

La puissance des luminaires LED sera ensuite dégressive pour respecter la courbe de dimensionnement.

Les luminaires seront alimentés par quatre circuit d'alimentation (deux par files) composés de câbles non propagateur de l'incendie sans Halogène et alimenté depuis les TGBT normaux (non secouru).

Il est prévu 2 régimes d'éclairage pour la section renforcement :

- régime plein soleil (tous les appareils sont allumés à 100%),
- régime jour couvert (extinction d'un appareil sur deux : extinction d'un circuit sur chaque file)

→ C) L'éclairage de sécurité

L'éclairage de sécurité sera composé d'un luminaire sur 4. Il sera alimenté par un circuit résistant au feu sans Halogène et par une alimentation secourue 30 minutes.

L'éclairage est allumé en permanence. Les appareilles d'éclairage ont les mêmes conditions d'implantation et techniques que les éclairages présentés précédemment.

→ D) Synthèse puissance électrique

Scénario 2	Origine alimentation	Puissance installée (en kVA)	Puissance consommée				
			Nuit éco	Nuit	Jour	avec renf JC	avec Renf PS
Eclairage de sécurité tube Ouest	TGBT Secouru	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Eclairage section courante Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	3,9	0	1,95	3,9	3,9	3,9
Eclairage de renforcement Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	46	0	0	0	23	46
Eclairage de sécurité tube Est	TGBT Secouru	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Eclairage section courante Tube Est	TGBT 2 Est	3,9	0	1,95	3,9	3,9	3,9
Eclairage de renforcement Tube Est	TGBT 2 Est	33	0	0	0	16,5	33
	Total	94,6	7,8	11,7	15,6	55,1	94,6
	<i>dont secouru</i>	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8

Scénario 3 : Solution « full » LED et contrôle par gradation

→ A) L'éclairage de base

L'éclairage de base sera composé de luminaires de technologie LED de flux de 18500 à 19500 lumens (en fonction des fournisseurs) qui seront répartis suivant une inter distance à pas fixe. En fonction des fournisseurs l'inter distance pourra osciller entre 8 et 9 mètres et la puissance de chaque luminaire sera d'environ 130 W.

Pour optimiser les coûts de cheminement de câbles et faciliter les opérations de maintenance, les appareils seront implantés sur une file unique au-dessus de la voie lente à une hauteur d'implantation de 5.05m.

Un luminaire sur 3 sera alimenté par un circuit résistant au feu sans Halogène et par une alimentation secourue 30 minutes.

Les autres luminaires sera alimenté par un même circuit d'alimentation composé d'un câble non propagateur de l'incendie sans Halogène et alimenté depuis les TGBT normaux (non secouru).

Un système de gradation sera mis en œuvre permettant d'asservir la puissance de chaque luminaire pour obtenir les performances voulues. La commande des luminaires se fera en point par point via un fil pilote 1/10V. Le fil pilote pourra être intégré au câble d'alimentation électrique.

Le système sera directement installé dans les tableaux divisionnaires à proximité des modules d'Entrées Sorties.

L'asservissement pourra être soit horaire soit via une cellule photoélectrique implantée à l'extérieur du tunnel à proximité du local technique.

La gradation aura une sécurité positive provoquant le maintien (ou le passage) dans l'état allumé en cas de dysfonctionnement du système de contrôle/commande. En cas d'absence tension (coupure du câble pilote) ou de court-circuit sur le fil pilote, le flux passera également à son niveau maximum.

Cette technologie permet ainsi que tous les luminaires éclairent à la même puissance quelque soit le régime ce qui améliore l'uniformité dans le tunnel.

La technologie par gradation permet de s'affranchir de régimes « figés » et permet de commander la puissance d'éclairage en fonction de la situation.

Eclairage jour : 100% de la puissance des luminaires

Eclairage nuit : 50% de la puissance des luminaires.

Eclairage nuit économique : gradation de l'ensemble des luminaires à 25%.

Le passage sera ensuite progressif pour passer de l'éclairage jour à l'éclairage nuit en fonction de la luminosité extérieure.

La gradation permettra également de compenser le facteur de maintenance les premières années d'exploitation en vue d'économiser la consommation électrique.

→ B) L'éclairage de renforcement

L'éclairage est de type contre flux L'éclairage de renforcement est réalisé depuis les têtes du tunnel sur environ 300 m pour le tube Y et 350 mètres pour le tube W.

Les appareils d'éclairage sont de type LED à contre flux.

Les luminaires de renforcement devront être installés sur deux files : l'un au-dessus de la voie lente, sur la même file que les luminaires de la section courante, l'autre au-dessus de la voie rapide.

