



Direction des Routes Ile-de-France

Avant-Projet – Notice : GTC

Autoroute A115

Modernisation de la tranchée couverte de Taverny (95)

15/05/18

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



Lombardi

SUIVI DES MODIFICATIONS

Version	Date	Rédaction	Vérification
1	08/02/2018	Marc Benazech	Simone Franceschinis David Delplanque Eric Cesmat
2	15/05/2018	Benoit Marcilly	Simone Franceschinis David Delplanque Eric Cesmat

SUIVI DES MODIFICATIONS	1
I. PREAMBULE	3
I.1. OBJET DE CE DOCUMENT	3
I.2. OBJECTIFS DE L'OPERATION	3
II. DOCUMENTS DE REFERENCE	4
III. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	5
III.1. LOCALISATION ET AVOISINANTS	5
III.2. CLASSEMENT	6
IV. INSTALLATION EXISTANTE	7
IV.1. GENERALITES :	7
IV.2. SCHEMA DE L'ARCHITECTURE EXISTANTE	8
IV.3. HIERARCHISATION DE LA GTC	9
V. NATURE DES TRAVAUX ENVISAGES POUR LE REMPLACEMENT DES AUTOMATES ALLEN BRADLEY	15
V.1. PREAMBULE	15
V.2. PROPOSITION DE REMPLACEMENT « AUTOMATE POUR AUTOMATE » AVEC CONSERVATION DES LIAISONS CUIVRES FILAIRES EXISTANTES	16
V.3. REMPLACEMENT « AUTOMATE POUR AUTOMATE » AVEC SUPPRESSION DE LIAISONS FILAIRES ET MISE EN PLACE DE MESD	20
V.4. INTEGRATION DES FONCTIONNALITES DES PLC5 DANS LES AUTOMATES S7	22
V.5. SYNTHESE DES DIFFERENTES PROPOSITIONS	24
VI. PRISE EN COMPTE DES NOUVEAUX EQUIPEMENTS ET IMPACTS SUR LA GTC ET LA SUPERVISION	25
VI.1. PRISE EN COMPTE DE LA NOUVELLE ARCHITECTURE DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE	25
VI.2. PRISE EN COMPTE DES ANEMOMETRES	25
VI.1. PRISE EN COMPTE DES PAU	25
VI.2. PRISE EN COMPTE DES NOUVEAUX ACCELERATEURS (OPTIONNEL)	26
VI.3. PRISE EN COMPTE DES ECLAIRAGES (OPTIONNEL)	28
VI.4. MISE A JOUR DE LA SUPERVISION	33
VII. RENOUVELLEMENT DES AUTOMATES SIEMENS 4H LIES AU PCCT SAINT-DENIS	34
VII.1. PREAMBULE	34
VII.2. PROPOSITION DE TRAVAUX	35
VII.3. CONCLUSIONS	35

I. PREAMBULE

I.1. OBJET DE CE DOCUMENT

L'objet de ce document est l'étude de la GTC existante afin d'atteindre les objectifs de modernisation et fiabilisation décrits dans le programme de l'opération du marché.

Les résultats obtenus donneront lieu aux travaux de rénovation et d'adaptation de la GTC, en cohérence avec le schéma directeur de la DIRIF. Les principales étapes de la modification de la GTC sont présentées dans ce document.

Ce document présentera trois volets principaux de la modernisation :

- Remplacement des automates Allen-Bradley existants
- Raccordement des équipements rénovés à la GTC
- Modernisation des automates Siemens S7 414H rack 0 et rack 1 qui assurent entre autres la communication au PCCT de Saint Denis par réseau THD.

La modernisation des automates Siemens est fonctionnellement disjointe, et peut être traitée quasiment indépendamment, des deux autres opérations comme il sera montré plus avant dans ce document.

I.2. OBJECTIFS DE L'OPERATION

La mission comprend la modernisation et fiabilisation des automates/GTC avec prise en compte des nouveaux équipements et/ou nouvelles fonctions liés au présent marché :

« Le contrôle des différents équipements pilotés par la GTC est accessible depuis le PCTT de Saint-Denis, poste où sont renvoyées les alarmes de la GTC et à partir duquel sont déclenchés les contrôles – commandes en cas d'incidents techniques, d'accident ou d'incendie.

Le système de gestion centralisée a fait l'objet d'une refonte dans le cadre du programme régional de refonte de toutes les GTC des tunnels d'Île-de-France afin de disposer d'un système unifié permettant d'assurer une exploitation cohérente de l'ensemble des tunnels franciliens. De plus, suite à l'implantation de nouveaux équipements dans le tunnel, l'architecture de la GTC a été modifiée : l'ancienne GTC a été conservée et a été raccordée à la nouvelle. En ce qui concerne le fonctionnement de la nouvelle GTC, elle gère les équipements de la tranchée couverte de Taverny à partir d'un automate redondant : un automate est implanté dans le local TC Taverny, l'autre dans le local SC Taverny.

Une partie des équipements reste cependant raccordée aux API de l'ancienne GTC (ventilation, éclairage, énergie, capteurs, issues de secours). La tranchée couverte de Taverny est donc gérée par un automate principal redondant : les unités de traitement (CPU) et de communication sont doublées et implantées dans des locaux différents (« TC Taverny » et « SC Taverny ») en baies techniques.

L'objectif des travaux du programme est de transférer l'ensemble des équipements de l'ancienne GTC vers la nouvelle (en maintenant les mêmes fonctionnalités) puis de déposer l'ancienne (automates Allen Bradley, passerelles, etc.).

L'AVP comprendra les points suivants à cet égard :

- l'adaptation du système de GTC et les raccordements à la GTC,
- les modalités de la prise en compte des nouveaux équipements (notamment l'architecture électrique) et leur mise à jour dans la GTC ainsi que la supervision.

II. DOCUMENTS DE REFERENCE

Etudes antérieures :

Renouvellement de l'autorisation d'exploitation	aou 2014	Pièce 1a : DESCRIPTION DE L'OUVRAGE ind. E
Renouvellement de l'autorisation d'exploitation	aou 2014	15_Pièce 11_VA_Piece_11 : rapport du maître d'ouvrage
Renouvellement de l'autorisation d'exploitation	aou 2014	Annexe 4_synoptique_EQTS : synoptique des équipement
Renouvellement de l'autorisation d'exploitation	aou 2014	Annexe 9_local_technique
Renouvellement de l'autorisation d'exploitation	aou 2014	Annexe 17_système_GTC : synoptique des réseaux profibus de terrain
Renouvellement de l'autorisation d'exploitation	aou 2014	Annexe 18_arch_materielle_transmission : synoptique des réseaux ethernet de terrain

Documents de l'ouvrage :

DT3667--_C0037803	Plan d'implantation des équipements du LT
27504	Schéma du tableau d'éclairage
11746	Paramétrage de l'horloge pilotant l'éclairage
26594---_S0048853	Schéma d'armoire contrôle commande A115 (GTC locale)
27431---_C0048710	Carnet de raccordement armoire contrôle commande A115
171856--_C0048670	Architecture PAU existante
27440---_E0048715	Coffrets Niche E1-E2-E3-E4 W1-W2-W3-W4 Schéma multifilaire
finet-a115	Tracé multitubulaire et chambres de tirage
tav-cf	Architecture réseau de donnée local Taverny LT (document obsolète)
11753	Consignes d'exploitation
C0061989	Schéma de la liaison xDSL de secours

III.DESCRPTION DE L'OUVRAGE

III.1. LOCALISATION ET AVOISINANTS

La tranchée couverte de Taverny est située à 20 km au Nord-Ouest de Paris, sur l'autoroute A115 qui traverse la commune de Taverny.

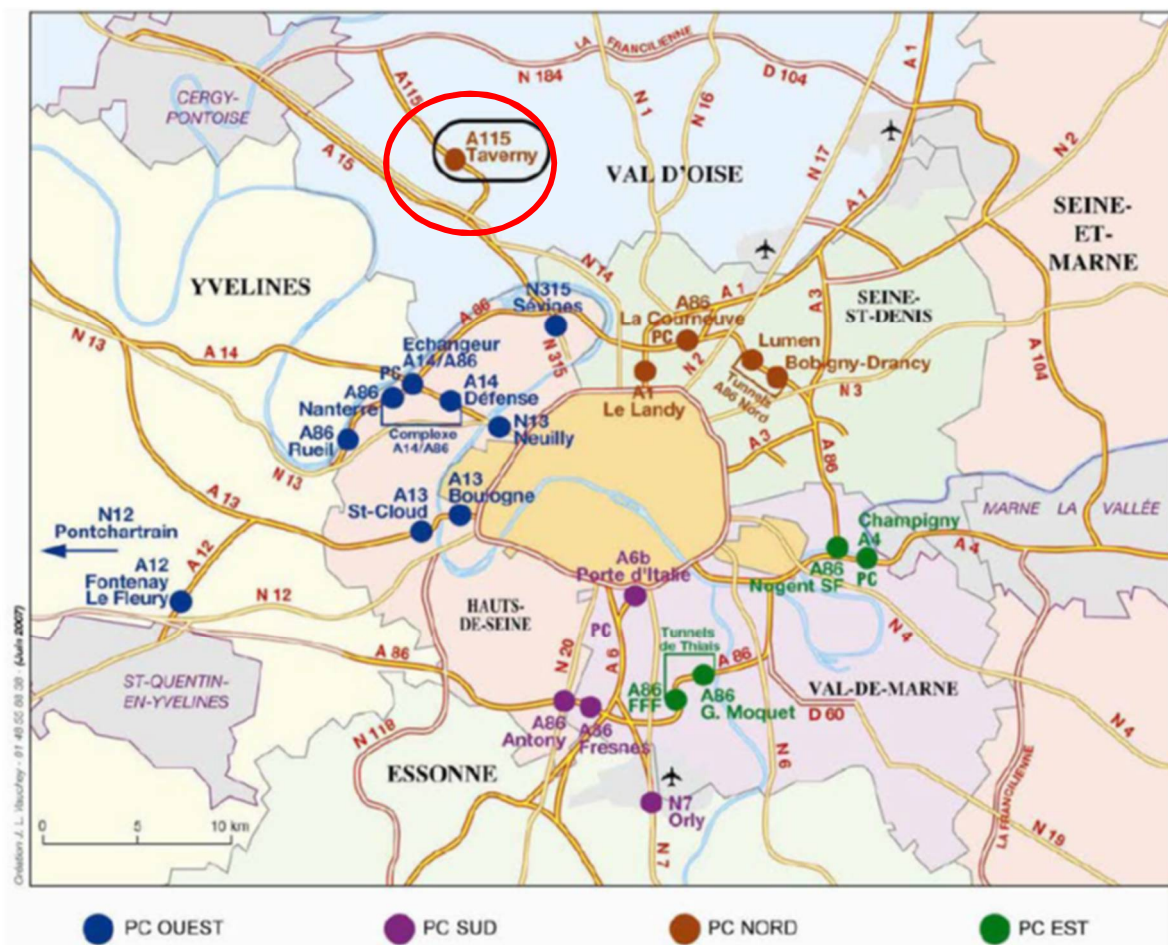


Figure 1 - Localisation de la tranchée couverte de Taverny

Orientée dans le sens Sud-Est / Nord-Ouest, elle est encadrée par l'échangeur n°4, à 400 m de la tête Sud de l'ouvrage, et l'échangeur n°5, à 400 m de la tête Nord.

La tranchée couverte de Taverny supporte essentiellement des espaces publics, et intercepte localement deux voiries orthogonales à l'ouvrage : la rue de Sedlcany, au Sud et la rue de Beauchamp au Nord, ainsi que le local technique.

