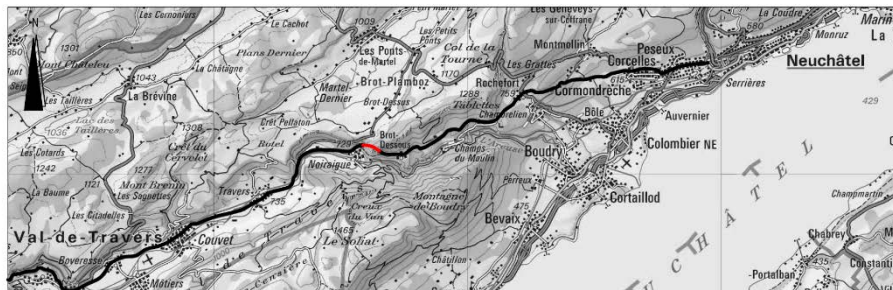


Routes principales suisses H10 – Les Verrières - Neuchâtel



Tunnel de la Clusette

Objet / Lot :

PR : 23+680 à 24+788

Canton : Neuchâtel

Communes : Noiraigue

Longueur de l'aménagement : 1108m

Concept d'intervention

Assainissement et sécurité du tunnel

Equipements d'exploitation et de sécurité (EES)

Auteur du document :



Centre neuchâtelois d'entretien des routes nationales
Section électromécanique
Route de Fontainemelon 19
2208 Les Hauts-Geneveys

N° Doc. (interne)

M 9 4 - 1 0 0 0 6

C N E R N - C I

Rev.	Etabli le	Index A	Index B	Index C	Index D	Doc./ Plan - N° (auteur) :	H10-CLU_CI-EES_V4
Date	09-09-15					Document /plan N° (auteur):	
Etabl	SELM					Format :	A4
Contrôlé	L. Kuchen					Echelle :	

Direction de projet

Service des ponts et chaussées

- ☐ SIND Secteurs indépendants
☐ OREG Office des ressources générales
☒ ORCA Office des routes cantonales
☐ OENT Office de l'entretien



Date de réception :

Examiné / ingénieur expert :

Validé / libéré par :

Client: **Canton de Neuchâtel, SPCH**

Objet: **H10 – rénovation et sécurisation du tunnel de La Clusette**

Titre du rapport: **H10 – concept d'intervention rénovation et sécurisation du tunnel de la Clusette, rapport technique**

Auteurs: **SELM**

Domaine 1: Guy Felder
Domaine 2: Franco Ricchittelli
Domaine 3: Stéphane Dubois, adjoint chef de projet
Domaine 4: Jacques Vulliemin
Domaine 5: Patrick Weber
Domaine 6: Laurent Kuchen, chef de projet
Domaine 8: Frédéric Monnet

Date / version: **09.09.2015 / version V4**

Numéro de projet: **M94-10006**

Numéro de rapport: **H10-CLU_CI-EES_V4**

Mentions légales

Titre complet	H10 – Concept d'intervention rénovation et sécurisation du tunnel de La Clusette, rapport technique				
Titre abrégé	CI				
Client	Canton de Neuchâtel, SPCH				
Auteur	SELM				
Nom du projet	H10 – rénovation et sécurisation du tunnel de La Clusette				
Numéro du projet	M94-10006				
Date du rapport	09.09.2015				
Version	V 4.0				
Distributeur	CNERN, SELM				

	Auteur	Vérificateur	Accepté	Version	Modification
Signature				V 4.0	---
Nom	SELM				
Date					

Sommaire

1. INTRODUCTION	6
Résumé et vue d'ensemble du projet	6
Bases du projet	6
Limites du projet	6
Options de base du projet	6
Géométrie de l'ouvrage	6
Ventilation du tunnel	6
Trafic	6
2. REFERENCES	7
Ordonnances	7
Directives OFROU	7
Fiches techniques OFROU	8
Normes SIA	11
Normes VSS	11
Normes SEV	11
Standards CNERN	12
3. DOMAINE 1 : ENERGIE	13
Etat actuel	13
3.1.1. Tableau de synthèse	13
3.1.2. Conclusions	13
Etat projeté	13
3.1.3. Résumé	13
3.1.4. Alimentation électrique du tunnel	13
3.1.5. Définition de l'alimentation secourue	15
3.1.6. Comptage BT	15
3.1.7. Réalisation d'un schéma de principe unifilaire	15
3.1.8. Système de gestion	15
3.1.9. L'architecture du système de contrôle-commande	15
3.1.10. Limites de fournitures	15
3.1.11. Effets de l'ajout d'une ventilation longitudinale	15
4. DOMAINE 2: ECLAIRAGE	16
Etat actuel	16
4.1.1. Tableau de synthèse	16
4.1.2. Conclusions	16
Etat projeté	16
4.1.3. Base du projet	16
4.1.4. Définition de l'éclairage de traversée	16
4.1.5. Définition de l'éclairage d'adaptation	18
4.1.6. Définition du balisage de fuite	19
4.1.7. Définition du guidage optique	19
4.1.8. Définition du revêtement peinture	21
4.1.9. Définition de l'éclairage publique	21
4.1.10. Définition de l'éclairage de la galerie de sécurité	21
4.1.11. Système de gestion des éclairages	22
4.1.12. L'architecture du système de contrôle-commande	22

4.1.13.	Limites de fournitures	22
5.	DOMAINE 3: VENTILATION.....	23
	Etat actuel	23
5.1.1.	Tableau de synthèse	23
5.1.2.	Conclusions	23
	Etat projeté	23
	Variante avec ventilation longitudinale du tunnel.....	23
5.1.3.	Estimation des puissances installées	23
5.1.4.	Définition de la ventilation longitudinale	23
5.1.5.	Définition des capteurs CO/OP	24
5.1.6.	Définition des anémomètres.....	24
5.1.7.	Définition des détecteurs de fumée	24
5.1.8.	Réalisation d'un schéma de principe.....	24
5.1.9.	Câblage de puissance (moteurs des ventilateurs)	24
5.1.10.	Câblage de commande (équipements de mesure)	24
5.1.11.	Nombre d'armoires	24
5.1.12.	Système de gestion de la ventilation.....	24
5.1.13.	L'architecture du système de contrôle-commande.....	24
5.1.14.	Limites de fournitures	25
	Variante alternative, sans ventilation mécanique	25
5.1.15.	Description.....	25
	Ventilation des issues de secours	25
5.1.16.	Principe.....	25
5.1.17.	Estimation des puissances installées	25
5.1.18.	Définition de la ventilation.....	25
5.1.19.	Nombre d'armoires	25
5.1.20.	Limites de fournitures	25
6.	DOMAINE 4: SIGNALISATION.....	26
	Etat actuel	26
6.1.1.	Tableau de synthèse	26
6.1.2.	Conclusions	26
	Etat projeté.....	26
6.1.3.	Données de base spécifiques au domaine signalisation	26
6.1.4.	Généralités	26
6.1.5.	Définition de la signalisation en relation avec le concept de trafic	27
6.1.6.	Définition des signaux et mâts.....	27
6.1.7.	Définition des plans de feux	27
6.1.8.	Définition des marquages.....	28
6.1.9.	Réalisation d'un schéma de principe.....	28
6.1.10.	Système de gestion de la signalisation	28
6.1.11.	Architecture du système de contrôle-commande	28
6.1.12.	Limites de fournitures	28
7.	DOMAINE 5: INSTALLATIONS DE SURVEILLANCE	29
	Etat actuel	29
7.1.1.	Tableau de synthèse	29
7.1.2.	Conclusions	29
	Etat projeté	29
7.1.3.	Définition de l'installation de détection incendie	29
7.1.4.	Définition de l'installation de vidéosurveillance (IVI).....	30
7.1.5.	Définition de l'installation Radio (DAB+, OUC et Polycom).....	32
7.1.6.	Définition de l'installation de téléphonie de secours.....	32
7.1.7.	Définition de l'Installation DIV	33
7.1.8.	Evaluation d'une installation de détection de verglas (DEV)	33
7.1.9.	Installation de comptage de trafic.....	33
7.1.10.	Limites de fournitures	33
8.	DOMAINE 6: COMMUNICATION ET SYSTÈME.....	34

Etat actuel	34
8.1.1. Tableau de synthèse	34
8.1.2. Conclusions	34
Etat projeté	34
8.1.3. Architecture système	34
8.1.4. Définition des exigences relatives à la sécurité informatique	36
8.1.5. Réseaux	36
8.1.6. Description de l'intégration dans le système de gestion supérieur	37
8.1.7. Définition de la matrice inter-domaines de l'objet	38
8.1.8. Définition d'un concept de gestion et d'utilisation, y compris la définition des groupes d'utilisateurs et de leurs droits ou application des principes existants	38
8.1.9. Définition d'une MMI "Style-guide" ou application de la MMI "Style-guide" existant	38
8.1.10. Étude de l'intégration, compatibilité SA-CH	38
8.1.11. Réalisation d'un schéma de principe	38
8.1.12. Limites de fournitures	38
9. DOMAINE 7: ARMOIRES ET CÂBLES	39
Etat actuel	39
9.1.1. Tableau de synthèse	39
9.1.2. Conclusions	39
Etat projeté	39
9.1.3. Estimation des puissances installées	39
9.1.4. Définition du système de câblage universel cuivre	39
9.1.5. Définition du système de fibres optiques	39
9.1.6. Définition des armoires électriques	40
9.1.7. Définition du câblage BT	40
9.1.8. Schéma de principe	40
9.1.9. Limites de fournitures	40
10. DOMAINE 8: LOCAUX TECHNIQUES	41
Etat actuel	41
10.1.1. Tableau de synthèse	41
10.1.2. Conclusions	41
Etat projeté	41
10.1.3. Estimation des puissances installées	41
10.1.4. Définition des peintures	41
10.1.5. Définition des sanitaires	41
10.1.6. Définition des installations électriques Intérieures	41
10.1.7. Définition du chauffage, ventilation, etc.	41
10.1.8. Définition des faux-planchers	41
10.1.9. Définition du système d'alarme incendie	42
10.1.10. Définition des palans	42
10.1.11. Portes, contrôle d'accès	42
10.1.12. Limites de fournitures	42
11. DOMAINE 9: INCORPORÉS	43
Etat actuel	43
11.1.1. Tableau de synthèse	43
11.1.2. Conclusions	43
Etat projeté	43
11.1.3. But et objectif de la mesure, état attendu	43
11.1.4. Limites et interfaces	43
11.1.5. Définition des équipements de mise à terre	43
11.1.6. Définition des équipements d'équipotentialité	45
11.1.7. Définition des chambres de tirage	45
11.1.8. Définition des batteries de tubes	45
11.1.9. Schéma de principe	46
11.1.10. Limites de fournitures	46

12. PLANIFICATION ET PHASE DES TRAVAUX	47
Galerie de sécurité	47
12.1.1. Etape G1	47
Travaux en centrale CTCE et local LECE	47
12.1.2. Etape L1	47
12.1.3. Etape L2	47
12.1.4. Etape L3	47
12.1.5. Etape L4	48
12.1.6. Etape L5	48
12.1.7. Etape L6	48
Travaux en tunnel.....	48
12.1.8. Etape T1	48
12.1.9. Etape T2	48
13. COÛTS	49
Coûts de déconstruction.....	49
Coûts d'investissement, récapitulatif	49
Coûts de l'ajout de la ventilation mécanique.....	50
Estimation du coût d'un SAS	50
Coûts d'exploitation et de maintenance	51
Coûts des études	51
14. DEFINITION DES EXIGENCES EN TERMES DE GENIE CIVIL.....	52
14.1.1. D1 Energie.....	52
14.1.2. D2 Eclairage	52
14.1.3. D3 Ventilation	52
14.1.4. D4 Signalisation.....	53
14.1.5. D5 Installations de surveillance.....	53
14.1.6. D6 Communication et système.....	53
14.1.7. D7 Armoires et câbles	53
14.1.8. D8 Locaux techniques	53
14.1.9. D9 Incorporés	53
15. ANNEXES.....	54
15.1.1. A001_Complément_EtatActuel_V1	54
15.1.2. A102_Estimation_Puissance_a_installer	54
15.1.3. A103_Schema_unifilaire_CTCO_B.....	54
15.1.4. A104_Schema_unifilaire_LECE_B.....	54
15.1.5. A601_Réseau-LAN.....	54
15.1.6. A602_Réseau-Métiers.....	54
15.1.7. A701_Estimation_quantitatif_armoires.....	54
15.1.8. A702_Cablage-RSC	54
15.1.9. A703_Cablage-RNO.....	54
15.1.10. A704_Cablage-FO.....	54
15.1.11. A801_Locaux-Technique.....	54
15.1.12. A901_Batterie-transit.....	54
15.1.13. A902_Batterie-distribution	54

1. INTRODUCTION

Résumé et vue d'ensemble du projet

Le tunnel de la Clusette situé sur la route cantonale neuchâteloise entre Neuchâtel et Les Verrières date de 1975; il est de type bidirectionnel à 3 voies, dont deux montantes, d'environ 1.1km.

Au vue de l'âge de cet ouvrage et de ses équipements EES, le Service des ponts et chaussées (SPCH) du Canton de Neuchâtel a mandaté une étude de rénovation et sécurisation.

Bases du projet

Les nouvelles installations seront projetées selon les lois, ordonnances, normes, directives, fiches techniques et prescriptions en vigueur. L'état attendu des nouvelles installations mises en place à La Clusette visent à:

- Pouvoir fonctionner durant 15 ans après la mise en service sans nécessiter d'interventions pouvant engendrer des perturbations du trafic.
- Prévenir les incidents et éviter les accidents.
- Limiter les conséquences immédiates d'un incident.
- Permettre aux usagers de se mettre à l'abri et assurer leur évacuation.
- Permettre l'intervention des secours.
- Protéger les infrastructures et ré-exploiter.

Limites du projet

Le présent document "concept d'intervention" se limite aux équipements d'exploitation et de sécurité (EES). A partir du concept d'intervention, il sera possible d'établir un projet de détail.

Options de base du projet

- Les trois voies de circulation sont maintenues.
- La dalle intermédiaire sera détruite et ne sera pas remplacée.
- Une galerie de sécurité longitudinale avec cinq galeries de connexion vers l'espace trafic est construite préalablement à ce projet.
Les cinq galeries de connexion seront nommées « sas » dans la suite de ce document pour des raisons de commodité de langage, sans tenir compte de la définition technique de cette appellation.
- Le concept de gestion du trafic prévoit un système basé sur des plans de feux préétablis.

Géométrie de l'ouvrage

Voir dossier du concept d'intervention OPAN n° 00574.001-20

Ventilation du tunnel

Voir rapport technique HBI – Pièces 16.3

Trafic

Voir rapport technique Boss – Pièces 16.1 et 16.2

2. REFERENCES

Ordonnances

Les ordonnances de l'OFROU utilisées sont celles disponibles sur le site internet de l'OFROU. Elles sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau: Ordonnances applicables

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
734.27 2.3	Ordonnance du DETEC sur les installations électriques à basse tension			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
734.27	Ordonnance sur les installations électriques à basse tension (OIBT)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
734.26	Ordonnance sur les matériels électriques à basse tension (OMBT)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
741.21	Ordonnance sur la signalisation routière (OSR)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Directives OFROU

Les directives de l'OFROU utilisées sont celles disponibles sur le site internet de l'OFROU. Elles sont listées dans le tableau ci-dessous.

Tableau: Directives applicables

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
13 001	"Lüftung der Strassentunnel"	2008	2.01			X												
13 002	"Ventilation des galeries de sécurité des tunnels autoroutiers"	2008	1.04			X												
13 004	"Détection des incendies dans les tunnels routiers"	2007	2.10								X							
13 006	"Systèmes de radiocommunication dans les tunnels routiers"	2007	3.01							X								
13 010	" Signalisation des dispositifs de sécurité dans les tunnels routiers"	2011	2.03				X											
13 011	"Portes et portes carrossables des tunnels routiers "	2009	1.02													X		
13 012	"Poste de comptage du trafic"	2009	1.01									X						
13 013	"Anlagenkennzeichnungssystem Schweiz (AKS-CH)"	2009	1.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15 003	"Gestion du trafic en Suisse (VM-CH)"	2008	1.01					X	X									

Fiches techniques OFROU

Les fiches techniques utilisées sont celles du manuel technique EES (20100122), disponibles sur le site internet de l'OFROU. Elles sont listées par domaine dans les tableaux ci-dessous.

