Les équipements fixes

Le système de transport

LA réalisation du système de transport a nécessité la mise en place d'une structure et d'une organisation spécifique. Les différents aspects de la mission de réalisation, ses points originaux et les moyens mis en oeuvre sont exposés ci-après

Sur la base des études faites par le Groupe Ingénierie et avec son appui, le Groupe système de Transport de Transmanche-Link a la mission de réaliser les Equipements Fixes et le Matériel Roulant du Système de Transport du Tunnel sous la Manche. Cette réalisation se fait dans le cadre du programme, des coûts et des performances retenues par Eurotunnel et Transmanche-Link.

Points originaux de la mission

Le système de transport est "unique", en ce sens qu'il n'a pas de références et que tout en mettant en oeuvre des techniques classiques, il le fait avec des exigences extrêmes de performance, de sécurité et avec une interaction avec l'infrastructure (tunnels) rarement connue jusqu'à présent.

C'est un projet Franco Anglais animé par des équipes des deux pays. II est financé par des capitaux privés internationaux.

Le projet appartient à un client neuf, sans historique, mais le système de transport doit constituer une liaison entre deux réseaux de transport bien établis, de constitution et d'organisation très différentes et qui, jusque-là, n'avaient pas d'échanges pratiques.

Le projet a un programme très tendu. De plus, l'installation des Equipements fixes du système de transport doit se faire en co-existence avec les activités de creusement de tunnel et à partir de deux accès, l'un en France, l'autre au Royaume-Uni, distants de 50 km environ.

Le Matériel Roulant est totalement original, son gabarit nécessite la recherche de zones d'essais très spéciales.

L'organigramme technique et l'organisation

• **L'organigramme technique** a repris, avec quelques légères modifications, le découpage des Etudes du Groupe Ingénierie. Cette approche permet de limiter le réaménagement des documents d'Ingénierie. On retrouve donc, regroupés sous forme de disciplines les différents "Dossiers des systèmes primaires".

Les disciplines retenues sont

Pour les équipements fixes :
- L'alimentation électrique et les caténaires,
- Les voies ferrées et le système de transport du tunnel de service,
- Le système de contrôle et de communication,
- La mécanique.

Pour le matériel roulant :
- Les locomotives (Electriques et Diesel)
- Les wagons (Touristes, Autocars, Poids lourds).

• **A cet organigramme technique** va correspondre une organisation basée sur la notion de Directeur de Projet chargé de diriger chacune des disciplines citées ci-dessus dans les domaines suivants :
- La négociation : attribution des sous contrats
- La direction des sous contrats, gestion des interfaces
- La relation avec Eurotunnel
- La responsabilité d'ensemble dans les domaines coûts, programme, performance.

Les "Directeurs de Projet" s'appuient sur des services fonctionnels communs participant fortement à la cohésion et l'homogénéité du système. Ces services sont :
- Le service contrat spécialisé dans la gestion contractuelle des sous contrat et les relations avec Eurotunnel.
- Le service Programme / Contrôle des coûts chargé d'assumer la tenue à jour du programme de toutes les disciplines, de leurs interactions, des interfaces avec le Génie Civil ou des événements extérieurs. Le service assure aussi le contrôle des coûts et élabore avec les "Directeurs de Projets" les prévisions et tendances.
- Le service Administration et Finance
- Le service Assurance Qualité

• **L'installations des équipements fixes** dans les tunnels et terminaux, l'insertion du matériel roulant dans les équipements fixes nécessitent d'autres actions et d'autres coordinations. Le Groupe Système de Transport s'appuie donc dans les deux sites France et UK sur des Moyens chargés de fournir les moyens logistiques aux sous traitants retenus, de surveiller l'exécution des travaux et de traiter directement certaines activités. Une fonction installation est donc présente dans l'organisation pour assurer la liaison avec les 2 sites.

Politique de réalisation des équipements fixes

C'est essentiellement une politique de sous-traitance.

• **Les études du Groupe Ingénierie**, associées à des clauses contractuelles reproduisant tout ou partie des clauses du Contrat existant entre Eurotunnel et TML constituent les bases d'appels d'offres internationaux faisant l'objet de publicité dans le journal Officiel de la Communauté Européenne (J.O.C. E.) et dans certaines revues. Après pré qualification et mise en compétition, les contrats sont attribués. Ces contrats sont des contrats dits de performance dans lesquels les performances à atteindre par chacun des sous-systèmes sont définies le plus clairement possible, les moyens pour les obtenir étant, dans leurs détails, laissés à l'imagination des sous-traitants. Ce type de contrat est relativement peu usuel et s'apparente beaucoup aux contrats "Desing and Build".

Ces contrats comprennent les phases suivantes : l'ingénierie détaillée, la fourniture, la formation du futur exploitant, l'installation ou sa supervision, la mise en service, la période de garantie.

Le montage des Equipements Fixes

Les Equipement Fixes sont installés dans les zones terminales et dans les tunnels. L'installation dans les zones terminales relève des méthodes classique mais l'installation dans les tunnels pose un challenge particulier. En effet, environ 50 km de tunnels sont à équiper à partir de leurs deux extrémités. Ces tunnels comportent environ 500 salles souterraines. De plus les travaux de Gènie Civil vont coexister avec la mise en place des équipements Electro-mécaniques.

En fait, un fantastique système de transport provisoire est prévu pour pouvoir tout à la fois traiter les besoins du Génie Civil et assurer le transport des équipements électromécaniques et leur installation. La méthodologie d'installation doit aussi pouvoir s'adapter à des imprévus sur le programme des tunneliers.

L'accès aux différents point du tunnel est donc soumis à des aléas et il a paru bon de limiter les sous-traitants intervenant dans les tunnels. C'est pourquoi beaucoup de sous contrats contiennent une alternative pour la phase Installation :

- Supervision du montage réalisé par un tiers,
- ou montage réalisé directement.

• **Les sous contrats** prévus sont au nombre de 50 environ. On y distingue des contrats de plusieurs types

• **Des contrats** dits "Système" dont le domaine d'application s'étend d'un terminal à l'autre après avoir transité parles tunnels. On peut citer : La signalisation ferroviaire, le système de transmission des données, etc... Ces contrats posent certains problèmes juridiques en raison de leur caractère binational.

• **Des contrats** pour des installations clairement localisées et qui sont alors des contrats plus simples dans leur approche juridique.

Tableau ci-contre donne, la liste des principaux sous contrats.

Les responsables de la rédaction des contrats

Liste des sous contrats

Matériel roulant

Locomotives
Diesel Locomotives
Wagons

Electricité

Grid connection EDF
Main substation (France)
Terminal substations (France)
Sangatte substation
External lighting (France)
Grid connection seeb
Main substation (UK)
Terminal substations (UK)
External lighting (UK)
Shakespeare Cliff substation
Tunnel substations HV
Tunnel LV & lighting
Power system earthing

Caténaires

Catenary (France & U K)
Tunnel earthing & bonding

Contrôle et communications

Control centres (France & UK)
Road traffic management (France & UK)
Railway signalling (France & UK)
Radio systems (France & UK)
Data transmission, telephone & public address
Access control (France & UK)
Fire detection (France & UK)

Mécanique

Ventilation main plant (France)
Ventilation main plant (UK)
Tunnel drainage pumping stations (France)
Tunnel drainage pumping stations (UK)
Fire fighting system (France)
Fire fighting system (UK)
Tunnel fire protection (FR)
Tunnel fire protection (UK)
Service tunnel primary supports (France)
Service tunnel primary supports (UK)
Tunnel pipework (France & UK)
Ch! lled water station (France)
Chi lled water station (U K)
Equipement room air conditioning (France & UK)
Special tunnel doors (France & UK)
Railway track cross over doors (France & UK)
Pressure relief dampers (France & UK)
Maintenance workshop (France)
Maintenance workshop (UK)
Terminal service vehicules (France)
Terminal service vehicules (UK)

Voies ferrées

Terminal trackworks (France)
Terminal trackworks (UK)
Tunnel trackworks (France & UK)
Service tunnel transport system

La politique de réalisation du Matériel Roulant.

