



CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

MARCHÉ PUBLIC DE TRAVAUX CCAG TRAVAUX 2021

ST CPCA - Ventilation du tunnel de Riqueval

**VOIES NAVIGABLES DE FRANCE - Direction Territoriale Bassin de la Seine et Loire
Aval**
18 quai d'Austerlitz
75013 PARIS

TABLE DES MATIÈRES

I. CHAPITRE 1 – INDICATIONS GÉNÉRALES ET DESCRIPTION DES TRAVAUX.....	5
I. 1. Introduction	5
I. 1. 1. Contexte	5
I. 1. 2. Descriptif de l'existant	6
I. 1. 3. Descriptif des travaux à réaliser	9
I. 2. Description des équipements de ventilation sanitaire.....	10
I. 2. 1. Équipements de ventilation sanitaire	10
I. 2. 2. Fonctionnement des équipements de ventilation.....	12
I. 3. Description de l'alimentation électrique et du contrôle commande.....	14
I. 3. 1. Alimentation électrique	14
I. 3. 2. Contrôle commande	19
I. 3. 3. Local technique	25
II. CHAPITRE 2 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES.....	29
II. 1. Accélérateurs.....	29
II. 1. 1. Constitution	29
II. 1. 2. Matériaux.....	30
II. 1. 3. Caractéristiques	30
II. 1. 4. Châssis support.....	31
II. 1. 5. Dispositifs d'accrochage à la voûte	31
II. 2. Alimentation électrique et contrôle commande	33
II. 2. 1. Spécifications générales	33
II. 2. 2. Armoire électrique	34
II. 2. 3. Câbles et raccordements	40
II. 2. 4. Commande et transmission	44
II. 3. Équipements du local technique	47
II. 3. 1. Signalétique « Sortie de secours »	47
II. 3. 2. Équipements SSI.....	47
III. CHAPITRE 3 – MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX.....	49
III. 1. Généralités.....	49
III. 1. 1. Rappel sur la qualité des travaux et fournitures.....	49
III. 1. 2. Responsabilité de l'Entreprise.....	49

III. 2. Programme d'exécution des travaux	49
III. 2. 1. Généralités	49
III. 3. Nomenclature des équipements	50
III. 4. Plan d'assurance de la qualité	50
III. 4. 1. Généralités	50
III. 4. 2. Phases d'établissement du P.A.Q.	50
III. 5. Études d'exécution	52
III. 5. 1. Généralités	52
III. 5. 2. Ventilation sanitaire	53
III. 5. 3. Alimentation électrique	54
III. 5. 4. GTC	54
III. 6. Certificat Consuel.....	55
III. 7. Plans et documents	55
III. 7. 1. Nature des documents	55
III. 7. 2. Documents de conception, d'exécution et d'installation des équipements	56
III. 7. 3. Documents de recettes	59
III. 7. 4. Constitution du dossier de récolement.....	59
III. 7. 5. Présentation des documents.....	60
III. 7. 6. Gestion des documents	61
III. 8. Démarche de développement logiciel.....	61
III. 8. 1. Généralités	61
III. 8. 2. Phase de spécification (analyse fonctionnelle)	61
III. 8. 3. Phase de conception.....	62
III. 8. 4. Phase de codage	62
III. 8. 5. Phases de tests	62
III. 8. 6. Documents attendus	63
III. 9. Conditions d'exécution des travaux	64
III. 9. 1. Vérifications préalables sur site	64
III. 9. 2. PPSPS – Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé	64
III. 9. 3. Installation de chantier	65
III. 9. 4. Réunions	66
III. 9. 5. Mise en œuvre des installations.....	66

III. 9. 6. Contraintes imposées au chantier.....	69
III. 9. 7. Distances sécuritaires	70
III. 9. 8. Calendrier prévisionnel des travaux.....	70
III. 10. Contrôles – Essais – Réception.....	70
III. 10. 1. Généralités	70
III. 10. 2. Accélérateurs	71
III. 10. 3. Alimentation électrique et contrôle commande	74
III. 10. 4. Correction des anémomètres	77
III. 10. 5. Opérations préalables à la réception	77
III. 11. Formation.....	78
III. 11. 1. Généralités	78
III. 11. 2. Formation des personnels exploitants	79
III. 11. 3. Formation du personnel de maintenance	79
III. 12. Garantie.....	79
III. 12. 1. Durée de garantie.....	79
III. 12. 2. Définition d'une panne.....	80
III. 12. 3. Obligations de l'Entreprise	80
III. 12. 4. Déclaration de panne	80
III. 12. 5. Pièces de rechange.....	80
IV. ANNEXE 1 – CARNET VENTILATION SANITAIRE.....	80

I. CHAPITRE 1 – INDICATIONS GÉNÉRALES ET DESCRIPTION DES TRAVAUX

I. 1. Introduction

I. 1. 1. Contexte

Voies Navigables de France (VNF) exploite dans l'Aisne le tunnel de Riqueval, long de 5 700 m entre les hameaux de Riqueval et de Bony.

La conception de ce tunnel remonte à la création du Canal de Saint-Quentin et du Canal de l'Oise à l'Aisne au XIX^{ème} siècle, avant l'introduction des bateaux à moteur thermique.

Le passage dans le tunnel n'est aujourd'hui permis que par un bateau « toueur », fonctionnant par une alimentation électrique présente sur une ligne aérienne tout le long du tunnel qui permet au toueur de tracter d'autres bateaux. L'avancée du bateau se fait grâce à un treuil fixé sur le bateau et une chaîne se trouvant fond de l'eau et fixée aux deux extrémités du tunnel. Ce bateau toueur permet ainsi de tracter les bateaux désirant traverser le tunnel.

Le système de franchissement du tunnel avec le toueur étant un système ancien, avec des coûts de maintenance et d'exploitation élevés, il sera amené à disparaître d'ici l'horizon 2030. VNF souhaite adapter l'exploitation du tunnel afin de permettre le passage libre des bateaux. Cela signifie que les bateaux traverseront le tunnel en utilisant leurs propres moteurs pour assurer leur propulsion. Cependant, cette évolution soulève des enjeux liés à la pollution émise par les bateaux, et le tunnel ne dispose actuellement que de 10 cheminées pour assurer sa ventilation sur toute sa longueur.

Dans ce contexte, VNF souhaite la mise en place d'un système de ventilation mécanique forcée qui permette de limiter les concentrations en polluants dans le tunnel.

I. 1. 2. Descriptif de l'existant

I.1.2.1 Descriptif sommaire de l'ouvrage

I.1.2.2 Description de l'ouvrage

Le tunnel de Riqueval est situé dans l'Aisne (02), entre les villes de Cambrai (59) et de Saint-Quentin (02), sur les communes de Bellicourt et de Bony. Il est situé sur le canal de Saint-Quentin et permet de relier la Somme à l'Escaut.



Figure 1 : Positionnement géographique du tunnel de Riqueval

Il s'agit d'un ouvrage long de 5670 m, depuis le PK 29+045 au Nord jusqu'au PK 34+715 au Sud.

Le tunnel est constitué d'une alternance irrégulière de sections en maçonnerie (briques) et des sections creusées à même la roche (craie). Certaines zones sont protégées par la mise en place de béton projeté. Les zones en maçonnerie (brique) présentent une section régulière (Figure 3) et les zones à même la roche présentent de fortes irrégularités de section. L'alternance entre ces différentes zones (zones à section régulière et zones à section irrégulière) n'est pas régulière.

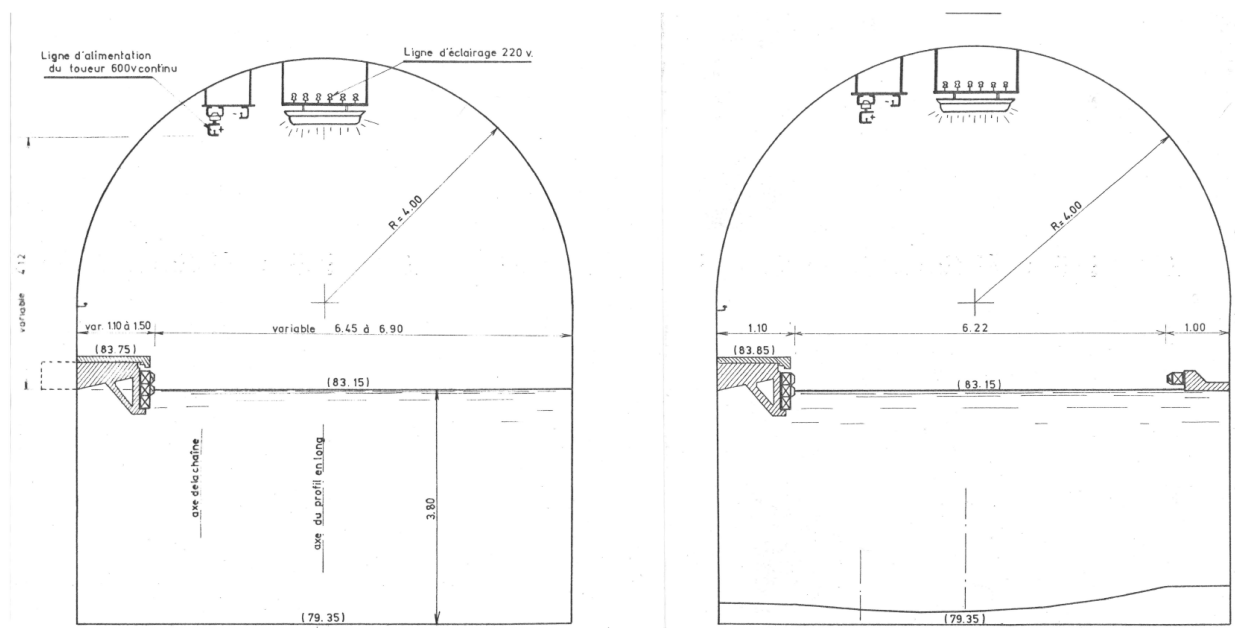


Figure 2 : Schéma section courante

La géométrie de la voûte en section courante est la suivante :

- largeur entre piédroits de 8,16m
- voûte plein cintre de rayon 4m environ
- mouillage (profondeur du radier) : 3,80m environ
- largeur utile : environ 6,00m
- tirant d'air : 3,50 m
- largeur de la banquette : variable entre 1,10 et 1,50m.



Figure 3 : Section courante et tête Sud du tunnel

Le tunnel est aujourd'hui équipé de 10 cheminées situées le long du tunnel qui permettent d'assurer la ventilation de celui-ci. Ces cheminées seront obstruées par VNF par des laques en acier avant le démarrage des travaux.

I.1.2.3 Descriptif des équipements existants

Le tunnel ne dispose pas aujourd'hui d'un système de ventilation mécanique. Il n'est ventilé que naturellement par les cheminées indiquées précédemment.

Le tunnel est aujourd'hui équipé de capteurs permettant de mesurer :

- La vitesse du courant d'air.
- La concentration en CO₂.
- La concentration en NO₂.
- La visibilité

L'ouvrage est équipé d'une GTC qui reçoit les informations issues de ces capteurs.

Dans sa section courante, le tunnel est équipé d'autres équipements, tels que :

- Un éclairage.
- Un système de traction dénommé toueur.
- Une ligne aérienne en cuivre « trolley » 600 VCC.

I. 1. 3. Descriptif des travaux à réaliser

L'opération consiste en :

- La mise en œuvre du système de ventilation sanitaire du tunnel consistant en 2 accélérateurs.
- L'ensemble des installations de distribution électrique et de contrôle commande du système de ventilation.
- Les réseaux de transmission.
- L'intégration du système de ventilation à la GTC existante de surveillance de l'ouvrage.
- La mise en place des armoires du système de ventilation et autres servitudes dans le local technique fourni par VNF.

Les éléments suivants ne font pas partie de l'opération et ne sont donc pas à la charge de l'Entreprise.

- Fermeture des cheminées de ventilation, effectuée par VNF.
- La création du local technique préfabriqué, à la charge de VNF.
- Pose des fourreaux techniques entre le local technique et le regard L2T à proximité du puits 6.

I. 2. Description des équipements de ventilation sanitaire

I. 2. 1. Équipements de ventilation sanitaire

I.2.1.1 Principes généraux

L'opération consiste en l'installation de ses équipements de ventilation sanitaire longitudinale ainsi que la mise en place d'une alimentation électrique et d'un système de contrôle commande permettant l'exploitation du système de ventilation.

Le principal danger lié au passage de bateaux motorisés dans le tunnel sans l'aide du toueur concerne l'émission de gaz d'échappement, tels que le monoxyde et dioxyde d'azote ainsi que le monoxyde de carbone et l'exposition des personnes dans les bateaux à ces polluants.

Le rôle de la vitesse entre le bateau et le courant d'air en tunnel est essentiel pour comprendre analyser les situations où les bateaux sont exposés aux gaz d'échappement. Plusieurs cas sont possibles :

Si le sens du courant d'air en tunnel est contraire à l'avancement du bateau, celui-ci a donc le vent « de face ». Il ne sera donc pas exposé aux polluants.

Si le courant d'air en tunnel avance dans le même sens que le bateau, le bateau a donc le vent « de dos » :

- Soit le bateau avance plus vite que le front de pollution. Il ne sera donc pas « dans ses polluants ».
- Soit le bateau avance à une vitesse proche du front de pollution. Il avance donc avec son nuage de polluants.
- Soit le bateau avance moins vite que le front de pollution. Il ne sera donc pas « dans ses polluants ».

L'objectif du système de ventilation est :

- D'une part de créer un écart entre la vitesse des bateaux et la vitesse d'air en tunnel.
- D'autre part, d'augmenter la dilution des polluants.

Le système de ventilation permet également de réduire la pollution présente en tunnel après le passage d'un bateau.

I.2.1.2 Accélérateurs

(a) Caractéristiques principales

Les caractéristiques principales des accélérateurs sont présentées dans le Tableau 1 ci-dessous.

Caractéristiques	Valeur
Nombre d'accélérateurs	2
Réversibilité	Oui
Variateur	Non
Poussée	624 N
Diamètre des pâles	90 cm
Diamètre extérieur maximal (silencieux)	114 cm
Silencieux	Simple
Vitesse d'éjection	29.6 m/s
Puissance électrique	20 kW
Poids total	1000 kg

Tableau 1 : Propriétés des accélérateurs

(b) Implantation des accélérateurs

Les deux accélérateurs seront installés au niveau du puits n°6 choisi pour sa proximité d'une source d'alimentation électrique et sa position centrale dans le tunnel. Actuellement, le puits n°6 ne dispose pas d'alimentation électrique en surface, mais il existe un transformateur ENEDIS de 150 kVA situé entre les puits n°6 et 7, qui alimente déjà le puits n°7 et un autre point de comptage extérieur.

Un accélérateur sera installé par cavité aux PK 32+298 et 32+381.

Une distance d'au moins 20 cm doit être respectée entre l'accélérateur et le câble du toueur pour éviter tout risque d'arc électrique entre les équipements métalliques.

Un relevé topographique 3D autour du puits n°6 a été réalisé pour visualiser l'implantation des accélérateurs. Des coupes transversales et longitudinales au niveau des accélérateurs sont présentées dans le cahier des plans. Ces plans montrent clairement l'ancrage des accélérateurs sur des voûtes aux surfaces irrégulières. Les plans sont issus des nuages de points des relevés 3D. Ce sont des coupes transversales de deux cavités localisées sur la Figure 4. Les câbles d'éclairage au centre de la voûte actuellement vont être remplacés par un chemin de câbles avec luminaires situé au-dessus de la banquette. Les câbles du toueur sont suspendus côté banquette et non au centre de la voûte.

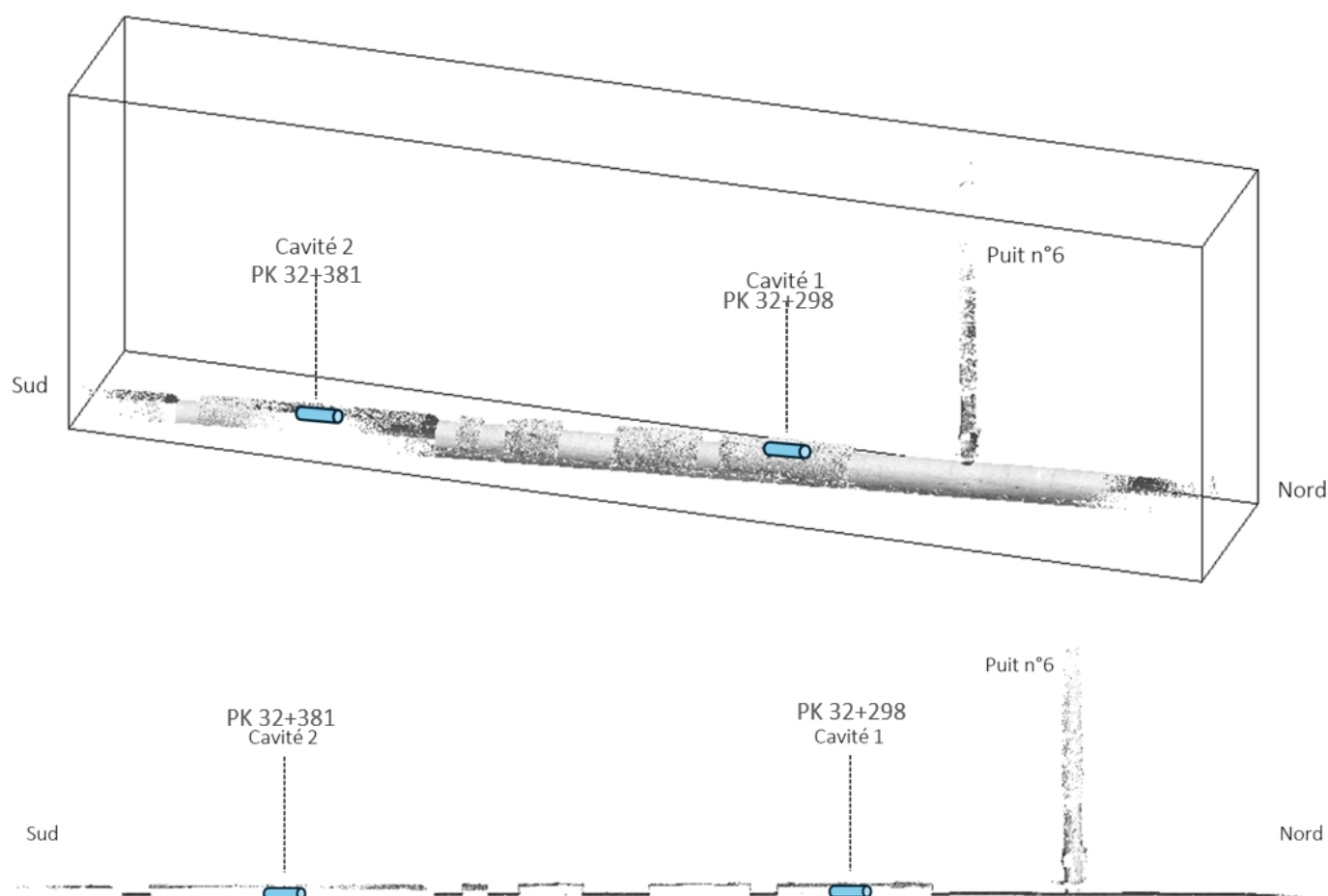


Figure 4 : Localisation des accélérateurs (3D et longitudinale)

La Figure 6 présente l'implantation d'un accélérateur dans la cavité 1.

(c) Ancrage d'accélérateur

Poids à supporter :

Le poids total de l'accélérateur devant être pris en charge par les ancrages est de 1000 kg.

Charges et disposition des fixations :

Les charges à considérer sont conforme à la méthode présentée dans le document "CETu_Note_info_14_Ancrage.pdf"**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

I. 2. 2. Fonctionnement des équipements de ventilation

I.2.2.1 Principes généraux de la ventilation

Le système de ventilation sanitaire permet d'assurer un renouvellement d'air suffisant pour maintenir un niveau de pollution inférieur aux seuils réglementaires lors du passage d'une péniche de gabarit Freycinet ou de deux bateaux de plaisance.

Lorsqu'un ou plusieurs bateaux souhaitent traverser le tunnel, le système doit évaluer les mesures à prendre en prenant en compte :

- La quantité de bateaux souhaitant traverser et le sens de traversée.
- Les niveaux de pollution initiaux, mesurés à partir des capteurs de pollution existants.
- La vitesse du courant d'air en tunnel.

En fonction de ces paramètres le système donnera des indications à l'exploitant pour la mise en service d'un ou deux accélérateurs afin de respecter les seuils réglementaires.

Les règles de fonctionnement à respecter dans tous les cas sont :

- Les accélérateurs doivent tourner dans le sens contraire de l'avancée du(des) bateau(x).
- Dans le cas où les deux accélérateurs sont en fonctionnement, ils doivent tourner dans le même sens.

I.2.2.2 Traitement et exploitation des données des sections de mesures

Les capteurs existants des sections de mesures donnent une valeur moyenne toutes les 10 secondes. La GTC reçoit 6 valeurs par minute pour chacun des capteurs. Les valeurs reçues sont moyennées sur cinq minutes (moyenne glissante) pour la gestion de la ventilation.

Les capteurs invalidés volontairement par l'opérateur ou ceux dont les mesures ne sont pas retransmises (perte GTC, capteur en défaut, valeur hors échelle, ...) ne sont pas pris en compte.

Le système de ventilation fonctionne suivant un algorithme dit à "seuil" dans lequel un accroissement de la pollution au-dessus d'une valeur limite entraîne le pilotage selon le logigramme présenté ci-après.

I.2.2.3 Logigramme fonctionnel

Compte tenu de la précision des appareils de mesures, une marge de sécurité est prise afin d'assurer le passage des bateaux en toute sécurité. Le tunnel sera considéré sain pour la traversée d'un bateau lorsque la moyenne glissante de chacun des capteurs indiquera une concentration en NOx < 0.3 ppm. Cette valeur seuil de 0.3 pourra être ajustée et ne sera pas fixée définitivement dans l'automate de commande (paramètre).

Le logigramme ci-dessous présente la marche à suivre par l'opérateur pour assurer la traversée du tunnel.

Le sens de poussée de l'accélérateur est systématiquement opposé à celui de la circulation du bateau, et dépend uniquement de ce dernier :

- Si le bateau circule du Nord -> Sud, alors les accélérateurs poussent du Sud -> Nord,
- Si le bateau circule du Sud -> Nord, alors les accélérateurs poussent du Nord -> Sud.

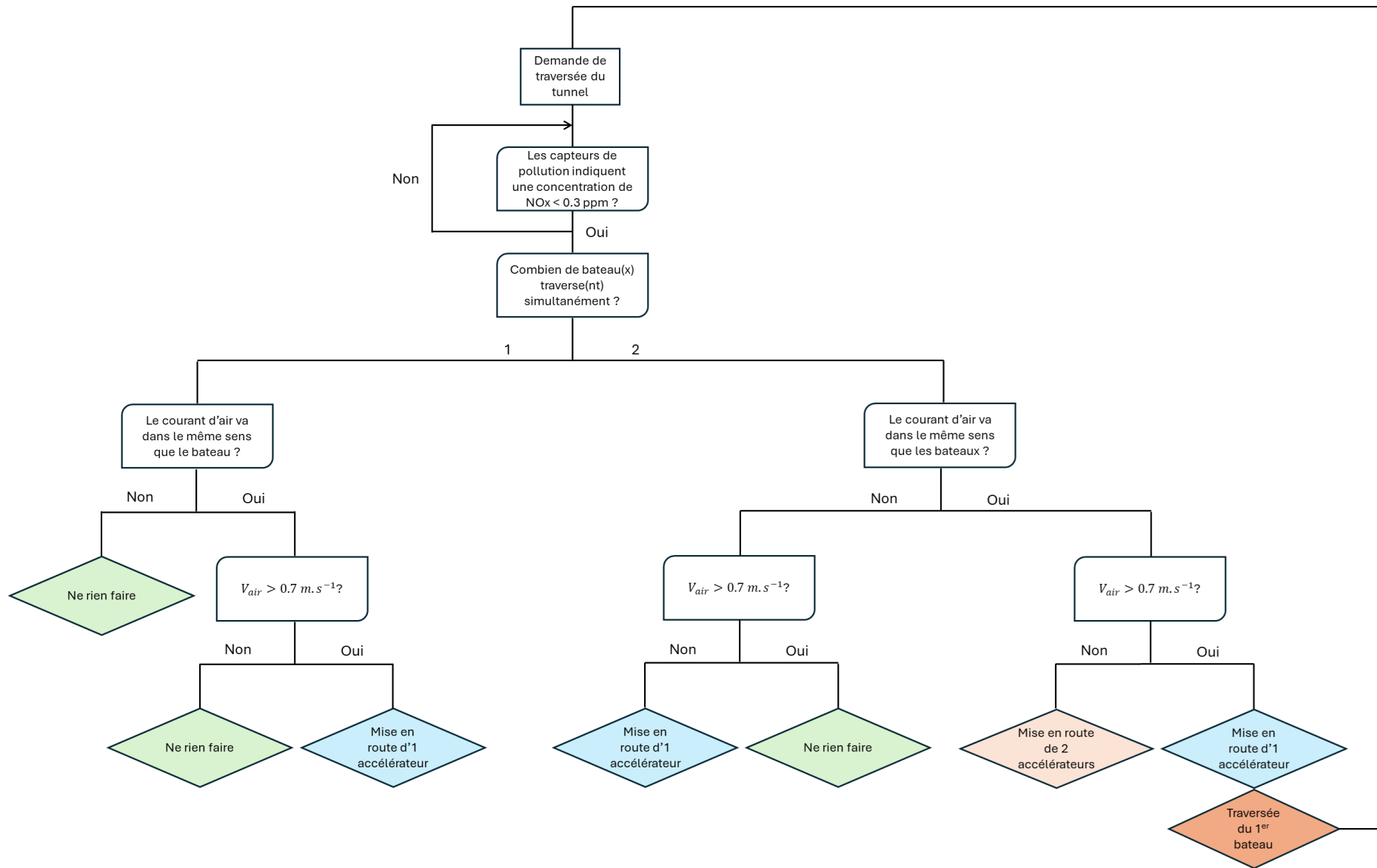


Figure 5 : Logigramme fonctionnel

I. 3. Description de l'alimentation électrique et du contrôle commande

I. 3. 1. Alimentation électrique

I.3.1.1 Description de l'existant

Actuellement le puits n°6 ne dispose pas d'alimentation électrique en surface.