Tableau: Fiches techniques applicables

Ref	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
23 001 -11100	Distribution d'énergie	0.99	18.05.09	X														
23 001-11110	Système de commande de la distribution d'énergie	0.99	18.05.09	X														
23 001-11130	Moyenne tension (1 kV à 20 kV)	0.99	18.05.09	X														
23 001-11140	Basse tension	0.99	18.05.09	X														
23 001-11160	Réseau secours	0.99	18.05.09	X														
23 001-11200	Eclairage	0.99	13.11.09		X													
23 001-11205	Dimensionnement de l'éclairage	0.99	18.05.09		X													
23 001-11210	Système de commande de l'éclairage	0.99	18.05.09		X													
23 001-11215	Senseurs	0.99	18.05.09		X													
23 001-11220	Eclairage de traversée	0.99	13.11.09		X													
23 001-11230	Eclairage d'adaptation	0.99	13.11.09		X													
23 001-11240	Eclairage de secours en cas d'incendie	0.99	13.11.09		X													
23 001-11245	Dispositif de balisage optique	0.99	13.11.09		X													
23 001-11250	Eclairage d'issue de secours	0.99	13.11.09		X													
23 001-11260	Eclairage de la route	0.99	13.11.09		X													
23 001-11280	Câblage	0.99	13.11.09		X													
23 001-11300	Ventilation	0.99	25.11.09			X												
23 001-11310	Leittechnik Lüftungsanlage	0.99	06.04.11			X												
23 001-11315	Fonctions de la commande de ventilation	0.99	25.11.09			X												
23 001-11318	Disponibilité	0.99	25.11.09			X												
23 001-11319	Echange de données inst. détection incendie - ventilation	0.99	25.11.09			X												
23 001-11320	Sensorik	0.99	06.04.11			X												
23 001-11330	Längslüftung	0.99	06.04.11			X												
23 001-11340	Abluftsystem	0.99	06.04.11			X												
23 001-11342	Clapets d'évacuation dans la dalle intermédiaire	0.99	22.01.10															
23 001-11350	SISTO-Lüftung	0.99	06.04.11			X												

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
23 001-11400	Signalisation	0.99	18.08.09				X											
23 001-11410	Système de commande de la signalisation	0.99	01-09-10				X											
23 001-11412	Commande locale	0.99	18.08.09				X											
23 001-11430	Clignotants, feux	0.99	18.08.09				X											
23 001-11432	Feux de fermeture temporaire de voies (FTV)	0.99	18.08.09				X											
23 001-11433	Signaux variables à LED	0.99	18.08.09				X											
23 001-11434	Signaux à Prisme	0.99	18.08.09				X											
23 001-11450	Comptage trafic type Marksman	1.01	14.05.09									X						
23 001-11470	Eclairage noyé dans la chaussée	0.99	04.12.09															
23 001-11474	Barrière motorisée en berme centrale	0.99	04.12.09															
23 001-11500	Installation de surveillance	0.99	04.12.09					X	X	X	X	X	X					
23 001-11510	Installation de détection incendie en tunnel	0.99	04.12.09								X							
23 001-11520	Installation de vidéosurveillance	0.99	15.01.10					X										
23 001-11530	Divers	0.99	04.12.09										X					
23 001-11600	Communication & système de gestion	0.99	18.05.09											X				
23 001-11610	Réseaux de communication	0.99	11.11.09											X				
23 001-11620	Structure du système de gestion	0.99	18.05.09											X				
23 001-11622	Applications dans le système de gestion	0.99	18.05.09											X				
23 001-11624	Ordinateurs dans le système de gestion	0.99	18.05.09											X				
23 001-11630	Matrice inter-domaines	0.99	18.05.09											X				
23 001-11700	Installation câblage	0.99	18.05.09															
23 001-11710	Installation de mise à terre	0.99	18.05.09															X
23 001-11720	Fibres optiques	1.99	18.05.09											X				
23 001-11730	Câblage universel	1.99	04.12.09											X		X		
23 001-11740	Câbles pour téléphones des routes nationales	0.99	18.05.09					X										
23 001-11745	Répartiteur	0.99	18.05.09					X										
23 001-11760	Chemins de câbles	0.99	18.05.09					X										
23 001-11800	Installations auxiliaires	0.99	04.12.09													X	X	

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
23 001-11810	Installations électriques intérieures	0.99	04.12.09													X		
23 001-11820	Chauffage, climatisation, ventilation	0.99	04.12.09														X	
23 001-11830	Installation de détection d'incendie des locaux techniques	0.99	20.12.10														X	
23 001-11840	Engins de levage	0.99	03.12.10														X	
23 001-11860	Barrières motorisées	0.99	20.12.10															
23 001-11870	Faux-planchers	0.99	24.11.09													X		
23 001-12100	Composants	0.99	09.10.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12110	Armoires normalisées et coffrets	0.99	09.11.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12120	Chauffage, climatisation, ventilation	0.99	02.12.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12130	Matériaux	0.99	10.11.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12200	Thèmes	0.99	09.10.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12210	Zones et conditions climatiques	0.99	24.11.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12220	CEM électromagnétique	0.99	24.11.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23 001-12230	Etiquetage	0.99	09.11.09	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Normes SIA

Tableau: Normes SIA applicables

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
108	Règlement concernant les prestations et honoraires			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
112	Modèle de prestations			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
118	Conditions générales pour l'exécution des travaux de construction			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
197	Projets de tunnels - Bases générales			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
197-2	Projets de tunnels - Tunnels routiers			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
205	Pose de conduites et câbles souterrains - Coordination des implantations et bases techniques			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
260	Base pour l'élaboration des projets de structures porteuses			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
465	Sécurité des ouvrages et des installations			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Normes VSS

Tableau: Normes VSS applicables

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
640 845a	Signaux – disposition sur les autoroutes et semi-autoroutes	2009					X											
640 836	Configuration des boîtes à feux (signaux lumineux de circulation)			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Normes SEV

Tableau: Normes SEV applicables

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
1000:2 010	Norme sur les installations à basse tension (NIBT)	2010		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Standards CNERN

Les standards CNERN sont des documents internes qui ont été rédigés sur la base des expériences faites dans des projets précédents (tunnel du Bois des Rutelins, Tunnel de Serrières etc.).

Ces documents permettent une définition précise des besoins spécifiques spécialement en termes d'exploitation et de maintenance des équipements EES.

Tableau: Standard CNERN applicable

Réf	Titre	Edition	Version	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5.1	D-5.2	D-5.3	D-5.4	D-5.5	D-5.6	D-6	D-7	D-8.1	D-8.2	D-9
	Conditions générales EES			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 1	Architecture matérielle et logicielle GS, CI et CL			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 2	Interface entre GS et CI			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 3	Spécifications fonctionnelles communes GS, CI et CL			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 4	Spécifications communes des IHM GS, CI et CL			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 5	Zones et conditions climatiques			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 6	Matériaux admissibles			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 7	Câblage			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 8	Enveloppes			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 9	Dossier de réalisation DREA			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 10	Dossier d'exécution DEX			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 11	Standard schématique			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
DSC 12	Standard schématique datas			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3. DOMAINE 1 : ENERGIE

Etat actuel

3.1.1. Tableau de synthèse

- o Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D1 énergie												
Transformateurs MT / BT	0							37				
Cellules MT	0							37				
Câble MT	0							37				
TGBT non secouru et secouru	0							37				
Réseau secouru	0							37				

	2004	2012 (8 ans)	2014 (10 ans)	2019 (15 ans)	2024 (20 ans)
Batteries (remplacé en 2004)	0	8			

- o Base: norme SIA 197/2, en annexe
- o Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

3.1.2. Conclusions

Les transformateurs MT/BT sont en fin de vie et ils ne sont pas conformes aux standards actuels.

Les câbles MT sont en fin de vie. Les cellules MT ne pourront bientôt plus être maintenues.

Le tableau général basse tension (TGBT) normal et le TGBT secouru sont en fin de vie.

Il n'y a quasiment plus de pièce de rechange à disposition.

En conclusion, les équipements du domaine énergie doivent tous être remplacés.

Etat projeté

3.1.3. Résumé

L'énergie nécessaire à l'exploitation du tunnel de la Clusette est fournie exclusivement par le réseau électrique local. Le fournisseur est la Société Électrique du Val-de-Travers SA (SEVT).

La centrale Ouest (CTCO) et la centrale Est (LECE) sont raccordées au réseau électrique de basse tension 400 VAC. Une station de transformation MT/BT par centrale alimente exclusivement le tunnel.

3.1.4. Alimentation électrique du tunnel

3.1.4.1. Choix du niveau de tension

Actuellement, le tunnel est alimenté par le réseau électrique en moyenne tension (MT). SEVT SA et son partenaire Groupe E SA, qui commercialise la vente de l'énergie, posent deux critères pour obtenir un raccordement en MT et il faut en satisfaire au moins un :

1. Il faut consommer au moins 1'000'000 kWh par année. Actuellement, le tunnel consomme entre 190'000 et 230'000 kWh. Cette consommation ne devrait pas changer sensiblement avec les nouveaux équipements.
Avec 20% de la quantité minimum, ce critère n'est pas satisfait.
2. Il faut absorber une puissance permanente de 360 kW par site. La puissance installée est inférieure à 250 kW par site. La puissance absorbée se situe entre 50 et 100 kW par site en fonction de l'heure de la journée.
L'installation ou non de la ventilation longitudinale en tunnel n'influence pas ce chiffre. La puissance installée serait augmentée d'environ 400 kW par centrale, mais les ventilateurs ne

fonctionnent normalement que quelques heures par année pour les tests de fonctionnement et lors d'un incendie en tunnel.

Ce critère n'est pas satisfait.

Aucune des deux critères n'étant satisfait, l'alimentation du tunnel sera réalisée en basse tension.

Ces informations sont contenues dans l'annexe A106 (courrier de SEVT SA du 5 mai 2015).

3.1.4.2. Principe d'alimentation

Chacune des deux centrales sera alimentée par un poste de transformation MT/BT à construire par SEVT SA spécifiquement pour le tunnel.

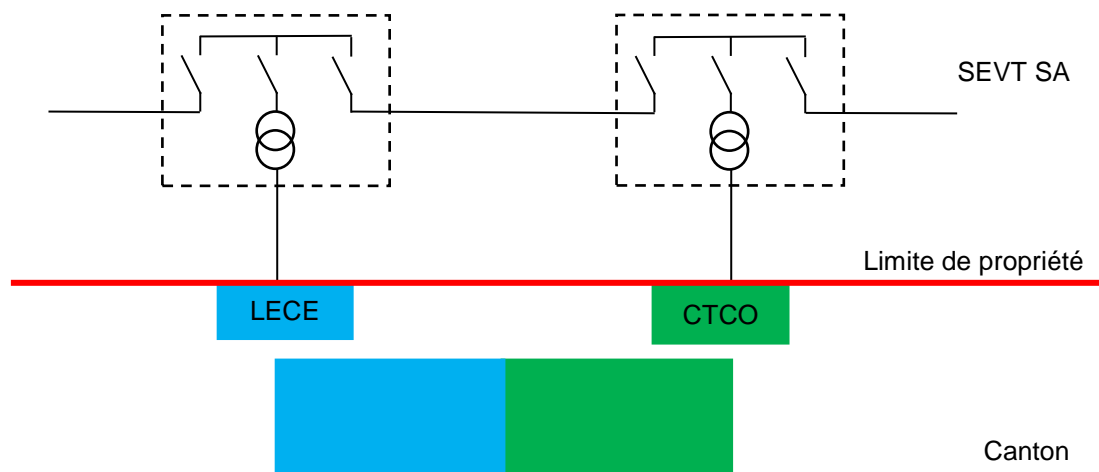
Il est possible d'installer les équipements de transformation de tension de deux manières différentes :

1. la place est mise à disposition de SEVT SA dans les locaux du tunnel avec un accès indépendant;
2. une cabine en béton est installée à proximité des locaux techniques. Le canton définit l'emplacement et assure les travaux de génie civil.

Ces deux variantes sont possibles pour les deux centrales. La meilleure solution pour les deux centrales devra être choisie lors de la planification du projet. Pour la partie EES, le coût des deux solutions est similaire.

La construction de ces postes de transformation sera financée par le canton de Neuchâtel.

Le tunnel est alimenté en MT à ses deux extrémités dans les centrales LECE et CTCO. Chaque centrale distribue l'énergie sur une moitié du tunnel.



LECE est alimenté depuis l'Est par la station de distribution "Brot-Dessous" et CTCO depuis l'Ouest par la station de distribution "Noiraigue Collège".

Le tunnel doit pouvoir être alimenté par des postes de transformation indépendants pouvant reprendre la charge des deux centrales. Cette condition ne semble pas être pleinement remplie actuellement. Il faut discuter de la sécurité d'alimentation du tunnel et établir une convention de disponibilité de l'alimentation avec SEVT SA.

Le câble MT reliant les deux stations de transformation dédiées au tunnel sera installé dans un tube de 150 mm. SEVT SA demande un tube de réserve de 150 mm. Les deux tubes et le câble seront financés par SEVT SA.

3.1.4.3. Principe de distribution interne au tunnel

Chaque centrale est équipée de deux réseaux d'alimentation électrique différents:

1. l'alimentation secourue (RSC) permettant d'assurer l'exploitation des EES liés à la sécurité des usagers du tunnel en cas de panne de l'alimentation principale. Il s'agit de la moitié de l'éclairage de traversée, de la signalisation, de la téléphonie, de la vidéo, des mesures anémométriques et d'opacité et de l'informatique (réseau, serveur, automates, ...).
2. L'alimentation normale (RNO) permettant d'alimenter tous les EES qui ne sont pas vitaux pour l'exploitation du tunnel.

Le raccordement au réseau local se fait sur le tableau général de la basse tension (TGBT) principal au travers du disjoncteur d'introduction. Un disjoncteur auxiliaire est prévu pour raccorder une génératrice de secours en cas de défaillance de longue durée de l'alimentation par le réseau local. Le TGBT principal assure la distribution d'énergie électrique en direction des gros consommateurs, de l'alimentation secourue sans coupure (RSC) et de la distribution secondaire.

Les distributions secondaires normales et secourues assurent l'alimentation de tous les EES.

Estimation des puissances à fournir

Le bilan de puissance général, extrait de l'annexe A102, montre que les puissances à installer dans les deux centrales sont quasiment identiques.

La puissance retenue est de 250 kVA (RNO: 150kVA / RSC: 40 kVA / Réserve: 60 kVA).

3.1.5. Définition de l'alimentation secourue

L'exploitation du tunnel doit être sécurisée par une alimentation électrique de qualité pour tous les équipements liés à la sécurité. Cette alimentation doit être exempte d'harmoniques, de perturbation, de microcoupures et de coupures de longue durée. La qualité de cette alimentation est assurée par un onduleur couplé à des batteries.

Le bilan de puissance, extrait de l'annexe A102, montre que la puissance à installer dans les deux centrales est identique. La puissance nécessaire est de 29 kVA. En tenant compte d'une marge de réserve de 30%, la puissance minimum de l'onduleur est de 37 kVA. La puissance normalisée la plus proche est 40 kVA. Pour assurer la sélectivité des circuits de protection, il faut généralement surdimensionner la puissance nominale de l'onduleur. La puissance retenue est de 60 kVA.

Les batteries doivent assurer une autonomie d'une heure selon SIA 197/2. Au vu de la situation géographique excentrée de l'ouvrage et du temps qu'il faut pour intervenir, une autonomie de deux heures pour $P_{nom} = 40$ kVA doit être planifiée.

3.1.6. Comptage BT

Pour les besoins d'analyse de consommation, quatre compteurs d'énergie sont installés dans les deux centrales. Ces compteurs permettent de mesurer la tension, le courant, la puissance et le facteur puissance des consommateurs suivants:

- Introduction du TGBT général (RNO)
- Consommation du domaine D2 Éclairage (RNO)
- Consommation du domaine D2 Éclairage (RSC)
- Consommation du domaine D8 Chauffage (RNO)

3.1.7. Réalisation d'un schéma de principe unifilaire

L'alimentation et la distribution des deux centrales est représentée dans les annexes:

- A103 _Schéma_unifilaire_CTCO pour CTCO,
- A104 _Schéma_unifilaire_LECE pour LECE.

Ces schémas représentent ce qui est décrit dans les paragraphes précédents. Ils sont identiques.