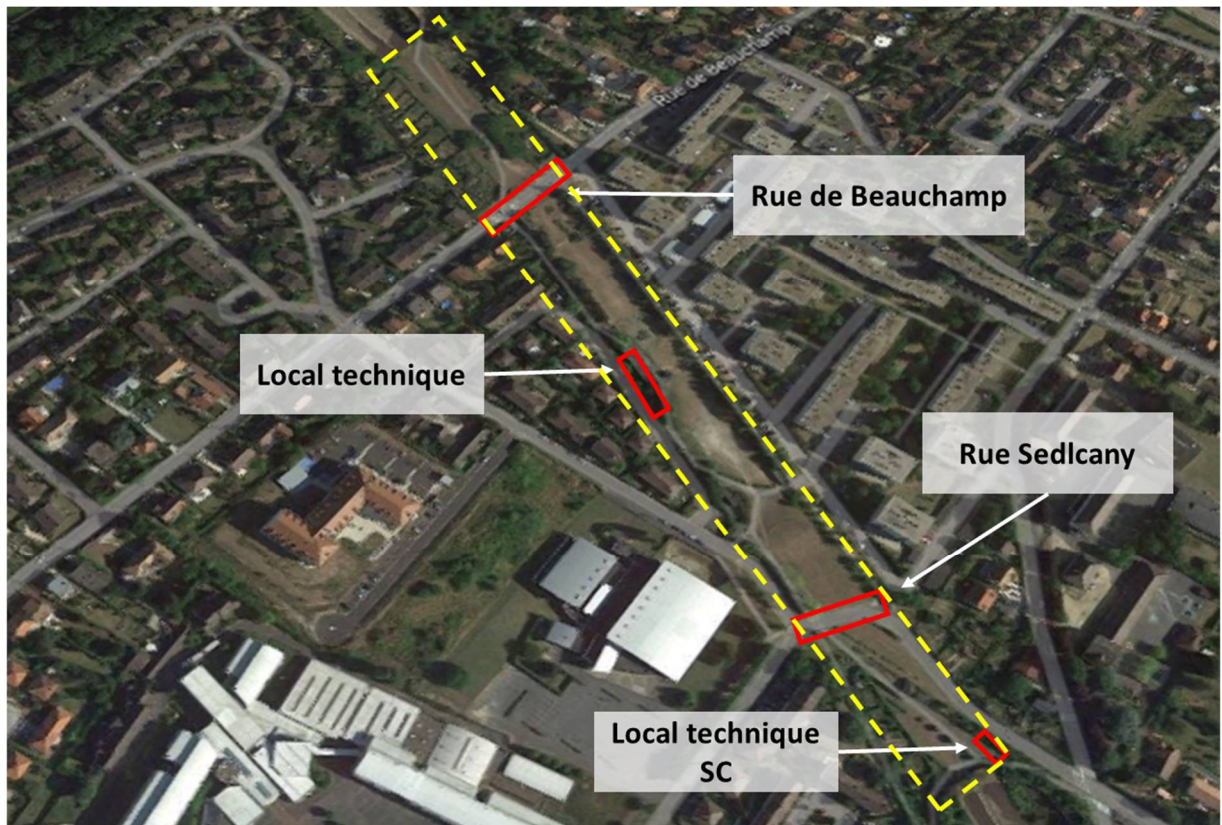


Figure 2 – Avoisinants de la tranchée couverte de Taverny

La tranchée comporte 4 issues de secours (2 par sens), 4 niches incendie et 4 niches de sécurité (2 par sens).

III.2. CLASSEMENT

Au sens de la Circulaire n° 2006-20, le tunnel de Taverny est classé de la manière suivante :

- Urbain,
- A deux tubes unidirectionnels,
- A trafic non faible,
- De gabarit supérieur à 3,5 m,
- De longueur supérieure à 500 m,
- Interdit aux transports de marchandises dangereuses,
- Avec un degré de surveillance D4 correspondant à une surveillance humaine permanente.

IV. INSTALLATION EXISTANTE

IV.1. GENERALITES :

Le contrôle des différents équipements pilotés par la GTC est accessible depuis le PCTT de Saint-Denis, poste où sont renvoyées les alarmes de la GTC et à partir duquel sont déclenchés les contrôles-commandes en cas d'incidents techniques, d'accident ou d'incendie.

L'ensemble de la "chaîne de contrôle-commande GTC" est regroupé sous la terminologie "SI Tunnels" (Système d'informations Tunnels).

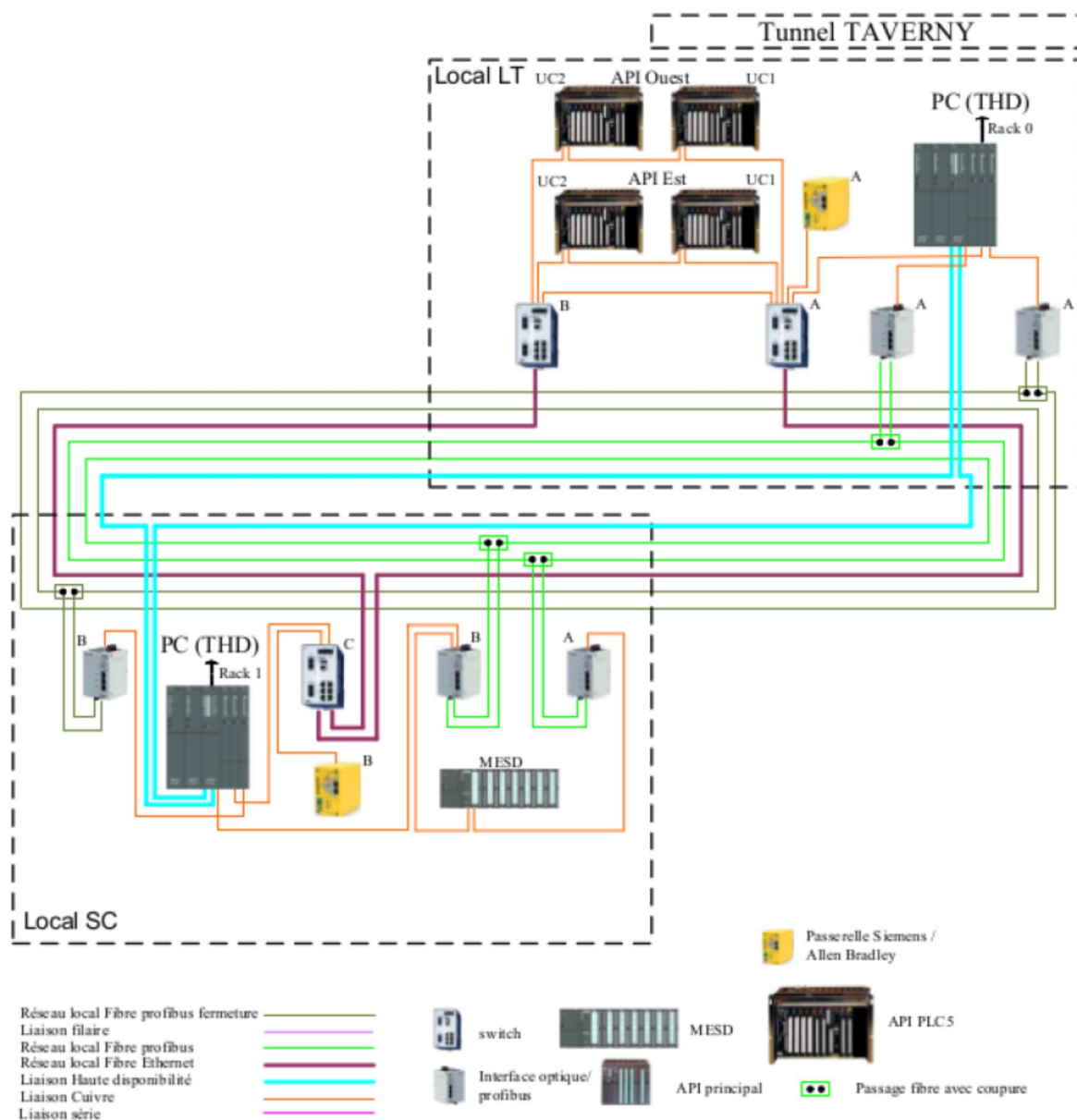
Depuis les locaux techniques du tunnel de Taverny, l'exploitant peut prendre la main de façon exclusive (en mode local) sur l'ensemble des équipements du tunnel.

Suite à l'implantation de nouveaux équipements dans le tunnel, l'architecture de la GTC a été modifiée : l'ancienne GTC a été conservée et a été raccordée à la nouvelle.

En ce qui concerne le fonctionnement de la nouvelle GTC, elle gère les équipements du tunnel de Taverny à partir d'un automate redondant : un automate est implanté dans le local TC Taverny, l'autre dans le local SC Taverny.

Les MESD implantés dans le local SC permettent de centraliser l'ensemble des entrées / sorties propres à ce local.

IV.2. SCHEMA DE L'ARCHITECTURE EXISTANTE



IV.3. HIERARCHISATION DE LA GTC

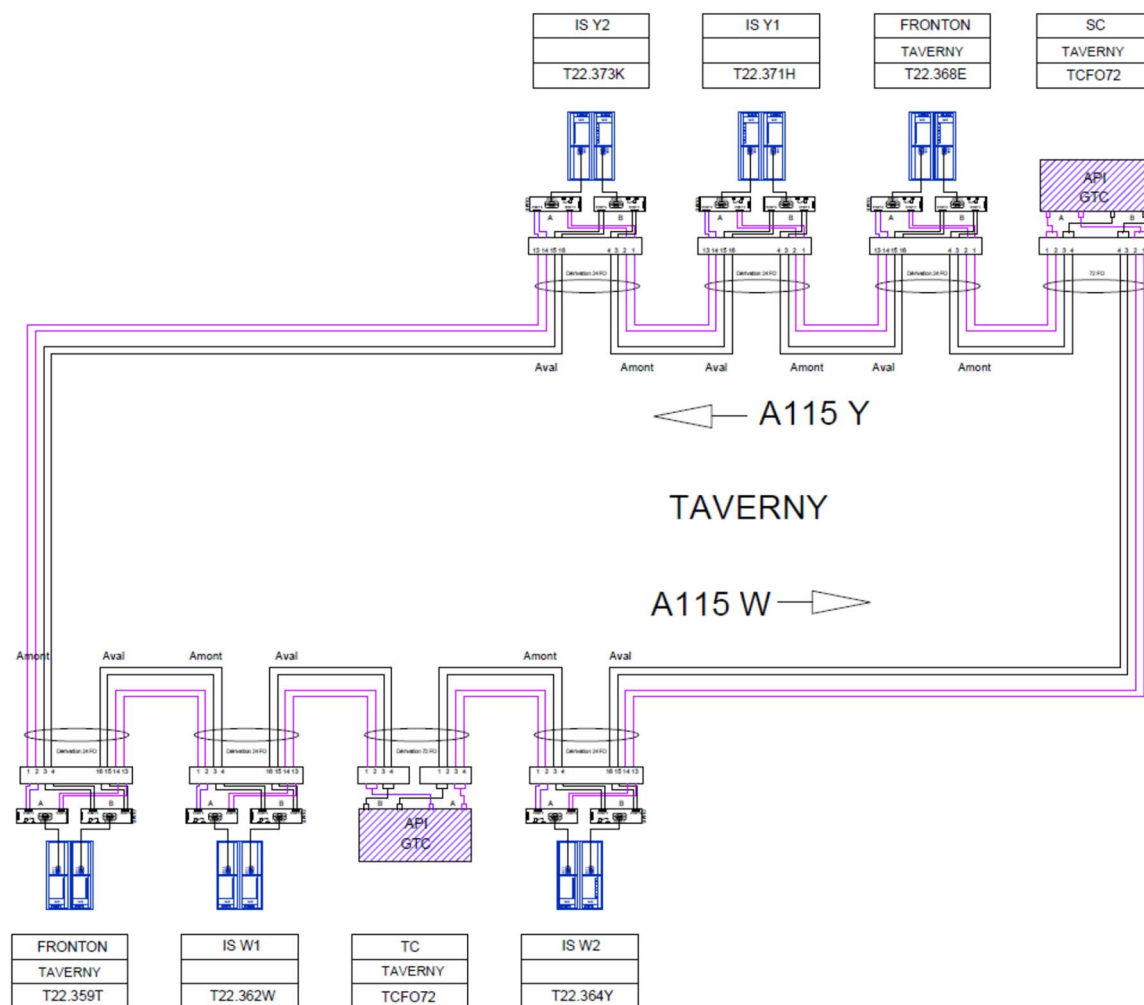
Les différents niveaux hiérarchiques de la GTC sont les suivants :

Niveau 1 : Capteurs et actionneurs (reports de position, commandes, alarmes et défauts) :

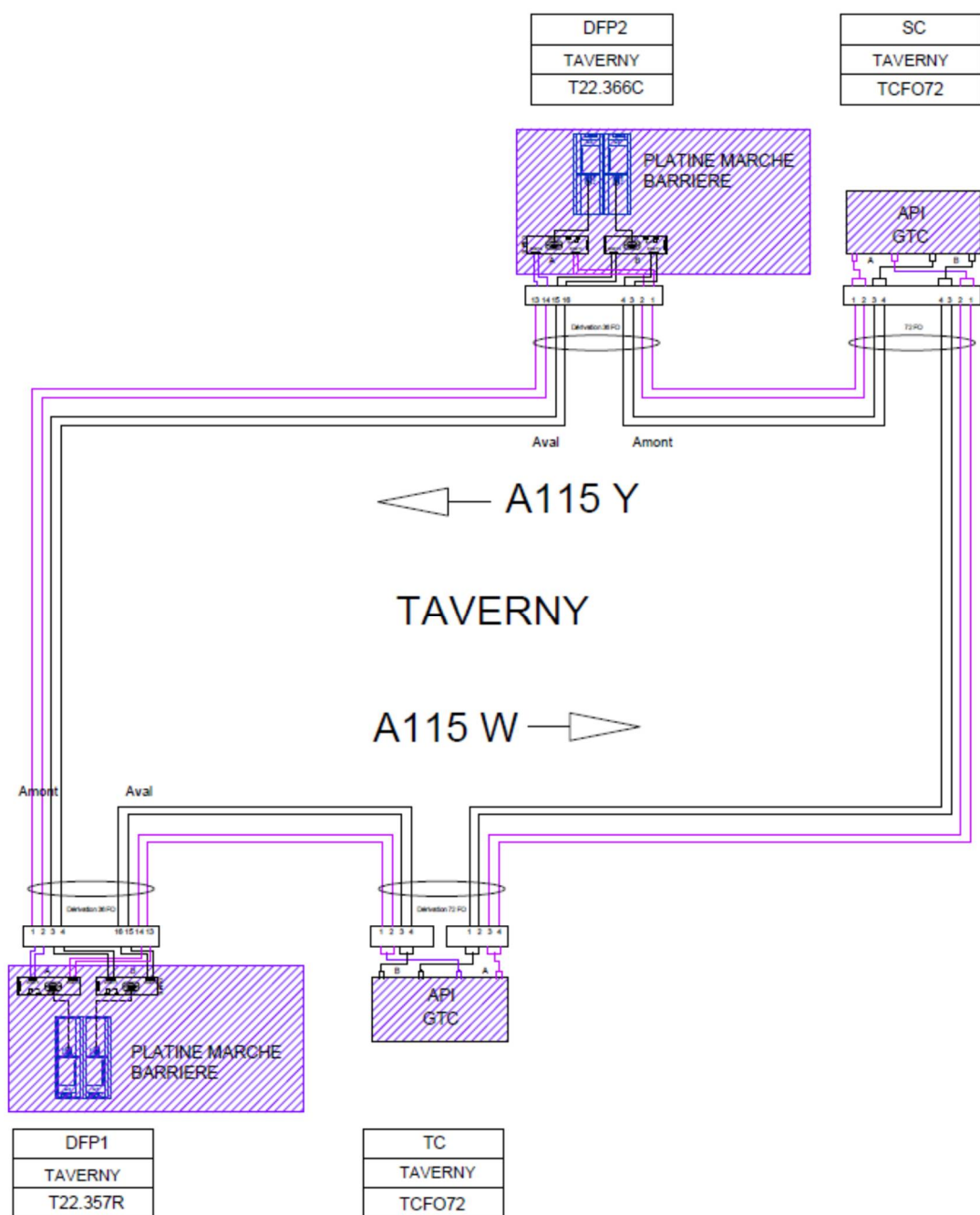
- énergie (arrivée ErDF, transformateurs, onduleurs...)
- éclairage tunnel, éclairage de sécurité
- système de désenfumage et ventilation sanitaire
- informations liées à la sécurité (décroché extincteur, ouverture des issues de secours, jeux flash, feux d'arrêt type R24, barrières, alarmes DAI)
- auxiliaires (détection incendie...)