Les installations disponibles existantes sont les suivantes :

- Un compteur 36kVA Triphasé + N 400V situé au niveau du puits n°7
- Un transformateur 150kVA ENEDIS situé entre les puits n°6 et 7. Il sert à alimenter le point de comptage du puits n°7 ainsi qu'un autre point de comptage extérieur à VNF (Cimetière américain 36kVA)
- Le tunnel dispose de 3 points d'alimentation en tête sud : 2 sources 36kVA, et 1 source HT avec redresseur en 600V continu pour l'alimentation des trolleyes et du toueur.
- Le tunnel dispose d'un point d'alimentation en tête nord : 1 source 36kVA.

La distance qui sépare l'entrée du puits 6 en surface et le transformateur ENEDIS est d'environ 92 m.

Dans l'objectif d'alimenter le système de ventilation, VNF a entrepris les démarches auprès d'ENEDIS afin de mettre en place une arrivée de **72 kVA** à proximité du puits 6, depuis le transformateur existant.



Figure 6: Transformateur ENEDIS existant

I.3.1.2 Description de l'installation projetée

Le bilan de puissance est le suivant :

Bilan de puissance	Puissance utile/nominale	Tension nominale	Principe de distribution MONO / TRI	Rendement électrique de l'appareil	Facteur d'utilisation des appareils	Facteur de simultanéité	cosφ	Puissance absorbée $P_a = P_u \cdot a = P_u / (\eta \cdot \cos\phi)$
Abréviation	Pu	U	ALIM	η	b	c	cosφ	Pa
Unité	kW	V			coef	coef		kVA
TOTAL Armoire - Ventilation Sanitaire	42	400	TRI	-	1	1		55,87
Alim accélérateur 1	20	400	TRI	0,93	1	1	0,8	26,88
Alim accélérateur 2	20	400	TRI	0,93	1	1	0,8	26,88
Automate de ventilation / courant faibles	0,8	230	MONO	1	1	1	0,95	0,842
Servitudes local technique (éclairage, PC, ventilation, chauffage)	1,2	230	MONO	1	1	1	0,95	1,263

Tableau 2 : Bilan de puissance électrique

I.3.1.3 Principe d'alimentation

Les accélérateurs seront alimentés depuis la surface du puits n°6 dans le local technique créé par VNF pour cette occasion. Le local technique comportera donc une armoire électrique basse tension, qui alimentera et commandera les deux accélérateurs déployés, et alimentera également les besoins en servitudes du local technique. Cette armoire électrique sera alimentée à partir d'un point de livraison ENEDIS : VNF a entrepris les démarches auprès d'ENEDIS afin de mettre en place un point de livraison au niveau du local technique.

L'architecture électrique sera alors la suivante :

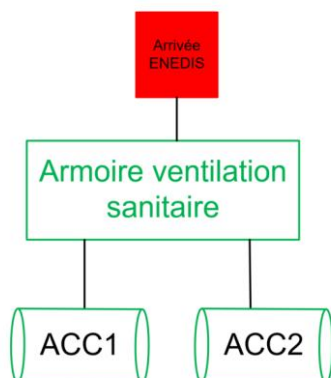


Figure 7: Architecture électrique à mettre en place

L'armoire de ventilation sanitaire implantée dans le local technique comprendra notamment :

- Le disjoncteur général d'arrivée
- Les deux départs vers les accélérateurs avec démarreurs
- L'automate ventilation et organes de commandes
- Borniers et accessoires de raccordements
- Face avant : voyants et contacteurs pour activer localement les accélérateurs lorsque le contrôle par l'automate est indisponible
- Face avant : IHM pour activer localement les accélérateurs

La figure ci-dessous illustre la structure de l'armoire à implanter (partie courant fort) :

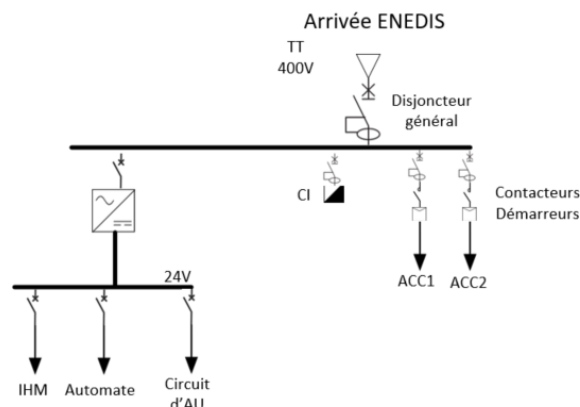


Figure 8: Schéma unifilaire armoire ventilation sanitaire

Les accélérateurs seront équipés de démarreurs électroniques permettant de limiter le courant de démarrage et par la même occasion la chute de tension au démarrage. Ces démarreurs seront intégrés directement dans l'armoire ventilation sanitaire.

I.3.1.4 Principes de cheminement

(a) Cheminements en surface

Des câbles d'alimentation et de commande des accélérateurs sont à tirer entre le local technique en surface et chaque accélérateur.

Pour ce faire, deux fourreaux (puissance et commande) entre le local technique et le puits n°6, suivant le schéma ci-dessous, seront posés. VNF fournit et pose les fourreaux entre le local technique et le regard L2T, et le Titulaire fournit et pose les fourreaux entre le regard L2T et le puits :



Figure 9 : Plan des cheminements en surface

Le Titulaire doit fournir les câbles de puissance et commande, et les poser dans les fourreaux.

Le Titulaire doit réaliser les percements dans son périmètre du regard existant et les raccordements des fourreaux correspondants.

Une tranchée et des carottages au niveau du puits sont à réaliser par le Titulaire entre le regard L2T et l'intérieur du puits dans le cadre du présent projet afin de cheminer les câbles dans le tunnel. Le Titulaire doit réaliser une fouille afin de réaliser les carottages sous le niveau du sol du puits.

Ces informations sont illustrées sur la figure 15 ci-dessous.

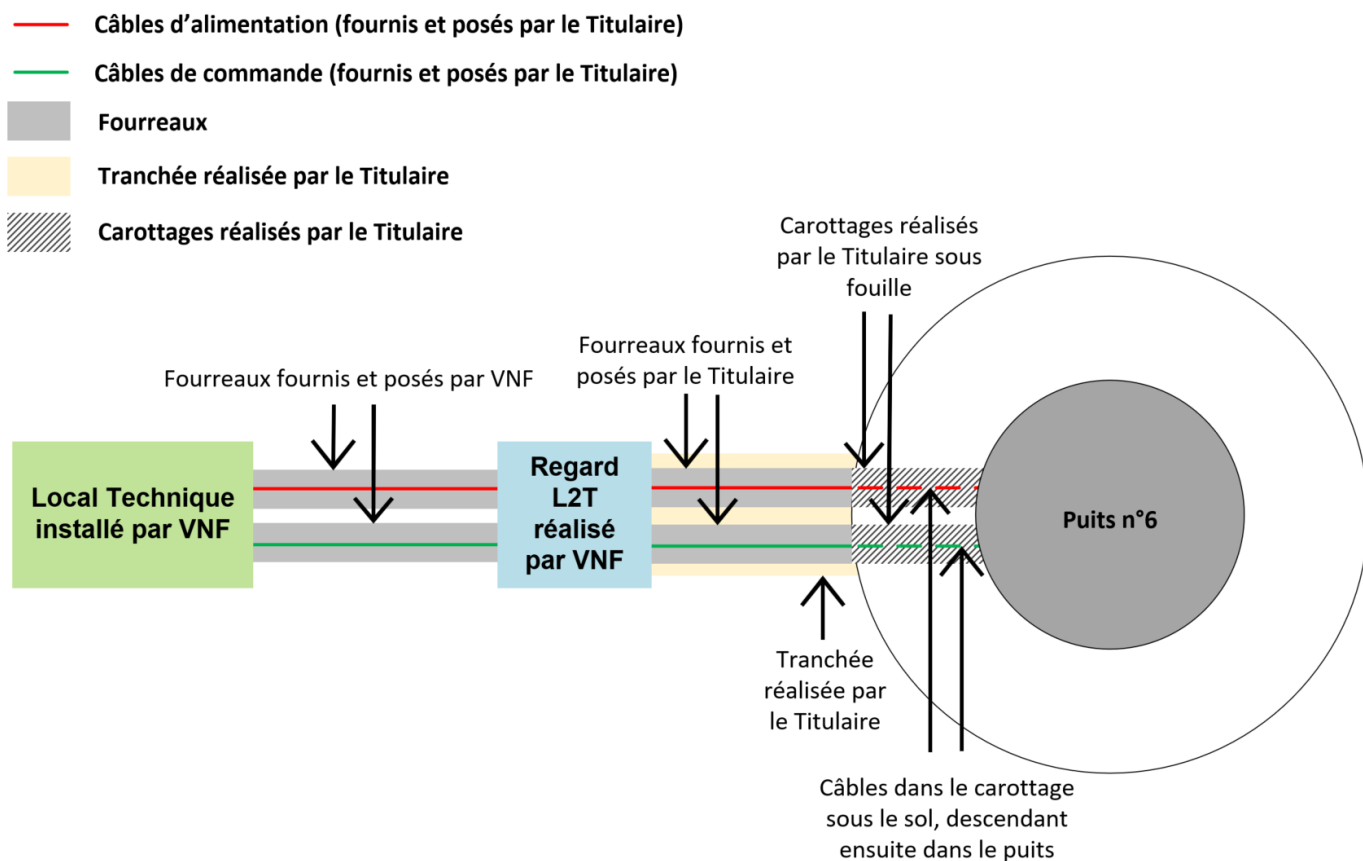


Figure 10 : Principe des cheminements en surface

(b) Cheminement dans le tunnel

Les accélérateurs sont éloignés d'environ 83m entre eux, aux PK 32+298 et 32+381 (positions des centres respectifs des accélérateurs), à proximité du puits n°6

Le principe de cheminement des câbles est illustré dans la figure ci-dessous. Il est à noter que les longueurs indiquées sont données uniquement à titre indicatif.

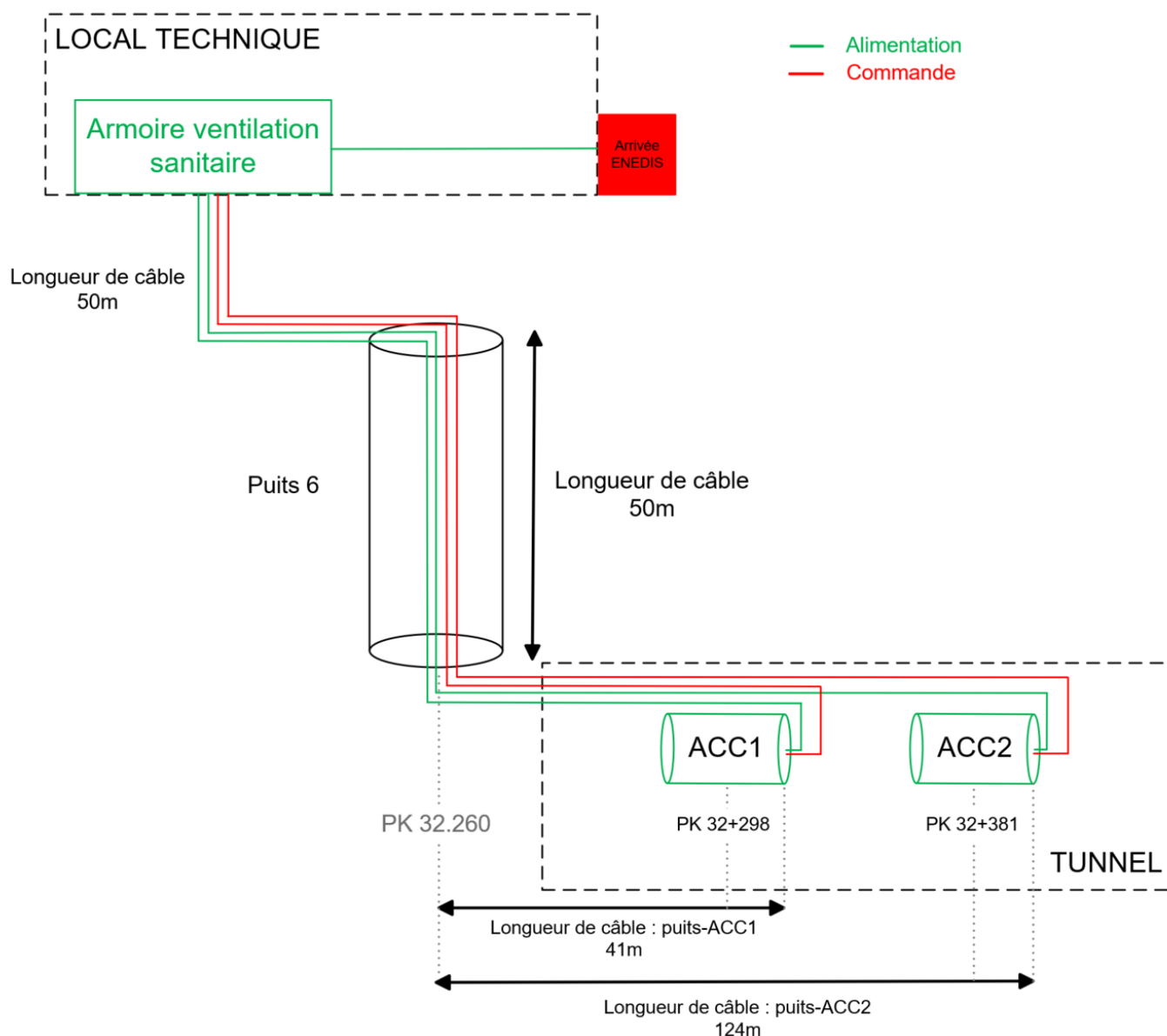


Figure 11 : Principe de cheminement des câbles des accélérateurs

Il est prévu de mettre en place des câbles de type C1, ce qui correspond au type installé typiquement dans les tunnels et suffisant pour le fonctionnement de la ventilation sanitaire.

Ces câbles sont fixés à la voute par des accroches type cuillères/cavalier utilisées habituellement pour la fixation de câbles en voute de tunnel routier. Afin de respecter une chute de tension de 5%, la section de câble nécessaire pour alimenter les accélérateurs est de 25 mm².

Le régime de terre à mettre en place est le régime TT.

I. 3. 2. Contrôle commande

I.3.2.1 Description de l'existant

Le tunnel est actuellement piloté via une IHM de marque Red lion G15C1100. Cette IHM permet de piloter l'éclairage du tunnel et dispose de remontées d'informations concernant les équipements installés : alimentation électrique, capteurs de ventilation, défauts...

Un réseau de fibre optique est déployé sur l'ensemble du tunnel avec un coffret de raccordement fibre tous les 250m. Ce réseau permet de raccorder des caméras et les interphones actuellement installés dans l'ouvrage.

I.3.2.2 Description de l'installation projetée

La ventilation sanitaire est à piloter de manière autonome via un automate à déployer dans le cadre du présent projet, à l'intérieur de l'armoire électrique située dans le local technique. Les séquences de fonctionnement des accélérateurs sont définies par cet automate. Un échange d'information doit être mis en place entre l'automate ventilation sanitaire et l'IHM existante.

Sur la face avant de l'armoire électrique sont placés des voyants, contacteurs et une IHM complémentaire pour commander les accélérateurs. Cette IHM complémentaire sert uniquement à piloter le système de ventilation. Il doit être du même modèle que l'IHM existant (Red lion G15C1100).

I.3.2.3 Spécifications fonctionnelles

(a) Principes de fonctionnement

La commande des accélérateurs se fait uniquement via déclenchement manuel par un opérateur. Il n'y a pas de mode de déclenchement automatique de la ventilation sanitaire.

L'automate fonctionne selon les deux modes manuels suivants :

- Mode manuel local via commandes sur la face avant de l'armoire (boutons ou IHM ventilation) ;
- Mode manuel distant via déclenchement sur l'IHM existant.

L'opérateur met en service un ou les deux accélérateurs (ou aucun) en fonction :

- Du sens du courant d'air ;
- De la valeur de la vitesse du courant d'air.

Ce déclenchement doit se faire suivant le logigramme de commande présenté dans le paragraphe I.2.2.3. Pour faciliter l'utilisation, les deux IHM doivent proposer à l'opérateur une aide à la décision à partir de ce logigramme fonctionnel.

Cette aide à la décision devra s'afficher sous forme de « pop-up », dès que la réalité reflète un scénario du logigramme.

Ces pop-ups doivent présenter à l'opérateur :

- Le nombre de bateaux attendus (information saisie au préalable par l'opérateur)
- Le sens de circulation des bateaux (information saisie au préalable par l'opérateur)
- Le sens du courant d'air (information provenant directement des capteurs)
- La vitesse de l'air (information provenant directement des capteurs)
- La décision conseillée, issue du logigramme en fonction de ces informations, qui devra être mise en évidence sur le pop-up :
 - « Mise en route d'un accélérateur »
 - « Mise en route des deux accélérateurs »
 - « N'allumer aucun des deux accélérateurs »

Cette recommandation doit être claire et justifiée à l'opérateur par les valeurs précédentes.

- Deux boutons, « Oui » et « Non » pour que l'opérateur décide s'il souhaite suivre ou non la recommandation de l'IHM.

A noter que si l'opérateur sélectionne « Non », le système de ventilation reste dans la même configuration dans laquelle il était.

Une fois que l'opérateur a sélectionné son choix entre « Oui » et « Non », le pop-up doit se fermer. Néanmoins, un bouton affiché sur l'écran doit permettre à l'opérateur de rouvrir le pop-up et de modifier son choix s'il le souhaite.

Si le choix de l'opérateur mène à l'option « N'allumer aucun des deux accélérateurs », ceux-ci restent/sont éteints, et cette information doit être remontée à l'opérateur.

Sur l'IHM existante l'opérateur peut également voir les informations provenant de la Centrale Incendie du local technique.

(b) Modes dégradés

En cas de perte de l'automate de ventilation, le système de ventilation sanitaire est indisponible pour un fonctionnement manuel distant. Seul un fonctionnement via commutateurs en face avant de l'armoire est possible.

En cas de perte du lien sur le réseau entre l'automate et l'IHM existant, le système de ventilation est indisponible pour un fonctionnement distant. Un fonctionnement via l'IHM en face avant ou via commutateurs en face avant de l'armoire est disponible.

(c) Cybersécurité

Le système de commande déployé doit respecter les prescriptions génériques des standards VNF en termes de cybersécurité.

I.3.2.4 Principe de raccordement

L'automate et l'IHM de pilotage des accélérateurs sont raccordés au réseau du tunnel directement sur le switch du coffret 14 à proximité du puits n°6 dans le tunnel.

Une extension du switch FO existant sera fourni et mis en place par VNF (via DSIN).

Compte tenu des distances entre les équipements réseau, un réseau de fibre optique + convertisseur Cu/FO est déployé pour permettre le raccordement.

L'automate commande l'état des accélérateurs en fonction de la commande qui lui est envoyée depuis l'IHM existante ou la nouvelle IHM.

L'architecture de contrôle commande simplifiée est alors la suivante :

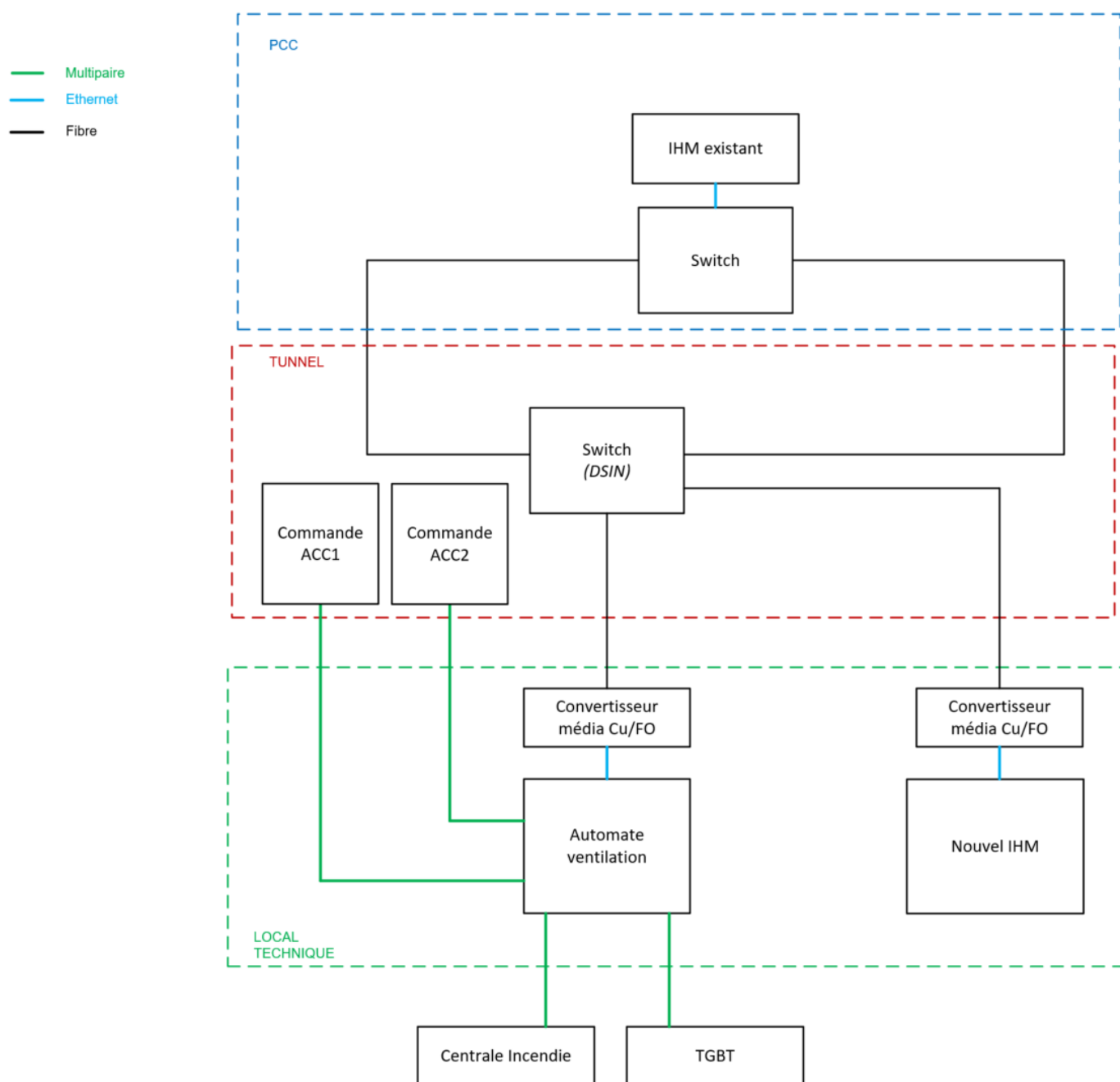


Figure 12 : Architecture de contrôle commande à mettre en place

Des câbles multipaires de type SYT2 C1 sont déployés entre l'automate et les accélérateurs. Ces câbles sont mis en place tout comme pour les câbles d'alimentation via des accroches type « cuillers » directement en voûte du tunnel.