3.1.8. Système de gestion

Le système de gestion de l'énergie est composé d'un système unique pour l'ensemble de l'ouvrage, commun à l'ensemble des installations appartenant au domaine Énergie. Il sert à indiquer l'état de fonctionnement des EES et à les piloter à distance. Il n'y a pas de commande automatique sur les organes.

3.1.9. L'architecture du système de contrôle-commande

Les éléments qui constituent cette architecture sont les suivants :

- une commande d'installation (CI)
- une commande locale (CL)
- des blocs d'entrées / sorties (RIO).
- un réseau de terrain Ethernet.

3.1.10. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture, la mise en service et les tests des éléments suivants:

- les câbles BT, entre la station de distribution de SEVT et la cellule d'introduction ;
- les tableaux de distribution basse tension (TGBT) constitués principalement des disjoncteurs d'introduction, des jeux de barre de distribution et des disjoncteurs principaux de distribution ;
- les batteries de condensateurs de compensation, si nécessaire ;
- l'onduleur et les batteries de l'alimentation secourue ;
- le matériel et les logiciels constituant le système de gestion du domaine ;
- les armoires électriques pour contenir le matériel :

3.1.11. Effets de l'ajout d'une ventilation longitudinale

Pour ajouter la ventilation longitudinale, il faut augmenter la puissance à installer de 400 kW dans chaque centrale. Le TGBT prévu permet de distribuer cette puissance supplémentaire. Il faut simplement ajouter deux armoires de distribution dans chaque centrale pour un montant global de 100'000.- CHF.

L'espace pour l'installation des armoires supplémentaires est prévu. L'incidence financière sur la réalisation des stations de transformation par SEVT SA est négligeable à ce stade du projet.

4. DOMAINE 2: ECLAIRAGE

Etat actuel

4.1.1. Tableau de synthèse

- Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D2 éclairage	0							37				
Eclairage de traversée	0							37				
Eclairage d'adaptation	0							37				
Balisage de fuite	0							37				

- Base: norme SIA 197/2, en annexe
- Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

4.1.2. Conclusions

L'ensemble de ces installations doivent être renouvelées.

Etat projeté

4.1.3. Base du projet

L'objectif principal de l'éclairage des ouvrages consiste à fournir aux usagers des conditions de visibilité qui garantissent un niveau de sécurité. Cet objectif est atteint en mettant en place plusieurs types d'installations d'éclairage:

- ETR : éclairage de traversée
- EDA : éclairage d'adaptation et luminancemètres
- BAF : balisage de fuite
- GOP : guidage optique
- EP: éclairage publique
- Eclairage de la galerie de sécurité

4.1.3.1. Remarques et concepts généraux

L'éclairage de traversée fera l'objet d'une gestion unique sur l'ensemble du tunnel.

Les centrales de commande du guidage optique sont à proximité de la commande d'installation d'éclairage de traversée.

La centrale technique située au portail Est alimente tous les organes jusqu'à la moitié du tunnel.

La centrale technique située au portail Ouest alimente tous les organes jusqu'à la moitié du tunnel.

Les travaux d'entretien normaux sur les luminaires de l'éclairage de traversée et de l'éclairage d'adaptation doivent pouvoir être réalisés en réduisant au minimum les entraves aux usagers de la route et en sécurisant le personnel d'exploitation.

Les luminaires de la galerie de sécurité et des liaisons transversales seront identiques aux éléments qui constituent l'éclairage de traversée. La gestion de l'éclairage de la galerie de sécurité fait l'objet d'une gestion unique sur tout le tunnel.

4.1.4. Définition de l'éclairage de traversée

Cet équipement fournit en permanence (jour et nuit) l'éclairage de base sur toute la longueur de l'ouvrage couvert. Trois niveaux d'éclairage sont à prévoir, niveau jour, nuit et max. Le niveau max est enclenché en cas d'incendie, l'éclairage de secours est assuré par 25% de l'éclairage en place. Le dimensionnement de cette installation se base sur les critères ci-dessous:

- 3 pistes, une piste descendante et deux pistes montantes

- Trafic mixte avec cycliste
- Vitesse de transit 80km/h
- Trafic journalier moyen 2010 5147véhicule/jour, évolution possible jusqu'à 8000v/jour
- Les parois sont peintes sur 3m de hauteur

La rampe d'éclairage est positionnée au centre de la chaussée, ce positionnement assure un rendement luminotechnique optimum. L'exemple d'un positionnement latéral réduit de 20% à 30% le rendu sur la chaussée.

4.1.4.1. Solution proposée

Réalisation de l'éclairage de traversée à l'aide de luminaires munis d'un seul tube fluorescent 58 W et d'une self électronique permettant de régler le flux lumineux. En fonction de l'évolution une variante LED doit être évaluée lors du projet de détail.

4.1.4.2. Répartition des secteurs d'éclairage

Le local électrique situé au portail Est alimente l'éclairage de traversée environ jusqu'au milieu du tunnel en direction des Verrières

Le local électrique situé au portail Ouest alimente l'éclairage de traversée environ jusqu'au milieu du tunnel en direction de Neuchâtel.

Chaque local possède 1 armoire de commande avec deux sources d'alimentation secouru et non secouru.

Éclairage non secouru, moitié du tube en direction Les Verrières

Éclairage secouru, moitié du tube en direction de Neuchâtel

La répartition se fait en quatre secteurs d'environ 300 mètres de longueur qui constitue une zone fonctionnelle.

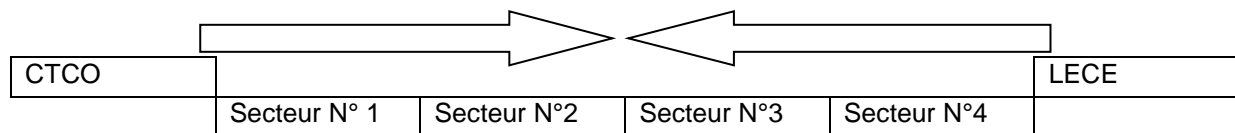


Fig 1: répartition des secteurs

4.1.4.3. Principe d'alimentation des secteurs

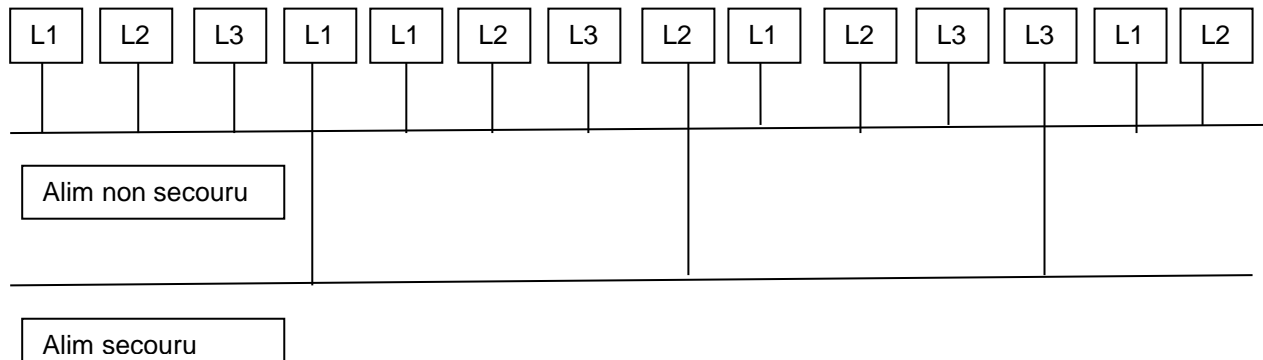


Fig. 2: alimentation secourue et non-secourue des secteurs

4.1.4.4. Chemin de câbles

Un chemin de câbles doit permettre d'alimenter les luminaires sur toute la longueur du tunnel. Cet élément permet le passage de câble des côtelettes dans l'espace trafic et la distribution principale.

4.1.4.5. Câbles d'alimentation

Les câbles feront partie intégrante du lot éclairage.

Le câble d'alimentation, qui raccorde le premier luminaire de chaque groupe à l'armoire située dans le local électrique, passera par le chemin de câbles et les incorporés.

4.1.5. **Définition de l'éclairage d'adaptation**

Cet équipement est installé aux portails d'entrées des ouvrages et fournit un éclairage supplémentaire régulé en fonction des conditions de luminance extérieure. L'usager de la route doit être à même d'apercevoir à une distance suffisante les objets pouvant présenter un danger à l'entrée du tunnel. Cette longueur représente la distance d'arrêt du véhicule en fonction de la vitesse et de l'inclinaison longitudinale de la chaussée. La luminance en entrée de portail est répartie de façon homogène et décroissante permettant ainsi une adaptation naturelle dans la zone de transit du tunnel.

Le dimensionnement de cette installation se base sur les critères ci-dessous:

- 3 pistes, une piste descendante et deux pistes montantes
- Trafic mixte avec cycliste
- Vitesse de transit 80km/h
- Trafic journalier moyen 2010 5147véhicule/jour, évolution possible jusqu'à 8000v/jour
- Les parois sont peintes sur 3m de hauteur
- Le facteur L20 se calcule en fonction de l'orientation de l'entrée, de son environnement et de la vitesse d'approche des véhicules. L20 est mesuré par l'Office fédéral de Métrologie pour chaque portail.

4.1.5.1. Solution proposée

Réalisation de l'éclairage d'adaptation à l'aide de luminaires NAH de 250W/150W/100W (sodium haute pression).

Certains luminaires seront équipés d'un système de réduction de la puissance commandée.

En fonction de l'évolution future de la technique, des ballasts électroniques pour sources à vapeur de sodium haute pression, avec une solution de réduction de la puissance par dimming, pourront être envisagés.

Deux rangées de luminaires par chaussée, chaque rangée positionnée à l'axe de la voie, avec fixation contre le plafond.

4.1.5.2. Répartition des secteurs d'éclairage

Le local électrique LECE alimente le secteur d'éclairage d'adaptation en direction des Verrières.

Le local électrique CTCO alimente le secteur d'éclairage d'adaptation en direction de Neuchâtel.

4.1.5.3. Alimentation des secteurs

Une armoire de distribution dans chaque local sera dédiée à l'éclairage d'adaptation.

4.1.5.4. Alimentation des groupes

Les luminaires seront répartis en deux groupes à 4 niveaux d'éclairage.

Selon l'évolution de la technique, les niveaux pourront se varier en régulation continue avec un protocole bus.

Les niveaux seront obtenus par réduction et extinction des différents groupes.

Les niveaux seront commandés par un luminancemètre extérieur.

4.1.5.5. Chemin de câbles

Un chemin de câbles doit permettre d'alimenter les luminaires. Cet élément permet le passage de câbles des côtelettes dans l'espace trafic et la distribution principale.

4.1.5.6. Câbles d'alimentation

Les câbles feront partie intégrante du lot éclairage.

Le câble d'alimentation, qui raccorde le premier luminaire de chaque groupe à l'armoire située dans le local électrique, passera par le chemin de câbles et les incorporés.

4.1.6. Définition du balisage de fuite

Le balisage de fuite doit permettre de s'orienter en cas d'incendie. Cet éclairage sera branché sur le réseau d'alimentation secours disponible en permanence.

Le balisage de fuite sera installé sur le même côté que le chemin de fuite qui mène aux sorties de secours.

4.1.6.1. Critères luminotechniques

La source lumineuse doit être entièrement visible quelle que soit la position de l'observateur.

La source doit posséder un flux lumineux supérieur à 1000 lumens.

4.1.6.2. Solution proposée

Sources lumineuses possible fluocompacte ou LED

Pose des luminaires dans les incorporés situés à 50 cm du sol.

Entraxe des incorporés : env. 50 m

Les luminaires doivent posséder une géométrie permettant de les encastrer dans les réservations.

Ce couvercle doit permettre de réaliser le remplacement du verre et de la source.

4.1.6.3. Répartition des secteurs d'éclairage

Le local électrique situé au portail Est, direction Les Verrières, alimente les luminaires de part et autre des sorties de secours de la partie est du tunnel

Le local électrique situé au portail Ouest, direction Neuchâtel, alimente les luminaires de part et autre des sorties de secours de la partie ouest du tunnel.

4.1.6.4. Alimentation des secteurs

L'installation du balisage de fuite sera intégrée à l'armoire de l'éclairage de traversée de chaque local électrique.

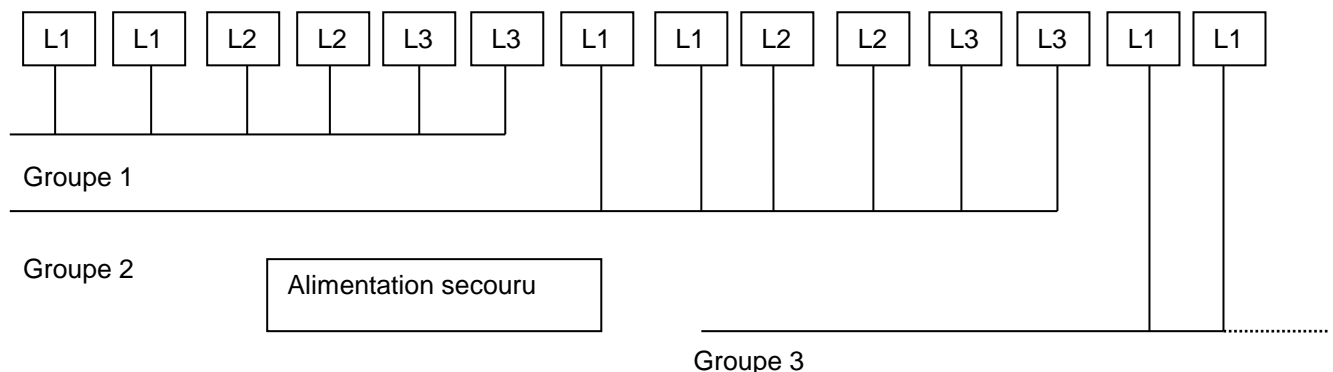


Fig. 3 Principe de distribution et répartition

4.1.6.5. Alimentation des groupes

Plusieurs groupes formeront l'ensemble de l'installation.

Le raccordement des luminaires est réalisé au moyen de lignes dérivées provenant d'un câble principal.

En cas de panne, de défaillance technique ou accident pouvant affecter un ou deux luminaires du balisage de fuite, le fonctionnement des autres luminaires est garanti.

4.1.6.6. Liaison en tubes

Un tube équipera chaque lampe relié à la batterie de distribution dans l'espace trafic fourni par le GC.

4.1.6.7. Câbles d'alimentation

Le câble d'alimentation, reliant le luminaire à l'armoire située dans le local électrique, passera par les incorporés et la galerie technique.

Les tracés de câbles se font via les caniveaux ou des blocs de tubes sous les bordures. Les remontées sont effectuées dans des tubes (incorporés) jusqu'à l'évidement.

4.1.7. Définition du guidage optique

Un bon guidage optique délimite clairement la chaussée et représente une aide au conducteur qui doit pouvoir connaître en tout temps la position de son véhicule sur la voie de roulement.

La réalisation du dispositif de balisage optique doit être effectuée de manière séparée pour chaque bordure.

Le dispositif de balisage optique doit être raccordé au réseau secours.

Le dispositif de balisage optique sera posé dans une saignée en bordure de trottoir, le plus près possible de la voie de circulation.

4.1.7.1. Critères luminotechniques

La lumière émise par l'élément de balisage sera de couleur blanche avec une intensité lumineuse minimum de 20 cd.

Une bonne visibilité sur une distance minimale de 100 m est nécessaire.

La lumière doit être perceptible depuis une distance minimale de 200 m.

Indépendamment de la position d'observation, l'intensité des deux rangées doit être équivalente.

Les flux lumineux doivent être orientés parallèlement à l'axe de la chaussée dans les deux directions (recto-verso).

4.1.7.2. Solution proposée

Le guidage optique est réalisé à l'aide de plots lumineux LED des deux côtés (recto et verso).

Les plots lumineux sont placés sur les bordures, des deux côtés de la chaussée, sur toute la longueur des ouvrages couverts.

L'axe théorique d'implantation des plots lumineux sera situé à une distance d'environ 30 cm de l'arête de la bordure.

Dans les zones d'entrée, l'entraxe standard est de 12.5 m.

Dans les zones intérieures, l'entraxe standard est de 25 m.

4.1.7.3. Répartition des secteurs d'éclairage

Le local électrique situé au portail Est alimente le guidage optique sur toute la longueur du tunnel jusqu'au portail Ouest.