Niveau 2 : Réseau de terrain (réseaux locaux profibus)

Le tunnel est équipé de deux réseaux de terrain Profibus (dénomination : PSTsc et PST/DFP) sécurisés en anneau permettant de contrôler et commander les différents équipements via des modules d'entrées/sorties déportés (MESD). Les MESD sont positionnés dans les PST, dans les issues de secours, à l'extérieur du tunnel et dans les locaux techniques.



détail du réseau redondé local profibus DFPsc (dit aussi réseau général)



détail du réseau redondé local profibus PST-DFP (dit aussi réseau fermeture)

Niveau 3 : automates

Automates « géographiques multimétiers »

Une partie des anciens équipements reste raccordé aux API redondés de l'ancienne génération (Allen Bradley PLC5 modèle 40E) :

- ventilation
- éclairage
- énergie
- capteurs
- secours

Pour chaque tube il existe un automate PLC5 redondé, tous localisés dans le local LT Taverny.

Automates principaux

Les nouveaux équipements sont raccordés (via une passerelle) sur un nouvel automate redondant Siemens S7 414H : les CPU et les communications sont doublées, localisées dans des locaux différents (local LT et local SC).

Les automates Siemens assurent les fonctions suivantes :

- le recueil des informations et mesures des équipements provenant des MESD
- La gestion des modes (local, maintenance, distant)
- les comptes rendus vers le poste d'exploitation et de supervision
- l'exécution des commandes en provenance du poste d'exploitation

Les automates Siemens sont raccordés :

- au réseau Très Haut Débit (RTHD) de la Dirif pour les échanges de données avec le PCTT
- au réseau de terrain dans le tunnel pour les échanges de données avec les MESD
- aux API de l'ancienne GTC (Allen Bradley) qui gèrent certains équipement et font remonter les informations par l'intermédiaire d'une passerelle.

Niveau 4 : réseau de transmission

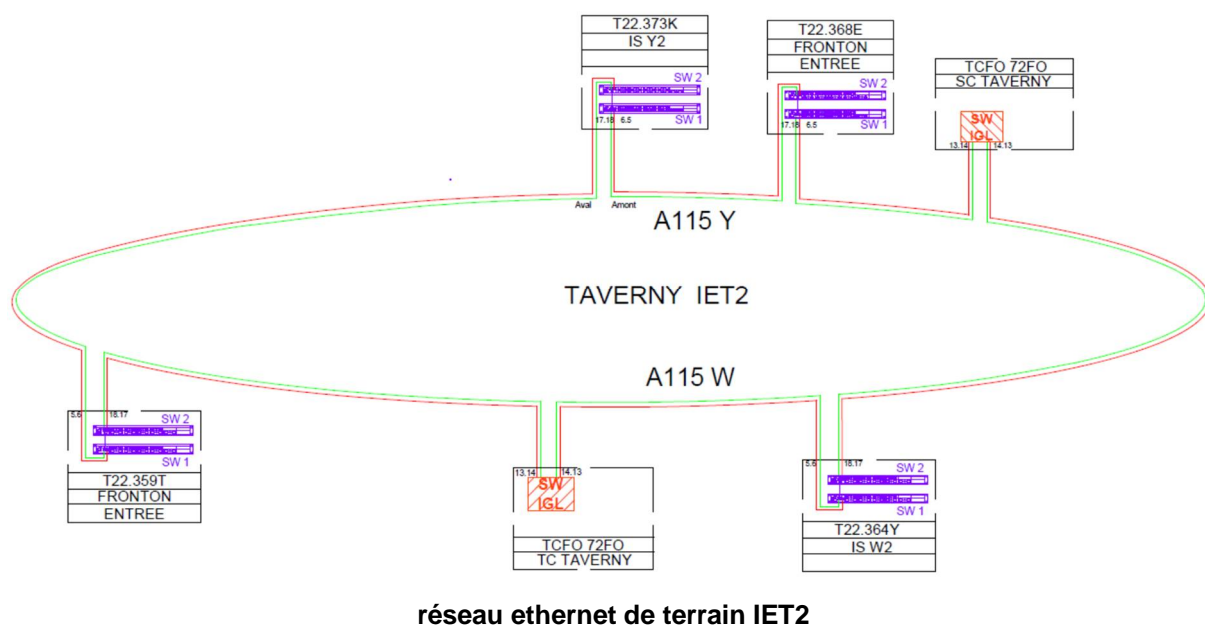
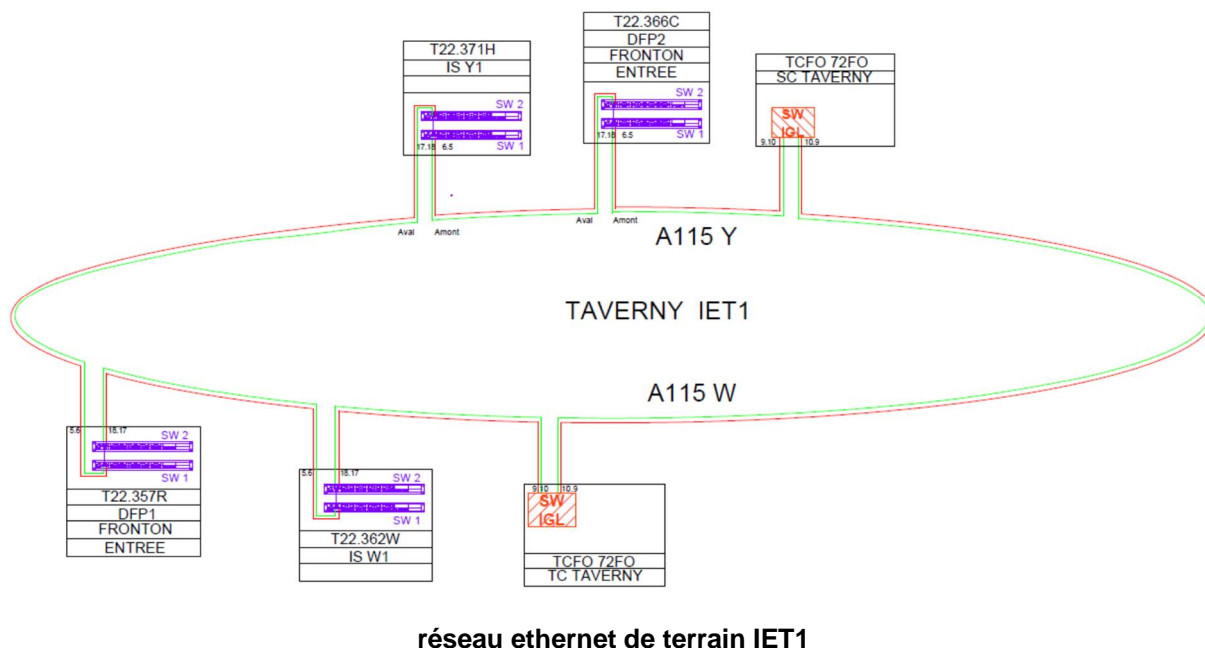
Réseau THD

Le réseau de transmission RTHD est un réseau à haut débit (10 Gigabits/seconde), il assure le transport des données entre les automates GTC présents dans les locaux techniques du tunnel (TC TAV et SC TAV) et les serveurs GTC situés au PCTT-N.

Ce réseau de transport assure aussi la collecte des données à l'intérieur du tunnel et permet leur acheminement vers les opérateurs situés en PCTT.

Réseaux IET1 et IET2

Le tunnel de Taverny est couvert sur toute sa longueur par deux réseaux de transport de données basés sur le protocole Ethernet. Ces réseaux appelés IET1 et IET2 sont constitués d'un ensemble de commutateurs Ethernet (niveau 2-modèle OSI), situés en issue, chaînés entre eux via des paires de Fibres optiques (FO). Chacun de ces commutateurs est alimenté par deux sources d'énergie distinctes issues des locaux techniques de tunnel (TC TAV et SC TAV).



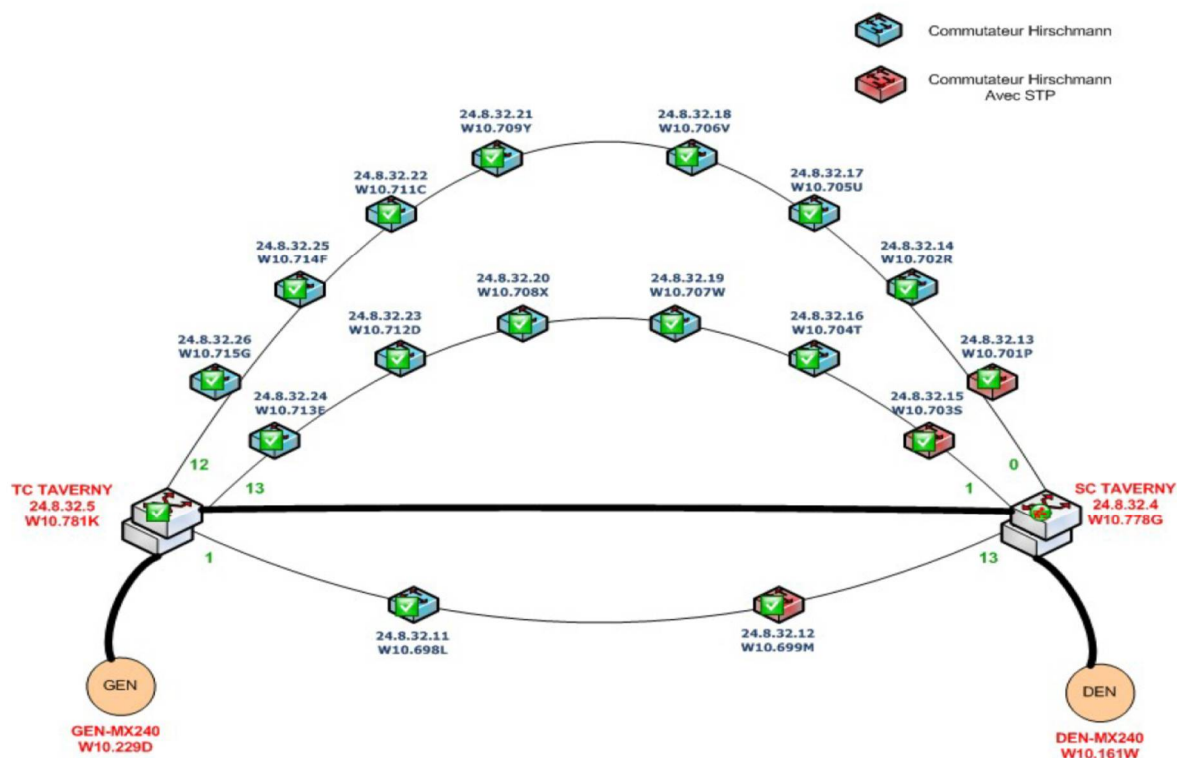
Réseaux IGL et IGL intérieur (l'IGL intérieur est dit aussi liaison haute disponibilité)

Ces commutateurs de niveau 2 et niveau 3 sont interconnectés avec le back-bone du RTHD (appelé IGE), par deux chemins distincts (réseau IGL), offrant ainsi un niveau de sécurisation supplémentaire sur le transport des données.

Les commutateurs de niveau 2 et 3 situés aux extrémités du tunnel sont aussi reliés entre eux par 2 liens FO (appelé IGL intérieur), transitant chacun par un tube différent du tunnel.