Des câbles de type 24FO sont également déployés afin de permettre la communication entre l'automate et le réseau de terrain du tunnel. Le même type de câble est déployé pour le nouvel IHM de ventilation.

I.3.2.5 Besoins d'évolution de l'IHM existant

La reconfiguration de l'IHM est prévue pour prendre en compte l'ajout des éléments liés à la ventilation sanitaire.

Une nouvelle vue de supervision de l'IHM existant est à développer et mettre en place afin de permettre le pilotage et la supervision du nouveau système de ventilation. La vue doit pouvoir permettre :

- De visualiser le comportement des équipements nouvellement installés dans les différents modes de marche et de fonctionnement
- Le contrôle des modes de marche
- Le contrôle de la remontée d'informations et d'alarmes techniques
- Le contrôle des séquences de démarrage et d'arrêt
- Le paramétrage du système
- La proposition à l'opérateur d'une aide à la décision

La vue permet d'afficher également les mesures issues des capteurs en tunnel :

- Débits unitaires et globaux
- Moyennes des données
- Sens du courant d'air

La vue est à déployer par la mise en place de :

- Fenêtres, boutons et champs à remplir
- Courbes pour visualiser l'évolution dans le temps des mesures issues des capteurs et des débits
- Tableaux pour visualiser l'ensemble des paramètres de fonctionnement de la ventilation

Une fenêtre est également disponible afin d'afficher l'algorithme de ventilation déployé.

Le bandeau des alarmes existantes sera également mis à jour afin de permettre les remontées d'information des nouveaux équipements déployés (centrale incendie, servitudes local technique et également le système de ventilation).

Une proposition de la vue Ventilation sanitaire à créer sera proposée par le Titulaire des travaux et sera à valider avec les services d'exploitation et de maintenance au cours de la phase d'étude d'EXE.

Le système permet également la génération de rapports indiquant l'état actuel du système de ventilation. Le rapport comporte à minima une synthèse des défauts remontés (type de défaut, jour, heure). Les rapports peuvent être exportables sous format Excel ou PDF.

La table d'échange de la GTC regroupe les informations suivantes :

Communication de l'IHM existant vers l'automate de ventilation			
Télésignalisation (TS)	Télémesure (TM)	Télécommande (TC)	Télé réglage (TR)
• Défaut capteurs ventilation	• Vitesse du courant d'air • Sens du courant d'air	• Activation ON/OFF ACC1 via IHM existant • Activation ON/OFF ACC2 via IHM existant	

Communication de l'automate ventilation vers l'IHM existant			
Télésignalisation (TS)	Télémesure (TM)	Télécommande (TC)	Téléréglage (TR)
- Etat disj ACC1 - Etat disj ACC2 - Défaut disj ACC1 - Défaut disj ACC2 - Retour état ACC1 (ON/OFF) - Retour état ACC2 (ON/OFF) - Synthèse Défaut CI - Alarme Incendie - Etat disj CI - Défaut disj CI - Défaut automate - Etat mode local/distant - Activation ON/OFF ACC1 via nouvel IHM - Activation ON/OFF ACC2 via nouvel IHM - Activation ON/OFF ACC1 via commutateur - Activation ON/OFF ACC2 via commutateur - Activation mode distant/local via commutateur		- Commande de mise en marche vers ACC1 sens direct - Commande de mise en marche vers ACC1 sens indirect - Commande de mise en marche vers ACC2 sens direct - Commande de mise en marche vers ACC2 sens indirect	

I.3.2.6 Dimensionnement de l'automate

Nous avons donc les entrées/sorties suivantes dans le système :

Entrées/sorties de l'automate ventilation
ETOR
Entrées : - Activation mode distant/local - Activation ON/OFF ACC1 via nouvel IHM - Activation ON/OFF ACC2 via nouvel IHM - Activation ON/OFF ACC1 via IHM existant - Activation ON/OFF ACC2 via IHM existant - Activation ON/OFF ACC1 via commutateur - Activation ON/OFF ACC2 via commutateur - Etat disj ACC1 - Etat disj ACC2 - Défaut disj ACC1 - Défaut disj ACC2 - Retour état ACC1 (ON/OFF)

- Retour état ACC2 (ON/OFF)
- Etat disj CI
- Défaut disj CI
- Alarme incendie
- Synthèse défaut centrale incendie
- Etat disj servitudes local
- Défaut servitudes local

Sorties :

- Commande de mise en marche vers ACC1 sens direct
- Commande de mise en marche vers ACC1 sens indirect
- Commande de mise en marche vers ACC2 sens direct
- Commande de mise en marche vers ACC2 sens indirect

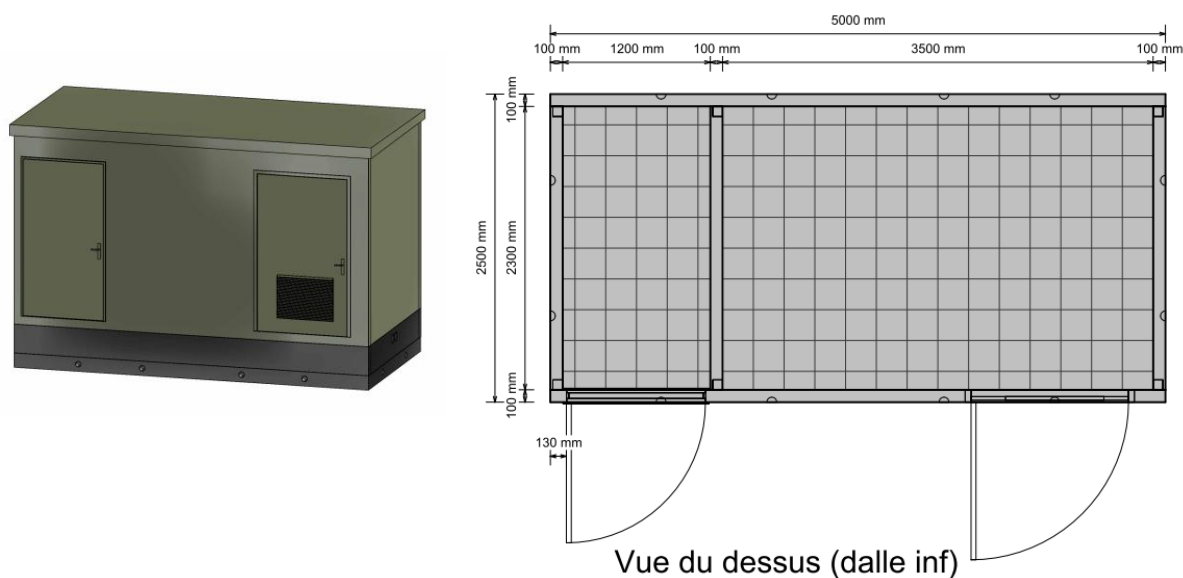
Le besoin estimé est donc 18 entrées TOR, et 4 sorties TOR.

Il est donc possible de mettre en place 2 cartes d'E/S : une carte de 32 entrées TOR et une carte de 16 sorties TOR. De ce fait la réserve disponible sera d'environ 50% pour les entrées et de 75% pour les sorties.

I. 3. 3. Local technique

I.3.3.1 Description de l'existant

Le local technique sera mis à disposition par VNF, et sera de type shelter préfabriqué, suivant les images ci-dessous :



Comme représenté sur les figures ci-dessus, le local technique est divisé en deux sous-locaux, un premier abritant l'arrivée du point de livraison ENEDIS, et un second pour la mise en place de l'armoire de ventilation.

I.3.3.2 Description de l'installation projetée

(a) Principes d'implantation

Les listes ci-dessous indiquent les équipements dont doit disposer le local technique :

Consultation 2621PA023 ST CPCA - Ventilation du tunnel de Riqueval

Équipements fournis et posés par VNF :

- Un éclairage intérieur pour chaque sous-local
- Un système de ventilation naturelle du local technique : grille d'aération
- Un réseau de prise de courant (PC) pour le local
- Un plancher technique avec dalles
- Extincteurs
- Radiateurs

Équipements fournis et posés par le Titulaire :

- Équipements d'alimentation et de commande de la ventilation sanitaire
- Un système de détection incendie avec détecteurs de fumée (DF), sirènes, centrale incendie (CI) et déclencheurs manuels (DM)
- Signalétique « sortie de secours »

Ces équipements sont implantés suivant la figure ci-dessous :

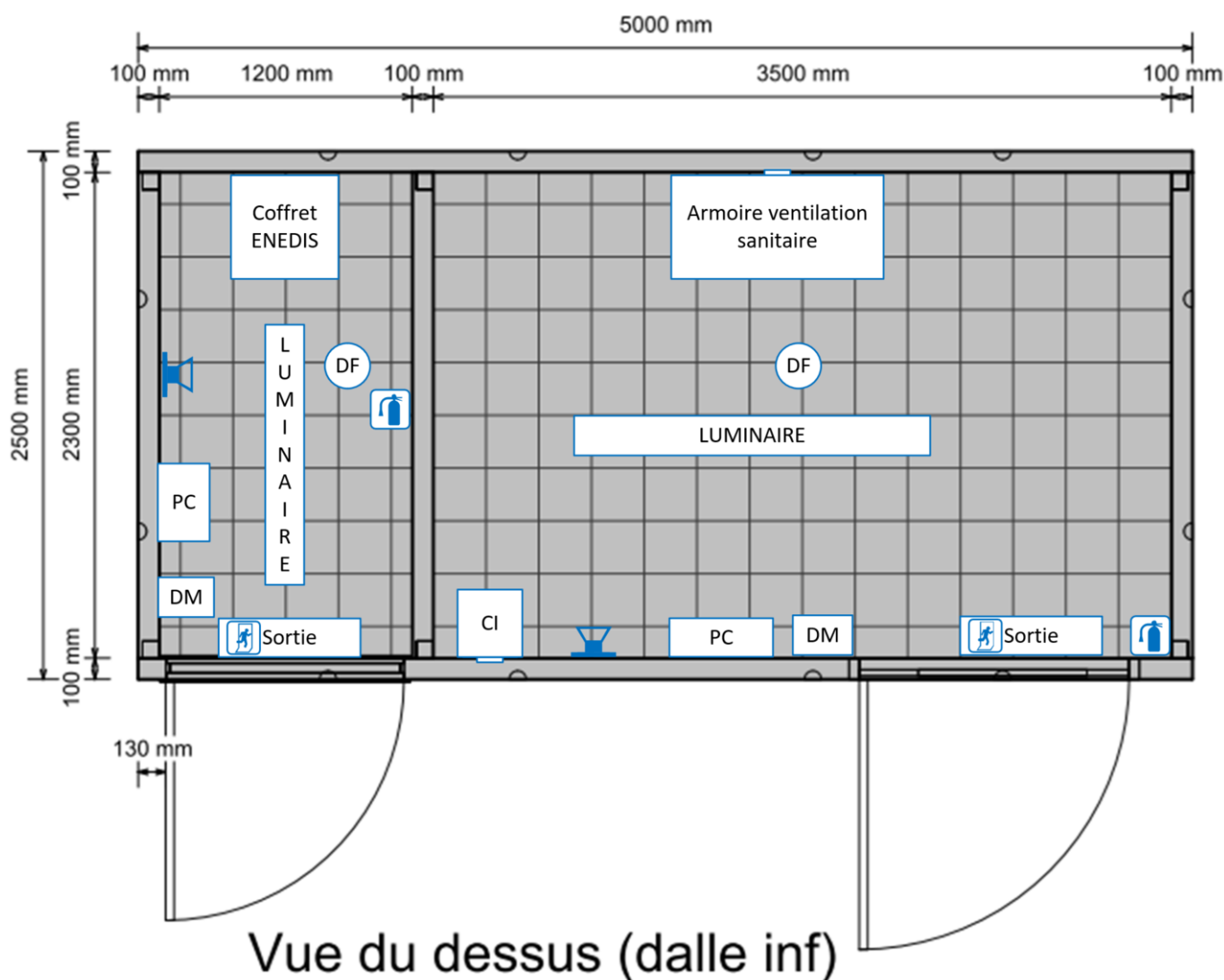


Figure 13: Principe d'implantation des équipements dans le local technique

(b) Principe de fonctionnement SSI

La mise en place d'un système de détection incendie permet de prévenir le risque de départ d'incendie dans le local technique.

Les équipements SSI à installer par le Titulaire dans le local technique sont les suivants :

- Une centrale incendie permettant de :
 - Recevoir le signal délivré par les détecteurs qui y sont raccordés, de localiser le danger et le cas échéant d'enregistrer ce signal ;
 - D'indiquer l'alarme de façon sonore et visuelle ;
 - De surveiller l'installation et d'indiquer les défauts (court-circuit ou rupture des boucles de détection, dérangement de l'alimentation électrique)
 - De transmettre l'alarme incendie et les signaux de dérangements aux postes opérateurs
- Des détecteurs optiques (détecteurs de fumée DF) dans chaque sous-local, ayant pour caractéristiques :
 - Fixés au plafond
 - Sensibles aux fumées et aux gaz de combustion d'un incendie couvant ou à développement lent
 - Doit couvrir une distance maximale de 24m²
 - Les DF détectent automatiquement un départ de feu et transmettent alors l'information à la CI.
- Des déclencheurs manuels dans chaque sous-local, ayant pour caractéristiques :
 - Situé au niveau de chaque entrée de local technique
 - Fixé à 1,2 m au-dessus du sol, ne doit pas être dissimulé par une porte
 - Les DM sont destinés à être déclenchés manuellement en cas de départ de feu, et transmettent alors l'information à la CI.
- Diffuseurs d'alarmes sonores dans chaque sous-local, ayant pour caractéristiques :
 - Placé à une hauteur minimale de 2,10m
 - Lorsque la CI a l'information d'un départ de feu, elle active les sirènes d'alarme afin d'alerter les individus du besoin d'évacuer

Ci-dessous est précisé la représentation d'une boucle de sécurité incendie. Dans le cas présent, deux boucles sont déployées, une par sous-local.

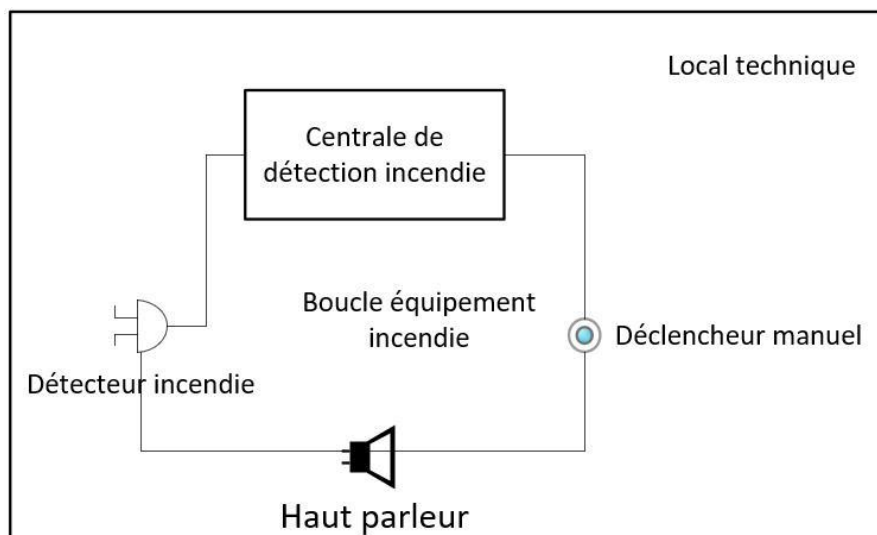


Figure 19 : Boucle de sécurité incendie

La centrale incendie est paramétrée localement et est également raccordée à l'automate pour transmettre les informations suivantes aux IHM :

- Détection incendie
- Synthèse de défaut équipement de détection incendie.

Ces alarmes remontent aux IHM pour prévenir l'opérateur, au même titre qu'une alarme système.

Chaque sous-local est équipé d'un extincteur de type extinction d'incendie électrique fourni et géré par VNF.

(c) Principe de raccordement

Le système de sécurité incendie du local technique est alimenté depuis l'armoire de ventilation sanitaire.

Les câbles cheminent par des chemins de câbles mis en place sous le plancher technique dans le cadre du présent projet, ou bien directement par des tubes IRO fixés sur mur ou bien au plafond.

(d) Signalétique « Sortie de secours »

Le Titulaire doit mettre en place des signalétiques statiques au-dessus de chaque porte du local technique. La plaque signalétique à mettre en place devra ressembler à l'exemple ci-dessous :



Figure 20 : Exemple de plaque signalétique « Sortie de secours »

II. CHAPITRE 2 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

II. 1. Accélérateurs

II. 1. 1. Constitution

Le Titulaire fournira tous équipements adaptés à la condition d'humidité de l'ouvrage.

Chaque groupe moto-ventilateur comprendra :

- Une hélice équilibrée statiquement et dynamiquement, composée d'un moyeu et d'un jeu de pâles réglables à l'arrêt, réalisés en acier inoxydable. Le jeu entre les extrémités de pâles et l'enveloppe du ventilateur assure un bon fonctionnement en présence de fumées chaudes.
- Une virole en acier inoxydable avec son support de moteur et les supports du coffret électrique, de la boîte à borne et des accessoires (détecteur de vibrations et ipsotherme).
- Des silencieux montés sur les brides de la virole, constitués d'un matériau insonorisant (laine de roche) pris en sandwich entre une virole extérieure en acier inoxydable de forte épaisseur et une virole intérieure en tôle perforée en acier inoxydable. Les rivets d'assemblage seront en acier inoxydable.
- Des grillages de protection de maille 40 mm réalisés en acier inoxydable de 2 mm, à l'aspiration et au refoulement.
- Un moteur asynchrone, conforme aux normes européennes pour courant triphasé alimenté en 50 Hz, 400 V. L'indice de protection du moteur sera IP 56. Sa tenue au feu sera de 200° C pendant 2 heures. Son isolation sera de classe H. Le démarrage devra pouvoir s'effectuer normalement sous une chute de tension pouvant atteindre 12 % de la tension nominale. Le rapport de l'intensité de démarrage à l'intensité nominale devra être inférieur à 7 In. Bobinage tropicalisé, trous de purge, réchauffage du moteur par câble monophasé et toutes dispositions nécessaires pour un bon fonctionnement dans une ambiance humides.
- Le moteur possédera une protection ipsothermique permettant de stopper son fonctionnement en cas d'échauffement anormal. En cas de procédure de désenfumage, les ipsothermes seront bypassés au niveau des armoires de commande des accélérateurs, afin de garantir leur fonctionnement malgré la présence éventuelle de fumées chaudes.
- Un coffret électrique de sectionnement réalisé en acier inoxydable monté sur une platine soudée à la virole extérieure comprenant :
 - 1 interrupteur général à commande extérieure cadenassable,
 - Des presse-étoupes et borniers de liaison.
 - Le coffret présentera un indice de protection IP 65.
 - Les câbles alimentant le moteur et les accessoires de mesure et de contrôle seront raccordés dans le coffret.
 - Une boîte à bornes réalisée en acier inoxydable, comportant les arrivées et sorties des câbles de puissance et des câbles d'information par presse-étoupe. L'ensemble présentera un indice de protection IP 65.
 - Un système de surveillance des vibrations intégré dans un boîtier IP65 fixé sur la virole.
 - Le système de mesure et de contrôle des vibrations de l'accélérateur sera conçu et installé conformément aux recommandations des normes en vigueur et, notamment, les normes ISO 10816 et NF E90-300.
 - Le système comprendra notamment un capteur de vibrations capable de mesurer la valeur efficace de la vitesse de vibrations pour une large bande de fréquence.

- Le système de surveillance des vibrations sera conçu pour couper automatiquement l'alimentation électrique de l'accélérateur lorsque le niveau d'alarme est atteint. Les capteurs sont conçus pour permettre le démarrage des accélérateurs sans provoquer l'alarme "vibrations".
- Les accélérateurs seront équipés de capteurs-transmetteurs de vibrations à analyse spectrale permettant la détection précoce de défauts et une maintenance prédictive. Le capteur-transmetteur de vibrations sera un capteur d'accélération micromécanique à analyse spectrale. Le système basé sur l'analyse des fréquences permettra de diagnostiquer les défauts du système accélérateur-supportage (roulements, balourds, desserrage support, excentricité...). Le capteur-transmetteur présentera un indice de protection minimum IP 65. La gamme de fréquence du capteur sera 3 – 6000 Hz. La gamme de mesure de l'accélération sera de ± 20 g. La gamme de contrôle de la vitesse de rotation des accélérateurs sera 500 – 6000 tr/min. Le capteur de vibration délivrera 2 seuils de détection Alarme et Alerte. Ces seuils seront paramétrables. Le défaut vibration envoyé à la GTC sera bypassé en fonctionnement désenfumage. Les informations transmises seront de type TOR directement exploitées par la GTC. Le capteur-transmetteur intégrera un auto-diagnostic en cas de panne du capteur. Une liaison RS232 permettra aux équipes de maintenance de connecter un ordinateur PC portable au capteur pour paramétrer le capteur et établir l'origine des défauts sur la machine en cas de défaut vibration envoyé à la GTC.

II. 1. 2. Matériaux

Les accélérateurs et les châssis supports installés dans le tunnel devront répondre aux conditions de tenue à la corrosion.

II. 1. 3. Caractéristiques

Réversibilité en poussée	100% de la poussée dans les deux sens
Taille maximale	Φ 1000 mm à la virole et Φ 1200 aux silencieux
Silencieux	Simple
Poussée minimale en champ libre	630 N
Densité de l'air de référence	P = 1,2 kg/m ³
Vitesse du jet	Comprise entre 28 et 35 m/s
Puissance moteur maximale	20 kW
Alimentation	400 V, 50Hz triphase
Fixation	Sur voute. Le poids des accélérateurs avec les silencieux est de l'ordre de 1000 kg
Pression acoustique maximale	74 dB (A) en champ libre (ISO 3744)
Classe d'équilibrage	G 2.5 (ISO 1940)

II. 1. 4. Châssis support

Chaque accélérateur sera supporté individuellement par un châssis support, ancré sur les profilés cintrés d'accrochage à la voûte. Le dimensionnement des ancrages et les essais de convenance devront être réalisés conformément à la note N°14 d'information du CETU « Ancrages des accélérateurs en tunnel ».

Ces châssis devront résister à la température de 200° C pendant 2 heures et tenir compte du taux d'humidité usuel d'un tunnel canal. Toutes les pièces métalliques devront revêtir une protection anti-corrosion.

Chaque châssis support comprendra :

- Un jeu de plots anti-vibratiles destinés à isoler les accélérateurs du châssis métallique,
- Les berceaux solidaires de chaque machine (soudés ou boulonnés aux viroles) et reposant sur les plots anti-vibratiles.

Les ancrages sur les profilés cintrés seront réalisés de manière à éviter toute oscillation des châssis, malgré les vibrations induites par le fonctionnement des accélérateurs et par l'effet piston des péniches. De manière générale, les ancrages de fixation doivent être accessibles pour permettre l'entretien et l'exécution des différents contrôles.

Dispositifs de retenue ultime

Des dispositifs de retenue ultime (chaînes ou câbles en acier inoxydable) doivent être mis en place afin de retenir à l'extérieur du gabarit fluvial, un accélérateur dont les fixations du châssis auraient été défailtantes. Ces dispositifs seront également ancrés aux profilés cintrés d'accrochage à la voûte. Leur dimensionnement sera conforme à celui des ancrages du châssis support. La compatibilité des matériaux en contact devra être vérifiée en se référant au fascicule de documentation des métaux E25-032.

II. 1. 5. Dispositifs d'accrochage à la voûte

II.1.5.1 Description des travaux

Le dispositif d'accrochage à la voûte est constitué de deux profilés métalliques en U disposés dans le sens de la longueur du tunnel, distants d'un mètre environ, ou d'un dispositif similaire. Chacun de ces profilés est ancré sur 2 points. Chaque châssis support d'accélérateur est ancré sur 4 points : 2 sur le profilé droite, 2 sur le profilé gauche.

Les châssis support des accélérateurs ainsi que les profilés métalliques sont fixés à la voûte au moyen d'ancrages chimiques dimensionnés et qualifiés pour le support des charges permanentes et variables (y compris effets dynamiques de fonctionnement le cas échéant).

II.1.5.2 Matériaux, produits, composants

Aciers pour structure d'accrochage :

Application de la norme NF EN 10025 et se reporter au F4 titre III.

Protection anti-corrosion :

Les garanties particulières des systèmes de protection anti-corrosion sont conformes aux spécifications du fascicule 56 du CCTG. La classe de corrosivité d'environnement considérée est la catégorie C4.