Le local électrique situé au portail Ouest alimente le guidage optique sur toute la longueur du tunnel jusqu'au portail Est.

Chaque local possède une unité de commande.

4.1.7.4. Alimentation des secteurs

L'installation du guidage optique sera intégrée à l'armoire de l'éclairage de traversée de chaque local électrique.

4.1.7.5. Alimentation des groupes

Un groupe d'alimentation dessert un secteur du balisage optique.

Le balisage optique est enclenché en permanence.

Tous les plots lumineux sont exploités de manière identique.

Il y a 4 niveaux d'intensité:

- Niveau maximum
- Niveau jour
- Niveau nuit
- Eteint

4.1.7.6. Plots lumineux

Les matériaux doivent résister aux sollicitations rencontrées dans les ouvrages (variation de température, gaz d'échappement, eau alcaline, brouillard salin, poussière, atmosphère humide, produit de nettoyage, rayon ultraviolet aux entrées, etc...).

Durée de vie : 100'000 h.

Les éléments lumineux doivent être carrossables.

Le système d'alimentation du raccordement, électrique ou induction n'est pas imposé.

Une plus-value technique sera accordée aux systèmes facilitant les opérations de maintenance.

4.1.7.7. Support

Des saignées d'environ 3 cm de largeur et 10 cm de profondeur seront réalisées dans les bordures.

Les câbles d'alimentation seront placés au fond des saignées. Le GC tiendra compte des exigences pour l'implantation du balisage actif sur la bordure.

Les saignées seront rebouchées et étanchéifiées à l'aide d'une masse bitumineuse qui permet la réouverture de la saignée en cas de dépannage.

Les câbles d'alimentations, situés entre les saignées et les armoires de commande, passeront par les incorporés et la galerie de sécurité.

Les éléments passifs installés sur le groupe d'alimentation seront posés contre la paroi du tunnel.

4.1.8. Définition du revêtement peinture

Le revêtement peint des parois a pour but d'améliorer la sécurité du trafic en mettant en évidence le guidage optique et augmente la perception des obstacles et les installations particulières.

Optimisation des coûts énergétiques liés à l'éclairage par une élévation de la luminance des parois.

Amélioration du comportement au nettoyage (limiter les quantités d'eau utilisées).

Protection des bétons armés (frein à la carbonatation).

4.1.8.1. Caractéristiques techniques des peintures

Caractéristiques par rapport à la surface:

- Aspect lisse moyennement spéculaire offrant des facteurs de réflexion élevés.
- Surface non collante limitant la fixation des poussières.

Caractéristiques par rapport au fond:

- Obturation des pores.
- Perméabilité à la vapeur d'eau.
- Frein à la carbonatation.

Caractéristiques par rapport à l'espace trafic:

- Résistance aux agressions chimiques, huiles, gaz, sel, pollution atmosphérique et eau.
- Résistance au gel.
- Résistance aux rayons ultraviolets pour les peintures situées aux portails des ouvrages ou à l'extérieur de ceux-ci.

Caractéristiques par rapport à l'entretien:

- Résistance au lavage au jet à une pression de 10 bars.
- Résistance au brossage mécanique.
- Teinte stable dans le temps.

4.1.8.2. Solution retenue

Pose d'une peinture blanche de 3 m de hauteur contre les parois des ouvrages couverts.

Mise en évidence des installations SOS par la pose d'une peinture ORANGE.

Mise en évidence des issues de secours par la pose d'une peinture VERTE.

Zones situées à l'intérieur des ouvrages couverts:

- Peinture époxy à deux composants, soluble à l'eau.

Zones situées au portail des ouvrages et à l'extérieur:

- Peinture bi composant à base de polyuréthane.

4.1.9. Définition de l'éclairage publique

Il n'est pas prévu d'éclairage extérieur en sortie de portail.

4.1.10. Définition de l'éclairage de la galerie de sécurité

Cet éclairage de sécurité est installé sur l'ensemble de la galerie de sécurité ainsi que dans les liaisons transversales. L'éclairage de la galerie de sécurité et des sorties de secours transversales est réparti sur deux alimentations secourues et non-secourues. L'éclairage de la galerie de sécurité et des sorties de secours transversales est dimensionné pour assurer une intensité lumineuse minimale de 20 Lux, un minimum de 1 Lux doit être assuré au milieu du chemin de fuite au niveau du sol. Un luminaire sur quatre est raccordé sur le réseau secouru. En situation normale, l'éclairage de la galerie de sécurité et des sorties de secours transversales, dont le luminaire est raccordé sur le réseau secouru, est allumé en permanence; le reste est éteint. L'éclairage est enclenché selon la matrice interdomaine ou par un interrupteur local.

4.1.10.1. Solution proposée

Réalisation de l'éclairage à l'aide du même luminaire qui équipe l'éclairage de traversée munis d'un seul tube fluorescent de 58W et d'une self électronique.

En fonction de l'évolution, une variante LED doit être évaluée lors du projet de détail

4.1.10.2. Répartition des secteurs d'éclairage

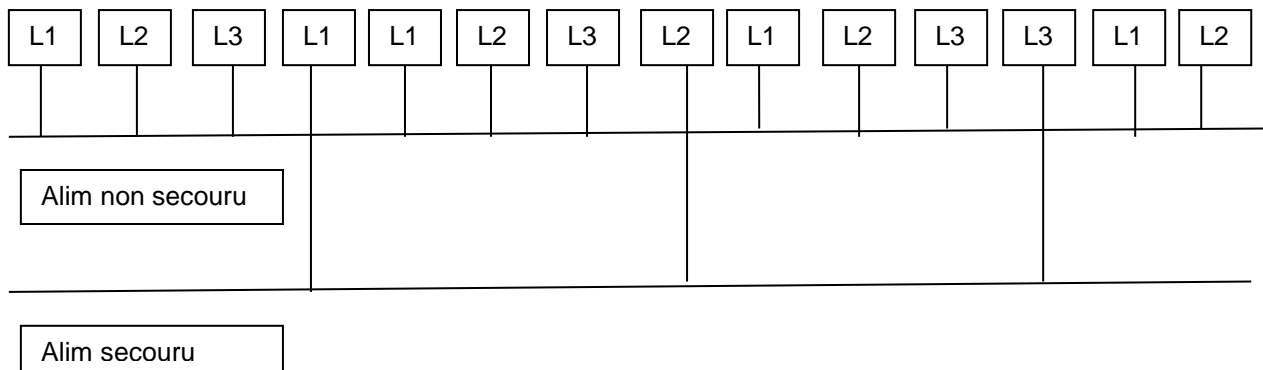
Le local électrique situé au portail Est alimente l'éclairage de la galerie de sécurité jusqu'au milieu du tunnel en direction des Verrières.

Le local électrique situé au portail Ouest alimente l'éclairage de la galerie de sécurité jusqu'au milieu du tunnel en direction de Neuchâtel.

Cet équipement intègre l'armoire éclairage de chaque local avec deux sources d'alimentation secourues et non-secourues.

La répartition se fait en deux secteurs de 500 mètres avec alimentation secourue et non-secourue.

4.1.10.3. Principes d'alimentation des secteurs



4.1.10.4. Chemin de câbles

Un chemin de câbles doit permettre d'alimenter les luminaires sur toute la longueur de la galerie de sécurité. Il faut prévoir un tracé de tube pour le passage entre la galerie de sécurité et l'espace trafic via les sorties de secours transversales.

4.1.10.5. Câbles d'alimentation

Les câbles font partie intégrante de l'éclairage de la galerie de sécurité.

4.1.11. Système de gestion des éclairages

Le système de gestion et de commande des éclairages est composé d'un système unique pour l'ensemble de l'ouvrage, commun à l'ensemble des installations appartenant au domaine éclairage.

4.1.12. L'architecture du système de contrôle-commande

Les éléments qui constituent cette architecture sont les suivants :

- une commande d'Installation (CI)
- une commande locale (CL.)
- des blocs d'entrées / sorties : E/S.
- un réseau de terrain Ethernet

4.1.13. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les chemins de câbles et leurs supports
- Les luminaires de traversée et leurs supports
- Les équipements de commande pour l'éclairage de traversée
- Les câbles entre les armoires de commandes et les luminaires de l'éclairage de traversée
- Les luminaires d'adaptation et leurs supports
- Les équipements de commande pour l'éclairage d'adaptation
- Les câbles entre les armoires de commandes et les luminaires de l'éclairage d'adaptation
- Les plots lumineux pour le guidage optique
- Les unités de commande du guidage optique
- Les câbles entre les armoires de commandes et les plots lumineux
- Le système de commande local
- Les armoires qui contiennent les équipements de commande de l'éclairage
- Les luminaires de l'éclairage de la galerie de sécurité
- Les équipements de commande pour l'éclairage de la galerie de sécurité
- Les câbles entre les armoires de commandes et les luminaires de l'éclairage de la galerie de sécurité

5. DOMAINE 3: VENTILATION

Etat actuel

5.1.1. Tableau de synthèse

- o Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D3 ventilation												
Ventilateurs axiaux	0							37				
Registres des ventilateurs axiaux	0							37				
Mesure de CO	0							37				
Mesure d'opacité OP	0							37				

- o Base: norme SIA 197/2, en annexe
- o Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

5.1.2. Conclusions

Tous les équipements du domaine ventilation ont dépassé la limite de durée de vie.

Etat projeté

Base du projet : pièce 16.3, rapport HBI 10.08100.02.01

Variante avec ventilation longitudinale du tunnel

5.1.3. Estimation des puissances installées

Voir annexe A102.

5.1.4. Définition de la ventilation longitudinale

La ventilation du tunnel vise deux objectifs:

- La ventilation sanitaire
- La ventilation en cas d'incendie

La ventilation en tunnel fera l'objet d'une gestion unique sur l'ensemble du tunnel.

La centrale technique située au portail Est du tunnel alimente tous les organes jusqu'à la moitié du tunnel

La centrale technique située au portail Ouest du tunnel alimente tous les organes jusqu'à la moitié du tunnel

Les travaux d'entretien normaux sur les ventilateurs en tunnel et les équipements de mesure associés doivent pouvoir être réalisés en réduisant au minimum les entraves aux usagers de la route et en sécurisant le personnel d'exploitation.

La variante proposée, (variante 2 de la pièce 16.3, rapport HBI 10.08100.02.01, page 19), comporte 4 groupes de 3 ventilateurs de diamètre 1250mm.

Ventilation longitudinale par 12 ventilateurs de jet:

- Puissance d'environ 37kW par ventilateur
- Diamètre 1250mm
- Avec silencieux
- Commande par variateur de fréquence
- Surveillance de chute
- Surveillance de température des bobinages du moteur
- Surveillance de vibrations

Répartition en tunnel:

- Un groupe de trois ventilateurs à environ 80m du portail ouest
- Un groupe de trois ventilateurs à environ 160m du portail ouest
- Un groupe de trois ventilateurs à environ 80m du portail est
- Un groupe de trois ventilateurs à environ 160m du portail ouest

5.1.5. Définition des capteurs CO/OP

Mesure de l'opacité par deux opacimètres.

Répartition en tunnel:

- Un opacimètre à environ 320m du portail ouest
- Un opacimètre à environ 320m du portail est

Pas de mesure de CO prévue.

5.1.6. Définition des anémomètres

Mesure de la vitesse d'air par deux groupes de trois anémomètres.

Répartition en tunnel:

- Un groupe de trois anémomètres à environ 150-170m du portail ouest
- Un groupe de trois anémomètres à environ 150-170m du portail est

5.1.7. Définition des détecteurs de fumée

Détection de fumée par onze détecteurs de fumée.

Répartition en tunnel:

- Un détecteur de fumée environ tous les quatre-vingts mètres

5.1.8. Réalisation d'un schéma de principe

Voir rapport HBI 10.08100.02.01, page 52.

5.1.9. Câblage de puissance (moteurs des ventilateurs)

Les câbles de puissance des moteurs des ventilateurs sont tirés entre:

- le local LECE et les six ventilateurs du côté est.
- le local CTCO et les six ventilateurs du côté ouest.

Les connexions du côté ventilateurs sont réalisées par prise-fiches pour démontage-remontage rapide.

5.1.10. Câblage de commande (équipements de mesure)

Les câbles de commande sont tirés entre les équipements de mesures et les coffrets situés dans les cinq galeries de connexion (entre l'espace trafic et la galerie de sécurité).

5.1.11. Nombre d'armoires

Voir annexe A701.

5.1.12. Système de gestion de la ventilation

Le système de gestion et de commande de la ventilation est composé d'un système unique pour l'ensemble de l'ouvrage, commun à l'ensemble des installations appartenant au domaine Ventilation.

5.1.13. L'architecture du système de contrôle-commande

Les éléments qui constituent cette architecture sont les suivants :

- une commande d'installation (CI)
- une commande locale (CL.)
- des blocs d'entrées / sorties : E/S.
- un réseau de terrain Ethernet

5.1.14. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements de contrôle-commande pour la ventilation (CI, CL, RIO, réseau)
- Les armoires et coffrets
- Les câbles entre les armoires et les équipements de ventilation et de mesure
- Les chemins de câbles et leurs supports
- Les ventilateurs et leurs supports
- Les opacimètres et leurs supports
- Les anémomètres et leurs supports
- Les détecteurs de fumée et leurs supports

Variante alternative, sans ventilation mécanique

5.1.15. Description

Cette variante est issue d'une analyse de risque réalisée par le bureau HBI qui parvient à la conclusion que l'absence de ventilation mécanique est plus favorable aux usagers en cas d'incendie, (voir pièce 16.3, rapport HBI 10.08100.02.01, paragraphe 4.2.2.2, page 21).

Il est à noter que cette variante n'est réalisable qu'avec la construction préalable d'une galerie de sécurité parallèle au tunnel comportant au minimum cinq issues de secours.

Ventilation des issues de secours

5.1.16. Principe

La galerie de sécurité ne comporte pas de ventilation mécanique; les deux extrémités sont libres de porte afin de faciliter le passage des cyclistes.

En l'absence de ventilation de la galerie, les issues de secours doivent être équipées de ventilation mécanique permettant de maintenir une surpression entre les deux portes de cette issue (une porte côté tunnel et une porte côté galerie de sécurité)

5.1.17. Estimation des puissances installées

Voir annexe A102.

5.1.18. Définition de la ventilation

La ventilation de chaque issue de secours est constituée de deux monoblocs; un monobloc de 1.5 kW pour maintenir la surpression en fonctionnement normal et un autre de 3.5 kW pour augmenter la surpression en mode sinistre.

Le niveau de surpression est limité par un registre de surpression.

5.1.19. Nombre d'armoires

Voir annexe A701.

5.1.20. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements de contrôle-commande pour la ventilation des issues de secours (CI, CL, RIO, réseau)
- Les armoires
- Les câbles entre les armoires et les équipements de ventilation des issues de secours.
- Les chemins de câbles et leurs supports
- Les monoblocs, les registres et leurs supports

6. DOMAINE 4: SIGNALISATION

Etat actuel

6.1.1. Tableau de synthèse

- Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D4 signalisation												
Signaux lumineux	0							37				

- Base: norme SIA 197/2, en annexe
- Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

6.1.2. Conclusions

Tous les équipements du domaine de la signalisation ont dépassé la limite de durée de vie.

Etat projeté

6.1.3. Données de base spécifiques au domaine signalisation

Besoins de départ nécessaires au bon déroulement du projet de signalisation:

- Géométrie des ouvrages (profil type, longueur, courbe).
- Données de base concernant le trafic (vitesse, taux, ...).
- Concept d'utilisation de l'ouvrage

6.1.4. Généralités

La centrale technique située au portail Ouest du tunnel (CTCO), alimente en 230VAC secouru (RSC) tous les coffrets ou armoires jusqu'à la moitié du tunnel Ouest, ceci pour les deux directions.

La centrale électrique située au portail Est du tunnel (LECE), alimente en 230VAC secouru (RSC) tous les coffrets ou armoires jusqu'à la moitié Est du tunnel, ceci pour les deux directions.

Des disjoncteurs séparés pour chaque coffret/armoire sont à prévoir. Dans les coffrets/armoires de commande, chaque signal doit disposer de son propre disjoncteur.

Voir l'annexe A-602 pour la topologie du réseau métier trafic.