Cette architecture physique (chemins doublés et distincts) et logique (protocole d'auto cicatrisation de type STP) mise en place permet d'assurer la continuité dans la transmission de données entre les

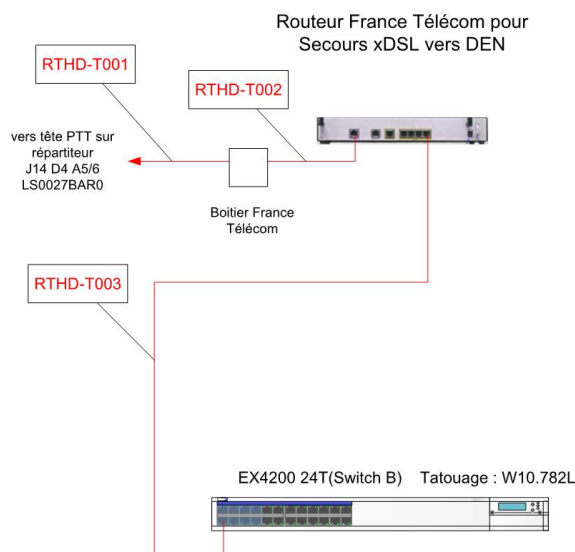
équipements situés en tunnel et ceux en PCTT, en cas de panne d'un commutateur situé en issue ou en extrémité de tunnel ou en cas de coupure d'un câble FO.



Liaison ADSL (prévu)

En prévision du risque de perdre tous les deux commutateurs de niveau 2 et 3 (exemple, cas de vandalisme ou double défaut d'énergie), il est prévu une liaison ADSL louée à un opérateur privé.

Cette liaison a pour objet de relier le TC TAV au PCTT-DEN via un troisième cheminement, afin d'assurer la transmission des informations de la GTC en cas de défaillance du RTHD.



Niveau 5 - PC Supervision

Le système de traitement des informations est installé au Poste de Contrôle Commande de Saint-Denis. Ce poste de supervision et d'exploitation est constitué d'équipements qui assurent l'interface avec l'opérateur et le terrain. Plusieurs postes de supervision assurent la redondance de l'interface de commande.

Le système de gestion centralisé est uniforme à l'ensemble des PC gérant les tunnels d'Ile de France, ce qui permet en cas de perte de la liaison avec le PCTT de Saint Denis d'exploiter le tunnel de Taverny partir d'un autre PCTT secours (PC de Nanterre).

V. NATURE DES TRAVAUX ENVISAGES POUR LE REEMPLACEMENT DES AUTOMATES ALLEN BRADLEY

V.1. PREAMBULE

Les API Allen Bradley PLC5 ne sont plus produits et d'une génération assez ancienne, ils ont été installés en 1999. De ce fait leur maintenabilité pose question.

La totalité des informations et commandes liées à ces automates sont acheminées en liaisons cuivre.

L'API redondant PLC5 Est gérât environ 200 entrées TOR, 50 sorties TOR, 6 entrées ANA avant les mise en place du réseau rénové en 2012, il ne nous a pas été possible d'évaluer combien ont été déportées vers les nouveaux API avec les documents mis à notre disposition.

L'API redondant PLC5 Ouest gérât environ 200 entrées TOR, 50 sorties TOR, 7 entrées ANA avant les mise en place du réseau rénové en 2012, il ne nous a pas été possible d'évaluer combien ont été déportées vers les nouveaux API avec les documents mis à notre disposition.

Nous pouvons cependant supposer que la majeure partie des fonctionnalités supportées initialement par les API PLC5 sont inchangées, puisque certains sous-systèmes (ventilation et éclairage) sont toujours pilotés depuis ces API, et que les automates S7 414H assurent principalement les fonctions de communication avec le PCTT-N.

Lors du remplacement des automates Allen Bradley, une phase de basculement vers les API reprenant leurs fonctionnalités actuelles est à prévoir. En effet les nouveaux automates et leurs programmes devront être testés et validés sur site avant la mise en service des sous-systèmes liés.

Dans les chapitres suivants, nous vous présentons 3 propositions pour réaliser les travaux de remplacement des automates Allen-Bradley, suivi d'une synthèse.

V.2. PROPOSITION DE REMPLACEMENT « AUTOMATE POUR AUTOMATE » AVEC CONSERVATION DES LIAISONS CUIVRES FILAIRES EXISTANTES

Les nouveaux automates reprendraient les mêmes fonctions que les anciens API et serait réimplémentés au même niveau dans les boucles de réseau, tout en récupérant la totalité des entrées et la totalité des commandes en filaire (comme actuellement).

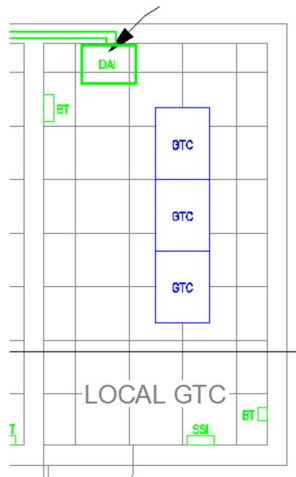
Cette solution présenterait les avantages suivants :

- faciliter les études de basculement par la réalisation de borniers images des borniers de terrains actuels et coffrets de basculement dans le local GTC (possibilité de retour arrière avec réalisation d'une armoire « Y » à commutateur permettant de basculer les liaisons cuivre)
- pas de modification l'architecture réseau existante,
- réencodage à l'identique des termes échangés avec les API connectés au réseau THD, sans la passerelle existante qui réalise l'adaptation de communication Allen Bradley / Siemens
- possibilité de réaliser les opérations tube par tube (contrainte d'exploitation moins importante)
- pas de modification fonctionnelles des automates Siemens S7 414H existants qui n'auront pas reprendre de nouvelles fonctions, uniquement une adaptation pour la communication avec les nouveaux automates remplaçant les Allen Bradley. Une version spécifique du programme des automates S7 devra être développée pour ce faire. Un retour en arrière pourra être effectué à n'importe quel moment des essais en réinjectant l'ancien programme dans le rack 0 et le rack 1 en même temps que le coffret « Y » sera basculé. Temps estimé de l'opération : 30 minutes de part l'éloignement du local SC du local LT dans lesquels sont situés les rack 0 et rack 1.

Les inconvénients sont les suivants :

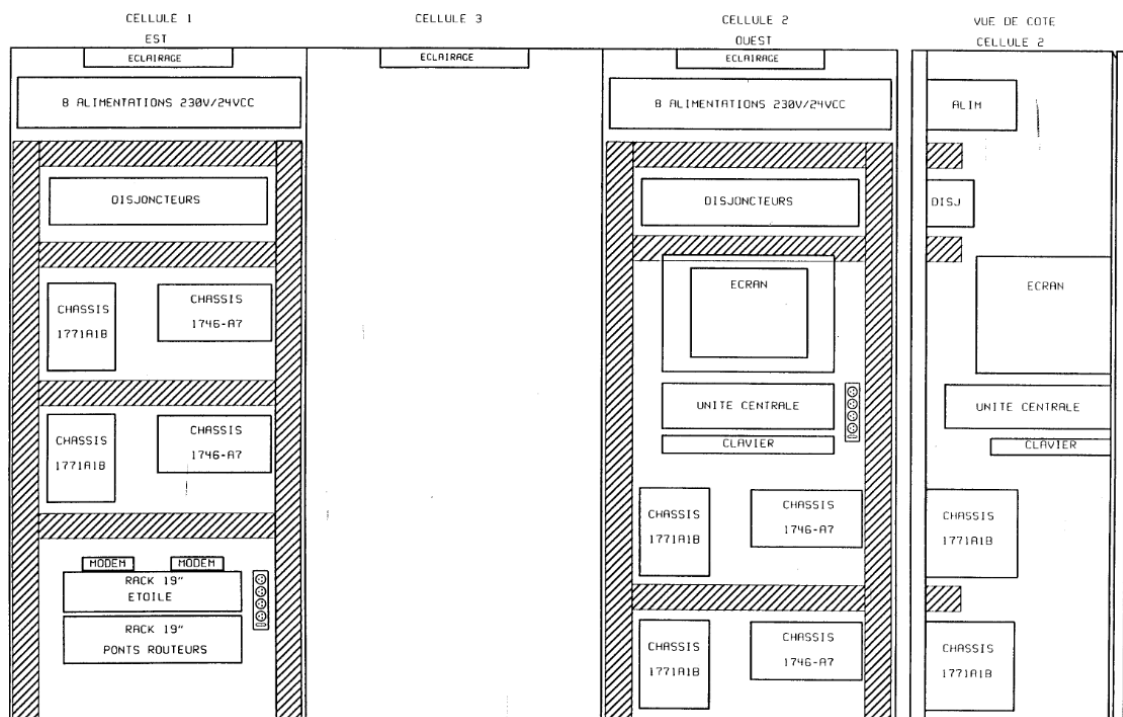
- réalisation de borniers images dans des coffrets de basculements provisoires de grandes dimensions avec mise en place dans le local GTC actuel (local exigu)
- mise en place des nouveaux châssis API en parallèle des châssis des PLC5 dans le local GTC actuel (local exigu)
- temps de câblage et d'essais des borniers images long, GTC indisponible pendant les essais du basculement (possibilité de tester le basculement tube par tube)
- lors de la rénovation des équipements (ventilation ou éclairage par ex.), certaines liaisons et borniers devront être modifiées par phase sur la nouvelle armoire de contrôle commande, le retour en arrière sur les PLC5 deviendra impossible car les PLC5 ne pourront pas gérer les nouveaux équipements
- les nouveaux équipements ne pourront pas forcément être pilotés en filaire comme actuellement
- gestion de plusieurs configurations de programme sur les nouveaux automates : installations existantes, provisoires (avec 1 ou 2 systèmes rénovés par ex.) et définitives, et nécessité de mettre en œuvre au début du projet le matériel qui permettra de supporter toutes les configurations de programme
- remplacement des liaisons filaires existantes cheminant en tunnel par des liaisons C1-SH. Il ne nous a pas été possible d'identifier le cheminement de ces liaisons filaires à l'aide des documents à notre disposition, ce point reste à évaluer,
- ne correspond pas au schéma directeur de la DIRIF.

Moyennant éventuellement le déplacement de coffrets muraux BT et SSI, la mise en œuvre physique apparaît possible dans le local GTC actuel.

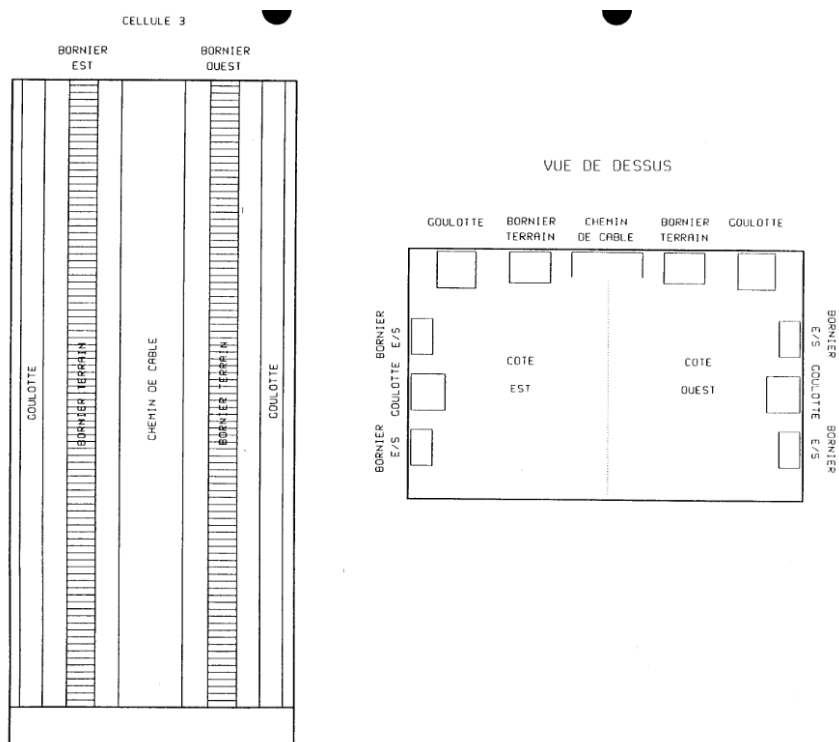


vue du local GTC existant contenant les API Allen Bradley, dans le LT Taverny

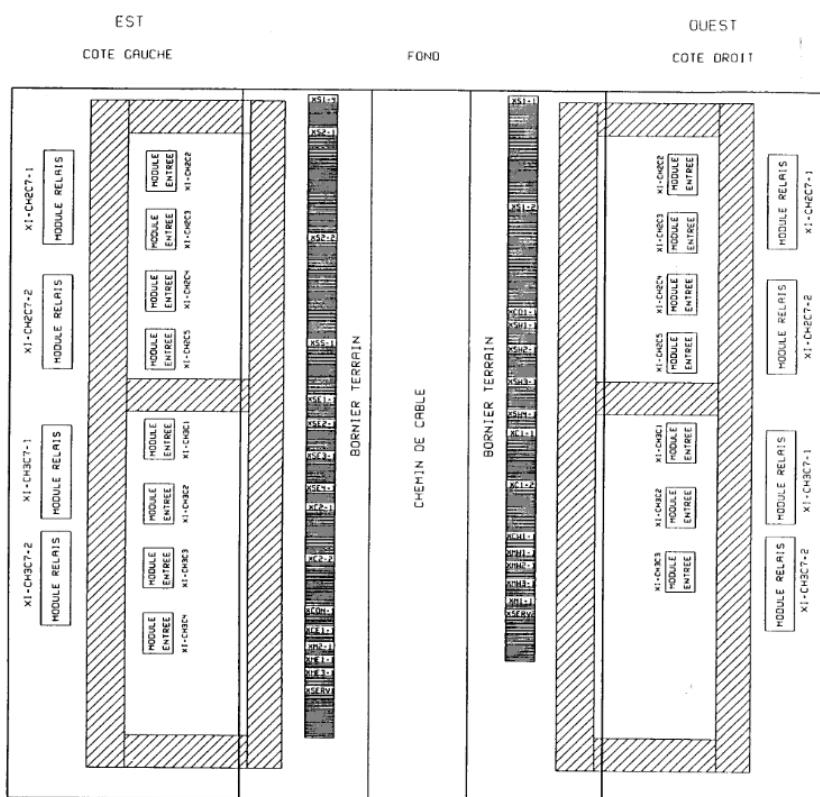
Il est à noter que les faces avant et arrière des 3 modules d'armoires GTC actuels sont équipées de matériels et borniers, l'accès lors des opérations de basculements doit rester possible sur toutes les faces.