Toutes les surfaces métalliques seront protégées vis-à-vis des conditions particulières au sein du tunnel. Les systèmes de peinture utilisés seront agréés par l'ACQPA selon la norme EN ISO 12944 parties 1 à 8 : "Peinture et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture".

Organes d'assemblage :

Se reporter au §. 5.6.3 de l'EN 1090-2 et à l'article 2.4.1 du fascicule 66 du C.C.T.G.

Les boulons d'usage général sont réservés à la fixation des structures provisoires.

Il sera fait usage de boulons à serrage contrôlé pour l'assemblage des structures définitives. Le serrage contrôlé sera exécuté au moyen d'une clé dynamométrique étalonnée, certificat d'étalonnage à l'appui.

II.1.5.3 Exécution des travaux

Le façonnage et la mise en œuvre de ces profilés cintrés devront tenir compte :

- Du profil géométrique réel de la section considérée, compte tenu des reconnaissances préalables ;
- De la présence du câble d'alimentation du toueur et des câbles d'alimentation de l'éclairage.

II.1.5.4 Prescriptions techniques des fixations et ancrages en voute

Les équipements d'accélération et leurs châssis-support sont fixés à la voûte du tunnel au moyen d'ancrages chimiques dimensionnés et qualifiés pour le support des charges permanentes et variables (y compris effets dynamiques de fonctionnement le cas échéant). Le dimensionnement, la sélection et la mise en œuvre des ancrages doivent satisfaire aux prescriptions suivantes :

(a) Références normatives :

- XP P 94-444 (12/2002) : vérification d'arrachement (statique)
- CETU – Note d'information n° 14 « Ancrages des accélérateurs en tunnel » – *Conception, calepinage, contrôles et dispositifs de retenue ultime* (accélérateurs, ancrages et tirants dans ouvrages neufs/existants)
- EAD / ETA pour scellements chimiques (résines) : EAD issu de l'ex-ETAG 001 – partie 5 (*Bonded anchors*) ; les produits doivent disposer d'une ETE/ETA correspondante.
- EN 1090-2 (*Exécution des structures en acier – exigences techniques*), pour les organes d'assemblage et le serrage contrôlé.
- EN ISO 12944 (parties 1 à 8) – *Systèmes de peinture anticorrosion* (classe d'environnement tunnel généralement C4 dans vos pièces).
- CCTG – Fascicules 56 (anticorrosion) et 66 (structures métalliques) – exigences de protections, contrôles et montage.
- E25-032 – *Compatibilité des métaux en contact* (acier/inox/galva).
- NF EN 10025-1 à 6 – aciers de construction (S355, S460, S700...).
- NF EN 1993 (Eurocode 3) – conception des pièces acier.
- NF EN ISO 898-1 – caractéristiques mécaniques des éléments filetés.
- EN 1090-2 – assemblages acier, serrage contrôlé.
- EAD / ETA applicables aux scellements : ancrages chimiques : EAD 330499 (ex-ETAG 001-5) ;
- EN ISO 12944 – systèmes de peinture anticorrosion (classe C4 tunnel).
- E25-032 – compatibilité des métaux (acier/galva/inox)
-

(b) Caractérisation du support

Avant percement, Le Titulaire procède aux reconnaissances permettant d'identifier la nature du support (rocher), sa cohésion, sa porosité, la présence de vides/fissures, et l'état d'humidité. Toute hétérogénéité localisée (joints dégradés, lits de pose, veines altérées) est traitée par substitution de point d'ancrage ou par augmentation de la longueur d'ancrage selon la XP P 94-444.

(c) Choix du système d'ancrage :

Rocher / tirants d'ancrage (barres scellées) : barres scellées par résine ou coulis ciment, avec propreté et séchage du forage, contrôle de la remontée du liant et respect du temps de prise. La méthodologie de conception et de contrôle des ancrages d'accélérateurs suit la Note d'information n° 14 du CETU (calepinage, sollicitations, contrôles, retenue ultime).

Les matériaux mis en œuvre seront compatibles en ambiance tunnel (corrosion, humidité), rondelles/écrous/plaques/platines en acier galvanisé à chaud ou inox selon la classe d'environnement, et l'accessibilité des points d'ancrage pour inspection et resserrage devra être garantie.

L'ensemble des matériaux (barres de scellement, plaines, visserie, dispositif de supportage) proposé fera l'objet d'une fiche d'agrément soumise au visa du maître d'œuvre.

(d) Essais de convenance / qualification in situ

Avant généralisation, réaliser des essais d'arrachement in situ sur un échantillon représentatif (≥ 1 essais par emplacement, typologie de support et par diamètre de tige). Procédure conforme aux prescriptions XP P 94-444 « essai à la rupture » et recommandations CETU n° 14.

(e) Exécution :

Forages perpendiculaires à l'intrados, dépoussiérés (soufflage/aspiration), diamètres/tolérances et profondeurs conformes aux notes de calcul ; respect strict des procédures fabricant (température, humidité, temps de polymérisation/cure, couple de serrage). Toute non-conformité (forage ovalisé, présence d'eau courante, paroi dégradée) impose le rebouchage et le déplacement du point d'ancrage. Tiges d'ancrage conforme à EN 1090-2 et au fascicule 66.

(f) Traçabilité et réception

Fournir fiches techniques / ETA-ETE, rapports d'essais, plans de calepinage, couples appliqués et contrôles de serrage. La réception des ancrages est subordonnée à la conformité à la XP P 94-444 (déc. 2002), aux ETA/ETE applicables aux chevilles/scellements, et aux essais de convenance réalisés sur site.

(g) Rapports et note de calcul

Conforme aux prescriptions de la XP P 94-444 (12/2002).

II. 2. Alimentation électrique et contrôle commande

II. 2. 1. Spécifications générales

II.2.1.1 Généralités

Les matériels et équipements doivent être neufs et de première qualité, et être fabriqués et installés suivant les règles de l'art. Ils doivent également respecter les normes et des textes réglementaires français ou européens, et respecter les spécifications définies dans le marché, notamment les standards VNF présentés. En cas de contradictions entre différentes réglementations, le texte le plus restrictif sera appliqué. Les versions en vigueur au moment de la signature du contrat feront foi.

Le Titulaire doit pouvoir justifier à tout moment sur demande de la Maîtrise d'œuvre la provenance des matériels et des matériaux. Le Titulaire doit fournir tous les documents justificatifs sur la conformité des matériels et équipements. En cas de non-conformité par rapport aux normes, aux réglementations, ou aux pièces du marché, le Titulaire doit remplacer les éléments en question à ses frais.

II.2.1.2 Uniformisation

Afin de réduire le nombre de pièces de rechange et de simplifier la maintenance, tous les équipements de mêmes caractéristiques proviennent d'un même fabricant, et seront d'un même modèle.

II.2.1.3 Maintenabilité

Les matériels mis en œuvre sont de conception robuste et simple. Les équipements doivent être homogènes afin de faciliter les opérations de maintenance.

Tous les composants susceptibles d'usure ou de panne doivent être sélectionnées de façon à permettre un remplacement facile et économique, afin d'éviter si possible le remplacement complet de l'équipement en question.

Le Titulaire doit prendre les mesures nécessaires afin de respecter les règles de sécurité sur la protection des travailleurs.

Le Titulaire doit également prendre les mesures nécessaires afin de faciliter l'entretien du système, notamment suivant la liste non-exhaustive suivante :

- étiquetage de tous les composants ;
- intuitivité du système, facilité de réglage ;
- affichage de toutes informations essentielles à l'exploitation de l'équipement (utilisation, entretien, manutention) ;
- utilisation d'outillage normalisé, fourniture des outillages et appareillages spéciaux éventuellement requis ;
- accessibilité aisée et respect des règles de sécurité sur la protection des travailleurs,
- possibilité de consignation la plus sélective possible (par composant),
- modularité et interchangeabilité des composants,
- possibilité de manutention avec définition et identification des points de levage sur l'équipement ainsi que la détermination et fourniture des appareils spéciaux éventuellement nécessaires.

II.2.1.4 Protection à la corrosion

Les équipements doivent être résistants à un environnement humide : ils doivent être inoxydables ou traités d'une protection efficace contre la corrosion.

II.2.1.5 Compatibilité électromagnétique (CEM)

Le Titulaire veille à ce que les équipements implantés ne génèrent pas de perturbations électromagnétiques pour les autres matériels se trouvant dans son environnement. Cela concerne notamment les équipements d'électronique de puissance et les moteurs. Si besoin, le Titulaire doit prévoir des filtres pour éviter de telles perturbations.

II. 2. 2. Armoire électrique

II.2.2.1 Conception mécanique

(a) Généralités

L'armoire a des dimensions standards permettant d'abriter l'ensemble des équipements prévus, tout en prévoyant une marge à des fins de manutention et de ventilation des équipements.

Elle doit présenter un indice de protection minimum IP 31 - IK08.

(b) Tôlerie

L'armoire est constituée de cellules juxtaposables latéralement qui sont assemblées pour former un ensemble cohérent. L'éclissage des tableaux est fait selon les normes en vigueur.

L'armoire est constituée d'une ossature métallique en profilé d'acier assurant une bonne rigidité mécanique, habillé avec des tôles d'acier électro zingué d'épaisseur minimum 20/10e mm.

L'armoire est recouverte intérieurement et extérieurement d'une couche de peinture antirouille, ainsi que d'une couche d'apprêt et d'une peinture de finition thermodurcissable lisse, type résine époxy, polyester ou polyuréthane à base de résine.

L'armoire dispose en toiture de quatre anneaux de levage afin de faciliter la manutention.

La pénétration et l'évacuation des câbles et/ou de canalisations électriques préfabriquées se fait par la partie inférieure de l'armoire (pose sur faux plancher).

Cette pénétration se fait au travers de presse-étoupes ou d'un autre dispositif adapté assurant un degré de protection IP compatible avec celui de la tôle. Le matériau des presses étoupes est compatible avec celui de la tôle.

La hauteur totale de chaque colonne peut être au maximum de 2000 mm.

(c) Portes

L'armoire est à accès avant et équipée de portes pleines.

Si nécessaire, elle est équipée de raidisseurs pour assurer une bonne rigidité.

Sa fermeture est assurée selon le type de fermeture standard demandé par VNF.

Chaque porte est équipée de 4 charnières à ouverture 120° minimum et d'un dispositif de blocage en position ouverte.

Une pochette plan format A4 est fixée par vis métallique ou rivets sur la partie interne d'une des portes pour recevoir les plans et schémas concernés pliés au format 210 x 297 mm.

(d) Étiquetage

L'armoire et tout coffret éventuel sont repérés par une étiquette type dilophane gravure noire sur fond blanc.

L'armoire dispose d'indicateurs de mesure, de voyants de signalisation et des synoptiques symbolisant la configuration de l'architecture principale de distribution.

Tous les équipements sont étiquetés, et les étiquettes sont du type dilophane gravure noire sur fond blanc fixées par rivets ou vis nylon. Les étiquettes collées sont proscrites.

(e) Visserie

Toute la visserie est de qualité 8,8 zinguée et passivée.

Les jeux de barres sont assemblés dans les règles de l'art avec boulonnerie auto-cassante serrée au couple et la matérialisation du serrage au couple se fait par un point de peinture de couleur rouge sur chaque boulon serré. Les rondelles type 'contacts' sont installées si nécessaires.

(f) Mode de pose

La pose de l'armoire au sol se fait par l'intermédiaire d'une chaise métallique en acier galvanisé montée sur supports réglables permettant de rattraper la hauteur du faux plancher. Ces chaises comprennent également les cornières de reprise de faux plancher et les cosses de raccordement au réseau équipotentiel. L'armoire doit pouvoir être installée contre un mur.

II.2.2.2 Conception électrique

(a) Généralités

L'armoire est de forme 3b (arrivées et départs) conformément à la NF EN 60 439-1.

Les câbles entrent par le bas, et le raccordement se fera en face avant.

Chaque colonne est constituée d'un compartiment jeu de barre / barre de terre en partie haute, d'un ou plusieurs compartiments répartis en unités fonctionnelles et d'un compartiment raccordement des câbles en face arrière sur toute la hauteur. Les cellules arrière de raccordement comportent des chemins de câbles type fil en acier galvanisé sur lesquels cheminent les câbles d'arrivée ou de départs avant de s'épanouir sur les borniers. Les borniers sont implantés verticalement. Une barre attache câble est prévue pour ancrer les câbles électriques.

Le cloisonnement est :

- IPXXD entre le compartiment des jeux de barre et les autres compartiments,
- IPXXC entre le compartiment de l'unité fonctionnelle et le compartiment recevant les câbles de raccordement,
- IPXXB entre le compartiment de l'unité fonctionnelle et les autres compartiments.

Les protections générales basse tension sont débrochables sur châssis (IS 332).

Toutes les autres protections des départs sont de type débrochable en tiroir (IS 333).

Les parties sous tension sont installées de façon à éviter les contacts directs avec des potentiels dangereux.

Les circuits secondaires des transformateurs de courant sont protégés contre les contacts directs.

(b) Équipement intérieur

L'équipement intérieur comprend notamment :

- Les jeux de barre principaux en cuivre
- Le collecteur général de terre en barre cuivre ainsi que son raccordement par une tresse aux portes de l'armoire,
- Les arrivées qui sont placées dans un compartiment séparé avec porte.
- Les départs, repérés en face avant et en face arrière par étiquette en dilophane gravée noire sur fond blanc fixée par rivets :
 - Les organes de puissances interrupteurs, disjoncteurs ou contacteurs, de calibres et de pouvoirs de coupure adaptés au circuit qu'ils protègent ou qu'ils commandent,
 - 20% de réserves non équipées (tiroirs installés).
- Tous les relais auxiliaires d'asservissement nécessaires au fonctionnement et à la sécurité des équipements,
- Les organes de protection contre les surtensions d'origine atmosphériques et leurs protections,
- Tous les borniers, notamment pour les câbles de contrôle et de sécurité provenant des équipements et pour les informations de l'automate,
- Un éclairage (en face avant et en face arrière) par appareil type LED fixé par système aimanté permettant son déplacement sur l'ensemble de l'armoire. La commande de cet éclairage se fait sur ouverture de la porte via un détecteur de type inductif,
- Deux prises de courant 230 V protégées par disjoncteur différentiel 30 mA.

Le choix des disjoncteurs de protection sera déterminé en fonction des éléments suivants :

- La protection des personnes,
- Les puissances des équipements à alimenter,
- Le type d'équipement à alimenter,
- Les sections des câbles,

- Les longueurs des canalisations,
- La valeur du court-circuit au point d'installation de l'appareil,

La sélectivité entre les différentes protections (sélectivité totale verticale entre les étages de protection) est à prendre en compte depuis l'origine de l'installation, jusqu'aux protections terminales des circuits d'utilisation et concerne toutes les protections.

Les organes de commande et de protection sont équipés des contacts nécessaires au report sur la GTC des informations décrites aux paragraphes précédents.

Pour des raisons d'intégration et de maintenance, les disjoncteurs et les contacteurs sont du même constructeur.

Le montage des appareillages en armoire doit rendre possible :

- la lecture des unités de contrôle,
- l'accès à la programmation,
- l'accès aux boutons poussoirs de commande manuelle,
- l'embrochage et le débrochage.

(c) Jeux de barre

Les jeux de barre principaux et leurs supports doivent être dimensionnés en tenant compte des normes en vigueur et supporter sans dommage le courant thermique de court-circuit susceptible d'être provoqué sur les jeux de barres :

- Principaux en partie haute et face arrière en cuivre nu et de section constante sur toute la longueur du tableau avec un système d'éclissage en cas de désaccouplement possible,
- Auxiliaires en partie haute face avant,
- Auxiliaires verticaux en fond de cellules (IP20),

L'interconnexion entre les jeux de barres se fait par boulonnerie autocassable serrée au couple avec identification du serrage au couple par point de peinture ou vernis de couleur rouge.

Au besoin, il est prévu des plages de raccordement en cuivre étamé, afin de pouvoir raccorder des câbles aluminium.

Tous les jeux de barres sont protégés contre les contacts directs.

Les jeux de barres de distribution sont dimensionnés :

- en tenant compte de la norme NF C 31.510 (Barres méplates en cuivre pour tableaux et canalisations électriques)
- pour l'intensité qui doit être transportée,
- pour supporter sans dommage le courant de court-circuit susceptible d'être provoqué au point de raccordement de l'armoire sur le réseau de distribution

(d) Équipements en face avant

En face avant sur les portes on retrouve :

- Tous les équipements de commande et de contrôle tels que voyants, commutateurs de sélection, boutons poussoirs de commande et d'essais, une IHM, un coup de poing de coupure électrique d'urgence de couleur rouge à verrouillage brusque avec collerette de protection et signalisation, etc.

- Les signalisations seront du type à "feu allumé" et seront réalisées par des voyants équipés de diodes électroluminescentes. Un bouton test lampe devra permettre le contrôle de l'ensemble des lampes de l'armoire.
- Tous les repérages par étiquette dilophane gravée noire sur fond blanc.

A noter que selon le §I.3.2.3, le mode de fonctionnement en local via commutateurs est requis. De ce fait il faudra prévoir des boutons de marche/arrêt, sens inverse/direct des accélérateurs ainsi qu'un commutateur local/distant en face avant de l'armoire.

Ces commutateurs doivent être piloté directement par relayages sans passer par l'automate, afin qu'en cas de défaut de l'automate la commande de mise en marche des accélérateurs puisse être tout de même transmise aux accélérateurs.

La manœuvre du dispositif de coupure électrique entraine la coupure en charge de l'alimentation complète de l'armoire (y compris en cas d'arrivées multiples). Le déverrouillage du dispositif ne doit permettre la réalimentation sans action intentionnelle.

Chaque compartiment dispose également des voyants de signalisation adaptés (présence tension, défaut).

(e) Câblage puissance

Les équipements de distribution sont dimensionnés :

- en tenant compte de la norme NF C 31.510,
- pour l'intensité qui doit être transportée,
- pour supporter sans dommage le courant de court-circuit susceptible d'être provoqué au point de raccordement de l'armoire sur le réseau de distribution.

Le circuit de puissance issu du jeu de barres est réalisé en câbles de la H07 V-K, (la filerie supportant une tension de 400 V devra être de type 1000V) ou en barres souples gainées en fonction de l'ampérage admissible.

Les conducteurs doivent être repérés suivant le code des couleurs établi par l'harmonisation européenne HD 308 (norme NFC 32 081).

La double coloration vert jaune est exclusivement réservée au conducteur de protection PE et PEN.

Les barres et les câbles unipolaires dont la gaine isolante extérieure est de coloration continue d'ordinaire noire sont repérés à chaque extrémité au moyen de bague de couleur thermo-rétractable.

Le repérage des conducteurs est réalisé selon le principe du tenant et aboutissant par bague porte repère équipée d'étiquettes imprimables.

Les connexions se font obligatoirement suivant la section des conducteurs par cosses serties ou soudées ou par embout de câblage, le sertissage se fait avec l'appareil adapté aux cosses ou aux embouts.

Chaque appareil est alimenté directement à partir du jeu de barres ou répartiteur, les pontages entre bornes puissances d'appareils étant formellement prohibés. La liaison fils entre le jeu de barres de distribution et l'organe de protection est la plus réduite possible et limitée à 3 mètres.

(f) Câblage, filerie, relayage, contrôle, signalisation

La filerie nécessaire au relayage, aux appareils de contrôle et de signalisation est réalisée en file souple H07V-K. Les fils de type H05-VK sont proscrits. La filerie est repérée selon les schémas types (en standard repérage équipotentiel numérique) par bagues aux couleurs normalisées du code des résistances.

Les connexions se font obligatoirement par cosses serties ou soudées ou par embout de câblage, le sertissage se fait avec l'appareil adapté aux cosses ou aux embouts.

D'une façon générale, il ne doit pas y avoir plus de deux raccordements sur la même borne de raccordement.

Toute distribution de polarité (quelle que soit la tension) intéressant 3 points de connexions et plus, est systématiquement bouclée.

Aucun dispositif de continuité de câblage n'est toléré dans les goulottes.

(g) Borniers

Ils seront d'un type auto-serrable sur rail DIN à câblage frontal inclinés à 30° et ne seront pas installés à moins de 30 cm du sol.

Pour les sections de 0,8 à 35 mm², ils seront réalisés au moyen de bornes autoserrantes à ressort type cage ne nécessitant pas d'entretien, conformément à la norme CEI 17B00128. Pour les sections supérieures à 35 mm², ils seront réalisés par des borniers à plages.

Pour les borniers puissance, une réserve en bornes de 15 % sera à prévoir, y compris leur repérage. Pour les borniers images des modules d'entrées / sorties, une réserve en bornes de 10 % sera installée, y compris leur repérage et le câblage vers le module d'entrées / sorties) et une réserve en bornes de 10% sera prévue mais non installée.

Pour chaque groupe de borniers (puissance, contrôle, signalisation, mesure, report de données, etc.), il sera opéré en eux une nette distinction par : leur repérage, l'utilisation d'intercalaires de cloisons séparatives et éventuellement par différence de leur couleur.

En partie basse, sur toute la longueur du tableau, une barre cuivre sera installée pour le raccordement du conducteur de protection des différents départs, en aucun cas il ne sera accepté le regroupement de plusieurs conducteurs sur une seule borne.

Les bornes seront dans leur ensemble protégées contre les contacts directs en installant des écrans si nécessaire.

(h) Démarreurs progressifs

Les démarreurs sont des gradateurs à 6 thyristors qui assurent le démarrage et l'arrêt progressifs en couple des moteurs asynchrone triphasés.

Ces démarreurs répondent aux caractéristiques suivantes :

- Conformes à la norme NF EN 60947-4-2,
- Tension nominale : 400 V, tolérance : $\pm 10\%$,
- Courant nominal minimum :
- Courant d'emploi : 36 A (puissance 20 kW, facteur de puissance 0,8)
- Fréquence : 50 Hz 5%,
- Plage de température : -10°C à +60°C,
- Fonctionnement automatique sur présence secteur,
- Pilotage automatique du contacteur de court-circuitage à la fin du démarrage,
- Courant maximal de démarrage réglable de 2 à 7*In accélérateur,
- Réglé à 4*In accélérateur
- Temps d'arrêt réglable,
- Type d'application : accélérateur, IP 20 minimum,
- Tenue aux vibrations selon IEC 60068-2-6 : 1.5 à 2 mm,
- Tenue aux chocs selon IEC 60068-2-27 : mini 10gn pendant 10ms,
- Niveau de bruit < 60 dBA,
- Protection thermique intégrée,
- Traitement des informations des sondes CTP moteur,
- Mode de communication : RS 485 et Ethernet.

Le dimensionnement et le choix du démarreur doivent également tenir compte des longueurs de câbles et de la chute de tension engendrée ainsi que des contraintes éventuelles de déclassement engendrées par une intégration en armoire.

Les démarreurs doivent être en mesure d'assurer le démarrage d'un accélérateur entraîné par le flux d'air naturel dans le tunnel (exemple : démarrage en sens direct d'un accélérateur naturellement entraîné en sens inverse).

II.2.2.3 Conditionnement thermique

Les armoires et coffrets installés en local technique sont ventilés naturellement par ouïes d'aérations avec filtres placées en partie haute et basse des cellules. Ces ouïes doivent favoriser la dissipation de la chaleur par convection naturelle.

II. 2. 3. Câbles et raccordements

II.2.3.1 Alimentation

(a) Câbles basse tension type C1

Des câbles de type FR-N1X1G1 doivent être utilisés pour les alimentations BT au sein du local technique, dans le tunnel et dans le puits.

Ils sont composés :

- D'une âme rigide en cuivre câblée pour les sections supérieures ou égales à 6 mm² (classe 2) et massives pour les sections inférieures ou égales à 4mm² (classe 1) conforme à la norme EN 60228,
- D'une isolation en polyoléfine,
- D'une gaine de séparation et d'étanchéité en élastomère,
- D'une gaine extérieure thermoplastique polyoléfine sans halogène, vert.

Ces câbles sont sans halogène.

(b) Câbles H07V-K

Des câbles de type H07V-K seront également utilisés pour certains équipements dans le local technique.

II.2.3.2 Câbles de transmission

(a) Fibre optique

L'ensemble des câbles FO proviendront d'un seul et même fournisseur.

Les câbles devront être entièrement diélectriques, étanches longitudinalement et insensibles aux perturbations électromagnétiques.

Les principales caractéristiques du câble seront les suivantes :

- Câble 24 FO
- température de fonctionnement - 30/+ 60°C
- tension de pose maximum 220 daN
- résistance à l'écrasement minimum 25 daN/cm
- rayon de courbure minimum en statique 150 mm (N=1)
- Le repérage des fibres optiques sera assuré par coloration individuelle.