Le cheminement a été légèrement différent de celui suivi pour les Equipements Fixes. A partir d'une définition des performances à atteindre, dans un cadre très serré de contraintes (dimensions, charge à l'essieu, environnement... les Groupements de constructeurs pré qualifiés ont eu à présenter leur solution technique dans le cadre d'un "Request for Proposal", un concours en quelque sorte. Après examen et adaptation de ces propositions, TML a demandé aux Groupements ayant répondu, leur proposition financière. C'est ce processus qui a conduit à la sélection des fournisseurs que l'on connaît aujourd'hui

La mise en service

La mise en service du système de transport constitue une phase très importante et très délicate dans la vie du Projet. C'est pendant cette période que vont se matérialiser les interfaces techniques et fonctionnelles des différents systèmes en même temps que la prise en main graduelle par le client, Eurotunnel. C'est dire que les problèmes techniques et humains vont faire de cette période limitée dans le temps, (6 mois environ) une période dense et tendue.

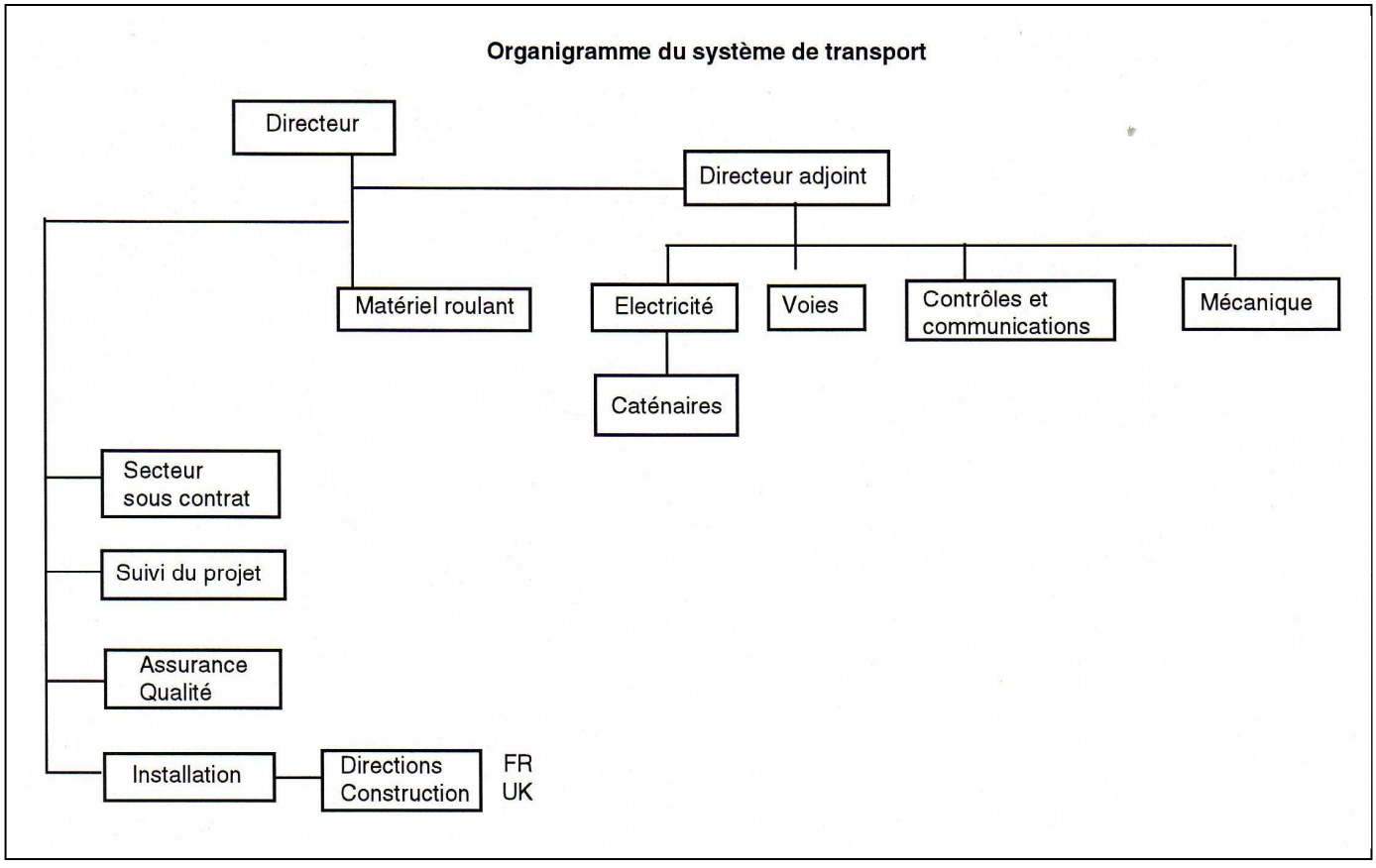
Ce sera aussi le parachèvement de la formation reçue par le personnel d'Eurotunnel dans le cadre des sous contrats. Une logique et le programme correspondant ont été préparés et sont tenus à jour en fonction de l'évolution des programmes, des systèmes individuels et de l'infrastructure. Un projet d'organisation spécifique est également en cours d'étude.

Pour être plus concret, précisons que cette mise en service va, étant donné l'aspect "fast track" du projet et sa complexité, démarrer à des périodes différentes de la vie du projet : le matériel roulant va commencer à être testé dès la fin 1991 pour les têtes de série livrées, des tests plus particuliers d'endurance, utilisables aussi pour la formation du personnel d'Eurotunnel, sont prévus mi 1992; les locomotives seront testées en endurance sur les réseaux nationaux à partir des mêmes dates.

De la même manière les sous-stations électriques principales verront leur mise en service partielle être faite vers la mi 1991. Ce ne sera que 6 mois environ avant l'ouverture que les différents éléments du puzzle seront en place afin que l'ensemble des interfaces puisse être validé. Pendant cette période seront également testées toutes les interfaces prises en compte au niveau Ingénierie avec les deux réseaux nationaux, British Rail et SNCF, à la fois dans un domaine des trains classiques et du train à grande vitesse (TGV). Bien entendu également, cette période fera l'objet d'une attention particulière de la Commission Intergouvernementale.

Les moyens de gestion

Etant donné le critère "temps", le programme et sa gestion permanente constitue la pièce maîtresse de l'outil de Direction du Projet. Le Programme de l'ensemble du Projet est sur ordinateur avec les tâches et leurs interfaces entre les différentes parties du Projet : Tunnel, Terminaux, Equipements Fixe Electromécanique, Matériel Roulant. La partie Equipement Fixe et Matériel Roulant comprend à l'heure actuelle un nombre de 900 tâches dont 155 interfaces et 1700 contraintes. La phase "Mise en Service" y est évidemment intégrée avec les interfaces nécessaires. A partir de cet outil, auquel s'ajoutent, petit à petit, les événements principaux des plannings des sous-traitants, le projet est également à même d'assurer certaines prévisions des flux financiers associés. Des tableaux de bord correspond à chacun des sous contrats permettent de les gérer vis-à-vis des sous traitants et d'Eurotunnel.