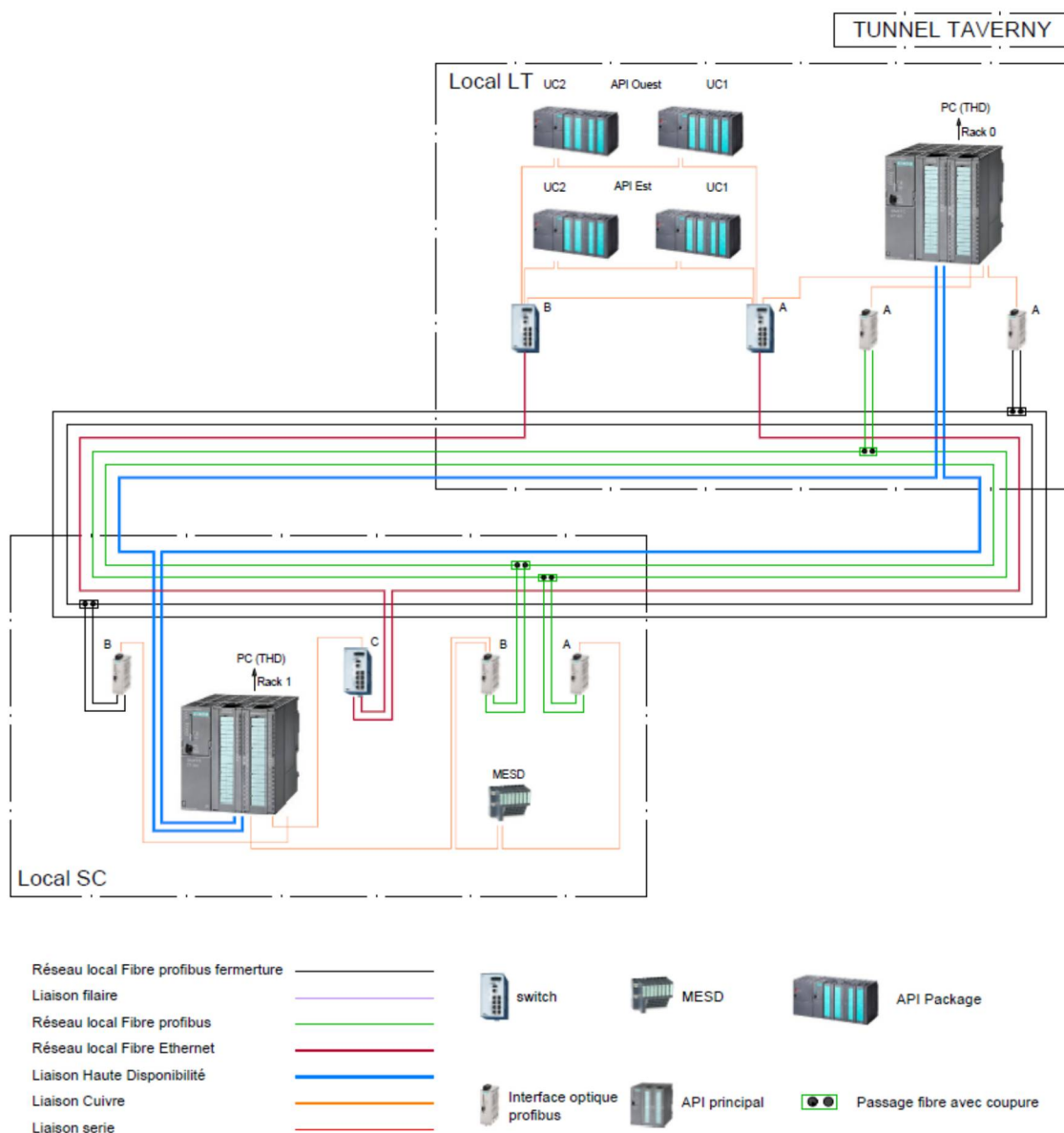
faces avant armoires contrôle commande existante



détail cellule 3



faces arrière armoires contrôle commande existante



architecture pour un remplacement automate pour automate avec conservation des liaisons filaires

V.3. REMPLACEMENT « AUTOMATE POUR AUTOMATE » AVEC SUPPRESSION DE LIAISONS FILAIRES ET MISE EN PLACE DE MESD

Les nouveaux automates reprendraient les mêmes fonctions que les anciens API et serait réimplémentés au même niveau dans les boucles de réseau, avec récupération de tout ou partie des entrées et commandes sur des MESD déportés auprès des équipements.

Les avantages seraient les suivants :

- encombrement moins important dans le local GTC actuel pendant toute la phase de basculement
- réalisation de borniers images et d'une armoire de basculement plus petits
- dépose des liaisons de contrôle commande filaire qui ne sont pas C1-SH
- pas de modification fonctionnelles des automates Siemens S7 414H existants, uniquement de la communication

Les inconvénients sont les suivants :

- création de boucles FO de terrain (profibus) pour mise en œuvre des MESD dédiés à ces automates, et raccordement sur les points d'accès existants dans les PST, IS et DFP avec utilisation des FO en réserve
- difficulté à s'assurer de l'exhaustivité des basculements nécessaires étant donné les lacunes du DOE et des informations effectivement traitées par les API PLC5 à ce jour
- difficulté à repérer les cheminements de câbles existants qui peuvent transiter en direct jusqu'au borniers terrain du local GTC, sans pouvoir être facilement ramenés sur des borniers images qui seraient mis en place dans les PST, IS ou DFP
- possibilité de réaliser les opérations tube par tube (contrainte d'exploitation moins importante)
- nécessité d'une bonne coordination avec la mise en place des nouveaux sous-systèmes sur le terrain

Cette solution est intéressante pour certains sous-systèmes, qui viendraient à être remplacés et dont le mode de fonctionnement serait différent des sous-systèmes existants, plus particulièrement la gestion de l'éclairage et la gestion des accélérateurs, une partie de la nouvelle distribution électrique. Ces sous-systèmes seraient pilotés via des MESD locaux.

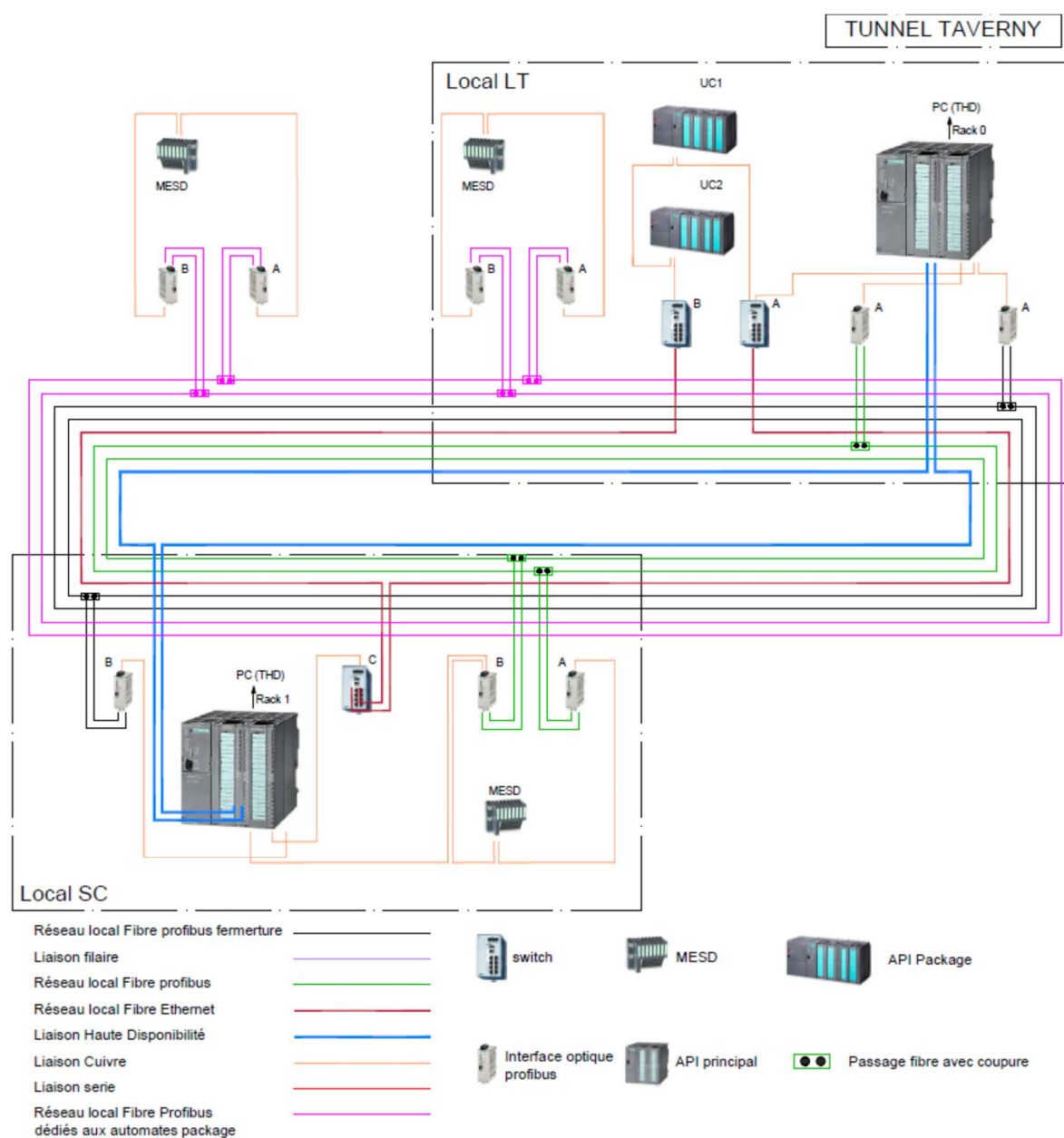
Sans les négliger, les autres informations et commandes remontées actuellement aux PLC5 pourrait être traitées « à la marge », c'est à dire que l'on continuerait à procéder à leur acquisition en filaire cuivre, en les reprenant dans le local GTC où elles arrivent déjà, avec coffret de basculement en « Y » pour effectuer la validation, comme présenté dans la solution précédente.

Ainsi on opère une désactivation progressive des PLC5 (par inhibition des E/S filaires et des termes échangés sur le réseau) au fur et à mesure de la mise en service des équipements qui seraient remplacés, avec activation progressive des nouveaux API qui seraient insérés sur le réseau au début de l'opération.

Les nouveaux API et les Allen Bradley coexisteraient sur le réseau, chacun traitant des sous-systèmes différents, pendant le temps de la rénovation de la tranchée couverte de Taverny.

Ainsi les opérations de basculement local seraient simplifiées puisque la mise en place des nouveaux API se ferait étape par étape, au même rythme que la mise en place des nouveaux équipements dans le tunnel.

Les automates de communication S7 et la supervision au PCTT-N seraient modifiés à chaque étape de mise en service d'un nouveau système piloté par les automates « géographique multimétier »



architecture pour un remplacement automatique pour automate avec mise en place de MESD

V.4. INTEGRATION DES FONCTIONNALITES DES PLC5 DANS LES AUTOMATES S7

Les automates S7 existants reprendraient les mêmes fonctions que les anciens API. La boucle réseau des automates Allen Bradey, avec récupération de tout ou partie des entrées et commandes sur des MESD déportés auprès des équipements. Ces MESD seraient raccordés sur les réseaux profibus de terrain existants des automates S7.