Les câbles devront être remplis dans l'âme et satisfaire à l'essai d'étanchéité longitudinale décrit dans la NFC 93.526. Les matières d'étanchéité utilisées devront être compatibles avec le revêtement des fibres et les matériaux constitutifs du câble. D'autre part, les caractéristiques physiques des produits utilisés doivent être telles que les essais mécaniques et thermiques soient satisfaits conformément aux recommandations des normes en vigueur.

La gaine extérieure sera en polyéthylène haute densité.

Les câbles de fibres optiques seront anti-rongeurs. Ils devront permettre des dérivations sans « piquage » c'est-à-dire sans coupure de la totalité des fibres du câble.

Si le câble doit comporter des renforts mécaniques ceux-ci seront nécessairement diélectriques (aucun renfort métallique).

Les fibres seront de type monomode G652 de type D (sans pic OH). Elles seront conformes aux spécifications :

- CCITT G.652 (UIT-T G.652)
- CEI : 793 (résistance thermique)
- NE : 188000 (dénudage)
- FT STC : 9381010

(b) Câbles Ethernet

Les câbles Ethernet sont de catégorie 6. Les caractéristiques minimales sont les suivantes :

- Conforme à la norme ISO/IEC 11 801 des produits de catégorie 6 (250 MHz)
- Conforme à la norme EN55022 et EN55024 en matière de CEM
- Constitué de 4 paires torsadées par paire en cuivre jauge 22/1 AWG
- Blindage général par tresse et blindage des paires par ruban R câbles de type S/FTP (taux de recouvrement minimum 65%)
- Un drain de continuité si la connectique dispose du 9ième point de raccordement
- Impédance caractéristique : $Z_c = 100 \pm 15$ Ohms sur toute la gamme de fréquence
- Vitesse de propagation $\geq 0,78c$
- Gaine LSZH
- Bonne régularité d'impédance de 1 à 600 MHz
- Impédance de transfert conforme et supérieure aux valeurs données par les normes ISO/IEC
- 11 801, EN 50 173 et EN 50 167.
- Armature métallique en cas d'utilisation en extérieur

(c) Câbles TBT SYT2

Sauf spécifications particulières pour le transport de certains signaux, les câbles courants faibles seront conformes aux spécifications 9/10 SYT2 (blindés). La tension maximale sera 80 V en alternatif, 110 V en continu.

Ils seront composés de :

- Une âme en cuivre de diamètre nominal 0,9 mm,
- Une isolation PVC,
- Un ou plusieurs rubans formant un écran anti-inductif,
- Un fil de continuité,

- Une gaine de protection en PVC,
- Un matelas papier,
- Une armature à deux feuillards de 0,2 mm d'épaisseur,
- Une gaine PVC de couleur grise.

Les câbles utilisés devront disposer d'une réserve de paires disponibles de 20 %. Pour les câbles utilisant une tension supérieure à 80 V en alternatif et 110 V en continu, il sera utilisé des câbles U 1000R2V multiconducteurs, d'une section minimale de 1,5 mm².

Tous les câbles dans le tunnel devront obligatoirement être de type C1 – SH. Dans les autres cas, ces câbles pourront être de type C2.

Les reprises de blindage seront réalisées à chaque extrémité du câble et sur 360° via une tôle équipotentielle.

II.2.3.3 Cheminements des câbles

(a) Généralités

Le Titulaire devra installer :

- Une tranchée à réaliser entre le regard L2T et l'intérieur du puits. Dans cette tranchée le Titulaire posera 2 fourreaux $\Phi 90$.
- Deux carottages à réaliser dans le puits. Ces carottages devront être réalisés sous le niveau du sol du puits, afin que les câbles entrent par la tranchée, et sortent à l'intérieur du puits. Le Titulaire devra donc réaliser une fouille avant carottage, puis une remise en état de la zone.
- Fixation à la voute par des accroches type cuillères/cavalier. Ces fixations devront être protégées contre la corrosion, et devront respecter les mêmes exigences que pour les accroches des accélérateurs présentées dans le paragraphe II. 1. 5.
- Raccordement de l'ensemble des équipements situés dans le Local Technique et identifiés comme étant de son périmètre dans le §I.3.3.2.

Le Titulaire devra prendre les mesures nécessaires pour que les câbles ne glissent pas et ne s'abîment pas de façon prématurée, notamment concernant la section située dans le puits.

(b) Chemins de câbles

Les éventuels chemins de câbles sont de type acier treillis soudés ou dalle marine en acier galvanisé à chaud dont les dimensions permettront de supporter l'ensemble des câbles.

La partie supérieure des ailes comportera un retour extérieur rendant les chemins de câble non coupants et augmentant ainsi leur rigidité.

Les chemins de câbles sont conformes à la norme NF EN ISO 61537.

L'agrément de ces matériels et de leur fixation est soumis au maître d'œuvre.

Pour des hauteurs inférieures à 2m, les chemins de câbles à installer en environnement technique sont de type dalle marine.

Les types de plateaux suivants peuvent être utilisés selon les besoins :

- Des plateaux 400x75mm ;
- Des plateaux 300x75mm ;
- Des plateaux 100x50mm.
- Des plateaux 50x50mm

(c) Tubes

Dans les parcours où ne cheminera qu'un seul câble, il sera utilisé des conduits. Par contre, dès que deux câbles au moins utiliseront le même parcours, il sera nécessairement utilisé des chemins de câbles.

Pour tous les câbles cheminant en apparent, les conduits utilisés seront du type IRL.

Dans le cas de cheminement encastré, il sera utilisé des conduits type ICTA résistants aux agents chimiques, non propagateurs de la flamme et étanches.

Tous les tubes seront conformes à la norme EN 60423 et certifiés NF.

Les conduits seront fixés sur les parois ou plafond du local technique à l'aide de colliers adaptés. L'inter distance entre deux colliers de fixation sera au maximum de 0,80 m.

Les éventuels tubes métalliques seront ébavurés à leurs extrémités et équipés d'embouts plastiques protégeant les câbles contre la détérioration de l'isolant en sortie de tube. Les dimensions intérieures des conduits seront choisies pour permettre de tirer facilement le câble à l'intérieur du conduit. Pour cela, la section totale du câble (gaine extérieure comprise) sera au plus égale au 1/3 de la section.

(d) Tranchées

D'une manière générale, les caractéristiques des tranchées ainsi que les méthodes pour leur réalisation et leur remblaiement devront être conformes aux spécifications de la norme NF P 98 331, sauf lorsque des spécifications plus contraignantes, lesquelles prévalent, sont fixées dans le présent document.

Les tranchées seront réalisées soit mécaniquement à la pelle, soit à la main lorsque l'emploi d'un engin mécanique sera impossible.

Ces tranchées seront réalisées en terrain pouvant comporter des éléments rocailloux. Le fond de la tranchée devra être soigneusement nivelé. Il ne devra pas présenter d'aspérité d'une hauteur supérieure à 5 cm.

Les fouilles seront exécutées à sec, en assurant les détournements d'eau et des équipements éventuels. La terre végétale sera soigneusement décapée et stockée séparément ; elle sera ensuite utilisée pour le remblaiement de la partie supérieure de la tranchée.

Aucun dépôt de matériaux ne devra gêner l'accès aux ouvrages dont l'accès doit rester constamment libre. Aucune fouille ne devra rester ouverte de nuit si elle n'est pas protégée et pourvue de dispositif avertisseur.

Le remblai de la tranchée sera constitué du bas au haut de la tranchée par :

- 0,5 cm de sablon
- Les fourreaux
- 0,5 cm de sablon sur les fourreaux
- 20 cm de terre fine d'une granulométrie de 0/30 maximum

- Un grillage plastique avertisseur conforme à la norme NF EN 12613 de la largeur de la tranchée
- Matériaux en provenance des fouilles
- La terre végétale en surface pour les zones non circulées et non revêtues avant travaux,
- Réfection de chaussée à l'identique sur les zones circulées ou revêtues avant travaux

Le déblai des tranchées devra être mis en décharge.

Lorsque les tranchées nécessaires aux différents modes de pose, devront être réalisées dans des zones arborées (butte antibruit, accotement ou massif paysager), le réengazonnage et la plantation de végétaux en remplacement, à l'identique, de ceux retirés lors des travaux, font partie des prestations du Titulaire. Cette disposition est aussi applicable pour toutes les plantations qui seraient endommagées par la circulation d'engins.

Une câblette de terre sera posée en fond de fouille entre les différents regards et chambres. Elle sera raccordée sur les réseaux de terre des locaux et les équipements.

Les fourreaux seront de type TPC en matière polyéthylène de diamètre extérieur 90mm, couleur rouge ou orange, lisse intérieur, marquage NF USE,

Les fourreaux seront aiguillés ou pré-aiguillés par un fil en Nylon d'un diamètre supérieur à 4/10ème et résistants à un effet minimal de traction de 100 daN.

(e) Carottages

D'une manière générale, les caractéristiques des carottages ainsi que les méthodes pour leur réalisation devront être conformes aux spécifications de la norme NF P94-500.

Les carottages devront être réalisés sous fouille, avec remise en état des lieux.

Le déblai des tranchées devra être mis en décharge.

Prendre toujours en compte les phénomènes de compression et de décompression, de vibration, en étant très attentif à proximité des ouvrages existants.

Il sera nécessaire de vérifier tous les risques de déstabilisation de l'ouvrage et de suivre les précautions correspondantes.

II. 2. 4. Commande et transmission

II.2.4.1 Automate

L'automate mis en place sera de marque SIEMENS, afin de se conformer aux standards VNF nationaux. Cet automate doit être capable de communiquer avec l'IHM existant. L'automate doit être du modèle Siemens S7-1500 ou ET200-SP. Il sera nécessaire de fournir une certification ANSSI pour l'automate.

L'automate devra communiquer avec l'IHM existant en utilisant le réseau de fibre déjà présent dans le tunnel, grâce à des convertisseurs média Ethernet/fibre par exemple.

II.2.4.2 Cartes d'entrée/sortie

Les cartes d'entrées sorties seront 100% compatibles avec le réseau d'automatisme. Elles seront enfichables à chaud (hot swappable).

Les types de cartes pourront être les suivantes :

- Cartes liaison série (RS432/RS485)

- Cartes minimum 16 ou 32 entrées TOR 24 Vcc
- Cartes minimum 8 ou 16 sorties TOR

Les caractéristiques des cartes niveau de puissance, température de fonctionnement, nombre connecteurs) permettront de commander et contrôler les équipements mis en œuvre.

II.2.4.3 Tiroirs optiques

Les extrémités des câbles FO seront mises en œuvre dans un équipement type tiroir optique assurant les fonctions suivantes :

- Amarrage des câbles optiques en arrivée,
- Organisation, épanouissement des fibres et identification de celles-ci,
- Protection et lovage des fibres sur plateaux ou cassettes,
- Rangement et protection des points d'épissure sur supports adaptés,
- Protection et lovage des pigtails sur plateaux ou cassettes,
- Assise de fixation pour raccords de connectique et identification de ceux-ci,
- Décaissage avant pour assurer la protection des fiches,
- Utilisation des principales connectiques telles que ST, FC, SC,
- Lovage et rangement des surlongueurs de jarretières optiques.

Le rangement des câbles et des fibres sera conçu de sorte qu'une intervention soit possible, simple et rapide sans toucher aux fibres, aux connecteurs voisins et sans interrompre les autres liaisons en service. L'encombrement de l'équipement devra être optimisé

L'équipement permettra le respect des rayons de courbure des fibres et cordons au moyen de guides, anneaux ou organiseurs montés en usine par le fabricant. L'ouverture de ces tiroirs devra être maximum, garantissant la sécurité physique des fibres lors de la manipulation ainsi qu'un accès total aux épissures et aux connecteurs. Le suivi d'une jarretière, son déplacement ou son retrait devront se faire sans difficulté et sans exercer aucune contrainte sur les jarretières environnantes de manière à ne créer aucune atténuation transitoire durant les manipulations.

Les épissures seront réalisées par fusion à l'arc électrique. Les deux brins optiques dénudés seront clivés, alignés et fusionnés ensemble. Les épissures seront protégées au niveau fibre par des manchons thermorétractables individuels. L'arrangement des fibres, dans les cassettes d'épissurage, sera fait de telle sorte qu'une réintervention individuelle soit possible sans qu'aucune traction, ne soit exercée sur les autres fibres. Il sera toujours prévu au niveau des épissures une réserve de longueur minimum de fibre de chaque côté de l'épissure de 0,70 m agencée à l'intérieure.

Les fiches seront conformes à la norme CEI 86-B et de type SC/APC (8° ajustés à 0,3 dB). La conception des fiches et des férules devra assurer l'alignement latéral et angulaire précis des fibres optiques pour limiter au maximum les pertes d'insertions. Les traversées seront simples dans toutes les têtes de câbles. Afin de garantir un niveau de qualité élevé, les traversées proviendront du même fabricant que les fiches.

Leurs caractéristiques principales sont :

- Pour les fiches
 - pertes d'insertion typique : 0.3 dB à 1310 et 1550 nm,
 - taux de réflexion : < -60 dB,
 - endurance mécanique : 500 manœuvres,

- rétention du câble : > 10 daN
- température d'utilisation : -20 ° à 70 ° C.
- Pour les traversées
 - pertes d'insertion typique : 0,1 dB à 1310 nm et 1550 nm.

La tête de câble est munie de presses étoupes, d'indice IP55. Les connecteurs non utilisés seront munis d'un bouchon qui sera retenu à la tête de câble par un lien flexible.

Le tiroir pourra être mis en place soit dans un coffret existant en tunnel à proximité du switch existant et de son extension, soit dans une enveloppe spécifique qui sera mise en place dans le cadre du présent projet. Dans tous les cas, le boîtier optique sera de type fixation sur rail DIN.

II.2.4.4 Enveloppe pour tiroir optique

Les enveloppes seront en acier galvanisé à chaud (80 microns) avec partie inférieure ouverte.

La partie inférieure sera fermée par une plaque passe-câbles.

L'enveloppe aura une fixation murale et résistante aux contraintes extérieures (humidité élevée).

Les enveloppes respecteront les contraintes d'indices de protection suivantes :

- IP 55 (protège contre les poussières et protège contre les jets d'eau à la lance pour le nettoyage).
- IK 10 (résistance au choc de 20 joules).

L'ouverture des armoires se fera par 1 porte avant.

II.2.4.5 Jarretières optiques et connecteurs

Les jarretières optiques permettront le raccordement entre les tiroirs optiques et les équipements actifs.

La connectique au niveau des tiroirs optiques sera de type SC/APC.

Les jarretières seront protégées individuellement par une gaine extérieure ignifugée de couleur jaune conforme à la norme NFC 32-062/2.

Un renforcement par des mèches aramide devra assurer la protection mécanique.

Les caractéristiques des jarretières sont les suivantes :

- Renforts en fibre d'aramide posés en long
- Les caractéristiques de la fibre optique des câbles principaux devront être identiques à celle de la tête du câble
- Diamètre extérieur maximal : 3 mm ;
- Effort de traction maximal : 25 daN ;
- Rayon de courbure statique minimal : 30 mm ;
- Tenue à l'écrasement : 250 daN/10 cm ;
- Plage de température : - 10°C + 70°C.
- Cheminement sous une gaine conforme aux spécifications de la norme NF E 29-926.

Les connecteurs auront les caractéristiques suivantes :

- Endurant mécanique >1000 manœuvres
- Stabilité en température : +/- 0,1 dB sur la gamme -20°/+70°C
- Ressort de rappel assurant le contact physique des faces optiques

II.2.4.6 Convertisseur de média Cu/FO

Le convertisseur de média Cu/FO disposera des spécifications techniques suivantes :

- Alimentation DC 10-36V
- Température de fonctionnement : -40°C jusqu'à +75°C
- Mode de fixation : rail DIN
- IP30
- Indicateurs LED (fonctionnement ports SFP et ports RJ45)
- Standards IEEE802.3
- Interfaces :
 - 2 ports 10/100/1000 RJ 45
 - 1 port 100/1000 SFP
- Modules SFP avec connecteurs

II.2.4.7 IHM

Dans un souci d'uniformité des références du matériel mis en place et exploité par VNF, il est préconisé la mise en place d'un IHM similaire à l'IHM existant : Red lion G15C1100.

II. 3. Équipements du local technique

II. 3. 1. Signalétique « Sortie de secours »

Les spécifications de la signalétique « sortie de secours » sont les suivantes :

- Panneaux conformes à la norme ISO 7010
- Matériau : PVC
- Épaisseur : 60 microns
- Utilisation : intérieur et extérieur.
- Températures d'utilisation : de -30° à +90°C
- Température de pose : >10°C
- A appliquer sur un support propre et sec
- Fixation par mousse adhésive double face ou par vissage

II. 3. 2. Équipements SSI

Les prestations devront être réalisées en conformité avec les règles :

- de la certification APSAD
- de la NF SSI

II.3.2.1 Centrale de détection incendie

La centrale est installée dans le local technique fixée directement au mur. Elle est de type adressable bouclée et présente au minimum les caractéristiques suivantes :

- Indice de protection IP31
- Alimentation 230V $\pm 15\%$
- Fréquence 50Hz
- Batterie 12V
- 2 boucles rebouclées
- Gestion de 30 zones minimum
- 50 points adressables minimum
- Deux sorties TOR minimum

II.3.2.2 Détecteurs optiques

Les détecteurs optiques installés en locaux techniques et en plancher technique sont de types adressables avec les caractéristiques suivantes :

- Tension d'alimentation 12 à 48V
- Température de fonctionnement -10°C à $+60^{\circ}\text{C}$

II.3.2.3 Déclencheurs manuels

- Déclencheur manuel collectif à LED
- LED d'alarme
- Température de fonctionnement : -25°C à $+50^{\circ}\text{C}$
- Courant maximum : 0,5A
- Couleur : Rouge
- Indice de protection : IP24D, IK07

II.3.2.4 Diffuseurs sonores

- Puissance acoustique : 97dB à 1m
- Son AFNOR NFS32001
- Température de fonctionnement : -25°C à $+70^{\circ}\text{C}$
- Plage d'alimentation : 18 à 60 VDC
- Indice de protection : IP65

III. CHAPITRE 3 – MODE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

III. 1. Généralités

III. 1. 1. Rappel sur la qualité des travaux et fournitures

Les prestations doivent être exécutées conformément aux conditions techniques, normes et règlements, lois, arrêtés, décrets en vigueur à la date d'exécution des travaux et en particulier, aux normes citées au présent CCTP.

Tous les travaux seront exécutés conformément aux règles de l'art et suivant les meilleures techniques en usage.

Il ne pourra être utilisé que du matériel neuf de premier choix pour les fournitures.

Les travaux et fournitures devront satisfaire aux normalisations, spécifications et règles techniques en vigueur.

III. 1. 2. Responsabilité de l'Entreprise

Le Titulaire assumera l'entière responsabilité du fonctionnement des matériels qu'il aura installés.

Le Titulaire devra vérifier l'ensemble des dispositions retenues dans le projet. Il appartient au Titulaire de proposer, lors des études d'exécution, les adaptations qu'il juge éventuellement nécessaires. Ces adaptations devront être soumises et validées par le Maître d'œuvre.

III. 2. Programme d'exécution des travaux

III. 2. 1. Généralités

Le Titulaire soumettra au Maître d'Œuvre un programme détaillé d'exécution des travaux. Ce programme sera à détailler au cours de la période de préparation par le Titulaire retenu pour la réalisation du marché.

Ce programme détaillé précisera les différentes phases du processus envisagé, les délais d'exécution, les matériels et méthodes utilisées avec leur échelonnement dans le temps.

Ce programme devra être largement établi de manière à conduire l'exécution des travaux dans les délais prescrits compte tenu de tous les aléas, quelle que soit leur origine (intempéries prolongées et fréquentes, retards dans les approvisionnements, ...).

Il devra également être établi en tenant compte :

- Des contraintes d'approvisionnement et de montage des équipements, et des contraintes de développement des logiciels prévus dans le présent CCTP,
- des ouvrages provisoires et des installations de chantier,
- des difficultés d'accès et des conditions particulières d'exécution des travaux sur site.

En tout état de cause, ce programme devra s'inscrire dans le cadre des délais d'exécution contractuels mentionnés à l'acte d'engagement.

Le Titulaire sera tenu de mettre les moyens nécessaires pour finir les travaux dans les délais prévus.

Au cours des travaux, à chaque modification du programme, le Titulaire soumettra au Maître d'Œuvre un nouveau programme et exposera les mesures qu'il compte prendre pour remédier, s'il y a lieu, aux causes du retard.

Ce programme sera présenté sous la forme d'un diagramme de GANTT.

III. 3. Nomenclature des équipements

Chaque équipement installé dans le tunnel comporte un repère permettant de l'identifier de manière unique.

Les principes de la codification des équipements et des câbles seront soumis à la validation du maître d'œuvre.

III. 4. Plan d'assurance de la qualité

III. 4. 1. Généralités

Le titulaire du marché établira un PAQ dans le cadre de la période de préparation. Le PAQ sera complété au fur et à mesure de l'évolution des travaux si besoin. Chaque phase et chaque document seront soumis à l'agrément du Maître d'œuvre.

Il sera constitué :

- D'un document d'organisation générale,
- Des documents de définition des procédures,
- Des documents de suivi de procédure.

Il aura pour but la constitution d'un dossier d'assurance qualité regroupant tous les documents constitutifs du contrôle qualité de l'Entreprise, qui sera remis au Maître d'Œuvre à la réception des travaux.

Le système d'assurance qualité qui sera mis en place devra répondre aux exigences contractuelles de gestion de la qualité et d'assurance de la qualité.

Il devra :

- Définir la qualité recherchée,
- Permettre de l'obtenir de façon continue,
- Permettre un contrôle des résultats,
- Permettre la mise en place de mesures correctives,
- Gérer la traçabilité.

III. 4. 2. Phases d'établissement du P.A.Q.

Les documents constitutifs et appliquant le P.A.Q. seront établis en plusieurs étapes :

III.4.2.1 A la remise de l'offre

A ce stade, il ne s'agit pas pour le Titulaire de fournir des détails sur les dispositions qui ne sont pas totalement arrêtées, mais de présenter l'esprit dans lequel sera établi le P.A.Q. et de faire part de son expérience en la matière.

Le Titulaire devra remettre le cadre du PAQ inclus au marché en complétant les principales dispositions de la note d'organisation générale, ainsi que la liste des procédures d'exécution.

III.4.2.2 Au stade de la mise au point du marché

A ce stade, le Titulaire devra mettre au point son PAQ sur la base de l'acte d'engagement en accord avec le Maître d'œuvre et confirmera les dispositions évoquées à l'appel d'offres avec notamment, dans le cadre du "document d'organisation générale" :

- L'établissement de l'organigramme nominatif du chantier ainsi que la définition de la qualification et des références des responsables,

- Le choix des modalités d'organisation et de fonctionnement du contrôle interne et du contrôle externe de l'Entreprise.

III.4.2.3 Pendant les périodes d'études et d'exécution

Le Titulaire devra assurer le suivi qualité complet de l'opération. À ce titre, elle établira les procédures d'exécution, de contrôle et d'essais relatifs aux travaux et prestations qui constitueront le "document de définition des procédures".

(a) Contrôle Interne

Le Contrôle Interne traitera les difficultés rencontrées en cours de réalisation (en particulier les non-conformités), et établira les procès-verbaux de contrôle interne et de réception interne qui seront intégrés au dossier d'assurance qualité.

Les P.V. de contrôle interne de la qualité au sein du service de le Titulaire en charge du marché seront établis à tous les stades déterminants du projet, et définiront :

- La date du contrôle,
- Les intervenants,
- L'intégralité des opérations effectuées au cours du contrôle,
- Le résultat des contrôles internes effectués,
- Les difficultés et les problèmes rencontrés, les solutions adoptées, la liste des corrections apportées aux plans d'exécution etc.

(b) Contrôle Externe

Un membre du personnel de l'Entreprise titulaire du présent marché sera affecté au contrôle externe pendant la durée des études et travaux. Il débutera sa mission lors de l'élaboration de l'organisation générale et des procédures d'exécution des contrôles, et la terminera après la remise du dossier de récolement au Maître d'Ouvrage.

Cette personne ne sera pas hiérarchiquement rattachée au chef du projet en charge du présent marché, mais dépendra de la direction de la qualité de l'Entreprise.

Ce contrôleur externe supervisera le déroulement des essais du Titulaire et tout particulièrement ceux qui s'effectuent en présence du Maître d'Œuvre.

Il vérifiera notamment :

- Le bon déroulement des contrôles et essais,
- Les P.V. de contrôle interne,
- La bonne transmission des informations entre services, et avec les entreprises en liaison pour la réalisation du présent marché,
- Le suivi qualité des sous-traitants et fournisseurs,
- La conformité des produits et matériels à la livraison et à la réception,
- Le bon déroulement des livraisons.