Les équipements fixes

LE groupe Construction France a la responsabilité du montage des équipements fixes des tunnels et au terminal. Cette responsabilité est confiée au sous projet tunnel pour la partie située en souterrain à partir du portail de Beussingue et au sous projet terminal pour la partie située en surface à l'amont du portail.

Chaque sous projet assure la supervision et la logistique des activités d'installation des équipements fixes. Ces tâches sont détaillées au chapitre "Technique et Méthodes".

Description des équipements

En surface comme en souterrain, les équipements fixes constitués de systèmes et réseaux complexes, vont donner vie à l'infrastructure inerte du génie civil.

Ils comprennent :
- Les voies ferrées en surface et en souterrain,
- L'alimentation électrique des trains et des auxiliaires,
- Les caténaires
- Les moyens de contrôle et de communication,
- La ventilation du tunnel compte tenu des effets aérodynamiques,
- Le pompage des eaux d'infiltration,
- Les moyens de lutte contre l'incendie, - Le refroidissement du tunnel
- Les équipements destinés à l'utilisation du tunnel de service.

Les voies ferrées

Le tracé et la constitution des voies visent à assurer le trafic des navettes et des trains nationaux dans les limites des critères de tonnage, de vitesse et de sécurité définis pas les obligations contractuelles.

• **Les Voies en tunnel (figure)**
Le tracé des voies s'inscrit dans le profil en long et en plan des tunnels, lui-même établi en fonction des données géométriques de la voie (rayons de courbures, pentes, devers, etc.).

La voie est conçue pour une vitesse maximale de 200 km/h. Les rails sont en profil U IC 60 kg à l'écartement de 1,44 m reposant sur des blochets "Sonneville" en téton préfabriqué. Elle est posée sur une dalle coulée en place sur le radier des tunnels.

Afin de respecter les impératifs de bruit et de vibration à l'intérieur des navettes, des patins néoprènes sont intercalés entre le rail et les blochets.

Les rails sont également utilisés comme conducteurs de retour du courant ainsi que pour la transmission des informations d'espacement des trains.

Les deux voies se rejoignent en ciseaux dans les ouvrages de croisement ferroviaire en deux points du tunnel, pour permettre la circulation en voie unique sur une partie du réseau souterrain

• **Les voies en surface terminal**
(figure)
Le tracé des voies résulte d'une combinaison entre divers éléments et contraintes
- contraintes géologiques et géographiques
- hauteur de la nappe phréatique, compressibilité des terrains
- localisation décalée vers le nord par rapport à l'axe des tunnels
- organisation du trafic
- tracé en boucle permettant aux navettes d'emprunter les faisceaux d'arrivée et de départ différents
- nombre de quais de chargement et de déchargement
- voies de garage et d'entretien
- raccordement aux réseaux nationaux
- voies d'urgence
- les ouvrages d'art

Les voies d'arrivée et de départ sont doublées pour obtenir une meilleure fiabilité du trafic.

Les voies en surface sont constituées de rails en profil UIC 60 kg sur la totalité du réseau sauf pour les faisceaux des voies de garage, d'entretien et de secours qui sont en rails 50 kg. Dans les tracés rectilignes ou à grand rayon de courbure les rails sont montés sur bi-blocs. Dans la grande boucle et dans les courtes de rayon inférieur à 400 m, ils sont montés sur traverses en azoté pour permettre le montage éventuel d'un contre rail.

Toutes les voies sont montées sur ballast.

L'alimentation électrique

La puissance nécessaire au fonctionnement des auxiliaires et de la traction est fournie par deux stations principales implantées sur chaque terminal et raccordées aux réseaux nationaux 400 000 volts (SEEBOARD EDF). Chaque réseau fournit la moitié de la puissance. En cas de défaillance de l'un des réseaux, l'autre est capable d'assurer l'alimentation de tout le système moyennant le délestage des charges non prioritaires et une circulation réduite des trains et des navettes (figure).

Chaque station principale assure, par l'intermédiaire de transformateurs, la distribution nécessaire pour
- la traction (25 000) volts
- les équipements auxiliaires des terminaux et des tunnels (20 000 volts)

• **Sur le terminal**, une boucle ouverte 20 000 volts alimente diverses sous stations électriques qui desservent principalement, à l'aide de transformateurs - les stations de pompage (3 300 volts) - l'éclairage extérieur en boucle ouverte 3 300 volts, et en 400 volts pour les luminaires
- les ateliers et les bâtiments

• **Dans les tunnels**, la distribution est effectuée par quatre lignes 20 000 volts. Deux sont réservés à l'alimentation des stations de pompage, deux à celle des sous-stations électriques réparties le long du tunnel de service. Les quatre lignes empruntent des cheminements différents
- deux en tunnel de service (pompes + auxiliaires)
- et une dans chaque tunnel ferroviaire.

Pour des raisons de sécurité et de redondance, les sous-stations électriques sont divisées en deux parties situées, de part et d'autre, du tunnel de service. Chaque partie est alimentée par une ligne différente et conçue de façon à secourir immédiatement l'autre partie en cas de défaillance. Ces sous-stations électriques (ES) assurent tous les 3 à 5

km environ. La transformation de la tension 20 000 volts et en 400 volts. Le réseau 3 300 volts dessert les salles d'équipements électrique (ER) qui assurent la distribution 400 volts. (figure)

La tension 400 volts alimente par l'intermédiaire de tableaux
- les appareillages électromécaniques, vannes, électrovannes, systèmes d'obturation des grilles, manoeuvre des portes, etc.
- l'éclairage des tunnels
- un éclairage de balisage permettant aux conducteurs de locos de se situer dans le tunnel.
- un éclairage de haut niveau alimenté par les deux extrémités du tunnel et résistant au feu et donc toujours disponible pour être allumé.

En cas de défaillance des alimentations normales, des batteries fournissent l'alimentation en secours de
- l'éclairage de balisage (2 h)
- des équipements de contrôle et de signalisation (3 h)
- des équipements de détection incendie (12 h)

Au cas très improbable où il y aurait disparition de tension dans les deux pays, (les réseaux français et britannique ne sont pas interconnectés) des groupes diesel électrique sont prévus sur chaque côté pour alimenter les services essentiels.

Les caténaires

Alimentées en 25 000 V, les caténaires sont dimensionnées pour fournir la puissance de traction nécessaire à l'ensemble des navettes et trains nationaux circulant dans les deux sens.

• **En tunnel**, disposés dans une espace restreint, les conducteurs actifs sont constitués d'un fil support et d'un fil de contact complétés par deux conducteurs de retour longitudinaux fixés aux parois du tunnel. Les conducteurs de retour sont constitués par les rails et deux autres conducteurs longitudinaux.

Le sectionnement est effectué tous les 1 200 m environ. Des sections neutres sont placées aux communications ferroviaires de manière à éviter de mettre en contact deux caténaires dont la rotation des phases électriques seraient différentes, et au point milieu des tunnels pour assure la séparation entre les réseaux d'alimentation Grande-Bretagne et France.