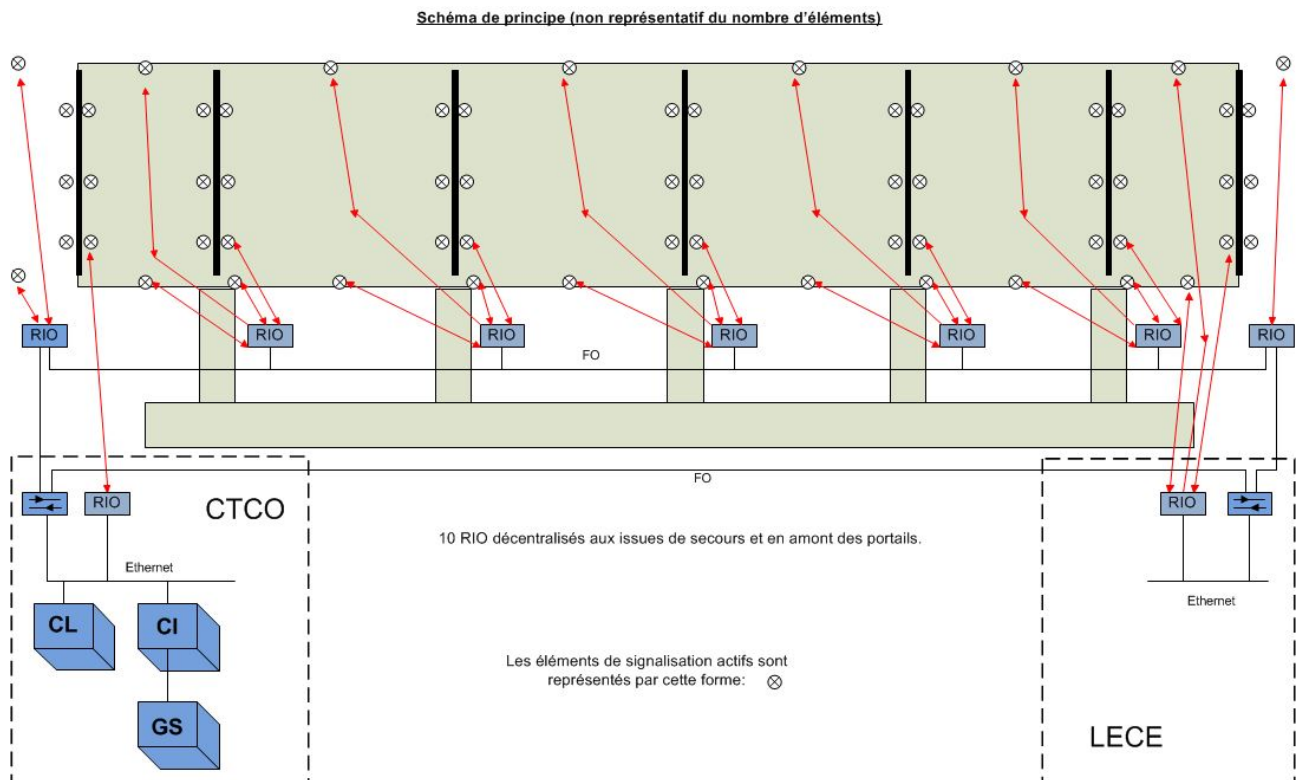


Figure 2

La gestion-commande de la signalisation est organisée de la manière suivante:

- Les armoires de commande sont installées dans les issues de secours. Ceux-ci s'occupent de la gestion de la signalisation dans l'ouvrage.
- Deux coffrets de commande, situés en amont des portails, gèrent les signaux avancés, situés à l'est et à l'ouest du tunnel.
- Deux armoires dans les centrales gèrent les signaux situés aux portails, ainsi que les CI, CL et IHM de CTCO.
- Les RIO (Remote Input/Output) sont installés dans chaque coffret/armoire avec des cartes de commande pour les éléments de signalisation proches, ceci afin de limiter la longueur du câblage cuivre.

Les panneaux et feux de signalisation sont de type à LEDs avec branchement séparé de l'alimentation et de la commande. Les interfaces des signaux de commande sont de type sériel point à point. Il ne doit y avoir aucune intelligence déportée dans les signaux. Les signaux doivent se saborder en cas de défaillance. Les signaux devront être facilement démontables et déconnectables afin de pouvoir effectuer les nettoyages du tunnel sans les détériorer.

6.1.5. Définition de la signalisation en relation avec le concept de trafic

La gestion du trafic devra permettre une fermeture rapide des voies de circulation, un déplacement du flux des véhicules montants ou descendants vers la voie centrale et une fermeture complète du tunnel. De telles situations peuvent se présenter en cas d'incendie, d'accident, de panne ou de travaux de maintenance.

6.1.6. Définition des signaux et mâts

Dans la partie tunnel, selon le profil en travers définis par le GC, les signaux devront être directement tamponnés au plafond ou dans les parties latérales du tube. Ceci dans le respect des gabarits prescrits (SN 640 845a).

Seule la signalisation avancée aux portails Ouest et Est sera montée sur des mâts déformables, si ceux-ci se trouvent sur la chaussée. Au vu des nombreux accidents survenus dans les virages en aval de l'entrée Ouest du tunnel, les mâts doivent être protégés par des glissières de sécurité.

6.1.7. Définition des plans de feux

Conformément au concept d'utilisation, les plans de feux seront prédéfinis (voir annexe A401).

6.1.8. Définition des marquages

Conformément au concept d'utilisation, les plans de marquage seront prévus et définis dans la phase du projet de détails.

6.1.9. Réalisation d'un schéma de principe

Voir les pièces 16.1 et 16.2.

6.1.10. Système de gestion de la signalisation

Le système de gestion et de commande de la signalisation est composé d'un système unique pour l'ensemble de l'ouvrage. L'ensemble des installations appartenant au domaine Signalisation.

Le système de gestion doit permettre de pouvoir passer individuellement chaque signal en mode local et de pouvoir commander toutes les images. Un mode d'inhibition de chaque signal doit également être prévu.

6.1.11. Architecture du système de contrôle-commande

L'architecture du système de contrôle-commande doit être conforme aux directives OFROU. Les éléments qui la constitue sont les suivants :

- une commande d'installation (CI)
- une commande locale (CL.)
- des blocs d'entrées / sorties RIO
- un réseau de terrain à fibres optiques FO
- des réseaux "Métier" Ethernet dans les centrales

6.1.12. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements et les logiciels de contrôle-commande pour la signalisation (CI, CL, RIO, réseaux, IHM et accès à distance)
- Les armoires et coffrets qui contiennent les équipements de commande de toute la signalisation
- La fourniture, tirage et raccordements des fibres optiques (FO) nécessaires entre les coffrets et les armoires
- La fourniture, tirage et raccordements du réseau "Métier" Ethernet dans les centrales
- La fourniture et les raccordements "puissance" des coffrets et armoires depuis les centrales
- La fourniture des signaux et supports, ainsi que de leurs montages
- Le tirage et raccordements entre les coffrets/armoires de commande et les signaux (puissance et commande)
- Les chemins de câbles et leurs supports, ainsi que leurs fixations
- Les fondations nécessaires aux montages des mâts
- Fourniture de la documentation et des schémas.
- Fourniture de pièces de rechange
- Formation à dispenser aux intervenants de la gestion du trafic (CET), ainsi qu'aux exploitants (SELM)
- Réalisation du marquage et fourniture de la documentation

7. DOMAINE 5: INSTALLATIONS DE SURVEILLANCE

Etat actuel

7.1.1. Tableau de synthèse

- Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D5 installations de surveillance												
Détection incendie	0							37				
Système radio	0							37				
Téléphone de secours (bornes SOS)	0							37				

- Base: norme SIA 197/2, en annexe
- Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

7.1.2. Conclusions

Tous les équipements du domaine installations de surveillance ont dépassé leur durée de vie.

Etat projeté

7.1.3. Définition de l'installation de détection incendie

7.1.3.1. Système de détection

Le système de détection d'incendie doit permettre la détection et la localisation rapide d'une élévation de température anormale dans l'ouvrage. L'installation sera composée d'un câble de détection en voûte du tunnel et d'une unité de traitement en centrale, dans une armoire nommée "DIN".

Aucun équipement actif ne doit être installé en dehors de la centrale technique. Il n'est pas prévu de système de détection de chaleur dans la galerie de sécurité, mais 10 détecteurs de fumée seront installés (1 tous les 100 mètres). L'information "Alarme fumée" sera transmise au travers de contacts secs, interfacés à l'installation DIV.

7.1.3.2. Architecture du système de contrôle-commande de la détection incendie

L'installation de détection incendie doit comprendre une commande d'installation, qui doit inclure:

- Un IHM, permettant de paramétrer et de surveiller l'état du système à distance ainsi que la consultation des valeurs mesurées en temps réel.
- La capacité de générer des alarmes d'exploitation et des informations d'interdomaines associés, lors de détection d'incendie.
- La capacité de générer des défauts et alarmes techniques en cas de dysfonctionnement d'un élément de l'installation.
- Une fonctionnalité d'historique de tous les événements détectés par le système.

Une commande locale n'est pas requise, l'unité de traitement remplira la fonctionnalité de CL.

7.1.3.3. Redondance

Le système de détection incendie sera équipé d'une redondance froide pour l'unité de traitement. Physiquement, cette redondance sera réalisée par la disponibilité d'une unité de réserve, dans l'armoire DIN, configurée et prête à fonctionner, mais hors tension.

Il n'y a pas de redondance du câble de détection.

7.1.3.4. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements et les logiciels de contrôle-commande comprises dans le lot
- Le câble de détection bridé en voûte
- Les câbles entre le câble de détection et les armoires
- Les armoires et coffrets
- L'unité de traitement
- Le raccordement "puissance" des armoires

7.1.4. **Définition de l'installation de vidéosurveillance (IVI)**

7.1.4.1. Objectifs de l'installation de vidéosurveillance:

L'installation doit permettre la surveillance de:

- L'intérieur du tube, sans aucune zone morte
- Les niches SOS et les sorties de secours
- Les deux portails du tunnel
- La galerie de sécurité
- Les SAS de séparation contenant les niches SOS

Par ailleurs, elle doit offrir les fonctionnalités suivantes:

- Enregistrement en continu de toutes les images de l'installation
- Sur réception d'un inter-domaine, un point de repère doit être enregistré, et, éventuellement, la résolution d'enregistrement augmentée
- Les images doivent être visibles, en temps réel, sur l'installation de visualisation à la centrale d'engagement de la police
- Une fonctionnalité de poursuite véhicule doit être disponible
- Les images doivent être visibles en incrustation vidéo sur un poste opérateur banalisé.

7.1.4.2. Architecture du système de contrôle-commande de l'installation de vidéosurveillance

L'installation de vidéosurveillance doit comprendre une commande d'installation, qui doit inclure:

- Un IHM, permettant de paramétrer et de surveiller l'état du système à distance ainsi que la visualisation des images sous forme d'incrustation.
- La gestion des flux IP des caméras en fonction des requêtes
- La capacité de générer des alarmes d'exploitation et des informations d'interdomaines, si une fonctionnalité DAI est installée (chap. 7.1.4.4)
- La capacité de générer des défauts et alarmes techniques en cas de dysfonctionnement d'un élément de l'installation.
- Une fonctionnalité d'historique de tous les événements détectés par le système

Une commande locale n'est pas requise; les caméras elles-mêmes rempliront les fonctionnalités de CL.

7.1.4.3. Type et disposition des caméras

Les caméras seront de type IP, alimentées en PoE afin de simplifier le câblage. Elles seront connectées aux switches spécifiques dans les SAS.

Afin de garantir la faisabilité d'installation d'une fonctionnalité de DAI, même dans une phase ultérieure à ce projet, les caméras seront installées en voute, au centre de la chaussée.

Une campagne de positionnement précise devra être menée, mais d'une manière générale, les contraintes suivantes devront être respectées :

- Distance maximale entre deux caméras : 100 mètres
- Assurer une couverture totale de l'espace trafic
- Assurer la visibilité des issues de secours (accès au SAS)
- Tenir compte, dans la mesure du possible, de la visibilité de signalisation dynamique

Afin d'assurer la visibilité des portails. Les caméras concernées seront placées à l'extérieur du tunnel et viseront l'intérieur. Ceci afin d'éviter l'éblouissement des caméras par la lumière du jour.

Dans la galerie de sécurité, les caméras seront installées sur les murs, également à proximité des accès aux SAS. Dans chaque SAS, une caméra sera installée de manière à offrir une visibilité globale.

7.1.4.4. Evaluation de la nécessité d'un système de détection d'incident (DAI)

La norme SIA 192/2 requiert que les tunnels de plus de 600m de longueur soient équipés d'une installation de surveillance vidéo du trafic.

Au chapitre 9.6.4.2, il est notamment écrit que l'installation remplit la fonction de détection d'événements particuliers (accidents, embouteillages, contre-sens...). Une telle fonctionnalité automatique est appelée

DAI. Technologiquement, ce système est compliqué, délicat et coûteux, alors qu'une visualisation en temps réel par un opérateur peut également atteindre l'objectif de la norme.

A ce stade du projet, les deux options restent ouvertes, le choix final incombe au Maître de l'Ouvrage. Des éléments comparatifs d'aide à la décision se trouvent au chapitre 7.1.4.5.

7.1.4.5. Avantages et inconvénients d'un système DAI

Le tableau ci-dessous offre une comparaison des avantages et des inconvénients d'un système de détection automatique d'incidents.

Son objectif est de permettre au maître de l'Ouvrage de décider d'inclure ou d'exclure ce type d'équipement dans l'installation de vidéosurveillance.

Avantages	Inconvénients
Détection immédiate et automatique d'un incident (bouchon, contre-sens, arrêt..), sans qu'un opérateur visualise les images	Le système étant très complexe techniquement, il peut générer passablement de fausses alarmes, si le système ne reconnaît pas clairement une situation. Ce genre de problème est fortement accentué en cas d'encrassement des caméras.
Optimisation des coûts d'investissement: Par rapport à l'état des lieux actuels, l'ajout de la vidéosurveillance apporte des possibilités d'analyse des incidents déjà très intéressantes.	Coûts d'investissement élevés : L'ajout d'un système DAI représente un investissement supplémentaire important par rapport au coût de l'installation vidéo.
Optimisation des coûts d'exploitation: Une installation de vidéosurveillance requière des coûts d'exploitation raisonnables. Même avec une vitre d'objectif sale, une image reste interprétable par l'œil humain.	Coûts d'exploitations supplémentaires : Pour assurer la fiabilité d'un système DAI, une maintenance préventive supplémentaire doit être planifiée. C'est essentiellement le nettoyage des caméras dont la fréquence doit être augmentée

7.1.4.6. Architecture d'un système DAI (Optionnel)

Dans l'essentiel, un système DAI est un ensemble d'analyseurs d'images et un serveur informatique. La fonctionnalité complète peut prendre place dans une armoire dédiée.

De par son caractère optionnel, la fonctionnalité DAI n'est pas intégrée dans le budget général. Toutefois, un surcoût de CHF 80'000.- peut être estimé pour cette fonctionnalité.

7.1.4.7. Définition d'un système d'enregistrement vidéo (ERV)

Une installation de vidéo surveillance doit impérativement être équipée d'un système d'enregistrement, permettant d'analyser les incidents à postériori.

Le système ERV doit être capable d'enregistrer toutes les caméras en continu pour une période de quelques jours. L'enregistrement doit se faire sous la forme d'un buffer circulaire. Au terme de la durée prévue, les anciennes images sont automatiquement remplacées par de nouvelles.

Les films (fichiers) enregistrés doivent être accessibles depuis n'importe quel poste opérateur.

Physiquement, le système ERV est un serveur informatique installé dans l'armoire vidéo de CTCO.

7.1.4.8. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les caméras, leurs supports et le matériel de fixation
- Les câbles entre les caméras et les coffrets
- Les coffrets de terrain requis et les armoires en centrales
- Les alimentations des caméras
- Les switches du réseau fibres optiques métier
- Le système de détection automatique d'incident (DAI, si retenu dans le projet)
- Le système d'enregistrement vidéo (ERV)
- Le système de gestion de l'installation vidéo (commande d'installation)

7.1.5. Définition de l'installation Radio (DAB+, OUC et Polycom)

En cas d'évènement, la communication des services de secours est de première importance. Une installation de radio communication Polycom dans le tunnel est indispensable. D'ailleurs, elle fait déjà partie des équipements actuels.