Chacune des opérations ci-dessus donnera lieu à la rédaction d'un compte-rendu, à intégrer au dossier d'assurance qualité.

(c) Contrôle extérieur

Le Maître d'Œuvre s'assurera en permanence de la bonne exécution du contrôle interne et externe de l'Entreprise. À cette fin, le dossier assurance qualité du Titulaire sera tenu à la disposition du Maître d'Œuvre.

Le Maître d'Œuvre, assisté éventuellement de toutes personnes de son choix, pourra procéder pendant le déroulement du contrat à des audits. Ces audits pourront avoir lieu dans les locaux de l'Entreprise, de ses fournisseurs et sous-traitants, et sur les chantiers.

Le but de ces audits est d'évaluer le besoin d'actions d'amélioration ou de correction du système qualité et de ses mises en application dans le cadre du contrat.

Les demandes d'actions correctives découlant d'un audit devront être satisfaites par le Titulaire suivant les procédures et dans les délais requis.

III.4.2.4 À l'achèvement des travaux

L'ensemble des documents relatifs à l'assurance qualité et les documents de suivi d'exécution seront regroupés et remis au Maître d'œuvre. Ces documents seront joints au dossier de récolement.

Le dossier d'assurance qualité constitué au fur et à mesure par le Titulaire sera consultable à tout moment par le Maître d'œuvre et devra être mis à disposition lors des recettes effectuées.

III. 5. Études d'exécution

III. 5. 1. Généralités

Le titulaire doit soumettre à l'acceptation du Maître d'Œuvre toutes les dispositions techniques qui ne font pas l'objet de stipulations prévues dans le cadre du marché.

Ces dispositions ne peuvent pas être contraires aux règles de l'art ni être susceptibles de réduire la sécurité et la durabilité de la structure et des équipements en phase d'exécution comme en phase de service.

Les études d'exécution regroupent les éléments suivants :

- Le programme des études d'exécution calé sur le programme d'exécution des travaux ;
- Les notes d'hypothèses exposant les hypothèses et les méthodes de calcul envisagées pour mener les calculs ;
- Les notes de calculs justifiant la stabilité et la résistance pendant les différentes phases des travaux et pendant la phase d'exploitation après mise en service ;
- Les notes de calcul justifiant le dimensionnement des différents réseaux de transmissions et des câbles d'alimentation électrique, en liaison provisoire et définitive ;
- Les notes de calcul justifiant le dimensionnement des différentes installations d'équipements ;
- Les plans d'implantation ;
- Les plans d'ensemble et de détails nécessaires à l'exécution des travaux (plans de méthodes et plans d'exécution) ;
- Les plans et les notes de calcul justificatives des ouvrages provisoires (échafaudages...) ;
- Les études préparatoires aux épreuves des ouvrages ;
- Les cahiers de tests des différents systèmes ;
- Les analyses fonctionnelles ;
- Les carnets de câble ;

Le Titulaire devra prévoir la fourniture des documents graphiques conformément aux spécifications données dans le CCTP.

L'attention du Titulaire est tout particulièrement attirée sur le fait que les plans fournis avec le dossier marché le sont à titre indicatif et ne peuvent être considérés comme « Documents d'exécution ».

L'acceptation par le Maître d'Œuvre des documents d'exécution présentés ne diminue en rien les responsabilités du titulaire.

Les études ne peuvent être commencées sans soumission pour avis au Maître d'Œuvre des hypothèses prises en compte et méthodes de calcul utilisées.

Les documents d'études devront faire clairement apparaître tous les justificatifs liés à la mise en place des matériels dans le génie civil prévu notamment en ce qui concerne les charges, les réservations, les possibilités de manutention et de mise en place ou de retrait en cas de changement de matériel ou de réparation après mise en service. Les documentations « Constructeurs » devront être jointes.

Le Titulaire devra vérifier les dispositions retenues dans le présent marché par le Maître d'Œuvre et au besoin proposer des modifications argumentées.

Avant toute exécution, le Titulaire devra vérifier toutes les cotes des dessins et plans remis par le Maître d'Œuvre, les cotes des ouvrages existants, et contrôler à ses frais les matériels des installations existantes. Il ne pourra se prévaloir d'un manque d'information à ce sujet.

En cas de divergence, il en informera par écrit le Maître d'Œuvre. Le Titulaire prendra l'entière responsabilité de toute erreur qui n'aurait pas été signalée en temps voulu.

Le Titulaire devra supporter toutes sujétions relatives à la mise en place et au fonctionnement du matériel.

Lors de la présentation de ses propositions, le Titulaire sera considéré comme ayant examiné les lieux d'exécution des travaux et prit en compte les contraintes liées au site.

III. 5. 2. Ventilation sanitaire

Le titulaire doit dimensionner la globalité des équipements qu'il aura à mettre en œuvre.

Il doit également, pour chaque équipement, prévoir, étudier et dimensionner (liste non exhaustive) :

- La livraison à pied d'œuvre et le stockage temporaire de ses équipements,
- L'installation sur site et l'intégration de ses équipements dans les locaux en coordination avec les autres spécialités (GC, électricité et GTC),
- Le raccordement électrique et contrôle commande de ses équipements ainsi que le raccordement aéraulique,
- Les essais des matériels installés ainsi que les essais globaux d'intégration

Il doit fournir tous les documents relatifs aux équipements qu'il installe.

En particulier, il doit produire les documents listes ci-après.

III.5.2.1 Notes de calcul

- Note de calcul de la résistance mécanique et à la température des structures de supportage des accélérateurs.
- Note de calcul de l'ancrage des accélérateurs en voûte.
- Note de dimensionnement des accélérateurs (caractéristiques aérauliques, électriques, acoustiques et vibratoires).

III.5.2.2 Procès-verbaux

- PV de fonctionnement en température des accélérateurs et structure de supportage.
- PV des documents d'essais (essais usine/plateforme, essais dans le cadre des OPR, etc.)

III.5.2.3 Plans et divers

Le titulaire doit dimensionner la globalité des équipements qu'il a à mettre en œuvre.

Il doit fournir tous les documents relatifs aux équipements qu'il installe.

En particulier, il doit produire les documents listés ci-après :

- Vue en plan et coupes en tranchée avec implantation des équipements
- La liste des entrées sorties en adéquation avec les matériels
- Carnets de câbles
- Les architectures fonctionnelles et matériels

III.5.2.4 Études d'exécution spécifiques

Pour les différentes interfaces techniques entre la présente spécialité et les autres spécialités, le Titulaire doit la participation à des réunions d'études en phase d'études d'exécution.

Ces réunions ont notamment pour objectif de valider les limites de prestations entre les spécialités, ce en cohérence des matériels retenus.

En particulier, ces réunions d'interface permettent :

- La validation des principes de phasage des interventions des différents spécialistes,
- La définition de l'emplacement et des interfaces de branchement des équipements de transmission,
- L'échange des informations de planning nécessaires à la bonne réalisation des différentes interfaces techniques entre les spécialités.

III. 5. 3. **Alimentation électrique**

Les études d'exécution porteront sur les points suivants :

- Architecture BT,
- Armoire d'alimentation et de commande des accélérateurs
- Distribution électrique (câbles, CDC, colliers, cheminements en fourreaux, goulottes et accessoires),
- Cheminements des câbles dans le puits et en voûte de tunnel
- Détection incendie et signalétique
- Etc... (tous les équipements mentionnés dans le présent CCTP)

Les études d'exécution devront faire apparaître :

- La position des matériels (Armoires, coffrets, chemins de câbles, etc..),
- La constitution des cheminements, leurs repérages ainsi que celui des boîtes de dérivation,
- Les divers détails et coupes nécessaires à la compréhension de la réalisation envisagée,
- Les carnets de câbles avec repérages,
- Les notes de calcul (puissance, sélectivités, protections, chutes de tension cumulée, etc..),
- Les spécifications techniques des matériels avec leurs agréments et PV d'essais.
- L'état de l'alimentation électrique des équipements et leur état de fonctionnement,
- L'état des remontées d'alarme à la GTC des équipements

La réalisation des notes de calcul permet de justifier les matériels utilisés et les paramétrages de réglage.

Les notes de calculs sont réalisées pour chaque catégorie d'équipement en fonction des critères définis ci-après :

- La section des câbles BT tient compte de la norme C15 100
- Le choix des protections et des jeux de barres des TGBT et armoires en tunnel sera déterminé en fonction de l'icc surcharge et pour assurer la sélectivité ampèremétrique et la sélectivité chronologique. Une note de calcul détaillée est fournie pour l'ensemble des câbles issus de chacun des tableaux.

III. 5. 4. **GTC**

Les études d'exécution porteront sur les points suivants :

- Intégration des métiers rénovés

- Intégration des métiers conservés

Les études d'exécution devront faire apparaître :

- les développements et modifications de la supervision et GTC existante
- les développements et des IHM et automates ventilation nouvellement installés
- la position des matériels (borniers, équipements provisoires..),
- les câbles réseaux et courant faible nouvellement installés
- la constitution des cheminements, leurs repérages,
- les carnets de câbles avec repérages,
- les spécifications techniques des matériels avec leurs agréments et PV d'essais.
- les réflectométries des câbles fibre optique
- la liste des entrées/sorties permettant le dimensionnement des cartes d'entrées et de sortie automate
- les analyses fonctionnelles des matériels existants et nouvellement installés

III. 6. Certificat Consuel

Le titulaire aura en charge toutes les démarches nécessaires pour l'obtention du certificat CONSUEL, nécessaire à la mise en service du point de livraison ENEDIS. Cela comprend notamment :

- Le passage d'un organisme de contrôle agréé pour l'élaboration des fiches DRE
- Les démarches à faire auprès du CONSUEL pour l'obtention du certificat original de conformité des installations électriques

Une fois le certificat CONSUEL original obtenu par l'Entreprise, le maître d'ouvrage fera les démarches nécessaires auprès du fournisseur pour programmer la mise en service qui sera faite par ENEDIS, en présence de l'Entreprise.

Conformément à la législation en vigueur (décret 88-1056 du 14 novembre 1988 et l'arrêté du 10/10/2000), le titulaire aura à sa charge les démarches nécessaires pour l'obtention du rapport de la visite initiale. L'organisme de contrôle agréé qui devra faire la visite initiale sera désignée par le maître d'ouvrage.

III. 7. Plans et documents

III. 7. 1. Nature des documents

III.7.1.1 Liste des documents et liste des plans

Le Titulaire établira et tiendra à jour la liste complète des documents techniques qui seront nécessaires pour l'exécution des travaux et prestations. Cette liste comprendra aussi tous les plans de ses sous-traitants.

Les documents seront ordonnés en un certain nombre de "groupes fonctionnels". Ce fractionnement permettra de regrouper les documents d'une même fonction ou d'un même matériel.

La liste regroupera par document les renseignements suivants :

- La date prévisionnelle de diffusion,
- La désignation complète.

La première liste prévisionnelle sera remise au Maître d'œuvre deux semaines avant le démarrage des études d'exécution, qui communiquera en retour la diffusion à assurer pour chaque document.

III. 7. 2. Documents de conception, d'exécution et d'installation des équipements

III.7.2.1 Généralités

Ci-dessous sont listées les directives générales que le Titulaire devra suivre dans les documents qu'il produira. Tous les documents cités devront être fournis par l'Entreprise.

(a) Les schémas d'architecture

Ces schémas permettront de comprendre le fonctionnement général de l'ensemble. À chaque schéma correspondra une nomenclature des matériels.

(b) Étude de sélectivité

Le Titulaire établira une étude particulière de sélectivité verticale sur le réseau BT de façon à garantir, en cas de défaut, le déclenchement de la protection située immédiatement en amont du défaut.

(c) Bilan de puissance

Le Titulaire établira et soumettra à l'approbation du Maître d'œuvre son propre bilan de puissance à partir des caractéristiques électriques réelles des équipements d'une part et des modes de fonctionnement des équipements.

Les caractéristiques électriques des équipements de sa fourniture sont à définir par l'Entreprise.

Les caractéristiques des équipements qui ne sont pas de sa fourniture seront transmises à le Titulaire par le titulaire des autres marchés.

Ces bilans de puissance permettront de valider la puissance des ASI.

(d) Les notes de calculs

- Justification du dimensionnement des équipements de ventilation.
- Justification du dimensionnement des équipements électriques,
- Justification du dimensionnement des équipements d'automatisme,
- Note de calcul de la résistance mécanique et à la température des structures de supportage des accélérateurs

(e) Calcul des sections de câbles et des protections associées

Le calcul des sections de câbles et des protections associées devra tenir compte des critères suivants :

- Type et puissance des équipements à alimenter,
- Nature des conducteurs cuivre ou éventuellement aluminium,
- Type des canalisations données selon leur utilisation,
- De la chute de tension,
- Mode de pose,
- Effets de proximité,
- Calibre de réglage courant de court-circuit de protection des circuits,
- Régime du neutre,
- Situation climatique,
- Norme HTE tableaux de la norme NF C 15-100, et conformément à l'UTE C15-105.

(f) Un dossier d'agrément des matériels

Le dossier d'agrément devra comporter pour chaque matériel une fiche technique correspondant exactement au matériel, et non une photocopie d'un document général constructeur.

Cette fiche technique devra comporter au minimum :

- Les constructeurs consultés et les raisons du choix,
- Les dérogations éventuelles au marché,
- Les incidences sur le Génie Civil et sur les équipements d'alimentation,
- Les caractéristiques techniques du matériel, alimentation, interfaces avec les autres équipements (liaison, report des informations, etc.),
- Les essais techniques nécessaires prévus par le Titulaire avant recette,
- Les garanties,
- Les délais,
- Les plans et documents liés au matériel,
- Les bilans des liaisons optiques.

(g) Schémas électriques unifilaires et multifilaires

Ces schémas permettront de comprendre l'alimentation et la distribution de l'énergie électrique ainsi que les regroupements en tableaux. À chaque schéma correspondra une nomenclature des matériels, un plan de bornier, un plan de présentation des matériels en châssis et façade de l'armoire.

(h) Carnet de câbles

Le document comprendra la nomenclature de tous les câbles et les notes justificatives sur leur nature, section, repère du câble, son origine et sa destination, la nature du courant, le nombre de conducteurs (total et utilisés), la longueur.

(i) Plans d'implantation

Ces plans permettront de situer géographiquement (avec précision des PR de chaque équipement) les matériels dans les ouvrages et locaux techniques, ainsi que de préciser le cheminement des câbles.

(j) Plans de construction et d'exécution

Plans des matériels (plans d'ensemble et de détail) :

Le Titulaire établira autant de plans d'ensembles et de sous-ensembles que cela est nécessaire pour la compréhension du matériel, pour son montage et pour le repérage de toutes ses pièces.

Ces plans comprendront :

- Toutes les vues nécessaires à la compréhension,
- Les cotes d'encombrement, entre axes, les jeux et réglages de montage, les jeux limites entraînant le rebut des pièces usées (ces jeux limites devront également figurer dans la notice d'entretien),
- Les plans de toutes les pièces sujettes à usure,
- Le repérage de toutes les pièces avec la nomenclature correspondante ainsi que l'indication de la matière.

Chaque plan d'ensemble contiendra ou accompagnera la liste des plans de détails à consulter :

- Plans de fixation et de montage : ces plans donneront tous les renseignements concernant la fixation et le montage de l'appareil,
- Schémas électriques : ces schémas seront établis sous forme de folios détaillant la partie puissance, la partie commande et signalisation et la partie bornier et raccordement. Les symboles utilisés seront conformes à la norme NF C 03,
- Plans d'équipement électrique des armoires, tableaux et coffrets : ces plans seront établis à partir des schémas électriques. Ils représenteront l'équipement intérieur et la façade des armoires et coffret avec la nomenclature correspondante,
- Carnet de câblage : ce document précisera le repère du câble, son origine et sa destination, la nature du courant, la nature du câble, le nombre de conducteurs (total et utilisés), la section du câble et sa longueur, ainsi que son mode de cheminement.

Plans d'affectation des fourreaux

Le Titulaire du présent lot devra pour chaque chambre de tirage courants forts / courants faibles les plans avec les relevés des masques de fourreaux et l'indication de l'affectation de tous les fourreaux.

Seront précisés sur ces plans les chambres comportant des boîtes de jonction et le cloisonnement qui aura été mis en place.

(k) Procédure de mise en œuvre des équipements

Le Titulaire établira toutes les procédures nécessaires pour la mise en œuvre des équipements. Elles devront intégrer toutes les phases de contrôle prévues au P.A.Q. et permettre une compréhension parfaite des modes opératoires.

En particulier une procédure de mise en œuvre est attendue pour les prestations suivantes :

- Procédure de pose de câble en voute
- Procédure de pose de câble dans le puits de ventilation
- Procédure de réalisation des ancrages
- Procédure de pose d'accélérateur

(l) Documents spécifiques au contrôle-commande

Etant donné les évolutions qui seront apportées au système de contrôle-commande de l'ouvrage, le Titulaire devra fournir les documents suivants, en plus des documents mentionnés précédemment :

- Mise à jour des analyses fonctionnelles (par métier)
- Mise à jour du dossier d'architecture matériel tunnel
- Note sur les modifications de l'IHM existant
- Listes des E/S
- Plan de gestion de configuration
- Stratégie d'intégration

(m) Notices techniques de maintenance et d'exploitation

Ces documents sont destinés à la maintenance et à l'exploitation. Ils précisent l'ensemble des conditions d'installation, d'entretien et de fonctionnement des appareils et des installations fournis.

Les notices techniques comprendront notamment :

- Les caractéristiques fonctionnelles complètes et détaillées des matériels et équipements,
- Les caractéristiques d'utilisation et d'exploitation,
- La périodicité et la nature des interventions sur les différents matériels installés,
- Les fiches signalétiques des entreprises, de leurs sous-traitants et fournisseurs accompagnées des adresses, numéros de téléphone et nom des correspondants des établissements concernés par les prestations du présent marché,
- Les spécifications techniques détaillées des matériels et équipements,
- Un catalogue des pièces détachées des matériels et équipements mis en œuvre,
- Les plans et schémas d'implantation et de localisation des composants électroniques sur les cartes de circuits imprimés,
- La liste des fournitures composant le lot de pièces de rechange,
- Les divers échelons d'entretien et de maintenance,
- La description des opérations à effectuer pour chacun des échelons,
- Les notices de réglages mécaniques, géométriques, électriques et électroniques accompagnées des prescriptions détaillées des modes de réglage et valeurs à obtenir,

- Les schémas (mécaniques, électriques et électroniques),
- La description des méthodes de détection des pannes et leur mode opératoire,
- La liste des appareils de mesure nécessaires pour effectuer les opérations d'entretien, de maintenance et de dépannage.
-

L'ensemble de ces documents sera rédigé en langue française.

Les notices seront établies dans les délais suffisants pour permettre la conduite et l'entretien à la réception des travaux.

(n) Manuels de maintenance et d'exploitation

Le Titulaire produira des manuels de maintenance et d'exploitation pour tous les ensembles de son périmètre. Ces manuels sont destinés aux opérateurs et seront utilisés notamment lors des formations.

(o) Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé

Le Titulaire devra établir son PPSPS et le diffuser au plus tard 1 mois avant le début des travaux sur site.

Ce plan devra être approuvé par le Coordinateur SPS désigné pour les travaux du présent marché.

III. 7. 3. Documents de recettes

III.7.3.1 Programme général d'essais

Avant les premiers essais, le Titulaire est tenu de fournir au Maître d'œuvre pour approbation, un programme général d'essais.

Ce programme précisera :

- Pour chaque ensemble et sous-ensemble, les essais envisagés d'une part en usine ou en plate-forme, et d'autre part sur site,
- Le planigramme général des essais en usine ou en plate-forme avec les contraintes et interfaces éventuelles,
- Le planigramme général des essais sur site avec les contraintes et interfaces éventuelles.

III.7.3.2 Cahiers de recettes

Pour la recette des matériels et des logiciels, le Titulaire sera tenu de fournir au minimum 1 mois avant la réalisation des essais, pour chaque ensemble et sous-ensemble, un cahier de recettes qui comportera :

- La description sommaire du matériel essayé ou des fonctionnalités logicielles testées,
- La méthodologie des essais :
 - Description des essais (procédures à suivre, scénarios et jeux de tests, etc.),
 - Liste des matériels nécessaires,
 - Besoins en énergie,
 - Besoins en main d'œuvre.
- Une fiche récapitulative comportant :
 - Les résultats attendus avec les tolérances éventuelles,
 - La place disponible pour noter les résultats obtenus et les commentaires éventuels.

III. 7. 4. Constitution du dossier de récolement

Le dossier de récolement comprendra tous les documents suivants dans leur version définitive après les mises à jour consécutives aux essais et à la mise en service.

III.7.4.1 Dossier conforme à l'exécution

Le dossier conforme à l'exécution regroupera tous les documents précédemment définis :

- Les documents de conception, d'exécution et d'installation des matériels,
- Les notices techniques définitives de maintenance et d'exploitation,
- Les dossiers de tests des matériels, avec tous les résultats d'essais.

III.7.4.2 Dossier d'Assurance Qualité

Le Dossier d'Assurance Qualité comprendra toutes les pièces définies dans le cadre du Plan Qualité de l'Entreprise, et produites jusqu'à achèvement des travaux et prestations, soit au minimum :

- Le document d'organisation générale,
- Les documents de définition des procédures d'exécution,
- Les documents de suivi de procédure,
- Les P.V. de contrôle interne et externe,
- Les résultats des mesures et essais,
- Le plan qualité logiciel,
- Les comptes-rendus de revues et audits.

III.7.4.3 Dossier des Opérations Préalables à Réception (OPR)

Il s'agit du recueil des dossiers de tests établis dans le cadre du marché, à fournir en retour au P.V. des OPR pour que le Maître d'Ouvrage prononce la réception du marché.

III. 7. 5. Présentation des documents

III.7.5.1 Cartouche d'inscription

Le cartouche des documents sera disposé en bas à droite pour les dessins et en première page pour les documents A4 et A3, et comportera les renseignements suivants :

- Le nom du Maître d'Ouvrage,
- Le nom du Maître d'Œuvre,
- Le nom de l'Entreprise,
- Le nom du marché,
- La désignation du matériel, le nom de l'ensemble et éventuellement le nom de la pièce dans le cas des plans de détail,
- L'échelle du plan fractionnaire et graphique,
- La date d'exécution du plan et son dernier indice de modification,
- Le code repère du plan.

III.7.5.2 Formats

Les plans seront exécutés sur un des quatre formats normalisés A0, A1, A2, A3, conformes à la norme NF E 04-502.

Dans la mesure du possible, le Titulaire s'efforcera d'éviter les grands formats et exécutera le plus grand nombre de plans sur format A3.

Les schémas électriques devront être exécutés impérativement dans un format A3 (297 x 420 mm - horizontal) avec des marges de 25 mm à droite et à gauche.

Toute modification en cours de montage ou de mise en service entraînera l'envoi d'une note qui précisera le nombre des plans modifiés, leur numéro et la nature des modifications.

III.7.5.3 Échelles

Le Titulaire devra utiliser les échelles prescrites par la norme NF E 04-506, c'est-à-dire 1/1, 1/2, 1/5, 1/10, 1/20, 1/50, etc.

III.7.5.4 Supports informatiques

Tous les documents doivent être réalisés sous forme informatique : les schémas et les plans suivant le standard AUTOCAD, les textes sur traitement de texte Microsoft Word.

Le Titulaire tiendra à disposition du Maître d'œuvre les supports informatiques relatifs à chaque document produit pour faire office de reproductible.

III. 7. 6. Gestion des documents

Tous les documents d'exécution définis ci-avant et nécessaires au suivi des travaux par la Maîtrise d'œuvre et par la Maîtrise d'Ouvrage seront transmis pour visa aux personnes concernées.

Il est prévu un exemplaire pour le Maître d'œuvre et un exemplaire pour le coordonnateur SPS.

Les dossiers de récolement seront établis et livrés conformément aux procédures définies dans le CCAP.

III. 8. Démarche de développement logiciel

III. 8. 1. Généralités

Le Titulaire devra assurer le développement, la modification et l'intégration du logiciel de contrôle-commande. Cette démarche inclura la modification de l'IHM existante et l'intégration d'une nouvelle IHM, en lien avec l'automate, conformément aux exigences fonctionnelles définies dans le présent CCTP.

Le logiciel devra être développé en conformité avec les normes en vigueur (notamment CEI 61131-3 pour les langages de programmation des API) et respecter les principes de cybersécurité applicables aux systèmes industriels et propres à VNF. Une attention particulière devra être portée à la traçabilité des événements, à la gestion des alarmes, à la redondance des fonctions critiques et à la maintenabilité du code.