Des sections de séparations permettent d'isoler une section de caténaire défectueuse et d'assurer le redémarrage de tout train après un incident de caténaire.

• **Sur le terminal**, la configuration des caténaires est adaptée aux différentes vitesses. Le type des supports est défini en fonction des zones (ponts, quai, gabarit d'obstacles).

Des sections neutres et de séparation sont implantées en fonction des impératifs d'exploitation (interface avec les réseaux nationaux notamment).

Un système de mise à la terre et de liaisons équipotentielles relie tous les éléments et fixations métalliques bordant la ligne.

Le potentiel de contact maximal retenu (25 V) contribue à la protection des armatures contre la corrosion et à la sécurité des personnes.

Les moyens de contrôle et de communication

Les équipements et les réseaux de transmission assurent les principales fonctions suivantes
- signalisation ferroviaire
- gestion du système ferroviaire - gestion du trafic routier
- contrôle et commande des auxiliaires
- télécommunications
- transmission des données informatiques.

Toutes ces fonctions sont étroitement liées et contribuent au fonctionnement de l'ensemble du système Transmanche.

• **La signalisation ferroviaire.** Elle est conçue pour assurer la commande et le contrôle des itinéraires choisis pour
- assurer les performances et débits des navettes et des trains
- prévenir toute collision entre les trains
- renseigner le conducteur des trains (vitesse, ralentissement ou arrêt)
- assurer la commande des aiguilles de voie
- provoquer automatiquement l'arrêt des trains en cas de défaillance du conducteur.

Elle est du type signalisation en cabine développée pour le TGV sud-est en cours de modernisation pour le TGV nord.

• **La gestion du système ferroviaire**

Elle a pour fonction de :
- programmer les rotations des navettes suivant les horaires préétablis, ou les modifier
- contrôler le trafic ferroviaire en commandant la signalisation et en assurant le tracé des itinéraires et le suivi des trains
- gérer le stock des navettes et l'entretien
- assurer, en liaison avec les réseaux nationaux, l'insertion de leurs trains.

• **La gestion du trafic routier**

Elle permet de contrôler le flux des véhicules entrant et sortant sur le terminal, de manière à assurer l'accueil et l'affectation des véhicules vers les quais d'embarquement.

• **Les contrôle et commande des auxiliaires**

Le système assure le contrôle et la commande de tous les auxiliaires décrits précédemment en fonction des différents programmes de marche et de protection qui leur sont affectés.

• **Les télécommunications**

Les télécommunications comprennent essentiellement :
- un système radio permettant la liaison avec (et entre) les différents services d'exploitation (navettes et trains en particulier), de maintenance et d'urgence
- un réseau téléphonique dans les terminaux, les tunnels et de terminal à terminal, raccordé aux réseaux nationaux
- une sonorisation (tunnels et terminal) pour diffuser des informations générales locales.

• **Réseaux de transmission des données et Informatique**

Toutes les données relatives aux systèmes décrits précédemment circulent au moyen de câbles à fibres optiques ou métalliques suivant les techniques concernées. Deux réseaux à fibres optiques relient les deux terminaux à travers les tunnels
- un réseau permettant la transmission de données et signaux numériques d'un terminal à l'autre (téléphone, etc.)
- un réseau qui permet principalement l'insertion et l'extraction de toutes les données relatives au fonctionnement des auxiliaires réparties le long des tunnels. Ces données sont réunies et traitées localement dans les sous-stations électriques avant d'être transmises vers les centres de contrôle.

Ces deux réseaux sont doublés pour assurer la redondance et ont des cheminements différents. Ils sont, de plus, banalisés, c'est-à-dire, que chaque réseau, en cas de défaillance de l'un deux, peut assurer, moyennant certaines conditions, le trafic de l'autre.

Des équipements informatiques hiérarchisés assurent le traitement local et central des données relatives à chaque système tout en assurant leur interaction. Des consoles de visualisation transmettent aux opérateurs des centres de contrôle le statut des installations, de manière à leur permettre de prendre les décisions nécessaires à la bonne marche des systèmes.

• Aérodynamisme – ventilation

La ventilation des tunnels a pour objectif :

- de permettre le renouvellement de l'air dans les tunnels pour la sécurité et le confort des usagers. Le taux de renouvellement utilisé comme critère de conception est fondé sur les prévisions de saturation (20 000 u), chaque personne devant disposer de 26 m^3 / h d'air
- d'assurer l'évacuation rapide des fumées en cas d'incendie dans les tunnels ferroviaires ou dans le tunnel de service - de procurer dans le tunnel de service un refuge sans fumée aux passagers, en cas d'évacuation d'un train ou d'une rame suite à un incendie
- d'alimenter en air frais les locaux techniques.

• Aérodynamisme

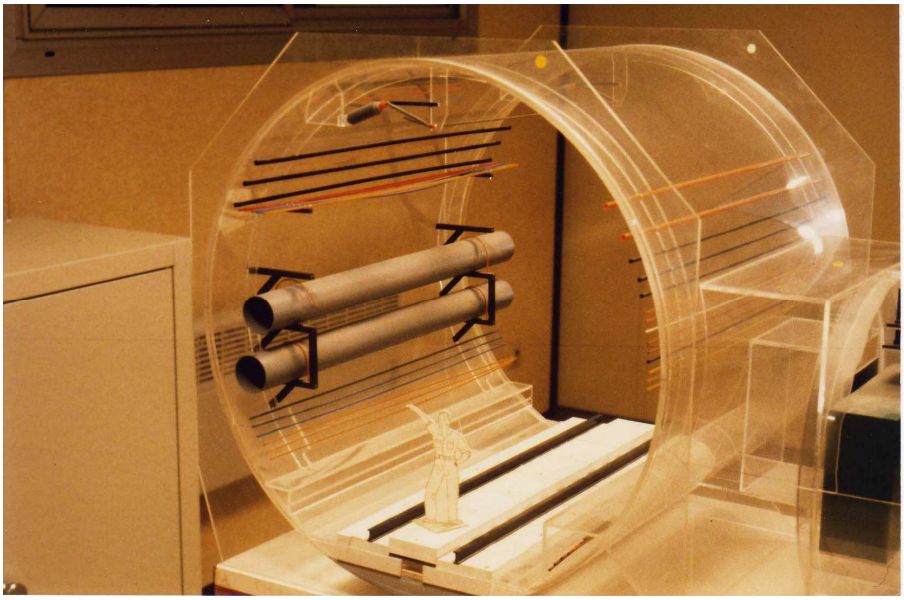
L'effet de pistonnement est l'un des éléments pris en considération dans le dimensionnement du système de ventilation de façon à assurer une stabilité dynamique satisfaisante.

Les contraintes dues au régime de pression dans les tunnels ferroviaires résultant de l'effet de pistonnement des trains se traduisent par

- une résistance à l'avancement des locomotives (besoin de puissance)
- des différences de pressions induites qui agissent sur le matériel roulant, les équipements fixes des tunnels et sur les passagers
- des pertes d'énergie se répercutant sur la température et l'humidité du tunnel
- des interférences avec le système de ventilation.

La construction de rameaux de pistonnement, reliant à intervalles réguliers les tunnels ferroviaires, permet de diminuer l'effet de pistonnement en réduisant le circuit de l'air entre tête et queue du train

L'espacement (250 m) et le diamètre (2 m) des rameaux sont conçus pour minimiser les pressions et les vitesses de l'air induites, de façon à réduire les contraintes énumérées ci-dessus à des niveaux satisfaisants.