Dans le concept de l'état projeté, il est proposé de remplacer le matériel actuel (câble rayonnant en tunnel et équipements en centrale), mais sans importantes modifications de principe.

Solution proposée:

- Conservation des antennes de réception et d'émission actuelles, sur site, à CTCO
- Pas de redondance, émission par un seul câble rayonnant, fixé en voute, sur toute la longueur du tube
- Réémission des programmes DAB+ et OUC, captés à l'extérieur du tunnel, par amplification à large bande
- Remontée des alarmes du système par des contacts libres de potentiels au travers du système DIV (Installations diverses)
- Pas d'insertion de messages

7.1.5.1. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Le câble rayonnant, bridé en voute
- Les câbles entre le câble rayonnant et les armoires
- Les récepteurs DAB+, OUC et Polycom
- Les amplificateurs DAB+, OUC et Polycom
- Les coffrets et les armoires
- Le raccordement des contacts d'alarmes sur l'installation DIV

7.1.6. Définition de l'installation de téléphonie de secours

Le système de téléphonie de secours est également un élément important de la sécurité. Il permet non seulement aux usagers d'appeler les secours de manière sûre par simple pression d'un bouton, mais également d'être immédiatement localisés et d'activer les actions interdomaines de l'ouvrage.

En outre, chaque niche sera équipée de 2 extincteurs, à disposition pour les situations d'incendie.

- Disposition des niches SOS (borne téléphonique et extincteurs). Une niche soit être installée à chaque portail.
 1. Sur la chaussée Neuchâtel, les niches SOS seront installées dans les SAS d'accès à la galerie de sécurité. Ce choix permettrait de mettre à profit l'infrastructure existante et éviterait des travaux de génie civil supplémentaires.
 2. Sur la chaussée Les Verrières, par contre, il sera nécessaire de creuser des évitements afin de pouvoir y loger les niches SOS. Elles seront disposées en face des accès aux SAS de la chaussée Neuchâtel, mais à intervalle de 1 sur 2 seulement.
- Technologie
Toute la téléphonie sera en technologie VoIP, les bornes étant reliées à un réseau métier Ethernet. Un PABX situé dans l'armoire TRN de CTCO sera en charge de gérer les appels (y compris les téléphones de service) et de les renvoyer au central TRN du BAP. Il est également en charge de collecter les alarmes et défauts des bornes et lui-même, puis de les envoyer à la commande d'installation (CI)

7.1.6.1. Architecture du système de contrôle-commande de l'installation de téléphonie de secours

L'installation de téléphonie de secours doit comprendre une commande d'installation, qui doit inclure:

- Un IHM, permettant de paramétrer et de surveiller l'état du système à distance
- La capacité de générer des alarmes d'exploitation et des informations d'interdomaines lorsqu'un appel est activé ou qu'un extincteur est utilisé.
- La capacité de générer des défauts et alarmes techniques en cas de dysfonctionnement d'un élément de l'installation.
- Une fonctionnalité d'historique de tous les événements détectés par le système

Une commande locale n'est pas requise, le système PABX faisant office de CL.

7.1.6.2. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les niches SOS équipées de systèmes d'appel IP
- L'alimentation des bornes SOS
- Les switches du réseau fibres optiques métier
- Un PABX
- Les extincteurs

7.1.7. **Définition de l'Installation DIV**

L'installation DIV doit permettre la supervision, la visualisation de l'état et le passage de commandes depuis le système de supervision de toutes les installations EES qui ne disposent pas d'un CI, mais qui doivent tout de même être supervisées:

- Installation radio: remontées des défauts des systèmes
- Service interne: remontée des défauts disjoncteurs qui ne sont pas remontés dans les domaines spécifiques
- Niches SOS : remontée des informations « décrochement extincteur »
- Surveillance de l'ouverture des portes de sécurité
- Les détecteurs de fumée de la galerie de sécurité.

Physiquement, l'installation se compose d'une commande d'installation (CI), d'une commande locale et de composants d'entrée-sorties déportées.

7.1.7.1. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements et les logiciels de contrôle-commande (CI, CL, réseau)
- Les modules d'entrées-sorties (RIO's) aux emplacements requis pour la connexion des installations concernées

7.1.8. **Evaluation d'une installation de détection de verglas (DEV)**

Actuellement, il n'existe pas de détection de verglas à proximité de l'ouvrage. Dans le contexte de ce concept d'intervention, il n'y a pas d'argument qui permettrait de motiver l'ajout d'une telle installation. Toutefois, si le Maître de l'Ouvrage décèle un besoin spécifique à l'exploitation, une telle installation pourrait être ajoutée au projet, ultérieurement.

7.1.9. **Installation de comptage de trafic**

Un système de comptage trafic existe déjà au portail Ouest. Toutefois, ce poste est exploité directement par l'OFROU. Il est donc proposé que ce poste de comptage soit sorti du local technique CTCO et installé dans une armoire de terrain proche des boucles de comptage. Avec l'avantage que les mandataires de l'OFROU, devant intervenir sur le poste de comptage, n'auraient plus à se faire accompagner afin de pouvoir accéder au local technique CTCO. Une seule alimentation électrique devrait être fournie et une liaison analogique Swisscom.

7.1.10. **Limites de fournitures**

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les boucles de comptage dans la chaussée
- Le câblage entre les boucles et l'armoire de terrain
- L'armoire de terrain et son raccordement "puissance"
- Le compteur de trafic
- Le modem analogique permettant la connexion à distance avec le compteur de trafic

8. DOMAINE 6: COMMUNICATION ET SYSTÈME

Etat actuel

8.1.1. Tableau de synthèse

- Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1993 (mise en service)	2003 (10 ans)	2008 (15 ans)	2012 (19 ans)	2013 (20 ans)	2018 (25 ans)	2023 (30 ans)	2028 (35 ans)	2033 (40 ans)	2038 (45 ans)	2043 (50 ans)	2048 (55 ans)
D6 communication et système 10-15												
Réseau de communication	0			19								
Système de gestion	0			19								
Automates programmables	0			19								
Serveurs informatiques	0			19								
Système IHM 15-20	0			19								

- Base: norme SIA 197/2, en annexe
- Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

8.1.2. Conclusions

Tous les équipements du domaine communication ont atteint la limite de durée de vie, l'ensemble de ces installations doivent être renouvelées.

Etat projeté

8.1.3. Architecture système

L'architecture système est répartie par domaine. Les équipements d'un domaine forment une installation. Un domaine peut être composé de plusieurs installations. Chaque domaine est indépendant et fédéré par le domaine "Communication et Système".

La figure 1 résume les points importants de l'architecture système. Les annexes A601 et A602 donnent les détails spécifiques de chaque domaine.

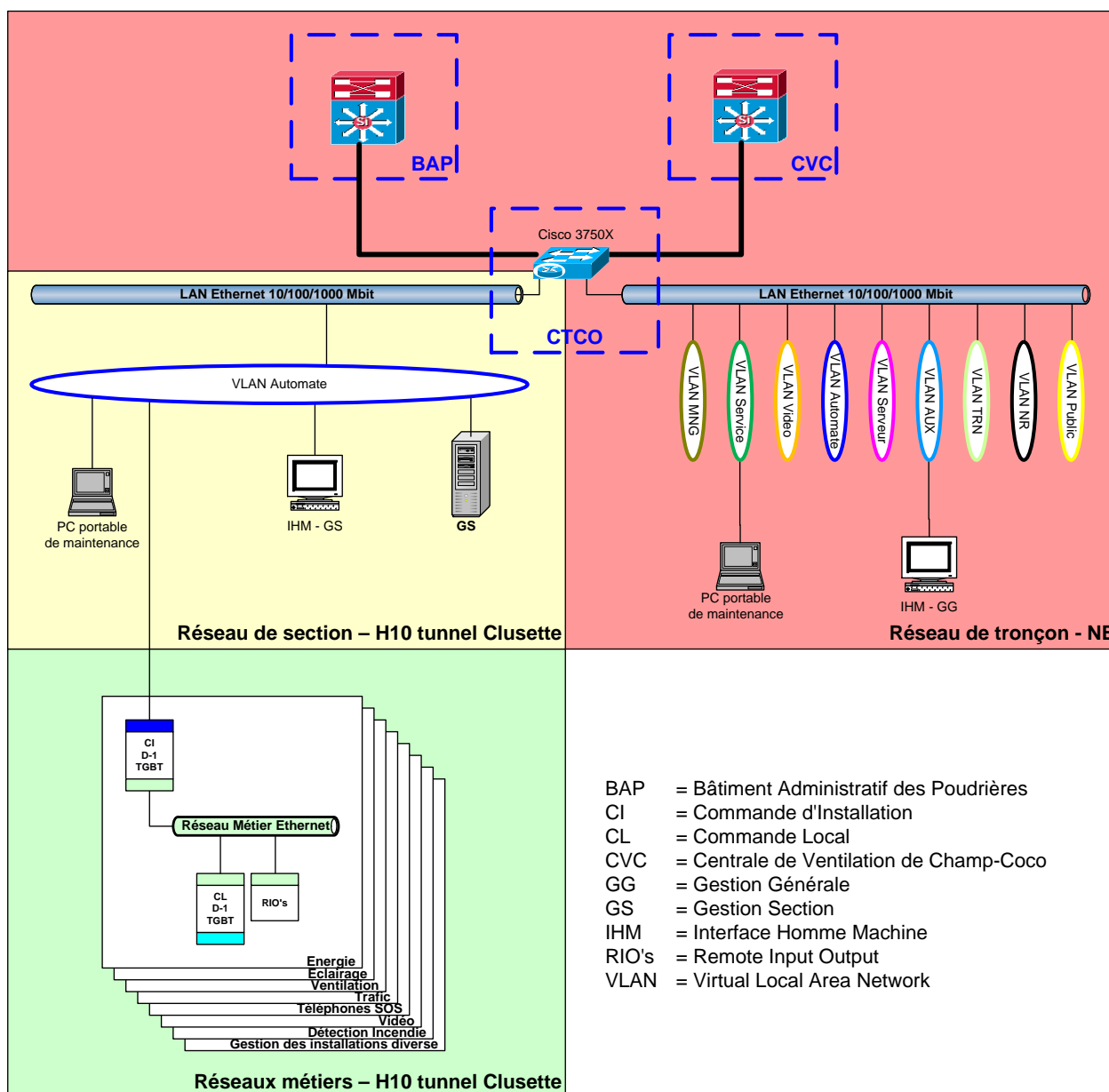


Figure 1

8.1.4. Définition des exigences relatives à la sécurité informatique

Les différents thèmes suivants permettent de spécifier les lignes directrices des exigences relatives à la sécurité informatique.

8.1.4.1. Logiciels

Les logiciels sont protégés par des comptes et mots de passe en fonction des différents utilisateurs. Les fiches techniques de l'OFROU imposent des contraintes qui ne sont pas nécessaires à l'exploitation d'un seul ouvrage. Par contre, si l'exploitation doit être commune aux autres tronçons de l'OFROU, l'application des fiches techniques de l'OFROU est nécessaire.

Les fonctionnalités sont définies et validées de manières exhaustives avant la mise en soumission des différents domaines.

La réinstallation des logiciels doit être réalisée de manière simple et si possible sans intervention humaine lors de la reconstruction.

Les licences utilisées ne doivent pas être limitées dans le temps ou spécifiques au matériel. Les licences des systèmes de secours font partie de l'installation.

8.1.4.2. Matériel

Les caractéristiques matérielles définies par les fiches OFROU sont à prendre en compte à l'exception de la redondance des liaisons à chaud.

Une stratégie de redondance à froid est privilégiée pour tous les équipements essentiels.

8.1.4.3. Test de production des installations

Des scénarios de test de fonctionnalités sont exécutés périodiquement. Ces tests ont pour objectifs de valider les fonctionnalités des installations qui ne sont pas utilisées en régime normal.

Les équipements redondants sont mis en production par alternance périodique.

8.1.4.4. Anti-virus

Les équipements susceptibles d'être attaqués par des virus ou des programmes malveillants doivent être protégés des ces attaques. La mise à jour de ces protections doit être automatique et intégré à l'installation.

Une chartre de sécurité pour l'utilisation des PC's portables est impérative et appliquée à l'ensemble des intervenants.

8.1.4.5. Accès à distance

Des possibilités d'accès à distance existent et sont disponibles pour la télémaintenance ou l'exploitation des installations.

Le système en place est basé sur une authentification forte pour chaque tunnel VPN.

8.1.5. Réseaux

8.1.5.1. Réseau de tronçon ou Réseau LAN

Le réseau LAN actuel est basé sur une technologie Gigabit qui permet les évolutions futures.

En effet, l'architecture de ce réseau permet l'installation de sites spécifiques de manière indépendante. Il a été dimensionné en 2005 pour raccorder 99 sites. Actuellement, en appliquant les fiches de l'OFROU, ce réseau permet sans restriction l'installation du site de la Clusette.

8.1.5.2. Réseau de section

Le réseau de section est intégré dans le même switch que le réseau de tronçon. Le routage entre ces deux réseaux est réalisé par le protocole OSPF.

En cas de perte du réseau de tronçon, il est possible d'exploiter le tunnel avec les installations sur site.

Un système de gestion du réseau de section est prévu. Ce système fait partie de la commande d'installation du domaine 6.

Une solution centralisée doit être évalué au niveau du projet d'intervention afin de tenir compte des différentes synergies possible entre les routes cantonales et nationales.

8.1.5.3. Réseaux métiers

Un réseau métier, basé sur la technologie Ethernet, est installé pour chaque installation soit:

- Energie
- Eclairage
- Ventilation (variante)
- Trafic
- Téléphones SOS
- Vidéo
- Détection incendie
- Gestion des installations diverses

Chaque réseau est indépendant et permet les liaisons entre les équipements de l'installation du domaine spécifique.

Un système de gestion du réseau métier est demandé pour chaque installation.

8.1.6. **Description de l'intégration dans le système de gestion supérieur**

Le manuel technique EES de l'OFROU par les différentes fiches techniques définit une architecture sur cinq niveaux.

8.1.6.1. Niveau 0: Eléments de terrain section partielle

Les équipements installés sont représentés par des feux de signalisation, ventilateurs, luminaires, caméras, etc...

Les équipements sont raccordés directement à la commande locale du niveau supérieur.

A ce niveau, aucune commande n'est possible, à l'exception de cas particuliers, à l'usage de la maintenance ou de demandes spécifiques pour l'exploitation en mode dégradé.

8.1.6.2. Niveau 1: Commande section partielle

Des commandes locales (CL) spécifiques à chaque installation composent ce niveau. L'architecture proposée comporte une seule CL pour chaque installation.

Une commande locale est formée d'un "ordinateur" représenté généralement par un automate programmable industriel (API) associé à des entrées/sorties déportés (RIO)

Un réseau métier de type Ethernet permet la communication entre l'API et ses RIO's et entre l'API et la commande d'installation (CI) du niveau supérieur.

L'accès à distance est possible sur les CL par une liaison spécifique et indépendante. Cette liaison est spécifique à la maintenance et activée selon besoin. Il n'y a pas d'accès à distance sur le réseau métier.

A ce niveau, les commandes des organes de niveau 0 sont possibles via le terminal de la CL ou d'un PC portable. Le détail de la représentation des organes est maximal et synthétise au mieux les organes physiques.

8.1.6.3. Niveau 2: Commande section

Des commandes d'installation (CI) composent ce niveau. Chaque domaine dispose d'une commande d'installation spécifique.

Une commande d'installation est formée d'un "ordinateur" représenté selon le type d'installation par un automate (API) ou un serveur.

Un réseau de section de type Ethernet permet la communication entre les CI et la gestion de section (GS) du niveau supérieur.

A ce niveau, les commandes de tous les organes d'une installation spécifique sont possibles via le terminal de l'installation ou d'un PC portable. Des organes de synthèse représentent les fonctionnalités de l'installation ainsi que les actions inter-domaines associées.

L'accès à distance est possible sur les CI par le routage entre les réseaux de tronçon et de section.

8.1.6.4. Niveau 3: Gestion section

La gestion de section (GS) est représentée par différents "ordinateurs". Un serveur contient les bases de données ainsi que les logiciels spécifiques à la gestion de l'ensemble des installations de l'ouvrage. Un ou plusieurs clients légers sont connectés au serveur. Ils permettent les commandes de tous les organes de toutes les installations via une interface homme machine (IHM).