Concernant le tube W, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 50 000 lumen pour une inter distance entre luminaire d'environ 2.95 m.

Concernant le tube Y, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 50 000 lumen pour une inter distance entre luminaire d'environ 4.5 m.

Le contrôle de l'éclairage sera réalisé par gradation et asservi à la luminance extérieure en tête du tunnel.

Ce système permet d'avoir un éclairage « juste » correspondant exactement à la situation.

Eclairage de renforcement plein soleil : 100% de la puissance de tous les luminaires.

Le passage sera ensuite progressif pour passer de l'éclairage plein soleil à l'extinction totale des luminaires de renforcement.

La gradation permettra également de compenser le facteur de maintenance les premières années d'exploitation en vue d'économiser la consommation électrique.

Cette technologie permet ainsi que tous les luminaires éclairent à la même puissance quel que soit le régime ce qui améliore l'uniformité dans le tunnel.

→ C) L'éclairage de sécurité

L'éclairage de sécurité sera composé d'un luminaire sur 3. Il sera alimenté par un circuit résistant au feu sans Halogène et par une alimentation secourue 30 minutes.

L'éclairage est allumé en permanence. Les appareils d'éclairage ont les mêmes conditions d'implantation et techniques que les éclairages présentés précédemment

→ D) Synthèse puissance électrique

Scénario 3	Origine alimentation	Puissance installée (en kVA)	Puissance consommée				
			Nuit éco	Nuit	Jour	avec renf JC	avec Renf PS
Eclairage de sécurité tube Ouest	TGBT Secouru	2,6	0,65	1,3	2,6	2,6	2,6
Eclairage section courante Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	5,2	1,3	2,6	5,2	5,2	5,2
Eclairage de renforcement Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	46	0	0	0	23	46
Eclairage de sécurité tube Est	TGBT Secouru	2,6	0,65	1,3	2,6	2,6	2,6
Eclairage section courante Tube Est	TGBT 2 Est	5,2	1,3	2,6	5,2	5,2	5,2
Eclairage de renforcement Tube Est	TGBT 2 Est	33	0	0	0	16,5	33
	Total	94,6	3,9	7,8	15,6	55,1	94,6
	<i>dont secouru</i>	5,2	1,3	2,6	5,2	5,2	5,2

Scénario 4 : Solution Mixte LED + SHP et contrôle par circuit

→ A) L'éclairage de base

Cet éclairage sera identique à l'éclairage de base du scénario 2.

→ B) L'éclairage de renforcement

L'éclairage est de type contre flux L'éclairage de renforcement est réalisé depuis les têtes du tunnel sur environ 300 m pour le tube Y et 350 mètres pour le tube W.

Les appareils d'éclairage sont de type SHP à contre flux.

Les luminaires de renforcement devront être installés sur deux files : l'un au-dessus de la voie lente, sur la même file que les luminaires de la section courante, l'autre au-dessus de la voie rapide.

Concernant le tube W, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 55 000 lumen (SHP 400W) pour une inter distance entre luminaire d'environ 3.10 m.

Concernant le tube Y, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 55 000 lumen (SHP 400W) pour une inter distance entre luminaire d'environ 4.75 m.

L'inter distance des luminaires SHP ainsi que leur puissance (250 W puis 150W) sera ensuite dégressive pour respecter la courbe de dimensionnement.

Les luminaires seront alimentés par quatre circuit d'alimentation (deux par files) composés de câbles non propagateur de l'incendie sans Halogène et alimenté depuis les TGBT normaux (non secouru).

Il est prévu 2 régimes d'éclairage pour la section renforcement :

- régime plein soleil (tous les appareils sont allumés à 100%),
- régime jour couvert (extinction d'un appareil sur deux : extinction d'un circuit sur chaque file).

→ C) L'éclairage de sécurité

Cet éclairage sera identique à l'éclairage de sécurité du scénario 2.

→ D) Synthèse puissance électrique

Scénario 4	Origine alimentation	Puissance installée (en kVA)	Puissance consommée				
			Nuit éco	Nuit	Jour	avec renf JC	avec Renf PS
Eclairage de sécurité tube Ouest	TGBT Secouru	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Eclairage section courante Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	3,9	0	1,95	3,9	3,9	3,9
Eclairage de renforcement Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	43	0	0	0	21,5	43
Eclairage de sécurité tube Est	TGBT Secouru	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Eclairage section courante Tube Est	TGBT 2 Est	3,9	0	1,95	3,9	3,9	3,9
Eclairage de renforcement Tube Est	TGBT 2 Est	34,5	0	0	0	17,25	34,5
	Total	93,1	7,8	11,7	15,6	54,35	93,1
	<i>dont secouru</i>	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8

Scénario 5 : Solution Mixte LED + SHP et contrôle par gradation

→ A) L'éclairage de base

Cet éclairage sera identique à l'éclairage de base du scénario 3.