Maquette montrant la disposition des équipements fixes dans les tunnels ferroviaires

Equipe au montage des conduites de ventilation

- **Ventilation**

Il est prévu deux systèmes séparés de ventilation :
- le système de ventilation normale
- le système de ventilation supplémentaire, utilisé pour contrôler les fumées dans les tunnels ferroviaires.

- **Ventilation normale (figure 1)**

L'air est fourni par deux usines de ventilation situées l'un au puits de Shakespeare Cliff, l'autre au puits de Sangatte.

L'air est acheminé, via les puits dans le tunnel de service qui joue le rôle de gaine de ventilation, et distribué par l'intermédiaire des rameaux de communication, à travers des grilles, dans les tunnels ferroviaires. Le brassage de l'air est assuré par l'effet de pistonnement des trains. L'air vicié ressort par les portails des tunnels.

Les grilles sont munies d'obturateurs télécommandés qui seront fermés en cas d'incendie dans l'un des tunnels.

Des sas sont prévus au niveau des portails du tunnels de service pour empocher la sortie de l'air soufflé et assurer la surpression du tunnel de service par rapport aux tunnels ferroviaires.

Chaque usine de ventilation comporte deux ventilateurs axiaux, dont un en réserve, réversibles pour permettre et diriger l'évacuation des fumées. Ils comportent des aubes à pas variables pour maîtriser les différences de pression entre tunnel de service et tunnels ferroviaires à un niveau acceptable en cas d'évacuation des passagers.

- **Ventilation supplémentaire (figure 2)**

Chaque tunnel possède deux usines de ventilation situées l'une au puits de Shakespeare Cliff, l'autre au puits de Sangatte.

L'air circulant dans les tunnels peut être soufflé ou aspiré d'un côté ou de l'autre en fonction des besoins.

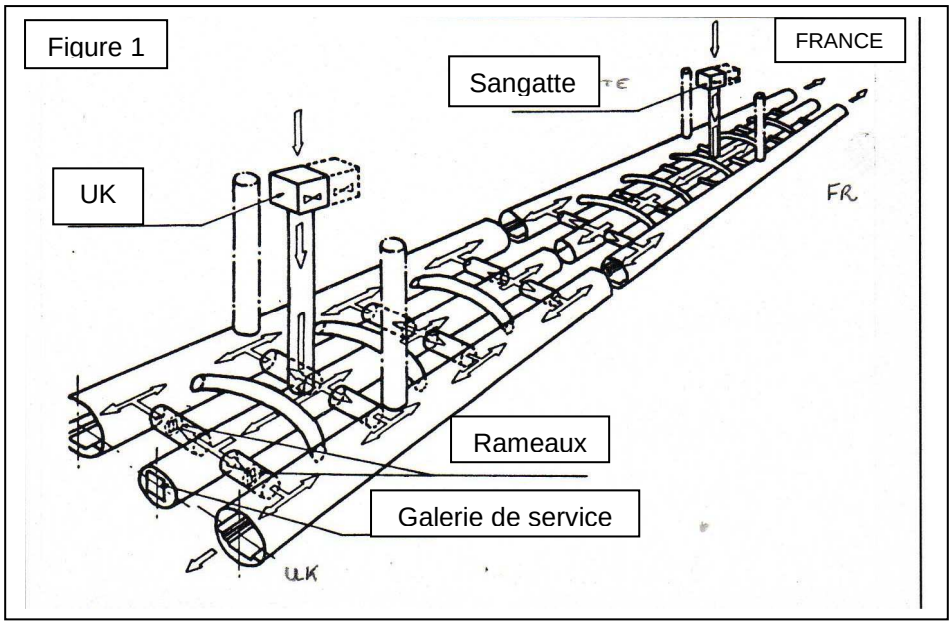
L'usine de ventilation de chaque puits comprend deux ventilateurs réversibles (un pour chaque tunnel, chaque ventilateur pouvant secourir l'autre).

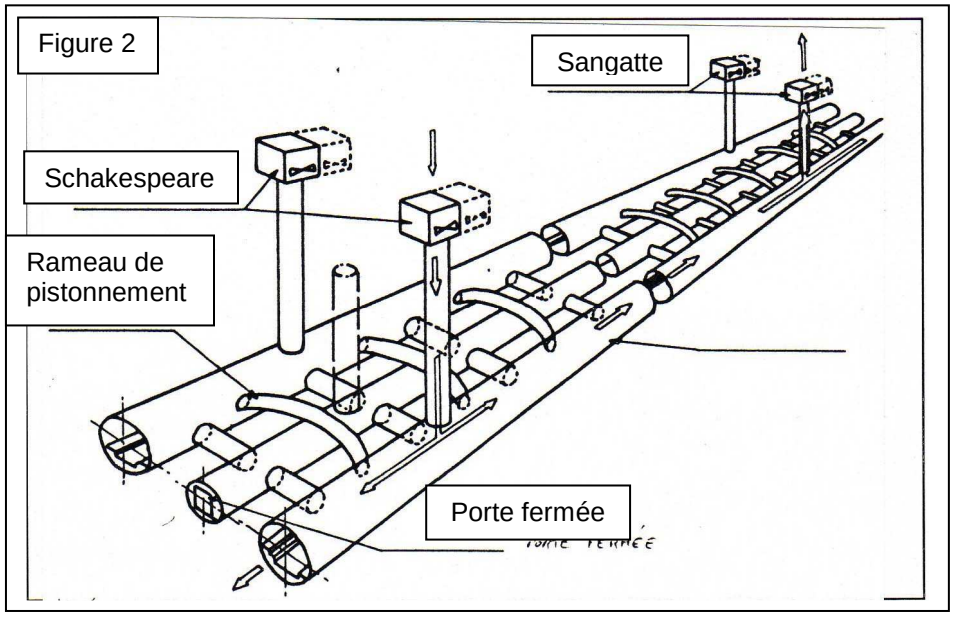
Lors du fonctionnement de la ventilation supplémentaire, les obturateurs des rameaux de pistonnement et les portes de communications ferroviaires sont fermés par une commande à distance.

Le débit de la ventilation normale est ajusté en cas d'évacuation des passagers, pour réduire la vitesse de l'air au niveau des portes des rameaux de communication tout en gardant une surpression suffisante pour empêcher les fumées de rentrer dans le tunnel de service.

Des portes transversales situées aux croisements ferroviaires et aux portails permettent de contrôler encore

Contrôle au gabarit de l'amenée des équipements fixes avant installation





plus efficacement les mouvements d'air ou de fumée.

Le drainage des tunnels

Destinés principalement à collecter et pomper vers l'extérieur toutes les eaux d'infiltration des tunnels, le système de drainage doit aussi permettre de collecter des débits supplémentaires de fluides, ceux-ci peuvent provenir soit d'une rupture de canalisation d'eau, soit des pluies en tête des tunnels, soit des opérations de lutte contre l'incendie, soit encore des écoulements provenant des marchandises transportées.

Collectées par gravité, les eaux s'écou-lent le long des caniveaux de drainage situés sous les deux voies ferrées et dans la dalle du tunnel de service. Elles sont dirigées vers des réservoirs (albraques) situés aux points bas du tracé des tunnels, puis refoulés àtraverstrois conduites vers l'extérieur à l'aide de stations de pompage situées au droit des albraques.