Au moins un client est installé à proximité du serveur, il permet l'exploitation de l'ouvrage depuis le local CTCO. D'autres clients (station ou PC portable) peuvent être installés en fonction des besoins sur l'ensemble du réseau LAN de tronçon.

Les actions inter-domaine sont réalisées à ce niveau.

8.1.6.5. Niveau 4 Gestion générale

La gestion générale (GG) est représentée par différents "ordinateurs". Un serveur contient les bases de données ainsi que les logiciels spécifiques à la gestion des différentes sections. Un ou plusieurs clients légers sont connectés au serveur. Ils permettent les commandes de toutes les sections via une interface homme machine (IHM).

Remarques:

Le niveau 4, gestion générale (GG), ne fait pas partie de ce projet. Ce niveau est en cours d'étude par l'OFROU et doit être mis en place pour toutes les sections à venir (UPLANS Colco).

L'intégration du projet H10-Clusette dans la GG passe par une convention entre le MO et l'OFROU.

La définition du niveau 3, gestion de section, permet cette intégration, mais n'est pas obligatoire.

8.1.7. **Définition de la matrice inter-domaines de l'objet**

La définition de la matrice des inter-domaines est spécifiée par la fiche technique OFROU réf. 23 001-11630.

8.1.8. **Définition d'un concept de gestion et d'utilisation, y compris la définition des groupes d'utilisateurs et de leurs droits ou application des principes existants**

La fiche technique OFROU, réf. 23 001-11622, traite ce chapitre avec le niveau 4, gestion générale de l'architecture. Ce niveau ne fait pas partie du projet, mais les principes de base sont appliqués.

La fiche technique est très restrictive et peut engendrer des coûts non négligeables. Les limites d'applications de la fiche technique sont à définir au niveau du projet d'intervention.

8.1.9. **Définition d'une MMI "Style-guide" ou application de la MMI "Style-guide" existant**

Les documents définis dans le projet "Renouvellement du Système de Gestion UT IX sont repris. (documentation finalisée courant 2015)

8.1.10. **Étude de l'intégration, compatibilité SA-CH**

Avec l'application des fiches technique de l'OFROU, la compatibilité SA-CH est respectée dans les limites des dérogations acceptées par le MO.

8.1.11. **Réalisation d'un schéma de principe**

- Voir annexe: A601, Réseau-LAN
- Voir annexe: A602, Réseaux-Métiers

8.1.12. **Limites de fournitures**

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements de contrôle-commande de section (GS, CI domaine 6)
- Les équipements du réseau LAN de tronçon et de section
- Les armoires
- Les câbles d'alimentation des armoires
- Le câblage universel RJ45 des réseaux de tronçon et de section

9. DOMAINE 7: ARMOIRES ET CÂBLES

Etat actuel

9.1.1. Tableau de synthèse

- o Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D7 armoires et câbles												
Câbles BT	0							37				
Câbles signaux	0							37				
Câbles fibre	0							37				

- o Base: norme SIA 197/2, en annexe
- o Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

9.1.2. Conclusions

Tous les équipements ont atteint la limite de durée de vie, l'ensemble du matériel doit être renouvelé

Etat projeté

9.1.3. Estimation des puissances installées

- Voir annexe A105

9.1.4. Définition du système de câblage universel cuivre

L'ensemble du câblage informatique est réalisé avec des connecteurs RJ45.

Le document CNERN "Standard_Schématique_Datas" définit les spécifications de ce câblage.

9.1.5. Définition du système de fibres optiques

L'ensemble du câblage fibre optique est réalisé avec de la fibre optique monomode et des connecteurs E2000/APC 8 (APC: Angle Physical Contact) montés sur des têtes de câbles. Les câbles patch's permettent les liaisons à l'intérieur des armoires.

La pose de câbles avec les extrémités confectionnées (pieuvres) n'est en principe pas admise. Toutefois l'utilisation de ce type de câblage, limitée à de courte distance d'environ 20 mètres, est envisagée pour les liaisons des équipements dans les SAS.

La liaison entre la centrale CTCO et la centrale du BAP est réalisée avec les 4 fibres optiques existantes. La tête de câbles installée à CTCO sera adaptée à la nouvelle installation.

Les réseaux métiers sont indépendants. Pour les liaisons avec les SAS, depuis la centrale de CTCO et le local de LECE, l'utilisation de câbles fibres optiques communs est préconisée.

Le document CNERN "Standard_Schématique_Datas" définit les spécifications de ce câblage.

Les distances entre les différentes têtes de câbles permettent la pose des câbles fibres optiques sans l'utilisation de boîte de jonction.

Deux armoires, équipées de tête de câbles fibres optiques, sont installées à CTCO et LECE. Elles permettent le brassage global des liaisons fibres optiques.

9.1.6. Définition des armoires électriques

L'installation des armoires dans les locaux nécessite une organisation commune à l'ensemble des différents domaines.

Pour atteindre cet objectif deux dimensions d'armoires ont été retenus soit:

- Armoires standards: largeur = 800, Profondeur = 650, Hauteur = 2000mm
- Armoires spécifiques CI + FO: largeur = 800, Profondeur = 1000, Hauteur = 2000mm

Les armoires ainsi que les accessoires de montage font partie des installations spécifiques. Seuls les objets communs sont pris en charge par ce domaine selon chapitre "limites de fournitures".

Pour les équipements en SAS, le concept prévoit l'utilisation d'armoires standards.

L'estimation du quantitatif des armoires est contenue dans l'annexe A701.

9.1.7. Définition du câblage BT

Le câblage BT est spécifique à chaque installation et traité par les domaines respectifs.

9.1.8. Schéma de principe

Les annexes suivantes donnent les principes des différents câblages:

- Principe de câblage RSC, voir annexe A702
- Principe de câblage RNO, voir annexe A703
- Principe de câblage FO, voir annexe A704

9.1.9. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les chemins de câbles en tunnel, posés par le domaine éclairage, est utilisé par les autres domaines
- Toute l'infrastructure de câblage RJ45
- Toute l'infrastructure de câblage fibre optique.

Les fournitures suivantes sont intégrées aux domaines respectifs:

- Les armoires et coffrets
- Les chemins de câbles en tunnel, posé par le domaine éclairage, est utilisé par les autres domaines

10. DOMAINE 8: LOCAUX TECHNIQUES

Etat actuel

10.1.1. Tableau de synthèse

- Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D8 Locaux techniques												
Détection incendie	0							37				
Portes	0							37				

- Base: norme SIA 197/2, en annexe
- Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

10.1.2. Conclusions

Vu l'état d'ancienneté de la plupart des installations et équipements du domaine recouvrant la partie des locaux techniques, il serait préférable d'entreprendre une refonte des équipements relatifs au domaine. Les normes et exigences en la matière restent applicables. L'aspect énergétique et sécuritaire doit être abordé en corrélation avec les structures actuelles et futures.

Etat projeté

10.1.3. Estimation des puissances installées

CTCO → RNO 10Kw, RSC 1Kw LECE → RNO 6Kw, RSC 1Kw

10.1.4. Définition des peintures

La peinture des locaux accuse les années et est à rafraîchir.

La peinture du tunnel est inexistante et est à faire avec les marquages adéquats (niches SOS, sorties de secours).

10.1.5. Définition des sanitaires

Les équipements sont d'époque, mais fonctionnels.

10.1.6. Définition des installations électriques Intérieures

A contrôler et mettre aux normes.

Remarque:

La commande d'éclairage indépendante de chaque local doit être modifiée afin qu'un bouton poussoir, placé à chaque accès, permette de commander l'éclairage.

10.1.7. Définition du chauffage, ventilation, etc...

Ces locaux ont été pensés comme un immeuble d'habitation. Il en découle de grandes surfaces vitrées (influences extérieures), des chauffages d'appoints, mais aucun système de ventilation forcée pour les équipements techniques.

Propositions:

- CTCO: murer et isoler les surfaces vitrées de la salle de commande, du local armoires et du local batteries afin de limiter au maximum les influences extérieures. LECE: ok
- Supprimer les chauffages électriques d'appoint
- Installation d'un système de ventilation

10.1.8. Définition des faux-planchers

Prévoir un remplacement global en incluant la construction de structures renforcée afin de supporter le poids des armoires.

10.1.9. Définition du système d'alarme incendie

Remplacement de l'installation existante par des équipements de détection de fumée autonomes, gérés par le contrôle commande telle qu'installée dans les centrales techniques de dernière génération.

10.1.10. Définition des palans

Le palan qui se trouve vers les ventilateurs axiaux (CTCO) doit être considéré comme dangereux; à éliminer.

10.1.11. Portes, contrôle d'accès

- Portes actuelles en bon état; à conserver. CTCO: la porte d'accès à la chaussée est à murer
- Nouveau matériel, voir directive OFROU "Portes en tunnel"

10.1.12. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Les équipements de contrôle-commande de section (CI, CL domaine 8 ou DIV)
- Les équipements du réseau métier
- Les armoires du domaine 8
- Les câbles d'alimentation des armoires
- Le câblage universel RJ45 des réseaux de tronçon et de section
- Les systèmes de ventilation des locaux
- Second œuvre en général (peintures, faux-planchers, etc...)
- Le matériel associé au domaine 8 (interrupteurs, luminaires, etc...)
- Elimination des équipements existants
- Désamiantage des locaux (si nécessaire)

11. DOMAINE 9: INCORPORÉS

Etat actuel

11.1.1. Tableau de synthèse

- Détail de l'état actuel, voir annexe A001

	1975 (mise en service)	1985 (10 ans)	1990 (15 ans)	1995 (20 ans)	2000 (25 ans)	2005 (30 ans)	2010 (35 ans)	2012 (37 ans)	2015 (40 ans)	2020 (45 ans)	2025 (50 ans)	2030 (55 ans)
D9 incorporés												
Batterie de tubes	0							37				

- Base: norme SIA 197/2, en annexe
- Légende:

nn	Installation en ordre
nn	L'installation atteint la fin de sa durée de vie
nn	Durée de vie dépassée, l'exploitation devient critique

Le chiffre mentionné dans les cases représente l'âge de l'équipement pour l'année de référence.

11.1.2. Conclusions

L'installation de mise à terre est opérationnelle.

Etat projeté

11.1.3. But et objectif de la mesure, état attendu

Le but principal du réseau de mise-à-terre est d'éviter, lors d'un défaut électrique, qu'une différence de potentiel trop grande se crée entre les masses ou terres d'un tunnel et la terre de référence.

11.1.4. Limites et interfaces

Les limites géographiques du passage de La Clusette sont définies sur la section de route Les Verrières – Neuchâtel, du km 22 490 au km 25 320.

L'étendue géographique du présent domaine, dans le cadre de ce projet, couvre trois réseaux de mises à terre, soit :

- La mise à terre tunnel
- La mise à terre à ciel ouvert
- La mise à terre des installations des locaux techniques

Ces trois réseaux sont interconnectés de façon à n'avoir qu'une seule et unique installation de mise à terre globale.

11.1.5. Définition des équipements de mise à terre

Le principe du concept de mise à terre prévu est présenté dans le schéma ci-dessous.

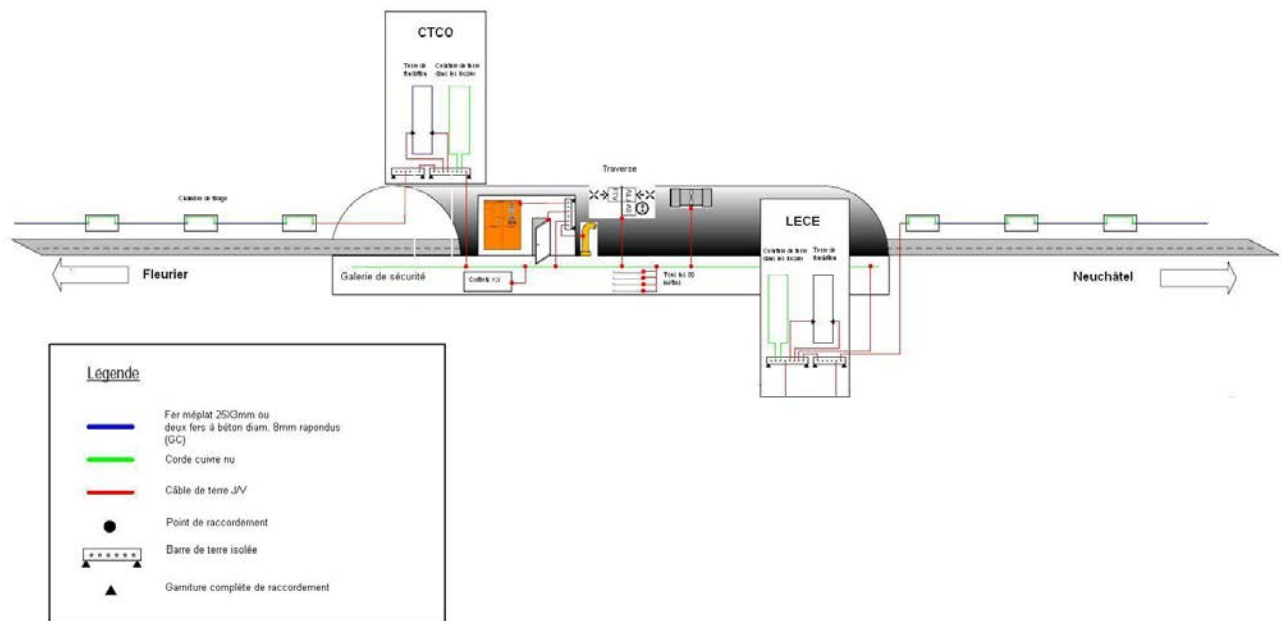


Fig.1 Principe de concept de mise à terre

11.1.5.1. Mise à terre dans les centrales techniques

Dans les deux centrales techniques, CTCO et LECE, chaque local sera équipé d'une barre de terre qui sera raccordée à la terre de fondation en un ou deux points.

Chaque local possédera une ceinture de terre composée d'une corde ou d'un fil de cuivre nu. Elle sera installée en hauteur, juste en dessous de la dalle supérieure, et permettra la mise à terre des différents équipements métalliques. Chaque ceinture de terre sera raccordée, en deux points, à la barre de terre de son local.

En plus des barres de terre dans chacun des locaux, une barre de terre CIO sera installée dans l'un des locaux (de préférence dans le local dédié à la distribution basse tension). Elle permettra d'y raccorder les liaisons équipotentielles en ciel ouvert et sera également raccordée à la barre de terre du local. Un para surtension sera installé sur la liaison entre les deux barres afin de se prémunir de certaines surtensions telle que la foudre.

Un parafoudre sera également installé à l'entrée du tableau général basse tension afin de garantir la sécurité de tout équipement sensible qui se trouve dans l'installation.

11.1.5.2. Mise à terre dans le tunnel

Une corde de cuivre nu sera installée entre les deux centrales techniques avec passage au travers de la galerie de sécurité. Cette corde sera raccordée à la barre de terre des deux centrales techniques.

Ces liaisons équipotentielles permettent une mise à terre aisée des équipements métalliques se trouvant dans la galerie sécurité.

En tunnel, les ventilateurs, les supports des équipements de signalisation (traverses), les chemins de câbles et les portes métalliques seront tous raccordés à la liaison équipotentielle.

Dans chaque niche SOS sera installée une barre de terre qui sera raccordée à la liaison équipotentielle. L'armoire SOS, les portes métalliques et les bornes hydrantes, situées à proximité des niches SOS, seront raccordées à la barre de terre avec un câble J/V. Dans la galerie de sécurité, toutes les parties métalliques seront mises à l'équipotentielle, via un câble J/V, et tous les coffrets seront également raccordés à l'équipotentielle.

11.1.5.3. Mise à terre à ciel ouvert

Les premières chambres de tirage, installées au droit des portails, seront raccordées à la barre de terre CIO de la centrale technique adjacente. Ensuite, chaque chambre sur les batteries de tubes sera munie d'une ceinture de terre en cuivre nu qui reliera les fers plats installés par le Génie-Civil. La continuité de l'équipotentielle à travers les passages inférieurs sera assurée par des câbles J/V. Il en va de même pour la continuité de l'équipotentielle à travers les ponts.

Les portiques, les potences, les mâts, les coffrets de terrain, ainsi que les glissières, situées à moins de 1.75m des équipements métalliques, seront raccordés à l'équipotentielle. Chaque fondation de portique ou de potence sera munie d'une ceinture de terre permettant d'assurer une faible impédance de terre en cas de foudre.