Les avantages seraient les suivants :

- encombrement moins important dans le local GTC actuel pendant toute la phase de basculement
- réalisation de borniers images et d'une armoire de basculement plus petits
- dépose des liaisons de contrôle commande filaire qui ne sont pas C1-SH
- utilisation des boucles FO de terrain (profibus) existantes pour mise en œuvre des MESD dédiés à ces automates, et raccordement sur les points d'accès existants dans les PST, IS et DFP
- principe déjà mis en œuvre dans les autres tunnels de la DIRIF et en cohérence avec le schéma directeur

Les inconvénients sont les suivants :

- difficulté à s'assurer de l'exhaustivité des basculements nécessaires étant donné les lacunes du DOE et des informations effectivement traitées par les API PLC5 à ce jour
- difficulté à repérer les cheminements de câbles existants qui peuvent transiter en direct jusqu'au borniers terrain du local GTC, sans pouvoir être facilement ramenés sur des borniers images qui seraient mis en place dans les PST, IS ou DFP
- modification importante des automates S7 pouvant pénalisant la flexibilité de l'exploitation car les S7 sont liés aux deux tubes
- changement probable de la CPU des S7 pour conserver un bon temps de traitement avec la mise en œuvre de programme plus complexe
- nécessité d'une bonne coordination avec la mise en place des nouveaux sous-systèmes sur le terrain

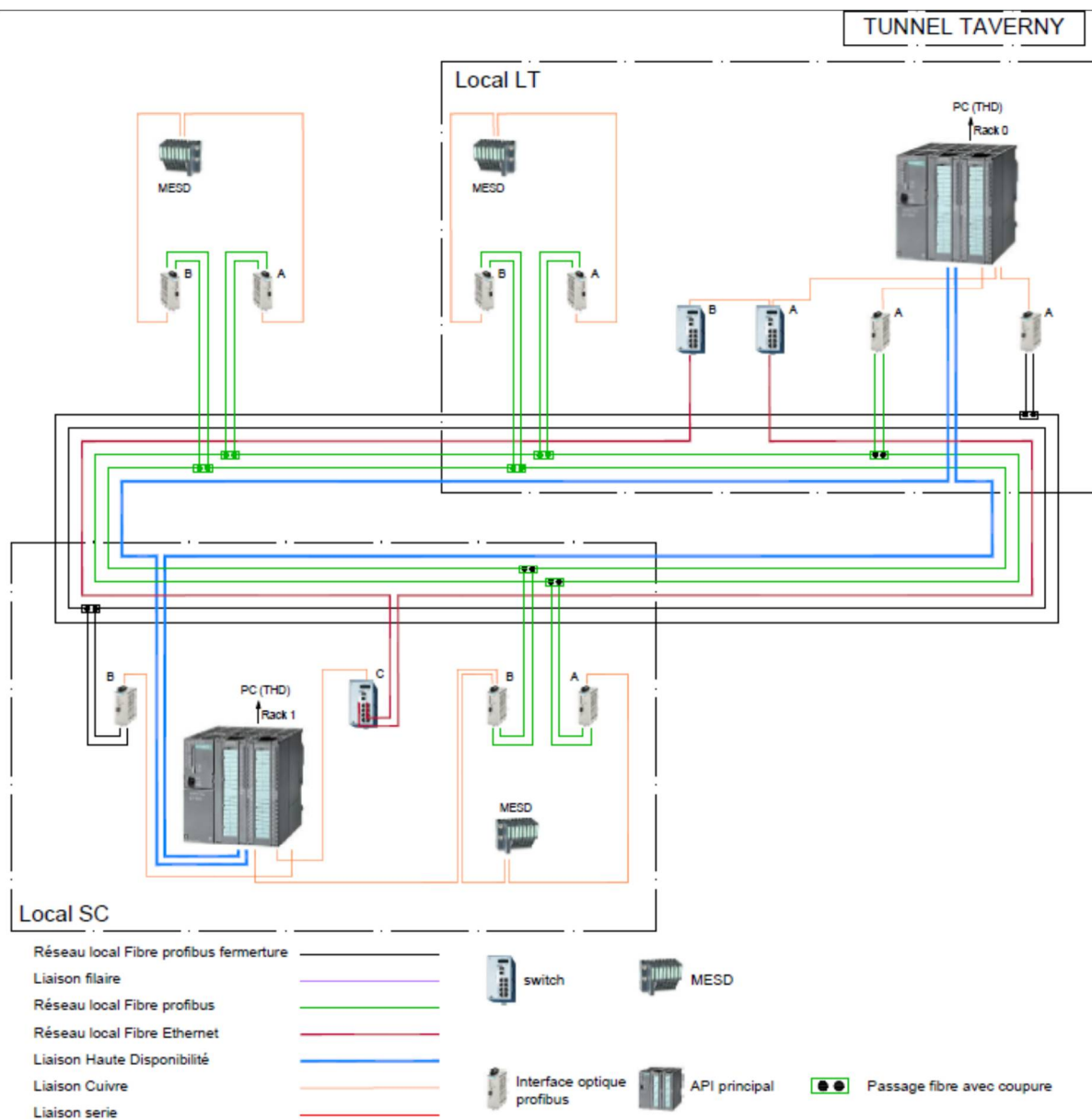
Comme pour la solution présentée au paragraphe précédent, cette solution est intéressante pour certains sous-systèmes, qui viendraient à être remplacés et dont le mode de fonctionnement serait différent des sous-systèmes existants, plus particulièrement la gestion de l'éclairage et la gestion des accélérateurs, une partie de la nouvelle distribution électrique. Ces sous-systèmes seraient pilotés via des MESD locaux.

Les autres informations et commandes remontées actuellement aux PLC5 pourrait être traitées « à la marge », c'est à dire que l'on continuerait à procéder à leur acquisition en filaire cuivre, en les reprenant dans le local GTC où elles arrivent déjà, avec coffret de basculement en « Y » pour effectuer la validation, comme présenté dans la solution précédente. Néanmoins au contraire de la solution précédente, ces informations filaires devront être dans ce cas dédoublées pour permettre leur acheminement au S7 rack1 situé dans le local Taverny SC.

Ainsi on opère une désactivation progressive des PLC5 (par inhibition des E/S filaires et des termes échangés sur le réseau) au fur et à mesure de la mise en service des équipements qui seraient remplacés, avec activation progressive des nouvelles fonctions de GTC dans les S7.

Ainsi les opérations de basculement local seraient grandement simplifiées puisque la mise en place des nouvelles fonctions se feraient étape par étape, au même rythme que la mise en place des nouveaux équipements dans le tunnel.

Les automates de communication S7 et la supervision seraient modifiés à chaque étape de mise en service d'un nouveau système piloté par S7.



architecture avec intégration des fonctionnalités des PLC5 dans les S7

Durant la phase PRO, des schémas complets représentant l'état initial, l'état projeté ainsi que les différentes phases de basculement seront réalisés.

V.5. SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTES PROPOSITIONS

	Remplacement automate pour automate avec conservation des liaisons filaires	Remplacement automate pour automate avec mise en place de MESD	Intégration des fonctionnalités existantes dans les S7-414-4H
Coût matériel	-	-	+
Coût du basculement	-	+	+
Facilité de basculement	--	++	+
Souplesse d'exploitation en phase travaux	-	++	+
Adaptabilité aux nouveaux équipements	-	+	+
Homogénéité avec les architectures GTC Dirif	--	-	+

Nous recommandons la solution d' « intégration des fonctionnalités existantes dans les S7 » du fait de sa conformité avec le schéma directeur de la DIRIF et de la possibilité de reprise des boucles FO de terrain (profibus) existantes pour mise en œuvre des MESD dédiés à ces automates. De plus et compte tenu de l'externalisation de la maintenance, cette solution paraît la plus homogène.

Quel que soit la solution retenue, nous évoquons les points suivants qui nous paraissent importants :

- nous recommandons la mise en place d'une plateforme automatisme « en atelier » par l'entreprise qui sera chargée de la réalisation des travaux. Cette plateforme simulera l'architecture réelle du réseau de la TC Taverny, et simulera la communication au PCTT-N. Cette plateforme permettra de réduire les aléas rencontrés lors de la mise en œuvre sur site et de valider les écritures des programmes intermédiaires
- toute modification du phasage en cours de projet (ordre de mise en œuvre des sous-systèmes rénovés) aura un impact sur les programmes d'automatisme intermédiaires (réécriture des programmes)
- il sera nécessaire de mettre à disposition de l'entreprise qui réalisera les travaux, la totalité des programmes automates existants et leur environnement logiciel (pas uniquement les « binaires »)
- il n'y aura pas de modification à apporter au PCTT de Nanterre car la redondance GTC est désormais gérée par virtualisation
- une réunion avec le titulaire du marché MIIST sera planifiée en début de phase PRO.

VI. PRISE EN COMPTE DES NOUVEAUX EQUIPEMENTS ET IMPACTS SUR LA GTC ET LA SUPERVISION

VI.1. PRISE EN COMPTE DE LA NOUVELLE ARCHITECTURE DE LA DISTRIBUTION ELECTRIQUE

La nouvelle architecture électrique devra être prise en compte par les nouveaux API et les informations remontées au PCTT Saint-Denis.

Cela entraînera une modification des API reliés au réseau THD pour ajouts et modifications de termes de communication, et qui entraînera également une modification de la supervision au PCTT Saint-Denis.

Cette solution peut s'effectuer de façon relativement simple par la mise en place de MESD et leur raccordement soit aux automates « géographique multimétier » soit aux automates S7.

VI.2. PRISE EN COMPTE DES ANEMOMETRES

Les nouveaux anémomètres seront raccordés à un des réseaux profibus existants, leurs informations seront remontées à la GTC au niveau des PST.

VI.1. PRISE EN COMPTE DES PAU

Les PAU actuels sont analogiques et les nouveaux PAU seront de technologie voix sur IP. Ils pourront être raccordés aux réseaux IET1 et IET2 qui possèdent un point d'accès dans les issues des tunnels.

Le PCA qui gère les PAU voix sur IP est différent de celui qui gère les PAU analogiques.

Ainsi et à la suite des travaux, les PCA des PCTT Saint-Denis et PCTT Nanterre ne centraliseront plus les appels. Ces derniers seront directement gérés par le SI Phonie, qui a notamment en charge les Téléphones de SEcurités dans les IS (TSE), et le PCTT Nord qui exploite d'ores et déjà des PAU en niches des tunnels Landy et Bobigny.

Les PAU analogiques existants seront déposés.

Le système PAU existant et le nouveau système PAU n'ayant pas de liens fonctionnels avec la GTC, et le PCA étant généralement à même d'effectuer un diagnostic des appareils à distance, il n'est pas forcément nécessaire de remonter des informations issues des PAU à la nouvelle GTC locale. Le cas échéant les PAU seront raccordés directement sur le THD.

VI.2. PRISE EN COMPTE DES NOUVEAUX ACCELERATEURS (OPTIONNEL)

VI.2.1. Logique de pilotage existante

Les accélérateurs actuels sont actuellement commandables en tout ou rien, sans variation de puissance, avec prise en compte de divers paramètres pour la ventilation sanitaire (temps de fonctionnement total, temps minimal de fonctionnement et de mise au repos...).

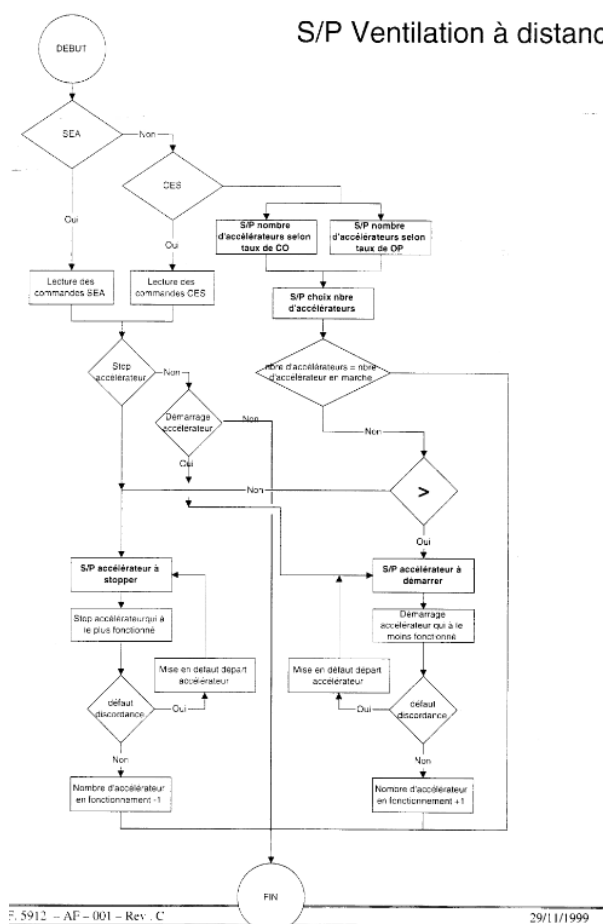
Pour la ventilation sanitaire, la gradation se fait en allumant le nombre d'accélérateurs requis (suivant seuil de déclenchement OP et CO).