Cinq stations de pompage sont installées en tunnel : trois sous-marines (une côté français et deux côté britannique), une dans chaque puits à Shakespeare Cliff et à Sangatte.

Pour assurer une sécurité de fonc-tionnement, chaque station est divisée en deux moitiés situées de part et d'autre du tunnel de service. Chaque moitié alimentée électriquement de façon indépendante, est équipée de deux pompes. En principe, sur quatre pompes, deux sont en service, une est en réserve, la dernière pouvant être hors service ou en entretien.

Des albraques dites de sécurité permettent de stocker un volume d'eau supplémentaire en cas de perturbation af-f^{ec}tànt là station de pompage, de façon à disposer du temps nécessaire pour agir.

En cas d'épandage de liquides dangereux par un véhicule ou un wagon de transport, ces liquides sont automatiquement détectés avant leur arrivée dans les réservoirs et dirigés vers des réservoirs spéciaux intégrés aux albraques de sécurité.

Les moyens de lutte contre l'incendie

En plus des règles d'exploitation, la prévention contre l'incendie est assurée par l'utilisation de matériaux résistant au feu et évitant sa propagation et de barrières ou portes coupe-feu qui sépare entre eux les trois tunnels, les locaux techniques et les sas.

Des détecteurs de fumée sont prévus dans tous les locaux techniques, avec extinction automatique en cas d'incendie (par du halon) et action à distance sur les éléments permettant de couper la ventilation, de fermer les obturateurs des grilles de ventilation et d'avertir le per-sonnel d'intervention.

Une canalisation d'eau unique, située dans le tunnel de service et divisée en tronçons (sous terre et sous mer, de chaque côté), permet d'alimenter de bouches d'incendie situées dans chaque rameau de communication et dans les tunnels ferroviaires.

Chaque tronçon est alimenté par un réservoir de 750 m^3 et une station de pompage, situées aux deux portails et à chaque puits. Une inter connection des systèmes d'alimentation est prévue pour parer à toute défaillance du système d'alimentation d'un tronçon.

Sur le terminal, le réseau incendie est bouclé, maillé et couplé sur deux sources d'eau.

Le refroidissement des tunnels

Dans les tunnels ferroviaires, le frotte-ment de l'air au passage des trains pro-voque un fort échauffement. Les calculs ont montré que ni la ventilation, ni les dissipations naturelles (sol, eaux d'infil-tration) ne sont suffisantes pour mainte-nir les tunnels à une température accep-table de l'ordre de 25°C.

Chaque tunnel a été divisé en quatre tronçons (sous terre et sous mer, côté français et côté britannique). Ces tron-çons refroidis séparément par des cir-cuits d'eau réfrigérée composés chacun d'une conduite de départ et de retour.

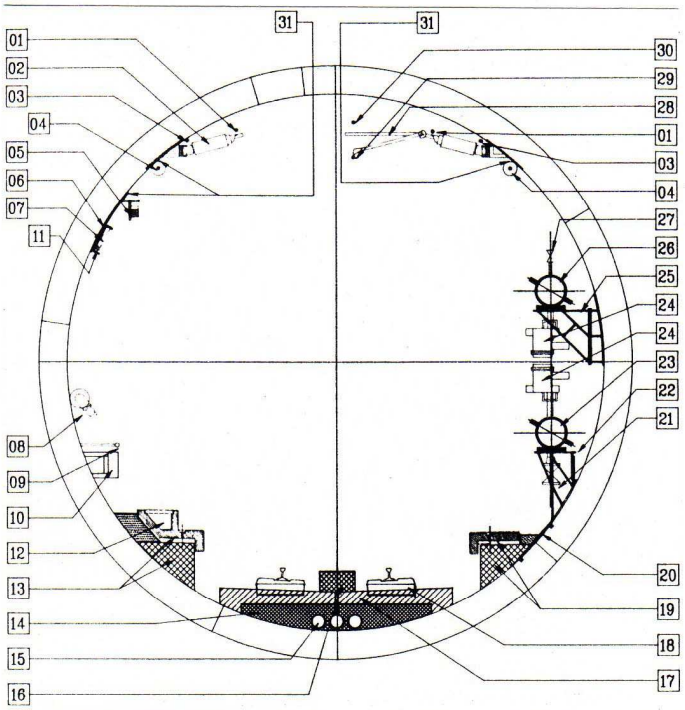
La production et la circulation de l'eau réfrigérée sont assurées par deux usines placées à chaque puits, chaque usine prenant en charge la réfrigération de deux tronçons sous mer et sous terre de chaque tunnel.

Le fluide circulant dans les conduites peut être une eau à basse température ou un mélange d'eau et de glace.

Vue aérienne des installations fixes au puits de Sangatte

TUNNEL FERROVIAIRE NORD **COTÉ MER** **RT1S (T2)**

Vue regardant UK
EQUIPEMENTS DÉFINITIFS
Le 11/09/1990



N°	Désignation	Supervision	Pose	Fourniture
01	Cable d'alimentation caténaire	DEM	SB	SB / BB
02	Isolateur support cable d'alim. (tous les 27 m)	DEM	SB	SB / BB
03	Cable de terre traction	DEM	SB	SB / BB
04	Cable rayonnant	DEM	SB	MOTOROLA
05	Luminaire	DEM	SB	SB / BB
06	Support de cables	DEM	SB	SB / BB
07	Cables électriques	DEM	SB	SB / BB
08	Collecteur d'incendie DN 100	DEM	CAMOM	HOESCH
09	Main courante	TUNNEL	TMC	TMC
10	Bouton poussoir pour éclairage	DEM	SB	SB
11	Fibre optique	DEM	SB	RACAL
12	Cables de signalisation ferroviaire	DEM	SB	SOFRERAIL
13	Trottoir d'évacuation	TUNNEL	TMC	MONT COCOL
14	Béton de 1ère phase	T.V.		
15	Système de drainage	T.V.		
16	Impédance	DEM	SB	SOFRERAIL
17	Béton de 2ème phase	T.V.		
18	Voie ferrée (largeur 1.435 m)	T.V.		
19	Trottoir de maintenance	TUNNEL	TMC	MONT COCOL
20	Plat de connexion	TUNNEL	TMC	TMC
21	Vanne de vidange du circuit du C.S. (tous les 1000 m)	DEM	CAMOM	
22	Support tuyauterie retour du C.S. DN 400	DEM	DEM	SNIG
23	Tuyauterie retour du cooling système DN 400	DEM	CAMOM	HOESCH
24	Vanne de sectionnement	DEM	CAMOM	
25	Support tuyauterie aller du C.S. DN 400	DEM	DEM	SNIG
26	Tuyauterie aller du cooling système DN 400	DEM	CAMOM	HOESCH
27	Vanne de purge du circuit du C.S. DN 400	DEM	CAMOM	
28	Console isolée support de caténaire	DEM	SB	SB / BB
29	Fil de contact	DEM	SB	SB / BB
30	Cable porteur	DEM	SB	SB / BB
31	Support primaire	DEM	SB	SB / BB