→ B) L'éclairage de renforcement

L'éclairage est de type contre flux L'éclairage de renforcement est réalisé depuis les têtes du tunnel sur environ 300 m pour le tube Y et 350 mètres pour le tube W.

Les appareils d'éclairage sont de type LED à contre flux.

Les luminaires de renforcement devront être installés sur deux files : l'un au-dessus de la voie lente, sur la même file que les luminaires de la section courante, l'autre au-dessus de la voie rapide.

Concernant le tube W, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 55 000 lumen (SHP 400W) pour une inter distance entre luminaire d'environ 3.10 m.

Concernant le tube Y, pour atteindre les objectifs de la courbe de référence, les luminaires devront avoir, sur un premier palier d'environ 60 mètres, un flux lumineux d'environ 55 000 lumen (SHP 400W) pour une inter distance entre luminaire d'environ 4.75 m.

Le contrôle de l'éclairage sera réalisé par gradation et asservi à la luminance extérieure en tête du tunnel.

Ce système permet d'avoir un éclairage « juste » correspondant exactement à la situation.

Eclairage de renforcement plein soleil : 100% de la puissance de tous les luminaires.

Le passage sera ensuite progressif pour passer de l'éclairage plein soleil à un éclairage « Jour Couvert » correspondant à 50% du flux lumineux (soit, pour la technologie SHP, 80% de la puissance électrique)

La gradation permettra également de compenser le facteur de maintenance les premières années d'exploitation en vue d'économiser la consommation électrique.

Cette technologie permet ainsi que tous les luminaires éclairent à la même puissance quel que soit le régime ce qui améliore l'uniformité dans le tunnel.

→ C) L'éclairage de sécurité

Cet éclairage sera identique à l'éclairage de sécurité du scénario 3.

→ D) Synthèse puissance électrique

Scénario 5	Origine alimentation	Puissance installée (en kVA)	Puissance consommée				
			Nuit éco	Nuit	Jour	avec renf JC	avec Renf PS
Eclairage de sécurité tube Ouest	TGBT Secouru	2,6	0,65	1,3	2,6	2,6	2,6
Eclairage section courante Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	5,2	1,3	2,6	5,2	5,2	5,2
Eclairage de renforcement Tube Ouest	TGBT 1 Ouest	43	0	0	0	34,4	43
Eclairage de sécurité tube Est	TGBT Secouru	2,6	0,65	1,3	2,6	2,6	2,6
Eclairage section courante Tube Est	TGBT 2 Est	5,2	1,3	2,6	5,2	5,2	5,2
Eclairage de renforcement Tube Est	TGBT 2 Est	34,5	0	0	0	27,6	34,5
	Total	93,1	3,9	7,8	15,6	77,6	93,1
	<i>dont secouru</i>	5,2	1,3	2,6	5,2	5,2	5,2

II.3.5. Synthèse comparative des solutions

Analyse multicritère	Scénario 1 : Existant	Scénario 2 (Led commande par circuit)	Scénario 3 (Led commande par gradation)	Scénario 4 LED SHP commande par circuit	Scénario 5 LED SHP commande par gradation
Respect Réglementation	++	++	++	++	++
Consommation électrique	--	++	++	++	++
Dimensionnement onduleur	--	+	++	+	++
Confort usager (IRC et uniformité)	--	+	++	--	-
Phasage travaux	--	+	+	+	+
Cout d'investissement	--	-	+	-	+
Cout de fonctionnement	--	+	++	-	-
Bilan					

En conclusion, il est préconisé d'étudier en phase PRO la solution 3 de remplacement de l'ensemble des luminaires par une solution entièrement LED avec un contrôle/commande de l'installation par un système de gradation.

II.3.6. Descriptions des solutions envisagées Plots de Jalonnement

Les plots de jalonnement actuels ne sont pas fonctionnels (plots manquants, défectueux...).

Nous recommandons donc la rénovation complète des plots de jalonnement et de leur distribution électrique terminale

- Les plots seront positionnés à environ 1 mètre de hauteur, tous les 10 mètres
- Les câbles des alimentations terminales circulant en tunnel seront des câble CR1-C1-SH distribués depuis les coffrets PST.

D'une manière générale, les plots seront de couleur ambre.