Le nombre d'accélérateurs à mettre en fonctionnement est alors déterminé de la manière suivante (un accélérateur représentant 12,5% de la puissance disponible dans un tube :

Niveau commande	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Nb. accél. activés	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	8
Puissance réelle	0%	12,5%	25%	37,5%	50%	50%	67,5%	75%	87,5%	100%	100%

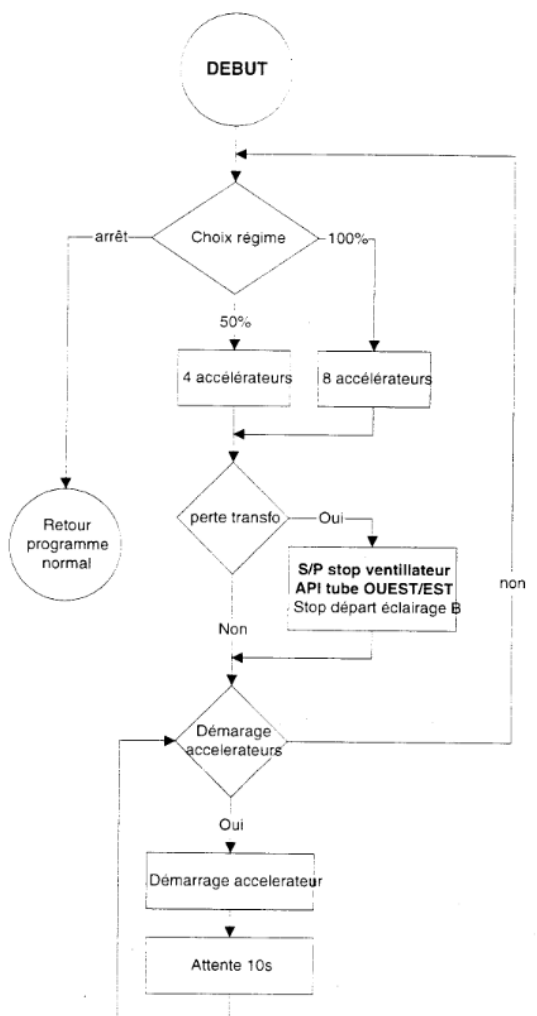
Lorsque les valeurs instantanées mesurées par les capteurs dépassent 150 ppm pour le CO ou 5 km⁻¹ pour l'opacité, la GTC affiche une alarme destinée à l'opérateur du PC pour le déclenchement d'un scénario de ventilation de désenfumage.

extrait du dossier de sécurité 2014



Extrait de la logique de commande des accélérateurs pour la ventilation sanitaire

Pour la ventilation de désenfumage, seuls les accélérateurs du tube dans lequel s'est produit l'incident, sont mis en service (ventilation longitudinale et non recyclage des fumées).



Extrait de la logique de commande des accélérateurs pour la ventilation de désenfumage

VI.2.2. Adaptation future

Dans le cadre de leur remplacement, les nouveaux accélérateurs seront probablement pilotés par variation de fréquence qui est le standard actuel du marché, ce qui entrainera la production d'un module de programme adapté au pilotage de ces équipements. Ce module pourra être mis en œuvre dans les nouveaux API installés. La gradation de la ventilation sanitaire pourra se faire par variation de fréquence de chaque unité, sans exclusion d'autres méthodes.

Les capteurs NO2 seront intégrés dans la logique de pilotage des accélérateurs pour déclencher la ventilation sanitaire en cas de dépassement de seuils prédéterminés.

Cette mise à niveau du pilotage due au remplacement des accélérateurs peut être effectuée de façon à être transparente pour un opérateur au PCTT Saint-Denis, la communication entre Taverny et Saint-Denis, ainsi que la supervision, ne seront pas nécessairement modifiées pour ce sous-système dans ce cas.

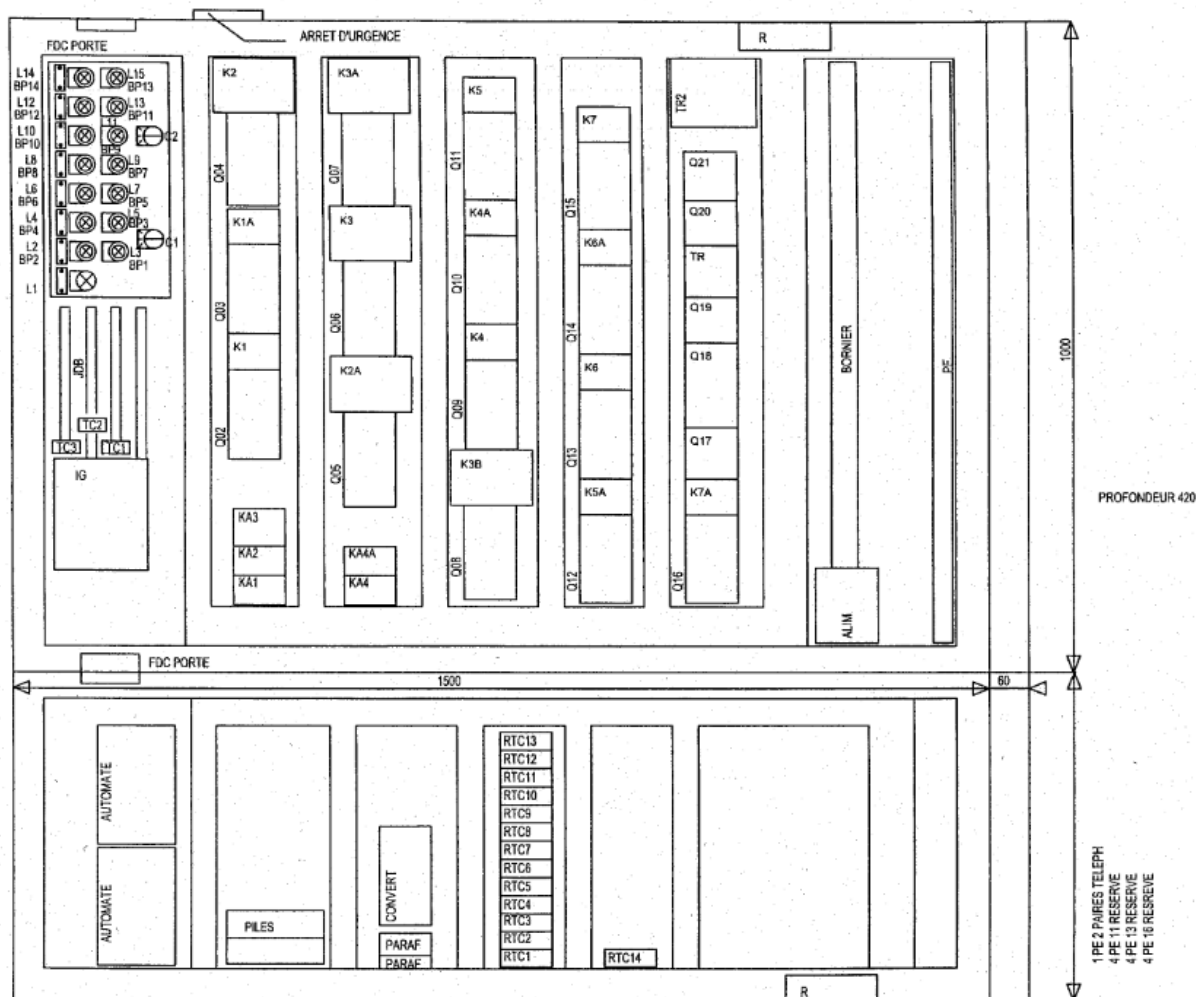
VI.3. PRISE EN COMPTE DES ECLAIRAGES (OPTIONNEL)

VI.3.1. Logique de pilotage existante

L'éclairage de base du tunnel est géré par une horloge :

- de 22h à 6h : nuit éco (sécurité)
- de 6h au lever du soleil : nuit
- du lever au coucher du soleil jour
- du coucher du soleil à 22h : nuit

L'éclairage de renforcement est géré par les luminancemètres (sortie en 4-20mA) et un automate dédié à la gestion de l'éclairage.



Plan d'équipement du coffret existant de pilotage des luminaires

Les circuits de distribution d'éclairage 2, 3, A et B sont munis de contacteurs pilotés par l'horloge et les luminancemètres via un API dédiée. Le circuit 1 est toujours en service (éclairage de sécurité).

a) Eclairage

Il existe différents mode d'éclairage. Chacun d'eux consistant à combiner plusieurs circuits en fonction d'une programmation horaire et des conditions de luminosités du moment. Ces circuits sont :

- circuit 1 : source fluo (Nuit Réduit)
- circuit 2 : source fluo (Nuit)
- circuit 3 : lampe SHP 70W (Jour)
- circuit A : lampe SHP 100,150 ou 400W (Renforcement A)
- circuit B : lampe SHP 100,150 ou 400W (Renforcement B)

(1) mode distant/automatique

(a) Eclairage de base

L'éclairage de base est asservi à une valeur d'horloge paramétrable à partir des postes de supervision.

Trois régimes d'éclairage de base sont définis. Chacun d'eux correspondant à la commande de 3 circuits distincts :

- **Régime JOUR (J)** => Alimentation des circuits 2 & 3
- **Régime NUIT (N)** => Alimentation des circuits 2

Le Régime nuit réduit (circuit 1) est allumé en permanence. Ce circuit n'est pas commandé par l'automate. Il permet d'assurer un éclairage minimum dans tous les cas de figure.

A tout moment les opérateurs peuvent basculer en mode manuel/distant afin de commander l'éclairage à partir des postes de supervisions

(b)Eclairage de renforcement

Le luminancemètre génère un signal analogique 4-20mA.

Toutes les minutes et pendant dix minutes, l'automate acquière la valeur de luminosité en cours et garde la plus élevée. Cette dernière mesure sera utilisé comme donnée de calcul dans le choix du nombre de ventilateur.

L'automate compare cette valeur aux seuils paramétrés par l'opérateur du SEA depuis le poste de supervision .

Selon le niveau de luminance on pilotera :

- **Luminosité > Seuil " Plein Soleil "**
 - ⇒ Circuit A&B
 - ⇒ Eclairage de base circuits 2&3 ouverts
- **Luminosité < Seuil " jour couvert "**
 - ⇒ Circuit A
 - ⇒ Eclairage de base circuits 2&3 ouverts

Lorsque l'un des transformateur des TGBT est en défaut, afin de réduire la consommation électrique globale, les circuits B des deux tubes seront coupés.

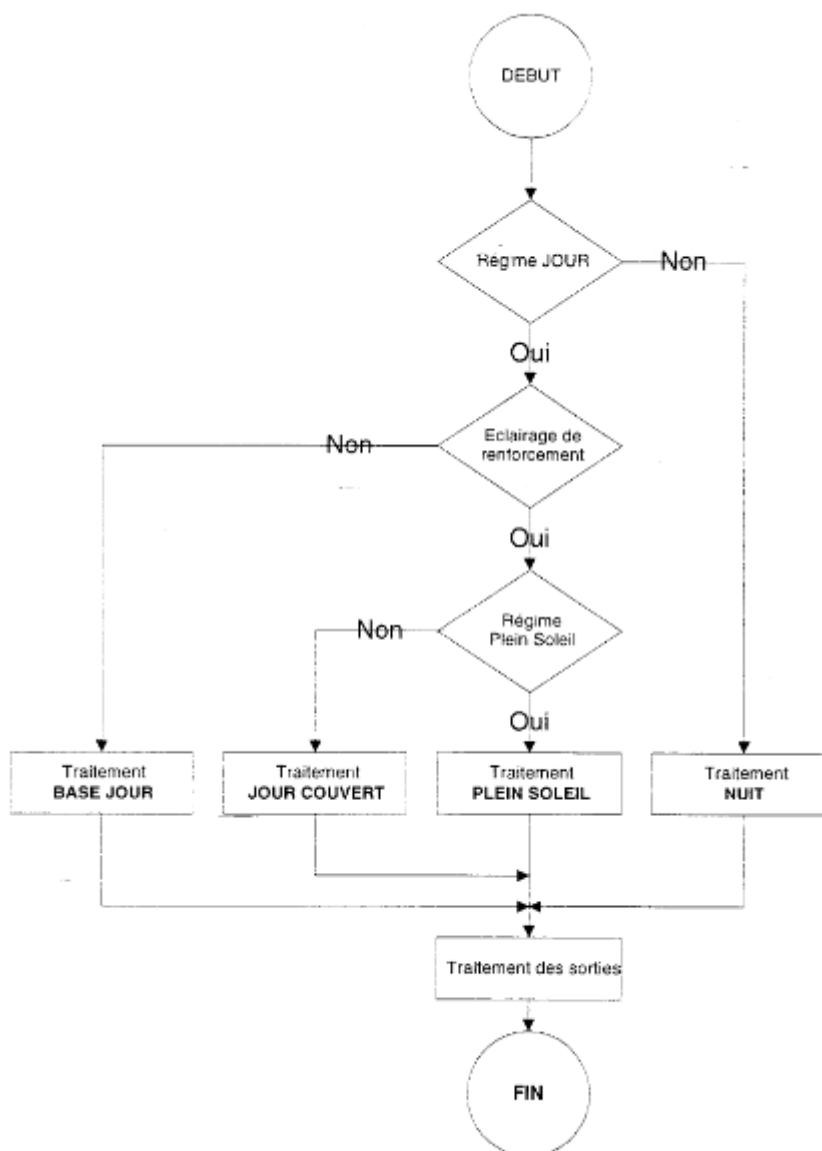
(2) Modes distant/manuel

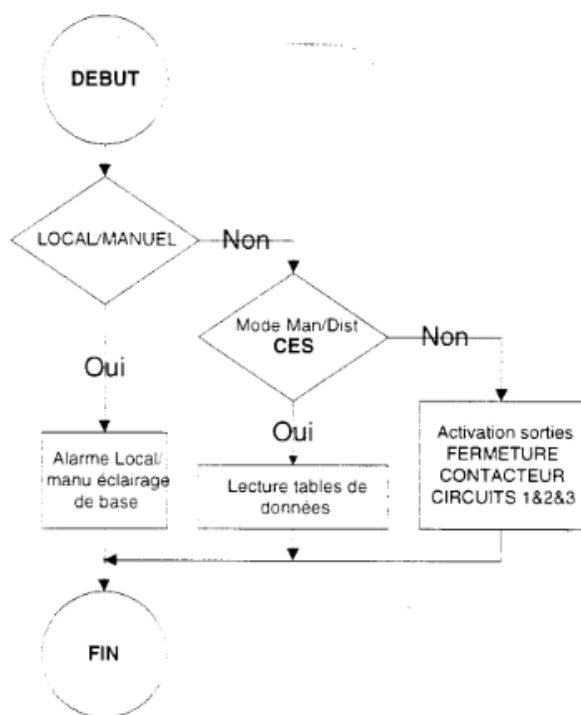
Le CES peut prendre le contrôle de l'éclairage de base par activation du mode manuel/distant depuis les postes de supervision selon les autorisations d'exploitation.