L'implantation des équipements fixes

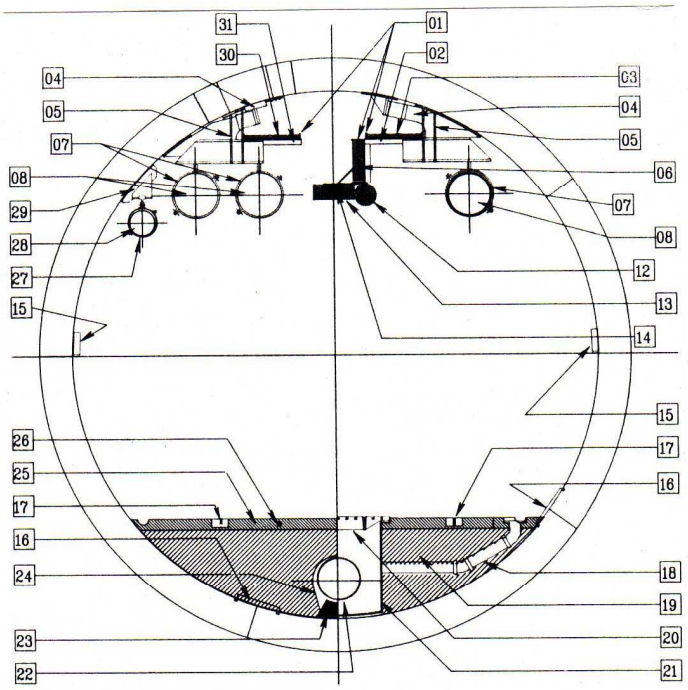
- **Tunnel ferroviaire (figure).**

La majorité des équipements électriques et électroniques est répartie dans les sous-stations électriques, le long du tunnel de service, et près des stations de pompage.

Dans les deux tunnels ferroviaires, on trouvera principalement
- les caténaires et la voie
- les câbles de traction et une partie des câbles de puissance et de contrôle et télécommunications (en redondance avec le tunnel de service)
- les deux conduites d'eau réfrigérée et leur vannage
- les câbles rayonnants pour le système radio
- les organes concernant la signalisation ferroviaire et le câblage
- l'éclairage (permanent, de haut niveau et d'urgence)
- les boucles d'incendie
- les conducteurs de terre.

TUNNEL DE SERVICE **COTÉ MER** **DU PK 0 AU PK 8.8**

Vue regardant UK
EQUIPEMENTS DÉFINITIFS
Le 23/08/1990



N°	Désignation	Supervision	Pose	Fourniture
01	Support de cables	DEM	SB	SB / BB
02	Rallonge support chemins de cables	DEM	SB	SB / BB
03	Cables basse tension	DEM	SB	SB / BB
04	Support collecteur de drainage (en alternance avec N° 05)	TUNNEL	TMC	BOCCARD - YVROUD
05	Support de chemins de cables (en alternance avec N° 04)	TUNNEL	TMC	BOCCARD - YVROUD
06	Cables de communication et de contrôle	DEM	SB	
07	Colliers de fixation de collecteurs de drainage	DEM	CAMOM	CARPENTER / PATERSON
08	Collecteurs de drainage DN 400	DEM	CAMOM	HOESCH
12	Cable rayonnant	DEM	SB	MOTOROLA
13	Luminaire	DEM	SB	SB / BB
14	Haut parleur	DEM	SB	RACAL
15	Bouton poussoir pour éclairage	DEM	SB	SB / BB
16	Plat de connexion	TUNNEL	TMC	TMC
17	Cable filoguidage STTS	TUNNEL	TMC	AEG
18	Canalisation DN 100 (environ tous les 90 m)	TUNNEL	TMC	TMC
19	Béton 1ère phase	TUNNEL	TMC	TMC
20	Grille (environ tous les 90 m)	TUNNEL	TMC	TMC
21	Regard (environ tous les 90 m)	TUNNEL	TMC	TMC
22	Canalisation DN 400	TUNNEL	TMC	TMC
23	Plot de réglage de la canalisation DN 400	TUNNEL	TMC	TMC
24	Collier de fixation du DN 400	TUNNEL	TMC	TMC
25	Béton de 2ème phase	DEM	TMC	TMC
26	Cable de terre	DEM	SB	SB / BB
27	Collier de fixation du collecteur incendie	DEM	CAMOM	CARPENTER / PATERSON
28	Collecteur incendie DN 250	DEM	CAMOM	HOESCH
29	Support de collecteur incendie	DEM	TMC	BOCCARD
30	Cables moyenne tension	DEM	SB	SB / BB
31	Rallonge support de chemins de cables	DEM	SB	SB / BB

- **Tunnel de service (figure)**

On trouvera principalement :
- sur des supports aménagés à cet effet
  - les conduites de refoulement des eaux de drainage et le vannage
  - la conduite d'eau incendie et son vannage
  - une partie des câbles de puissance et de contrôle
- les câbles rayonnants pour le système radio
- une partie des câbles de télécommunication
- les conducteurs de terre
- le système de guidage des véhicules de service
- l'éclairage et les prises de courant.

Les installations de chantier

• Locaux technique

Ces locaux sont destinés à loger les équipements électriques et mécaniques nécessaires pour assurer le fonctionnement des auxiliaires du tunnel.

Placés à distance régulière de part et d'autre du tunnel de service, les locaux sont semblables aux rameaux de communication, mais l'extrémité côté tunnels ferroviaires est obturée de façon permanente.

On distingue :

- tous les 3 à 5 km environ les sous stations électriques (ES) qui assurent à partir du réseau haute tension, les distributions moyenne et basse tension
- tous les 750 m environ, les salles d'équipements électriques (ER) qui assurent la distribution de différentes tensions nécessaires à la commande et au contrôle des auxiliaires proprement dits.
- les locaux technique de signalisation ferroviaire (SR)
- les sections neutres des caténaires (NN) et les sections de séparation
- les stations électromécanique de pompage.

Les locaux sont fermés, drainés et ventilés.

Les véhicules de service (STTS)

Ils ont trois missions :

- assurer l'acheminement des secours et l'évacuation éventuelle des blessés
- assurer l'acheminement des secours contre l'incendie
- transporter personnel et matériel d'entretien.

Les véhicules utilisés sont :

- à double cabine de conduite
- équipés de pneus
- à guidage électronique (50 à 80 km/h)
- équipés de moteurs diesel à très basse pollution.

Véhicules STTS au garage

PARTAGE entre le Terminal et le Tunnel, le sous projet Montages Electromécaniques a mis en place ses installations de chantier sur une zone du terminal situé sur la commune de Fréthun en bordure du CD215, dénommée zone 360.

Le site a été mis à disposition des montages Electromécaniques (MEM) par le sous projet Terminal avec les équipements suivants :

- plate-forme réglée et revêtue d'une couche de tout venant sur une épaisseur de 10 cm.
- Réseaux enterrés
  - Electricité
  - Assainissement (hors voirie) - Téléphone : réseau privé et public
  - Eau potable
- Clôtures et portails d'accès
- Eclairage public
- Station de traitement des af fluents
- Station d'épuration L'aménagement de la plate forme, et le montage des installations ont ensuite été réalisés par MEM.

Cet aménagement comprend :

• La viabilisation générale : La voirie, marquage des chaussées et la signalisation verticale ainsi que l'assainissement associé à la voirie ont été sous-traités aux entreprises Jean Lefebvre et Colas.

• Les voies ferrées provisoires installées par SPIE Batignolles. Sur la plate-forme, les voies sont encastrées afin de permettre le passage à niveau des véhicules de service. Les appareils et les voies de liaison avec le portail de Beussingue sont posées sur traverses neuves et ballast. La longueur de voie posée entre la zone 360 et le portail des tunnels est de 3700 m environ.