Le Titulaire devra également assurer la compatibilité ascendante avec les équipements existants, garantir l'interopérabilité entre les deux IHM et l'automate, et fournir l'ensemble des licences, codes sources, et documentations nécessaires à l'exploitation, la maintenance et l'évolution future du système.

Le développement du logiciel suivra un processus structuré, inspiré du cycle en V, visant à garantir la qualité, la traçabilité et la conformité du logiciel.

III. 8. 2. Phase de spécification (analyse fonctionnelle)

Le Titulaire définit alors les fonctions que devra assurer le logiciel à partir du cahier des charges.

Cette phase aboutit à la rédaction d'un dossier de spécifications décrivant :

- L'architecture fonctionnelle détaillée du système
- Les spécifications fonctionnelles détaillées
- L'organisation des données
- Les contraintes fonctionnelles

Une première maquette de l'Interface Homme-Machine (IHM) est également produite et soumise au Maître d'Œuvre pour approbation avant toute poursuite du développement.

III. 8. 3. Phase de conception

Sur la base des spécifications validées, le Titulaire élabore la solution logicielle :

- Conception préliminaire : définition de l'architecture logicielle, des modules et de leur organisation.
- Conception détaillée : description complète et détaillées des traitements, des données d'entrée et de sortie, des scénarios particuliers et modes dégradés.

Lors de cette phase, le Titulaire précise clairement comment le logiciel sera réalisé, et cette phase servira de référence pour la phase de codage.

III. 8. 4. Phase de codage

Cette phase a pour objet de traduire le résultat de la conception détaillée sous forme de code en fonction du langage de programmation choisi. La programmation doit respecter certaines règles au niveau de la structuration du code et de l'insertion de commentaires afin d'assurer la lisibilité du listing correspondant par une personne autre que son auteur. À l'issue de cette phase, l'ensemble du code source et des éléments compilés est fourni et accompagné des documents associés (listings, résultats de compilations, etc.).

III. 8. 5. Phases de tests

Les essais sont réalisés de manière progressive pour vérifier la conformité du logiciel.

A noter que pour l'ensemble des tests, si les résultats ne sont pas conformes à l'attente, une procédure de modification doit être définie et mise en place par le titulaire.

Les données de tests et les scénarios de tests doivent être archivés et rejouables.

III.8.5.1 Phase de tests unitaires

Cette phase a pour objet de vérifier à l'aide des tests unitaires que l'élément issu du codage est conforme aux spécifications le concernant, et qui sont contenues dans le dossier de conception détaillée.

L'ensemble des tests et leurs résultats sont consignés dans le dossier des tests unitaires.

III.8.5.2 Phase d'intégration

Cette phase a pour objet de vérifier à l'aide des tests d'intégration que l'architecture du programme est conforme aux spécifications du dossier de conception préliminaire.

L'ensemble des tests et leurs résultats sont consignés dans le dossier des tests d'intégration.

III.8.5.3 Phase de validation

Cette phase consiste à mettre en place la procédure de validation afin de vérifier la conformité du logiciel par rapport aux spécifications contenues dans le dossier de spécification du logiciel, ceci pour les différents cas de fonctionnement : normaux, anormaux et aux limites.

Le Titulaire constituera une plateforme d'essais dans ses locaux sur laquelle les matériels et logiciels à installer seront mis en place pour être testés. Seul le câblage des entrées-sorties automatiques ne sera pas réalisé. La validation comporte deux volets :

- Sur plateforme, dans un environnement simulé ;
- Sur site, avec les équipements réels et les interfaces nécessaires.

La phase de validation est achevée lorsque :

- Les tests prévus ont été exécutés avec succès,
- Les résultats sont consignés dans le dossier des tests de validation,
- Les manuels d'utilisation et d'exploitation ont été amendés pour tenir compte des observations faites lors des tests,
- L'intégralité des documents est à jour,
- Les tests et documents ont été approuvés par le Maître d'Œuvre.

III. 8. 6. Documents attendus

À chaque phase, le Titulaire devra produire les documents requis, notamment :

- Dossiers de spécifications, de conception préliminaire et détaillée
- Dossiers de tests (unitaires, intégration, validation)
- Maquettes et vues IHM
- Manuels d'utilisation et d'exploitation

Les documents seront transmis au Maître d'Œuvre pour validation lorsque nécessaire.

III. 9. Conditions d'exécution des travaux

III. 9. 1. Vérifications préalables sur site

Avant d'entreprendre ses installations, le titulaire du présent marché devra effectuer la reconnaissance des lieux et des matériels existants pour connaître l'environnement et les interfaces propres à ses installations.

Seront vérifiés principalement les points suivants (liste indicative non exhaustive) :

- La nature, la spécificité et les fonctionnalités des équipements existants impactés par les nouvelles installations mises en œuvre et/ou en service par le titulaire,
- La vérification si nécessaire du fonctionnement des équipements existants impactés par les nouvelles installations mises en œuvre et/ou en service par le titulaire,
- Pour tous les équipements : les locaux et sites à équiper, notamment sous l'angle des volumes disponibles, des dimensions des réservations, des caniveaux et gaines techniques, etc...
- Pour tous les équipements électromécaniques : les calibres et réglages des protections au niveau des installations mises à disposition, les mises à la terre générales.
- Pour tous les équipements d'automatisation et d'information : le nombre de points et le type d'informations délivrées au niveau des borniers courants faibles des équipements techniques, la qualité des informations délivrées (absence de courant et de tension parasite, bon isolement, plage de mesures, etc...).
- Les limites de prestations du titulaire,
- Les accès aux zones de chantier et les contraintes diverses d'exploitation.

Cette visite fera l'objet d'un compte-rendu et d'un procès-verbal. Le Titulaire mettra à jour les plans d'implantation des équipements par rapport à leur emplacement définitif une fois ces opérations effectuées.

III. 9. 2. PPSPS – Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé

Les travaux seront soumis à la réglementation en vigueur pour ce qui concerne la prise en compte des interférences et des coactivités et des dispositions visant la prévention des risques liés à certaines activités, opérations ou chantiers. La 4^{ème} partie du code du travail s'appliquera et notamment :

- Articles L. 4121-1 à L. 4121-2 et de R. 4511-1 à R. 4515-11 du livre 5 titre 1^{er} : « travaux réalisés dans un établissement par une entreprise extérieure »

La mission de coordination générale des mesures de sécurité et protection de la santé des travailleurs sera assurée par le ST CPCA.

Une inspection commune préalable obligatoire aura lieu avant les travaux avec le titulaire et tous les intervenants identifiés (sous-traitants, co-traitants...), le maître d'ouvrage et le coordonnateur sécurité et protection de la santé (CSPS).

Un plan de prévention (PP) sera établi par le représentant du maître d'ouvrage avec la collaboration du titulaire et de tous les intervenants identifiés pendant la période de préparation.

Un protocole de sécurité pour les opérations de chargement/déchargement sera demandé.

Un permis de feu, établi préalablement à toute opération de « travail par point chaud » sera demandé. Cette terminologie englobe les opérations de soudage, de découpage de métaux, et toutes les opérations génératrices de chaleur, d'étincelles ou de flamme nue.

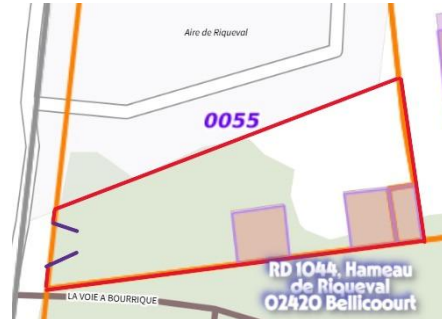
Ces prescriptions ont un caractère obligatoire, le titulaire est informé qu'en cas de non-présence aux convocations du maître d'ouvrage ou du coordonnateur sécurité et protection de la santé et de non collaboration à l'établissement des documents de prévention, les travaux ne pourront pas commencer.

En aucun cas les délais de préparation ou d'exécution des prestations ne seront reportés en cas d'inobservation par le titulaire des prescriptions ci-dessus. Le titulaire aura à supporter la ou les pénalités de retard précisées dans le CCAP.

Conformément à l'article 12.3.3 du CCAP, le Titulaire met en place et remplit un registre de chantier.

III. 9. 3. Installation de chantier

Des emplacements pour les installations de chantier seront prévus au niveau de la cour de l'atelier de Riqueval, situé au-dessus de la tête sud du tunnel.



Le Titulaire fournira à l'appui de son offre les surfaces d'installation de chantier qui lui sont nécessaires. Le Titulaire remettra un mémoire détaillé précisant la nature des installations et les raccordements aux divers réseaux (eaux, électricité, téléphone, ...) supplémentaires qui lui sembleront nécessaires.

Le stockage d'équipement sera restreint, il ne concernera que des petits équipements.

Pour les accélérateurs leur livraison sera prévue pour coïncider avec le début de la période de montage pour ne pas avoir à stocker ces équipements sur site.

La gestion des déchets durant le chantier et la remise en état des lieux se feront conformément aux dispositions indiquées dans le CCAP.

III.9.3.1 Montage en atelier et en site

(a) Montage en atelier

Sauf dérogation particulière approuvée par le Maître d'Œuvre, chaque mécanisme, appareillage, partie ou ensemble d'un équipement, sera complètement monté dans les ateliers de l'Entreprise. Chaque ensemble sera repéré de façon à assurer un assemblage correct lors du montage sur le site. Tous les réglages, essais et contrôles qui pourront être faits en atelier ou sur plate-forme d'essais le seront de façon à éviter au maximum les réglages et mises au point sur le chantier.

Les ensembles montés seront soumis à l'inspection du Maître d'œuvre.

Cette disposition concerne particulièrement les coffrets et armoires électriques.

Ces montages en atelier feront l'objet de recettes en usines.

(b) Montage sur le site

L'exécution des travaux de montage sera réalisée en conformité avec le programme général.

Le Titulaire s'assurera de l'installation adéquate du matériel au niveau du gros oeuvre et du second oeuvre sur site. Tous les ajustements, nivellements nécessaires pour la mise en place correcte du matériel devront être effectués.

Le Titulaire prendra à sa charge la fourniture des matériels, des matières premières consommables, de l'outillage de chantier, des engins de manutention et d'une façon générale toutes les mesures et dépenses relatives à l'exécution de ces travaux et à leurs sujétions.

Le Titulaire adressera pour approbation au Maître d'œuvre le plan d'autocontrôle qu'il mettra en œuvre sur le site ainsi que les procédures de montage.

Il établira pour chaque installation un dossier récapitulant les fiches de contrôles, les habilitations, etc.

III. 9. 4. Réunions

III.9.4.1 Généralités

A titre indicatif, il sera prévu au minimum les réunions suivantes entre le Maître d'œuvre et le Titulaire :

- Réunion « Etudes » : 1 réunion par semaine durant les périodes préparatoires.
- Réunion « Chantier » : 1 réunion par semaine durant le chantier.

La fréquence des réunions sera adaptée en fonction des phases de travaux.

III.9.4.2 Réunion - "Etudes"

Cette réunion aura pour objet, dans un premier temps, de définir et de mettre au point l'analyse fonctionnelle et la conception générale, de contrôler les documents d'exécution et dans un deuxième temps, de faire le point sur les problèmes liés à l'avancement des études, développements et travaux, et d'examiner le respect du planning.

A chacune de ses réunions, le Titulaire présentera au Maître d'œuvre :

- Le planning d'avancement,
- Le bilan des études, développements, travaux et essais effectués depuis la précédente réunion,
- Le planning des opérations à venir,
- Les P.V. établis au titre du Contrôle Interne et du Contrôle Externe.

III.9.4.3 Réunion - "Chantier"

Cette réunion aura pour objet de contrôler en détail l'avancement sur site des travaux et prestations, d'assurer la coordination entre d'autres marchés éventuels et d'organiser les différentes phases d'essais sur site.

III. 9. 5. Mise en œuvre des installations

III.9.5.1 Généralités

L'installation et le raccordement sur site des équipements ne pourront commencer qu'après :

- La vérification préalable des sites,
- Les recettes usine des différents équipements aient été effectuées et visées favorablement par le Maître d'œuvre ou par son représentant,
- La fourniture des procédures de mise en œuvre des équipements visés et approuvés par le Maître d'œuvre ou son représentant.

Aucun des travaux ne pourra débuter tant que le Maître d'œuvre ou son représentant n'auront pas visé les études d'exécution effectuées par le titulaire avec un avis favorable.

La mise en ordre de marche d'un système, d'un équipement ou d'un sous-ensemble fera l'objet d'une notification écrite par le titulaire au Maître d'œuvre. Cette notification, pour être valable, devra être accompagnée des feuilles de mesures effectuées par le titulaire pendant la période de mise au point.

Le titulaire devra fournir tous documents, toutes pièces, tous schémas nécessaires à la bonne compréhension de la réalisation du projet et cela sur simple demande du Maître d'œuvre.

Les principales définitions de mise en œuvre sont définies pour chaque équipement dans le chapitre I et le présent chapitre du CCTP.

III.9.5.2 Pose des câbles

(a) Transport et manutention

Pendant le transport, les tourets remplis doivent être placés verticalement, portant sur les deux joues, et non couchés.

A l'arrivée sur le chantier, un examen de chaque touret est à effectuer : en particulier état des paillons, lattis ou douves de protection et aspect des capotages d'extrémité.

Le déchargement peut être effectué à l'aide d'une rampe appropriée, en veillant au freinage de la bobine, ou, de préférence, à l'aide d'un engin de levage, par l'intermédiaire d'une barre placée dans le trou central du touret.

Le déroulage des tourets est à limiter à de très courtes distances et le sens de rotation ne doit pas entraîner un desserrage des spires du câble. En cas de stockage, les tourets doivent reposer sur un terrain plat, stable et être convenablement calés. Si une longueur de câble a été prélevée, l'extrémité du câble restant sur touret est à recouvrir immédiatement et avec soin d'une capote étanche.

(b) Précautions particulières à prendre lors du déroulage

Avant le déroulage :

Le Titulaire devra respecter rigoureusement les contraintes imposées par le fabricant.

- Réchauffer le câble préalablement au déroulage pendant 12 à 24 heures dans un local où la température est de +10 à +20°C.
- Nettoyer soigneusement l'ensemble du parcours de manière à ôter tous les cailloux et objets susceptibles d'endommager les câbles.
- Mettre en place et fixer solidement des galets :
 - En ligne droite : 1 galet tous les 2 à 5 m selon la nature du câble,
 - Aux changements de direction : galets d'angle en nombre suffisant.

Les galets employés doivent présenter une surface lisse et tourner librement.

Le Titulaire veillera de plus à l'ordre du déroulage des longueurs dans le cas où il s'agit de câbles unipolaires devant être permutés.

Pendant le déroulage :

- Assurer lors du déroulage un effort de tirage régulier et modéré,
- Touret : il doit tourner librement autour d'un axe passé dans le trou central et monté sur vérins. Le déroulage sera effectué de préférence par le haut de la bobine. Un nombre suffisant d'hommes doit être prévu pour assurer en permanence le contrôle et le freinage de la rotation, pour éviter la formation de boucles et le desserrage des spires, ainsi que pour surveiller le bout intérieur,
- Rayon de courbure : à tout moment et en tout point, il convient de respecter les valeurs minimales imposées par les fabricants (ex : câble U1000 R2V, 1 conducteur 9d, 2 à 5 conducteurs 6d, plus 5 conducteurs 5d). Le Titulaire ménagera des rayons de courbure supérieurs de 25 à 50 % aux valeurs normales,
- Effort de traction : il ne doit, en aucun cas, dépasser les valeurs prescrites par les fabricants (ex : 5 daN/nm² câbles B.T. isolant sec).

Toute formation de "coque" ou tout vrillage du câble est à proscrire. En cas d'incident le déroulage doit être arrêté immédiatement.

Après le déroulage :

- Réglage : le mou sera résorbé de proche en proche, en ménageant toutefois pour les parties à l'air libre, de légères ondulations destinées à permettre les mouvements de dilatation. Toute précaution est prise lors de la mise en place définitive pour ne pas blesser les câbles. En particulier, l'emploi d'outils métalliques ou tranchants est à proscrire.

(c) Précautions particulières à prendre lors du tirage en tubes

Avant le déroulage :

- Vérifier la propreté des tubes et si nécessaire. Nettoyer soigneusement l'intérieur des tubes de manière à ôter tout caillou ou corps.

tubes de manière à ôter tout caillou ou corps étranger, et s'assurer, en passant une "olive" convenablement calibrée, qu'aucune aspérité ou ovalisation ne risque d'entraver le déroulage, oA l'entrée des tubes, disposer des guides câbles, afin que la gaine des câbles ne risque pas de frotter sur les arêtes.

Pendant le déroulage :

- Réalisation du tirage dans le sens "mâle / femelle" des emboîtements de fourreaux,
- Si le parcours est dissymétrique, choisir le sens du tirage de manière que les courbes soient placées au début du déroulage,
- Dans le cas de plusieurs câbles par tube, tirer l'ensemble des câbles simultanément,
- Utiliser un câble de traction antigiratoire, souple, mais présentant une faible élasticité,
- Vérifier, en permanence, à l'aide d'un dynamomètre, que l'effort de traction ne dépasse pas la valeur admissible,
- Surveiller et guider les câbles à l'entrée des tubes,
- Le cas échéant, diminuer les efforts de frottement en lubrifiant la gaine des câbles à l'entrée des tubes.
- Assurer un tirage le plus régulier possible et éviter tout arrêt inutile, l'effort de traction pouvant être en effet très important au démarrage.

(d) Fixation des câbles sur chemin de câbles

Sur chemin de câbles, les câbles seront posés en une ou plusieurs couches.

La fixation sera assurée par colliers en matière plastique à raison de 3 fixations au mètre linéaire dans les parcours verticaux et une fixation tous les mètres linéaires en parcours horizontaux.

En leurs remontées verticales, les câbles seront protégés jusqu'à une hauteur hors sol de 2 m par protection mécanique IP 55 constituée par tube acier avec embouts protecteurs, ou par une gaine tôle démontable, ou par couvercle sur chemin de câbles.

(e) Mise en œuvre des câbles en multitubulaires

Toutes les techniques de pose (tirage mécanique, tirage à l'eau, ...) sont autorisées pour la mise en œuvre des câbles longitudinaux au sein de multitubulaires.

Le Titulaire devra cependant adapter la technique de pose aux contraintes relatives aux distances entre les chambres de tirage.

(f) Repérage des câbles

Tous les câbles seront repérés par bagues ou manchons imperdables et indélébiles, au tenant, aboutissant à chaque changement de direction, à l'intérieur des chambres, de part et d'autre d'une traversée de paroi, et tous les 10 m dans leur parcours en apparent sur chemin de câbles.

Chaque câble sera repéré de la façon suivante :

- Le numéro de nomenclature,
- Le type et la section,
- Le tenant et l'aboutissant (indiqués sur les plans),
- La fonction.

(g) Pose des câbles en puits et en tunnel

Pour l'ensemble de ces câbles à fixer dans le puits, au vu de sa hauteur, une intervention de cordistes est à prévoir.

Le Titulaire devra prendre les mesures nécessaires pour que les câbles ne glissent pas et ne s'abîment pas de façon prématurée, notamment concernant la section située dans le puits. La mise en place des câbles au niveau de la voûte du tunnel et leur connexion aux accélérateurs pourra être réalisée par bateau nacelle, ou encore par plateforme nautique avec échafaudage, au même moment que la pose des accélérateurs.

III.9.5.3 Remise en état des lieux

(a) Nettoyage

Le Titulaire devra veiller, en permanence, à la propreté de son chantier et procéder au nettoyage des zones souillées par son intervention.

Si des matériaux sont répandus accidentellement sur les routes au voisinage du chantier, le Titulaire sera tenue de procéder immédiatement et obligatoirement, sous la direction du Maître d'Œuvre, au balayage et nettoyage des lieux, avec arrosage sous pression si besoin est, ou tout autre moyen.

(b) Remise en état des lieux

Les ouvrages qui auront été modifiés ou détériorés par le fait des travaux et notamment par l'évolution des engins ou dépôts de matériaux, seront remis dans l'état où ils étaient initialement, par les soins et aux frais de le Titulaire sous la direction du Maître d'œuvre.

Ces prestations seront incluses dans les prix des équipements à mettre en œuvre et ne feront pas l'objet d'un prix particulier.

III. 9. 6. Contraintes imposées au chantier

Les travaux seront à réaliser dans la tranche horaire 7h30 – 17h00 du lundi au vendredi et après consignation électrique de la ligne 600 V d'alimentation du toueur par VNF.

Le souterrain reste ouvert à la navigation des bateaux pour traverser le tunnel de Riqueval et la navigation des bateaux est prioritaire aux travaux. Les bateaux souhaitant traverser le tunnel doivent s'annoncer 48 h avant. Les jours où des bateaux souhaitent traverser le tunnel de Riqueval : le toueur part de Riqueval à 7h30 et arrive à Vendhuile à 9h30, puis revient de Vendhuile à 10h00 pour arriver à Riqueval à 12h00. Les jours avec navigation dans le tunnel, il n'y aura pas de travaux entre 7h30 et 12h30. A partir de 12h30, le Titulaire pourra utiliser des moyens fluviaux dans le tunnel de Riqueval.

Lorsqu'il n'y a pas de passage de bateaux, le Titulaire pourra travailler dans le tunnel à partir de 7h30.

Pour l'ancrage en voute des accélérateurs, un chômage d'une durée de deux semaines est à prévoir. Pendant cette période-ci, la navigation dans le tunnel sera interdite et aucun passage de bateaux ne sera possible.

VNF peut mettre ponctuellement à disposition un bateau avec un pilote pendant une durée maximale d'une semaine au niveau du port de Bellenglise (02) pour acheminer du matériel. La manutention de chargement et déchargement du bateau est à la charge du titulaire du marché. En cas de travaux d'une durée supérieure à une semaine VNF peut mettre à disposition ce bateau sans pilote.

La banquette doit être rendue circulaire chaque soir, le matériel non posé devra être évacué par le Titulaire chaque soir.

Le Titulaire devra être autonome en énergie. Le titulaire proposera une méthodologie adaptée en cas d'utilisation de moteurs thermiques dans le tunnel pour tenir compte du milieu fermé et des problèmes de ventilations et de dégazage.

Le titulaire du marché assurera la manutention, le transport, l'enlèvement et le recyclage des déchets. Le titulaire devra organiser le stockage, le tri, le transport et le traitement des déchets générés par ces travaux de manière à en assurer une élimination respectueuse de l'environnement et de la santé en privilégiant les filières de valorisation ou de tri en vue d'une revalorisation.

III. 9. 7. Distances sécuritaires

Afin d'éviter tout risque d'arc électrique entre les parties métalliques des accélérateurs et la caténaire, il est nécessaire d'implanter les accélérateurs à une distance minimale de la caténaire. En milieu sec cette distance minimale serait de 100 mm, et en milieu humide cette distance peut être doublée à 200 mm.

La distance minimale retenue entre la caténaire et chaque accélérateur est donc de 200 mm. Par mesure de sécurité, il sera nécessaire de consigner la caténaire pour l'installation et la maintenance des accélérateurs.

En ce qui concerne les champs électromagnétiques, les caténaires étant en courant continu, les champs et rayonnements seraient négligeables.

III. 9. 8. Calendrier prévisionnel des travaux

Le calendrier prévisionnel des travaux est présenté dans la figure ci-dessous

	Semaine																															
Taches	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	
OS démarrage entreprise	★																															
Période de préparation (études d'exécution)																																
Période d'approvisionnement																																
Début des travaux sur site																									★							
Réalisation des 10 ancrages (mise en place et essai)																																
Mise en place des accélérateurs																																
Tranchée et carotages																																
Equipements de servitude du local technique																																
Tirage de câbles en tunnel et raccordement accélérateurs																																
Raccordements au réseau tunnel																																
Armoire électrique et raccordements																																
Essais de ventilation																																

Figure21 : Calendrier prévisionnel des travaux

III. 10. Contrôles – Essais – Réception

III. 10. 1. Généralités

Les essais et contrôles s'appliqueront à tous les équipements et systèmes mis en œuvre au titre du présent marché.

Pour chacun de ces domaines d'essais, le Titulaire soumettra à l'approbation du maître d'œuvre, un mois avant le début des essais, un cahier d'essais spécifiant :

- Les procédures et moyens utilisés pour chacun des essais,
- Les fiches d'essais par équipement et ensemble.

Le cahier comportera deux parties :

- Une partie regroupant les essais en usine tels que spécifiés dans les sections concernées du chapitre II,
- Une partie regroupant les essais sur site tels que définis dans la suite de ce chapitre.

L'approbation par le maître d'œuvre de ce cahier conditionne le début des essais.

III. 10. 2. Accélérateurs

III.10.2.1 Contrôles et essais en usine ou en plateforme des matériels

Les contrôles et essais à réaliser en usine ou en plate-forme dans le cadre du Plan d'Assurance Qualité de le Titulaire seront au minimum ceux précisés ci-après.