La SEA peut prendre le contrôle de l'éclairage de renforcement par activation du mode manuel/distant depuis les postes de supervision.

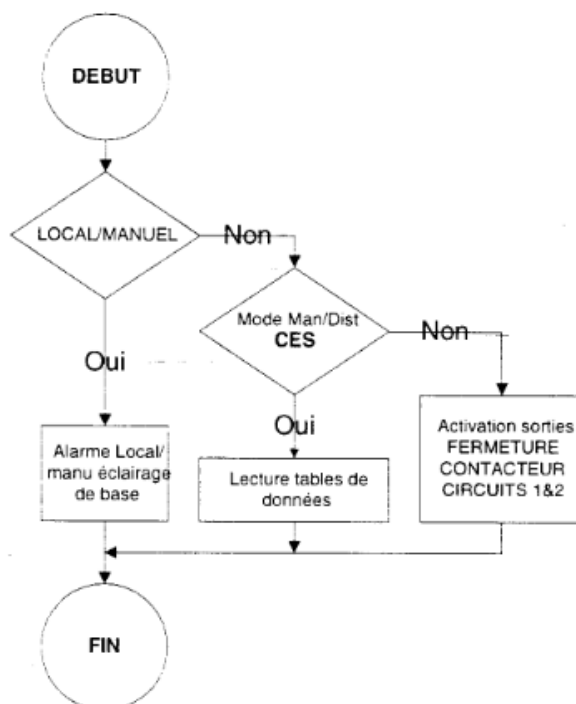
(3) Mode Local/manuel

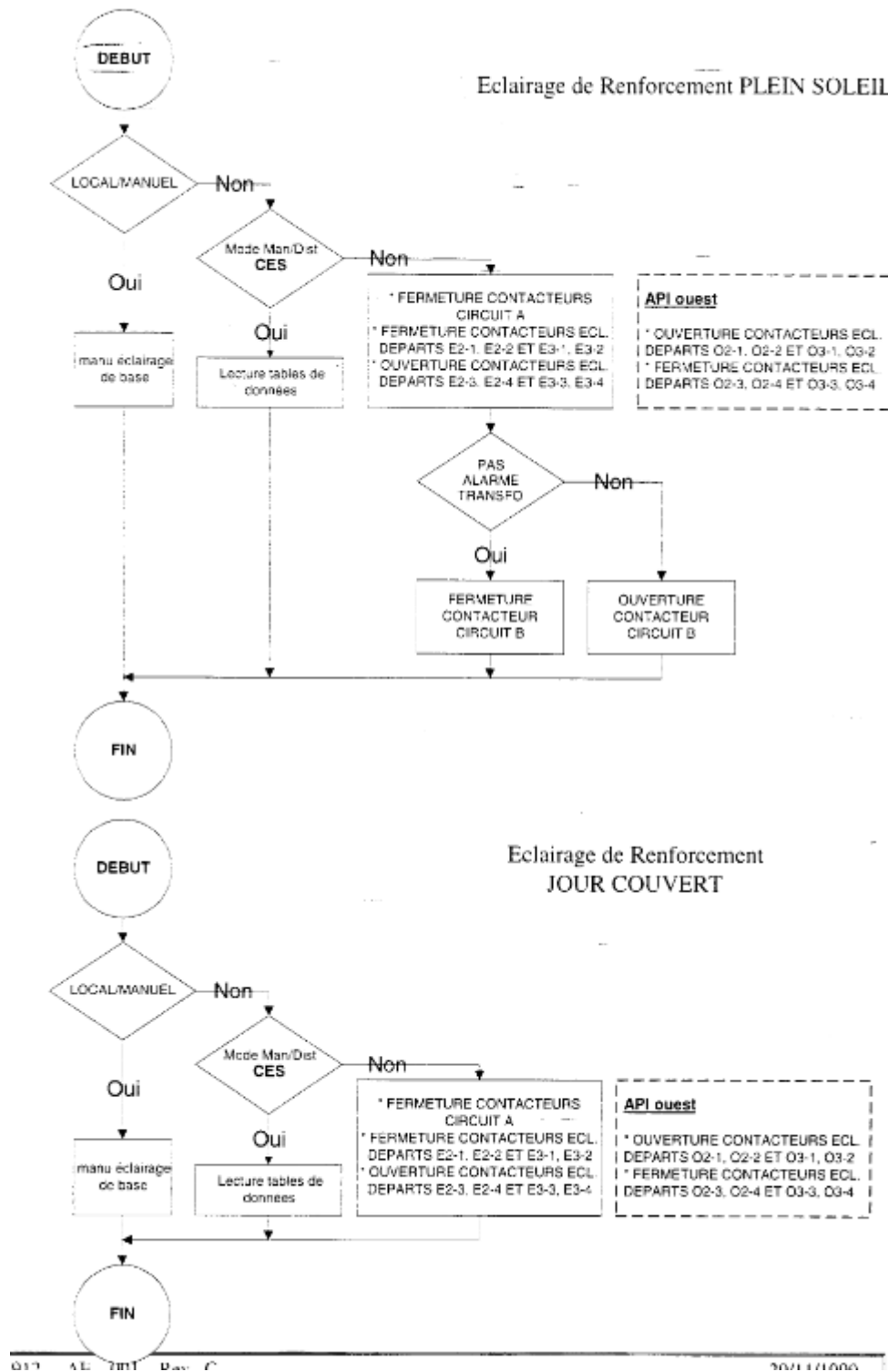
Ce mode est prioritaire sur tous les autres. Le technicien qui active ce mode, peut contrôler tous les circuits d'éclairage indépendamment les uns des autres. Lors du basculement en mode local/manuel une alarme est envoyée à l'automate (qui la transmet au postes de supervision) pour prévenir de l'intervention du technicien. Quand le technicien a terminé son intervention il repasse en mode distant. Le mode précédent l'intervention reprend la gestion de l'éclairage.





Eclairage de Base NUIT





L'éclairage actuel dispose de 4 niveaux :

- nuit éco (sert d'éclairage de sécurité, non commandable, allumé en permanence et alimenté depuis le TGBT-S)
- nuit normale (contacteurs commandables)
- jour temps voilé (contacteurs commandables)
- jour plein soleil (contacteurs asservis aux luminancemètres)

L'intensité de l'éclairage de jour n'est pas commandable à distance et est donc asservie aux luminancemètres, par paliers.

VI.3.2. Adaptation future

La gestion de l'éclairage peut être réalisée selon deux options :

- En TOR, qui correspond au principe retenu pour tous les tunnels de la DIRIF ;
- Par gradation, ce qui nécessite le développement de nouvelles fonctionnalités.

Le coffret local de gestion de l'éclairage pourra être déposé, seul le luminancemètre étant conservé et raccordé au réseau existant via un MESD.

Si la solution de gradation est retenue, le système de gestion de l'éclairage sera raccordé aux automates S7. Ainsi, cette mise à niveau du pilotage due au remplacement des éclairages peut être effectuée de façon à être transparente pour un opérateur au PCTT Saint-Denis, la communication entre Taverny et Saint-Denis.

VI.4. MISE A JOUR DE LA SUPERVISION

La mise à jour de la GTC et de la supervision au PCTT Saint-Denis devra permettre de prendre en compte les nouvelles informations et, d'effectuer les commandes de l'installation rénovée.

Une adaptation de la table d'échange avec le PCTT est à prévoir, ainsi que l'ajout des nouveaux capteurs et remontées d'informations liées sur les visualisations et les alarmes associées :

- distribution électrique rénovée
- anémomètres
- capteurs NO2
- ventilation (si requis)
- éclairage (si requis).
- coffret pompier (suppression des remontées d'information, si requis)

VII. RENOUVELLEMENT DES AUTOMATES SIEMENS 4H LIES AU PCCT SAINT-DENIS

VII.1. PREAMBULE

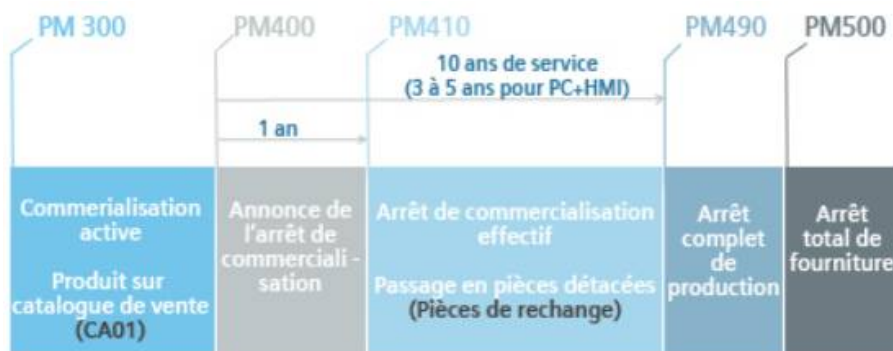
Les CPU des automates Siemens des rack 0 et rack 1 ont la dénomination S7-414-4H. Sous cette dénomination se trouvent deux références produit.

L'ancienne génération de CPU ref 6ES7414-4HJ00-0AB0 n'est plus commercialisée depuis 2005, une nouvelle génération de CPU portant la même référence 6ES7414-4HJ04-0AB0 n'est plus commercialisée depuis 2017.

Il ne nous a pas été possible de déterminer laquelle de ces références est installée actuellement sur le site de Taverny.

Siemens commercialise maintenant des CPU de génération 5H

Les pièces détachées seront encore disponibles chez Siemens pour une durée de 10 ans après l'arrêt de production (non annoncé ce jour), voire plus chez certains revendeurs spécialisés.



cycle de vie des produits Siemens

La CPU 414-4H ref 6ES7414-4HJ00-0AB0 possède 1,4MO de RAM et 4 interfaces :

- Une interface Profibus-DP,
- Une interface combinée MPI/Profibus-DP
- Deux interfaces pour les modules de synchronisation, pour relier 2 CPU redondantes.

La CPU 414-5H possède 4MO de RAM et 5 interfaces :

- Une interface Profinet-DP,
- Une interface combinée MPI/Profibus-DP
- Deux interfaces pour les modules de synchronisation, pour relier 2 CPU redondantes.
- Une interface Profinet avec switch 2 ports

VII.2. PROPOSITION DE TRAVAUX

Les programmes actuels des automates S7 414-4H sont totalement compatibles avec la nouvelle génération d'automates Siemens S7 4xx-5H. Seul le remplacement des CPU, de certains accessoires (modules de synchronisation, jarretière FO...) et le rechargement des programmes dans celles-ci sont à prévoir dans ce cas, les cartes d'E/S existantes étant conservées.

Les deux CPU doivent être changées de façon simultanée.

Le phasage travaux pourrait être le suivant et sera confirmé, après réunion d'interfaces avec le titulaire du marché MIIST, durant la phase PRO :

- Chargement des programmes actuellement développés dans le S7 414-4H dans les nouveaux automates S7 5h (reprise des fonctionnalités existantes) ;
- Développement des nouvelles fonctionnalités dans les nouveaux automates S7 ;
- Tests et réception plateforme (nouvelles fonctionnalités) ;
- Compilation des anciennes et des nouvelles fonctionnalités par le marché infogérance
- Test et réception plateforme des nouvelles programmations complète
- Installation, tests et réception sur site avec retour arrière à chaque fin de nuit avant mise en service définitive ;
- Mise en service en mode nominal.

VII.3. CONCLUSIONS

L'objectif des travaux du programme est de transférer l'ensemble des équipements de l'ancienne GTC vers la nouvelle (en maintenant les mêmes fonctionnalités) puis de déposer l'ancienne (automates Allen Bradley, passerelles, etc.).

Dans ce sens, l'intégration des fonctionnalités PLC5 dans les automates S7 paraît être le scénario le plus cohérent et est conforme au schéma directeur de la DIRIF.

De plus, le remplacement des automates S7 414-4H rack 0 et rack 1 ne posent pas de problèmes particuliers comme présenté dans le §VII.2. Ainsi, nous préconisons la mise en œuvre de CPU de génération 5H au début de l'opération de rénovation du site, car cela permettra :

- la montée en gamme de la CPU pour gérer le programme qui sera plus lourd
- la mise en place d'une CPU récente qui sera supportée longtemps par son fabricant.