11.1.6. Définition des équipements d'équipotentialité

11.1.6.1. Liaison équipotentielle sur les batteries de tubes

La liaison équipotentielle est réalisée par un ruban métallique circulant le long de la route et de la galerie de sécurité. Toutes les masses métalliques importantes y sont raccordées.

Les extrémités de ces rubans de terre sortent dans les chambres de tirage où ils sont raccordés entre eux par l'intermédiaire d'une ceinture de terre des chambres. Dans la galerie de sécurité, la ceinture de terre de chaque chambre de tirage sera raccordée à la liaison équipotentielle reliant les deux centrales.

11.1.6.2. Mise à terre des éléments verticaux

Les éléments verticaux (portiques, potences, mâts, panneaux de direction) sont particulièrement sujets aux décharges atmosphériques en raison de leurs formes géométriques.

Afin de réduire l'impédance de mise à terre en cas de foudre, chacun de ces éléments sera doté d'une terre de fondation indépendante.

Afin de respecter la norme NIBT, tous les éléments métalliques verticaux ayant des équipements électriques, dont la distance est inférieure ou égale à 1.75 m d'autres structures métalliques (telles que glissières, barrières, ...), doivent être reliés à la liaison équipotentielle au même titre que l'élément vertical. Pour cela, le GC doit poser un tube entre l'élément vertical et les structures métalliques. L'entreprise GC s'assurera que le ruban de terre installé n'est pas interrompu en un ou plusieurs points. D'autre part, la DLT GC s'assurera que la boucle de terre des éléments verticaux est réalisée selon les spécifications données et que l'ensemble des batteries de tubes principales et secondaires soit équipé d'un ruban de terre.

11.1.7. Définition des chambres de tirage

Les chambres de tirage permettent le tirage des câbles au travers des batteries de tubes.

Différents types de chambres sont installés en fonction de la capacité spécifique de la batterie.

Des drains sont installés dans les chambres pour éviter l'accumulation et les remontées d'eau par les tubes.

11.1.7.1. Type gatique

Ce type de chambre est utilisé à partir de quatre tubes. D'autres critères peuvent nécessiter l'installation de gatique tels que le rayon de courbure des câbles, la réserve de câbles, l'installation de boîte de jonction, etc...

Les dimensions ainsi que le nombre de couvercles sont des critères à définir en fonction de la capacité et de l'utilisation désirée.

Autant que possible l'installation des gatiques doit être réalisée hors trafic.

L'accès au gatique doit être possible par les engins de pose de câbles.

11.1.7.2. Type ronde

Ce type de chambre est utilisé généralement pour raccorder les équipements à ciel ouvert.

Les dimensions sont à définir en fonction de l'utilisation désirée.

Autant que possible l'installation des chambres rondes doit être réalisée hors trafic.

11.1.8. Définition des batteries de tubes

Les batteries de tubes installées le long de l'ouvrage sont destinées à recevoir des câbles électriques et des câbles fibres optiques.

11.1.8.1. Batterie de transit

La batterie de transit est constituée de six tubes PE, diamètre 120mm, qui relie directement la centrale CTCO au local LECE (la capacité est sujette à modification à ce stade du projet).

Deux gatiques, installées au droit de la centrale de CTCO et du local de LECE, permettent l'accès à la batterie.

Au moins 1 tube doit être équipé de 4 ou 5 tubes de cloisonnement pour permettre le soufflage de câble.

Le cheminement est prévu dans la partie GC de la galerie de sécurité par l'intégration des tubes dans le radier ou les murs.

11.1.8.2. Batterie de distribution

Plusieurs batteries de distribution distinctes sont nécessaires au câblage des équipements.

Distribution des SAS:

Des tubes diamètres 120mm relient les SAS avec les locaux CTCO et LECE. Le cheminement est prévu dans la partie GC de la galerie de sécurité avec une introduction dans les SAS. La continuité de la batterie à l'intérieur du SAS est réalisée par un chemin de câbles.

Les deux gatiques de la batterie de transit sont utilisées pour le raccordement des locaux de CTCO et LECE.

Distribution à l'intérieur du tunnel:

En fonction des possibilités du GC, le concept prévoit d'utiliser la batterie existante et de la relier avec les SAS.

La création de côtelettes est nécessaire pour la liaison entre la batterie et les chemins de câbles. Selon les possibilités du GC, les pipes d'air de la ventilation actuelle peuvent convenir à la création de ces côtelettes.

Distribution à ciel ouvert:

Cette batterie est constituée d'un ou de plusieurs tubes PE de diamètre 120mm. Le nombre de tubes et le cheminement est adapté aux besoins spécifiques des domaines.

11.1.9. Schéma de principe

Les annexes A901 et A902 donnent les schémas de principes:

- Batterie de transit: voir annexe A901
- Batterie de distribution: voir annexe A902

11.1.9.1. Terre de fondation des centrales

Les terres de fondation des deux centrales sont en place et doivent être préservées par le GC lors des futurs travaux.

11.1.10. Limites de fournitures

Le lot comprend la fourniture des éléments suivants:

- Batteries de tubes
- Chambres et gatiqes
- Mise à la terre

12. PLANIFICATION ET PHASE DES TRAVAUX

Galerie de sécurité

La galerie de sécurité doit être terminée avant les travaux de démontage des équipements électromécaniques.

La disponibilité des SAS est nécessaire afin d'assurer la sécurité pendant les différentes étapes des travaux GC et électromécaniques.

L'ensemble des travaux sont exécutés sous trafic.

12.1.1. Etape G1

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Installation et mise en service des équipements EM Fonctionnement de l'installation en mode dégradé ou installation d'une commande locale provisoire	Partie GC terminée Portes installées	16 semaines Pas d'incidence sur le trafic

Travaux en centrale CTCE et local LECE

Les travaux dans les locaux sont des étapes clé. L'ordonnancement de ces travaux doit permettre une exécution rapide pour les étapes qui demandent la fermeture de l'ouvrage.

12.1.2. Etape L1

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Les armoires des différentes installations sont montées et validées en usine Les dossiers de réalisation permettent sans ambiguïtés le raccordement des câbles et équipements	Les dossiers de réalisation doivent être validés	12 semaines Pas d'incidence sur le trafic

12.1.3. Etape L2

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Démontage et évacuation des équipements EM y.c. les câbles	Etape L1 et G1 réalisée	1 semaine Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

12.1.4. Etape L3

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Assainissement des locaux, travaux GC, faux-planchers...	Etape L2 réalisée	3 semaines Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

12.1.5. Etape L4

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Montage des armoires et raccordement des câbles	Etape L3 réalisée	3 semaines Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

12.1.6. Etape L5

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Mise en service des installations	Etape L4 réalisée	3 semaines Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

12.1.7. Etape L6

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Tests, essais d'ensemble et corrections	Etape L5 réalisée	6 semaines Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

Travaux en tunnel

Les travaux en tunnel nécessitent une coordination avec le GC et tout particulier les batteries de tubes.

12.1.8. Etape T1

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Démontage et évacuation des équipements électromécaniques, luminaires, chemins de câbles, câbles, ventilateurs, etc...	Etape L1 et G1 réalisée	2 semaines Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

12.1.9. Etape T2

Descriptif	Conditions requises avant travaux	Durée des tx
Montage des luminaires et chemins de câbles associés (temps maximum 4 semaines) Montage de la signalisation (2 sem.) Montage des téléphones de secours (2 sem.) Montages des caméras (1 sem.) Pose du câble détection incendie (2 sem.) Pose des différents capteurs de mesures (2 sem.)	Etape L1 et G1 réalisée <u>Travaux GC réalisés !!!</u>	4 semaines Fermeture ouvrage ou mesure de chantier

13. COÛTS

Coûts de déconstruction

Désignation	Montant TTC
Centrale CTCO	CHF 50'000.-
Local LECE	CHF 50'000.-
Tunnel y.c. câbles	CHF 100'000.-
Ventilateurs axiaux	CHF 50'000.-
Transformateurs	CHF 25'000.-
Matière dangereuse (amiante, huile...)	CHF 50'000.-
Total	CHF 325'000.-

Coûts d'investissement, récapitulatif.

L'estimation des coûts d'investissement est donnée dans le tableau ci-dessous.

Les estimations financières sont faites à $\pm 20\%$.

Les montants comprennent les fournitures, le montage, les tests, la mise en service, le transport, les assurances et la documentation.

Désignation	Montant TTC
Domaine 1, Energie	CHF 713'000.-
Domaine 2, Eclairage	CHF 1250'000.-
Domaine 3, Ventilation, variante sans ventilation mécanique	CHF 327'000.-
Domaine 3, Ventilation des 8 issues de secours	CHF 543'000.-
Domaine 4, Signalisation	CHF 1'501'000.-
Domaine 5/6, Installations de surveillance	CHF 1'450'000.-
Domaine 6, Communication et système	CHF 570'000.-
Domaine 7, Armoires et câbles	CHF 105'000.-
Domaine 8, Locaux techniques et GID	CHF 995'000.-
Domaine 9, Incorporés	CHF 25'000.-
Total	CHF 7'479'000.-

Coûts de l'ajout de la ventilation mécanique

Désignation	Montant TTC
Domaine 1, Energie	CHF 107'000.-
Domaine 3, Ventilation	CHF 791'000.-
Total	CHF 898'000.-

Estimation du coût d'un SAS

Le rapport présenté est basé sur l'exécution de 8 SAS. Le nombre de SAS peut-être réduit à 5.
Le tableau suivant présente les coûts qu'il est possible de réduire en supprimant des SAS.

Désignation	Montant TTC
Domaine 3, Ventilation, Monobloc	CHF 42'000.-
Domaine 4, Signalisation, Equipement intérieur du SAS	CHF 12'000.-
Domaine 4, Signalisation, Equipement extérieur du SAS	CHF 28'000.-
Domaine 5/6, Installations de surveillance IVI	CHF 12'000.-
Domaine 5/6, Installations de surveillance TRN intérieur du SAS	CHF 12'000.-
Domaine 5/6, Installations de surveillance TRN extérieur du SAS	CHF 10'000.-
Domaine 7, Armoires	CHF 10'000.-
Domaine 8, GID	CHF 12'000.-
Domaine 8, Portes	CHF 40'000.-
Total	CHF 178'000.-

Coûts d'exploitation et de maintenance

Désignation	Montant TTC
Energie	CHF 70'000.-
Maintenance	CHF 60'000.-
Total	CHF 130'000.-

Coûts des études

Le projet d'intervention ainsi que le suivi des travaux est estimé à CHF **1'200'000.-**

14. DEFINITION DES EXIGENCES EN TERMES DE GENIE CIVIL

14.1.1. D1 Energie

14.1.1.1. Transformateurs MT/BT

Les quatre transformateurs MT/BT peuvent être placés dans les emplacements actuels. Il n'y a pas besoin de prévoir la rétention pour l'huile, étant donné que des transformateurs secs sont requis pour les tunnels routiers selon SIA 197/2. Les quatre emplacements actuels devront être rafraichis et adaptés aux besoins spécifiques des nouveaux transformateurs.

L'accès, les supports des transformateurs et la ventilation (naturelle ou forcées) doivent être adaptés.

14.1.1.2. Cellules MT à CTCO

Actuellement, les cellules MT et les armoires BT se trouvent dans le même local. La séparation entre les équipements MT de SEVT et du Canton de Neuchâtel d'une part et les équipements MT et BT d'autre part nécessite la création de nouveaux locaux ou une réaffectation des locaux existants. Idéalement, les cellules MT sont situées près des transformateurs MT/BT. Les transformateurs gardant leur place actuelle, il faut prévoir un emplacement avec un accès sécurisé dans le local de stock adjacent.

Une proposition de disposition des équipements est représentée en annexe A801.

Il faut également trouver une solution pour installer les cellules qui appartiennent à SEVT.

14.1.1.3. Cellules MT à LECE

Actuellement, les cellules MT et les armoires BT se trouvent dans le même local. La séparation entre les équipements MT de SEVT et du Canton de Neuchâtel d'une part et les équipements MT et BT d'autre part nécessite la création de nouveaux locaux ou une réaffectation des locaux existants. Idéalement, les cellules MT sont situées près des transformateurs MT/BT. Les transformateurs gardant leur place actuelle, il faut prévoir un emplacement avec un accès sécurisé.

Une proposition de disposition des équipements est proposée en annexe A801.

14.1.1.4. Onduleur

Il faut prévoir un local fermé pour placer deux onduleurs, dont un de réserve pour des évolutions et les rénovations futurs. Pour les puissances qui sont nécessaires dans les deux centrales, il faut prévoir un local d'environ 3m x 4m avec une porte d'accès de 1.2 m de large.

14.1.1.5. Batteries

Les batteries doivent être installées dans un local séparé contigu au local onduleur. Il faut prévoir un accès facile afin acheminer les batteries qui sont du matériel lourd. La surface au sol doit permettre de placer deux châssis de batteries de 3m x 1,5m. Les dimensions approximatives du local sont d'environ 3m x 4m avec une porte d'accès de 1.2 m de large.

14.1.1.6. Batterie de tube pour SEVT

Le câble MT installé entre CTCO et LECE appartient à SEVT. Cette liaison doit également être rénovée. En conséquence, il faut intégrer, dans la batterie de transit, deux tubes diamètre 150mm et 1 tube diamètre 120mm.

14.1.2. D2 Eclairage

14.1.2.1. Eclairage de traversée et d'adaptation

Les fixations des luminaires et des chemins de câbles doit être possible ainsi que le raccordement aux batteries de distribution.

14.1.2.2. Balisage de fuite

Les parois doivent posséder des évidements d'environ 300mm x 300mm x 250mm (largeur x hauteur x profondeur) fourni par GC.

Des incorporés (tubes) doivent relier chaque évidement au local électrique, chemin de câbles ou batterie de distribution.

14.1.3. D3 Ventilation

Voir pièce 16.3, rapport HBI 10.08100.02.01, pages 12 et 24.

14.1.4. D4 Signalisation

Une collaboration entre l'électromécanique et le génie civil est nécessaire pour définir les ancrages des supports de signaux, des fondations des mâts, de l'emplacement des côtelettes, des batteries de tubes, ainsi que des chambres de tirage.

Il sera également prévu des glissières de sécurité de protection des signaux sur la chaussée montante.

L'emplacement des issues de secours et niches SOS doivent également être coordonné.

14.1.5. D5 Installations de surveillance

L'intégration des niches de secours doit être réalisée dans la paroi direction Les Verrières.

Les fixations des équipements de surveillance et des chemins de câbles doivent être possible ainsi que le raccordement aux batteries de distribution.

En voûte, deux câbles devront cheminer sur toute la longueur de l'ouvrage, le câble de détection incendie et le câble rayonnant requis par la radiodiffusion. Ils devront être attachés par des brides espacées d'un mètre.

14.1.6. D6 Communication et système

Néant.

14.1.7. D7 Armoires et câbles

Les passages de câbles en centrales ainsi que les liaisons vers les batteries de tubes sont à prévoir.

Selon les cas, des ouvertures dans la dalle sont à prévoir sous les armoires.

14.1.8. D8 Locaux techniques

Travaux mineurs tant à CTCO qu'à LECE comprenant la démolition de parois, la construction de galandages, le murage de surfaces vitrées, le carottage dans les murs et les dalles pour le passage de câbles électriques.

14.1.9. D9 Incorporés

Une coordination fine, entre le génie civil et les équipements d'exploitation et de sécurité, est nécessaire pour les phases des travaux durant lesquelles les deux interviennent, notamment pour les éléments de mise à terre qui sont noyés dans le béton.

Pour les aspects batteries de tubes et chemins de câbles, voir plan A901 et A902 en annexe.

15. ANNEXES

- 15.1.1. **A001_Complément_EtatActuel_V1**
- 15.1.2. **A102_Estimation_Puissance_a_installer**
- 15.1.3. **A103_Schema_unifilaire_CTCO_B**
- 15.1.4. **A104_Schema_unifilaire_LECE_B**
- 15.1.5. **A601_Réseau-LAN**
- 15.1.6. **A602_Réseau-Métiers**
- 15.1.7. **A701_Estimation_quantitatif_armoires**
- 15.1.8. **A702_Cablage-RSC**
- 15.1.9. **A703_Cablage-RNO**
- 15.1.10. **A704_Cablage-FO**
- 15.1.11. **A801_Locaux-Technique**
- 15.1.12. **A901_Batterie-transit**
- 15.1.13. **A902_Batterie-distribution**