Pour la totalité des matériels, le respect des spécifications techniques données au §II. 1 sera contrôlé dès la fourniture en plate-forme des différents éléments.

Les contrôles et essais porteront sur :

- La conformité aux spécifications techniques détaillées,
- Les dimensions et l'aspect général,
- La qualité du montage et l'accessibilité aux composants,
- Les caractéristiques des appareillages,
- Les câblages,
- Le repérage des composants.

Le matériel jugé défectueux sera modifié en conséquence, en usine.

Les contrôles suivants devront être réalisés sur un accélérateur type :

- Contrôle des performances : poussée en champ libre, sens direct, sens indirect, vitesse de rotation,
- Mesures de vibrations (accélérateur monté sur sa structure de supportage) et vérification du bon fonctionnement du système de surveillance,
- Mesures de puissance acoustique en champ libre,
- Mesures intensité, puissance, rendement aéraulique et rendement électrique,
- Vérification du bon fonctionnement de la protection ipsothermique.

De plus, le Titulaire sera tenu de procéder aux contrôles particuliers décrits par la suite :

(a) Contrôles matériels

Il sera procédé aux essais et vérifications suivants sur l'ensemble du matériel hors fonctionnement :

- Vérification quantitative,
- Qualité de l'exécution,
- Protection, repérage,
- Conformité à la Norme NF C 15-100, dernière édition,
- Lisibilité des marquages, ergonomie, etc.

Sur un ou plusieurs ensembles prélevés au hasard, et en fonctionnement simulé :

- Essais de tenue aux variations de tension d'alimentation,
- Mesure des caractéristiques et performances,
- Dans le cas de matériels nouveaux, essais de vieillissement sur un prototype.

Ces essais pourront être effectués sur l'ensemble des équipements si la chose s'avère nécessaire.

(b) Contrôles fonctionnels

Une première série de tests consistera à exécuter point par point toutes les fonctions prévues au cahier des spécifications techniques.

Une deuxième série de tests consistera à placer le matériel dans les différents cas d'anomalies qui seront définis dans le cahier de recette (pannes d'éléments, absence de secteur, etc.) ainsi qu'à exécuter la liste des mauvaises manipulations susceptibles d'être opérées par les opérateurs. Les informations et fonctionnalités correspondantes seront également contrôlées.

La recette sera effectuée d'après une procédure d'essai conforme à la description des spécifications fonctionnelles des équipements.

(c) Matériels de mesures

Les matériels seront testés et étalonnés une première fois en usine chez le sous-traitant ou le titulaire. Le résultat des essais sera communiqué sous forme de dossier de tests au Maître d'œuvre, que celui-ci soit présent ou non lors de la recette.

III.10.2.2 Contrôles sur site

(a) Généralités – Installation des matériels

Compte tenu de l'obligation de résultats en termes de technique et de délais, en vue d'une plus grande efficacité, le Titulaire aura à sa charge les prestations de vérifications préalables à la mise en service.

Les procédures détaillées de mise en service des équipements auront été élaborées lors de l'intégration des prototypes en usine.

Avant la mise sous tension de l'installation, le Titulaire exécutera au moins les contrôles suivants :

- Vérification de présence et de bonne position des sous-ensembles,
- Contrôle du bon fonctionnement des sous-ensembles mécaniques (ouverture des portes, coulissement des glissières, etc.),
- Vérification de la conformité du câblage avec les plans d'installation (raccordement, serrage des bornes, repérage, position),
- Contrôle des protections électriques,
- Vérification des tensions d'alimentation, tous sectionneurs ouverts,
- Vérification des isolements, de la qualité de la prise de terre, de la tension entre phase et terre.

(b) Contrôle des équipements sur le site

Les contrôles effectués lors de la recette site seront analogues à ceux de la recette usine, et donneront lieu au report des résultats sur un cahier de recette site.

Lorsque le Titulaire aura déclaré les équipements "en service" sur le site, la société exécutera ses propres tests en fonctionnement réel.

Le Titulaire fournira des certificats de conformité, signés par le fabricant ou l'importateur du composant, attestant que le produit livré est conforme aux normes qui le définissent.

Ces tests comportent d'abord une **vérification d'aptitude** qui consiste en tous les contrôles prévus au cahier de recette.

Cette vérification permettra de contrôler la tenue dans le temps des performances constatées à la fois en usine et sur site lors des tests d'aptitude.

Durant toute cette période, des P.V. d'anomalies constatées seront établis en tant que besoin, et ceci jusqu'à réception des prototypes sur le site.

Le Titulaire devra réaliser au minimum les contrôles suivants :

(c) Essais et Contrôles en marche des accélérateurs

Contrôle des accélérateurs et structures de supportage :

- Mesures des vibrations et contrôle de l'absence de vibration anormale à tous les régimes
- Contrôle des sécurités : ipsothermes, vibration, contrôle présence débit
- Mesure du débit
- Mesure des puissances absorbées
- La conformité de l'exécution par rapport aux plans approuvés,
- Le montage et la fixation des accélérateurs en tunnel,
- La bonne exécution des câblages,
- La vérification de l'aspect et de l'étanchéité des équipements,
- La vérification du bon fonctionnement électromécanique ou électronique de l'ensemble de l'installation,
- La vérification de toutes les commandes manuelles (locales ou à distance), le contrôle des téléseignalisations, la simulation des défauts, ... en interfaces avec les spécialités électriques et GTC.

De plus, les essais suivants devront être effectués :

- Essais vibratoires : le Titulaire mettra en œuvre l'ensemble des moyens nécessaires à l'évaluation des vibrations des accélérateurs au moyen de mesures in situ réalisées conformément à la norme ISO 10816 et à la série de normes NFE 90, notamment en ce qui concerne le matériel de mesure (analyseur de vibrations et accéléromètre étalonné). Les mesures ne seront réalisées que pour un accélérateur de chacune des batteries des différents tubes.
- Essais acoustiques : respect des critères définis précédemment.
- Essais aérauliques : les essais aérauliques du système de ventilation dans son ensemble ont pour but la mesure des vitesses d'air débitantes en tunnel.
- La détermination de la vitesse débitante en une section transversale du tunnel sera composée d'un minimum de 5 mesures en différents points de la section du tube.
- Chaque configuration sera maintenue au minimum 10' après l'établissement d'un régime aéraulique stabilisé. Les mesures seront effectuées pendant la période de régime stabilisé, mais également avant le démarrage des machines.
- Trois sections de mesures, pour chaque direction du courant d'air seront réalisées : avec une section de mesure en début de tunnel à l'amont des batteries en fonctionnement, une section en milieu du tunnel et une en fin de tunnel.
- La section de mesure sera positionnée, dans tous les cas, de manière à être la plus éloignée possible d'un accélérateur en fonctionnement.
- Pour la réalisation de ces mesures, il sera utilisé un ou plusieurs anémomètres portables montés sur perches télescopiques, de longueur suffisante pour quadriller toute la section du tunnel.
- La gamme de mesure des appareils sera environ 0-20 m/s, et leur précision supérieure ou égale à 2 % de la pleine échelle.
- En parallèle, les valeurs fournies par les anémomètres installés à demeure en tunnel seront enregistrées.
- Enfin, la température de l'air ambiant sera également mesurée.

(d) Performances acoustiques et vibratoires : Conditions communes aux différentes mesures

Pour chaque configuration, le niveau de pression acoustique sera mesuré avant, pendant et après une période (10 minutes au minimum) de fonctionnement des équipements.

Le Titulaire utilisera pour la réalisation des mesures un sonomètre intégrateur permettant de mesurer et enregistrer :

- Le niveau de pression acoustique par bande d'octave,
- Le niveau de pression acoustique continu équivalent (L_{eq}) exprimé en dB (A),
- Le niveau de pression acoustique de crête (L_{pc}) exprimé en dB (LIN) ou dB (C).

Une source de puissance sonore étalonnée sera utilisée pour mesurer le temps de réverbération en chaque point de relevé.

III. 10. 3. Alimentation électrique et contrôle commande

III.10.3.1 Essais : directives générales

Les essais et contrôles s'appliqueront à tous les équipements mis en œuvre au titre du présent marché. Pour chacun de ces domaines d'essais, le titulaire soumettra à l'approbation du Maître d'Œuvre, deux mois avant le début des essais, un cahier d'essais spécifiant :

- La liste des essais prévus par le titulaire ;
- Les procédures et moyens utilisés pour chacun des essais ;
- Les fiches d'essais par équipement et ensemble.

Le cahier comportera deux parties :

- Une partie regroupant les essais en usine tels que spécifiés ci-après
- Une partie regroupant les essais sur site tels que définis dans la suite de ce chapitre.

L'approbation de ce cahier par le Maître d'Œuvre conditionne le début des essais.

Pour toutes ces opérations de contrôles et d'essais, le Titulaire fournira, au titre du présent marché, tous les matériels et en particulier les appareils de mesure nécessaires à l'exécution des essais et à la vérification du bon fonctionnement des appareils et équipements, aussi bien en usines avant la pose, qu'après leur mise en place au lieu d'installation conformément aux dispositions du présent Cahier des Charges et d'une manière générale tout ce qui peut être utile à la conduite des contrôles.

III.10.3.2 Contrôles et essais d'usine

Les contrôles et essais à réaliser en usine ou en plateforme dans le cadre du Plan d'Assurance Qualité du titulaire seront au minimum ceux précisés ci-après :

- Les essais matériels généraux, qui portent sur l'ensemble du matériel hors fonctionnement
- Les essais de fonctionnement qui vérifient point par point toutes les fonctions prévues au cahier des spécifications techniques

Les contrôles et essais d'usine concernant la partie alimentation électrique et contrôle commande concernent l'armoire de ventilation sanitaire.

Ces matériels sont contrôlés en usine. Les essais électriques sont réalisés conformément aux normes NF EN 60 439 parties 1 à 5 et recommandations CEI 439.

III.10.3.3 Essais matériels généraux

Il sera procédé, entre autres, aux essais et vérifications suivants sur l'ensemble du matériel hors fonctionnement :

- Vérification quantitative ;
- Qualité de l'exécution ;
- Contrôle des dimensions
- Protection, repérage ;
- Conformité à la norme NF C 15-100, dernière édition ;
- Lisibilité des marquages, ergonomie, etc.

Sur la totalité des ensembles, et en fonctionnement simulé :

- Essais de tenue en température et humidité ;
- Essais de tenue aux variations de tension d'alimentation ;
- Mesure des caractéristiques et performances.

III.10.3.4 Essais fonctionnels

Une première série de tests consistera à exécuter point par point toutes les fonctions prévues au cahier des spécifications techniques, notamment les tests de :

- sélectivité des départs
- séquence de manœuvre avec commandes électriques
- contrôle des fonctions de sectionnement, de protection et d'automatisme (process)

Une deuxième série de tests consistera à placer le matériel dans les différents cas d'anomalies qui seront définis dans le cahier de recette (pannes d'éléments, absence de secteur, etc.) ainsi qu'à exécuter la liste des mauvaises manipulations susceptibles d'être opérées par les opérateurs. Les informations et fonctionnalités correspondantes seront également contrôlées.

La recette sera effectuée d'après une procédure d'essai conforme à la description des spécifications fonctionnelles.

III.10.3.5 Essais globaux sur site

Une fois terminés les essais sur site des différentes installations, il sera procédé à des essais globaux des équipements intégrant des essais depuis le système de supervision.

Ces essais globaux auront pour objet de vérifier les interfaces entre les différents équipements ainsi que tous les aspects fonctionnels de l'exploitation.

Les essais globaux comporteront notamment :

- La mise en service du système de supervision dans sa nouvelle version, et le contrôle de la conformité à l'analyse fonctionnelle ;
- La simulation des alarmes et défauts ;
- La simulation des pannes des principaux composants ;
- Le test des sécurités ;
- Les essais en fonctionnement dégradé.

Suite aux essais globaux, le titulaire soumettra à l'approbation du Maître d'Œuvre un rapport d'essais. Il est à noter que les essais globaux s'effectueront sous exploitation, et seront donc assujettis aux contraintes qui y sont liées.

Les essais globaux seront réalisés en collaboration avec l'Exploitant.

III.10.3.6 Nature des essais électriques

Le contrôle porte sur le respect des prescriptions techniques :

- contrôle des dispositifs de protection contre les surintensités et des équipements au regard des schémas d'exécution et prescriptions techniques,
- contrôle de l'équilibrage des phases,
- contrôle des commandes et asservissements,
- contrôle du repérage des équipements.

Essais mécaniques

- contrôle de bon fonctionnement des organes de manœuvres manuelles,
- contrôle des verrouillages.

Essais diélectriques

Essais diélectriques pendant une minute à fréquence industrielle (50 Hz) et sous tension définie par la norme UTEC 10-100 pour :

- les circuits de puissance,

- entre phases,
- entre phases et neutre,
- les circuits auxiliaires,
 - entre phases et masse.

Contrôles et essais de filerie

- séquences de manœuvre avec commandes électriques,
- contrôle des fonctions de verrouillage et d'automatisme.

Armoire électrique

- contrôle dimensionnel et de conformité aux schémas,
- contrôle de l'aspect,
- essai diélectrique et d'isolement,
- essai de fonctionnement de chaque organe avec simulation des informations.
- contrôle d'exécution du câblage interne et de son repérage,
- vérification du bon repérage des différents organes,
- contrôle de la conformité de l'exécution par rapport aux plans approuvés,
- contrôles divers tels que tôlerie, étanchéité, peinture,

En particulier pour les essais sites électriques les vérifications suivantes devront être réalisées :

- Vérification de présence et de bonne position des sous-ensembles ;
- Contrôle du bon fonctionnement des sous-ensembles mécaniques (ouverture des portes, etc.) ;
- Vérification de la conformité du câblage avec les plans d'installation (raccordement, serrage des bornes, repérage, position) ;
- Contrôle des protections électriques ;
- Vérification des tensions d'alimentation, tous sectionneurs ouverts ;
- Vérification des isollements, de la qualité de la prise de terre, de la tension entre phase et terre, et de l'équilibrage des phases.
- Contrôle des dispositifs de protection contre les surintensités et des équipements au regard des schémas d'exécution et prescriptions techniques,
- Contrôle des commandes et asservissements.
- Contrôle de la nature, section et repérage des câbles
- Contrôle de la fixation et du réglage des chemins de câbles et des infrastructures de cheminement
- Contrôle des mises à la terre et liaisons équipotentielles

III.10.3.7 Nature des essais contrôle-commande

L'ensemble des tests effectués sur l'automate aura pour objectif de garantir le bon fonctionnement des équipements mis en place ainsi que la non-régression globale du système existant pour ce qui concerne l'IHM existant.

Ils devront être regroupés dans un ensemble de cahier de recette selon le principe suivant :

- Un cahier de recette plateforme pour vérifier les performances de l'architecture système contrôle-commande, les matériels et les fonctionnalités
- Un cahier de recette usine pour vérifier la conformité des matériels
- Un cahier de recette matériel et fonctionnel site pour vérifier la conformité des installations de matériels et fonctionnalités attendues

Les tests fonctionnels permettront de valider les modifications effectuées par

- des tests unitaires simplifiés (programmation objet)
- des tests fonctionnels d'équipement

- des tests systèmes
- des tests de non régression

Ces tests devront être effectués en local dans le local technique (hors exploitation) puis de manière globale au moment de la mise en exploitation.

Lors de la mise en exploitation des locaux techniques, des tests de fonctionnement globaux devront être réalisés à partir de l'IHM existant, et du nouvel IHM afin de valider le bon fonctionnement de l'ensemble des systèmes.

Les contrôles et essais de performance du système GTC devront être vérifiés sur site.

Les tests de performances permettront de valider les points suivants :

- Temps de cycle automate
- Temps de passage d'une commande depuis les IHM

Ces tests auront pour objectif de valider de façon théorique les performances du système.

A la fin des déploiements, des tests de performance seront réalisés sur site afin de confirmer les résultats obtenus en plateforme. Concernant les tests matériels, les points suivants seront, au minimum, contrôlés :

- nature des câbles employés,
- repérage des conducteurs et des câbles,
- section des câbles,
- respect du rayon de courbure,
- état des câbles,
- borniers,
- repérage des borniers,
- infrastructures de cheminements de câbles (fixation, réglage, etc.).

III. 10. 4. Correction des anémomètres

Une fois les accélérateurs, l'alimentation électrique et le système de contrôle entièrement installés, il sera nécessaire d'effectuer des mesures de vitesse de l'air sur toute la section à l'aide d'un système de mesure anémométrique, afin de comparer ces données avec celles fournies par l'instrumentation présente sur site.

Cette comparaison servira à établir un coefficient de correction pour les mesures transmises au poste de contrôle. Ce coefficient pourra être ajusté et ne sera pas fixé définitivement dans l'automate de commande.

III. 10. 5. Opérations préalables à la réception

III.10.5.1 Procès-verbal de recette site

Les résultats des essais sur site feront l'objet d'un procès-verbal de recette site. Ce PV comprendra le programme de contrôles et d'essais complété des résultats ainsi qu'une feuille de commentaires sur la validité des résultats et une feuille de réserves à lever, établies par le Maître d'Œuvre.

Un constat sera dressé à l'achèvement de chaque essai. Si ceux-ci ne sont pas satisfaisants, le Titulaire devra, dans un délai de 5 jours, faire connaître les modifications qui lui paraîtront nécessaires pour remplir les conditions fixées au marché. Après acceptation du Maître d'Œuvre, les travaux seront exécutés et les essais seront recommencés dans les mêmes conditions que les premiers et sont à la charge de l'Entreprise. Si les nouveaux essais ne sont pas satisfaisants, le Maître d'Œuvre se réserve le droit de refuser tout ou partie de la fourniture.

Les détails sont fournis au CCAP.

III.10.5.2 Réception

La réception ne pourra être prononcée qu'à la vue du bon déroulement des essais de fonctionnement.

VNF pourra s'il le souhaite, également assister aux réceptions en usine.

III.10.5.3 VSR

La réception s'achèvera par une phase de Vérification de Service Régulier des systèmes, qui aura pour objet de déceler, par l'usage, en conditions définitives, les éventuels dysfonctionnements et anomalies non décelables en essai. A ce titre, le titulaire du présent marché devra, pendant la phase de VSR :

- Contrôler le fonctionnement des systèmes,
- Analyser le comportement des équipements,
- Opérer les éventuelles actions correctives des défauts constatés,
- Intervenir dans la journée pour constat sur appel de l'Exploitant,
- Assister l'Exploitant pendant la prise en main du système par ses services.

Durant la période de VSR, le Titulaire établira mensuellement un rapport :

- Détaillant et qualifiant tous les incidents survenus sur tous les équipements installés et tous les systèmes déployés par le Titulaire,
- Et établissant une analyse de la situation.

Le format et le contenu des rapports de VSR sera établi durant les études d'exécutions générale.

Le Titulaire devra mettre en œuvre les outils permettant d'évaluer les performances du système en termes de disponibilité et de taux de panne des différents équipements.

La disponibilité devra être de 99%, étant définie par le temps de fonctionnement sans dégradation du système sur le temps effectif d'exploitation.

Pendant la période de VSR, VNF pourra utiliser l'ensemble des équipements et systèmes déployés tel que prévu pour l'exploitation. Toute anomalie détectée sera signalée au Titulaire suivant une procédure qui sera définie conjointement au cours de l'exécution, avant le démarrage de la VSR. Deux types d'anomalies sont définis comme suit :

- Anomalie bloquante : Une fonctionnalité n'est pas accessible ou les exigences du CCTP (performances, stabilité, disponibilité) ne sont pas respectées
- Anomalie mineure : Une fonctionnalité n'est pas accessible mais le problème est contournable ou un problème d'ordre esthétique sans gravité

Les anomalies seront caractérisées à la fois par leur gravité et par leur durée de maturation, c'est-à-dire la durée constatée entre le début de la VSR et leur apparition.

Le Titulaire proposera les éventuels ajustements et modifications nécessaires pour la correction des anomalies identifiées. Après validation du Maître d'Œuvre, le Titulaire déploiera les correctifs proposés à ses frais.

En cas de non-respect des attentes du CCTP pendant la VSR, le Titulaire devra corriger toutes les anomalies détectées et la VSR sera reconduite selon les dispositions du CCAP.

III. 11. Formation

III. 11. 1. Généralités

Le titulaire du présent marché proposera une formation des personnels d'exploitation et de maintenance du Maître d'Ouvrage.

Le nombre d'agents formés sera de 10 pour l'exploitation et 10 pour la maintenance.

Cette formation s'effectuera d'une part, préalablement aux mises en service, et d'autre part durant la vérification de service régulier.

Le programme de formation devra être validé préalablement par VNF.

La formation se tiendra dans les locaux de l'exploitant, ou sur site, et sera basée sur des stages ou séminaires de durée variable. Des supports de cours seront constitués sur la base des notices techniques de maintenance et d'exploitation des matériels, des manuels de maintenance et des manuels d'exploitation.

Un acquis de formation devra être signé en fin de stage par tous les stagiaires, et remis à VNF.

III. 11. 2. Formation des personnels exploitants

La formation des personnels d'exploitation se fera sur site.

Elle aura pour but de former les exploitants aux diverses manipulations et modes de fonctionnement des systèmes (mode distant, modes dégradés, conduite à tenir depuis le PC en cas d'alerte, etc.).

Concernant le contrôle-commande, les formations devront présenter les modifications des vues IHM et l'utilisation des deux IHM (existant et nouveau).

III. 11. 3. Formation du personnel de maintenance

Le stage de formation à la maintenance aura pour but de former le personnel de maintenance au diagnostic élémentaire des pannes pouvant survenir sur les équipements installés.

Cette formation se fera sur site, avec présentation du matériel en service, lecture des plans de récolement et des notices techniques.

En fin de session, les stagiaires devront savoir identifier l'élément de panne, opérer une remise en marche de l'appareil ou du système par simple échange standard d'élément ou remplacement de consommable (fusible, ...), et organiser l'intervention de le Titulaire concernée si nécessaire.

Concernant les équipements de ventilation, les formations porteront notamment sur :

- Les opérations de maintenance préventive et curative sur les accélérateurs et ses composants.
- Le diagnostic de pannes
- Les opérations de réparation

Concernant l'alimentation électrique, les formations porteront notamment sur :

- les opérations de maintenance des équipements de distribution Basse Tension,
- les diagnostics de pannes,
- les opérations de dépannage des installations électriques.

Les personnels pourront également poursuivre leur formation en assistant aux essais et à la mise en service.

III. 12. Garantie

III. 12. 1. Durée de garantie

La durée et les conditions de la garantie sont fixées au CCAP.

III. 12. 2. Définition d'une panne

Un matériel est à considérer comme en panne dès lors qu'il ne répond plus aux spécifications suivantes :

- Spécifications du CCTP,
- Spécifications générales du matériel,
- Spécifications fonctionnelles du système auquel appartient le matériel.

III. 12. 3. Obligations de l'Entreprise

S'il est constaté au cours de cette période une panne, telle que définie ci-dessus, le Titulaire est tenu de faire gratuitement toutes réparations, remplacements et modifications nécessités par vice de matière, de construction, de fonctionnement ou de conception entraînant une altération des caractéristiques fonctionnelles ou techniques initiales.

Si au cours de la période de garantie, une anomalie, qui aurait échappée aux essais successifs, est découverte, le Titulaire est tenu d'y remédier dans les mêmes conditions que pour celles des essais généraux.

Par contre, si un vice profond est découvert, le Maître d'œuvre se réserve le droit de neutraliser le déroulement de la période de garantie. Il est entendu que, pendant la période de neutralisation, le Titulaire garde ses obligations de garantie. En cas de neutralisation, le délai de garantie sera alors augmenté d'un temps égal à la période de neutralisation et toutes les obligations qui y sont liées seront prolongées d'autant.

Cependant, la garantie ne s'applique pas dans les cas suivants :

- Si la panne résulte d'une négligence ou d'une exploitation et/ou d'une utilisation non conforme aux recommandations de l'entreprise,
- Pour toute pièce consommable ayant subi une usure normale de fonctionnement,
- Si des modifications ou des substitutions de pièces ont été effectuées sans l'accord de le Titulaire sur des matériels fournis par elle.

III. 12. 4. Déclaration de panne

En cas d'apparition d'une panne, une déclaration de panne sera envoyée par email à l'entreprise.

Cette déclaration comportera les indications suivantes :

- Matériel ou système défectueux,
- Description précise de la panne,
- N° d'ordre dans le mois,
- Délais d'intervention (date et heure et le niveau d'urgence de l'intervention à effectuer).

III. 12. 5. Pièces de rechange

Sans objet

IV. ANNEXE 1 – CARNET VENTILATION SANITAIRE