• La signalisation ferroviaire commandée par le PCT situé au puits de Sangatte. Elle a été mise en place par la Société SIFERDEC. Elle permet uniquement de réguler le trafic entre le hall d'embarquement du personnel et le puits. En dehors de cette ligne, la signalisation se fait à vue.

• Les bâtiments sociaux et les ateliers de facture diverse

- Les bureaux, fournis et montés par COUGNAUD SA sont composés de modules juxtaposés et assemblés sur trois niveaux de 535 m² représentent au total une surface de 1605 m^2

- Les vestiaires du personnel CNRO de structure identique à celle des bureaux sont constitués de trois blocs de deux niveaux. Chaque niveau comprend 4 modules vestiaires et un module sanitaire pour 150 personnes, soit 300 personnes par bloc et 900 places au total. Les vestiaires occupent une surface au sol de 861 m^2.

- L'atelier de maintenance ferroviaire et les autres bâtiments de type industriels sont à ossature métallique avec couverture et bardage en bacs acier galvanisés simple peau.
Ils ont été fournis et montés par la société CABLE EXPORT de Mirecourt.

- L'atelier de maintenance d'une surface de 648 m^2 est destiné à l'entretien du matériel ferroviaire du sous projet MEM qui consiste en :

- 16 locotracteurs diesel
- 10 draisines personnel avec remorque
- 400 wagons plate-forme ou spécialisés pour le transport et les manutentions en tunnel.

Le bâtiment atelier est équipé d'un pont roulant STANDLEV d'une capacité de 30 T fonctionnant en translation dans le sens longitudinal du bâtiment (36 ml). Le matériel ferroviaires est acheminé à l'intérieur de l'atelier grâce à deux voies ferrées incorporées au dallage.

Il comprend également les annexes suivantes :

- Des vestiaires pour le personnel
- Les bureaux du chef d'atelier
- Un magasin de pièces de rechange
- Un bloc sanitaire
- Un local atelier électronique / automatisme

- Un local atelier hydraulique
- Un dispositif de récupération des huiles usagées
- Un local de stockage des huiles - Un local compresseur. L'aménagement extérieur est composé d'une aire de lavage, d'un stockage de carburant avec point d'eau pour remplissage des bacs de barbotage et d'un stockage de sable permettant le garnissage des sablières.

Le stock de gazoil est de 40 000 litres.

- Le magasin général est destiné à stocker et gérer l'ensemble des pièces de rechanges et consommables nécessaires aux différents services de la MEM. Il est du type "ROMNEY" à deux nefs accolés. Chaque nef est composée de 12 travées de 2.50 m, la portée de chaque nef est de 10.17 m. Sa superficie est de 610 m^2.

Le magasin est équipé d'un bureau d'une zone de réception du matériel et d'un bloc sanitaire.

Une aire de stockage des produits inflammables est aménagée à l'extérieur.

- Le hall d'embarquement est réalisé en charpente métallique galvanisée du type portique, scellée sur des massifs en béton armé. Il couvre une surface de 144 m2 avec un long pan de 24 m.

• Les principaux sous traitants chargés des équipements fixes du tunnel :

La JV SPIE BATIGOLLES / BALFOUR-BEATY et CAMOM ont leurs propres installations implantées sur la zone 360 du terminal. Elles comprennent bureaux, vestiaires, ateliers, magasin et des aires de stockage desservies par un réseau de voies ferrées qui leurs sont propres.

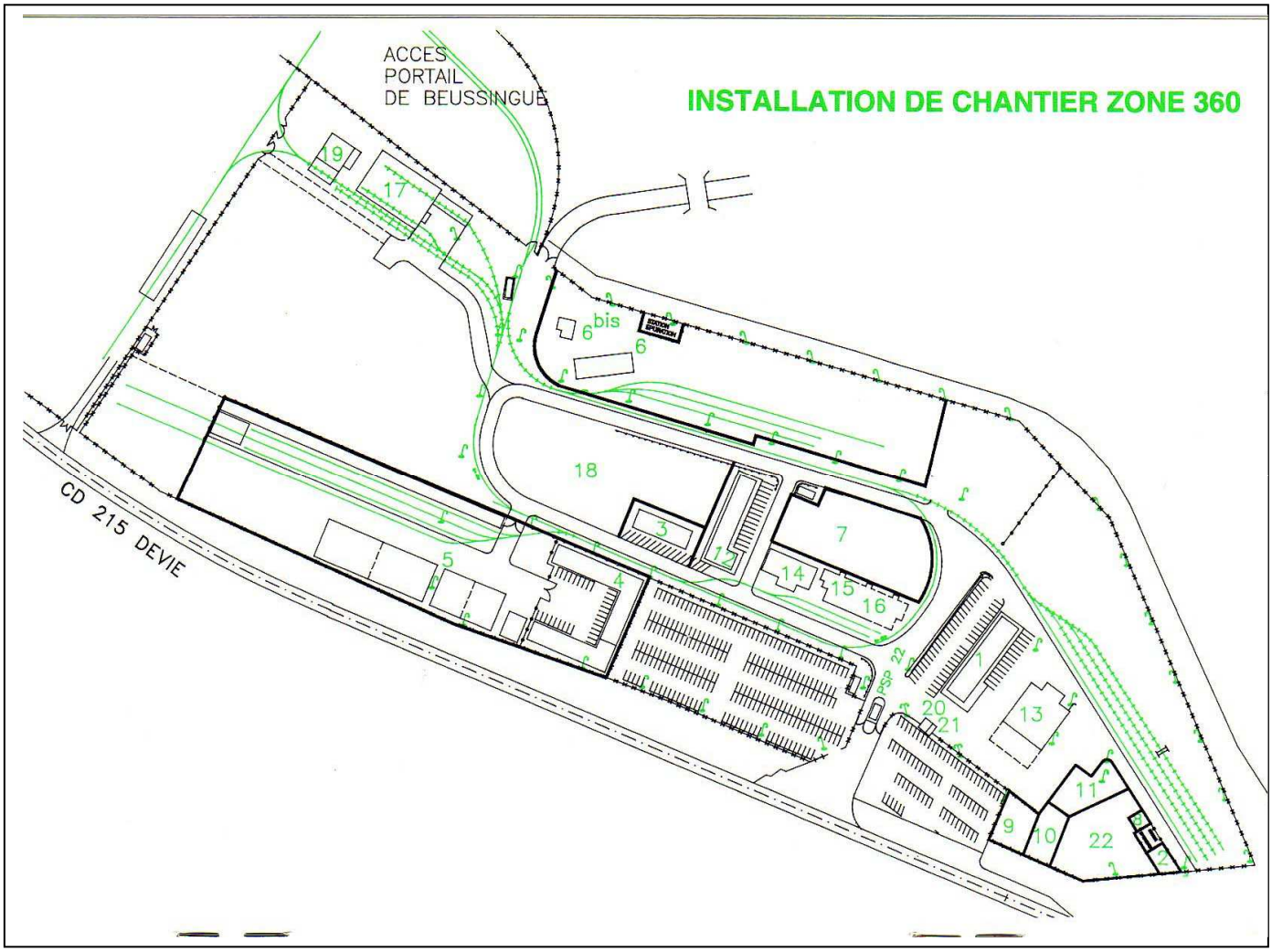
• Le réseau de surface de la MEM dessert un ensemble de plates-formes de stockage, stabilisées en grave mais non revêtues. Ces plates-formes ou parcs sont des aires de transit et de stockage d'attente des matériels destinés au tunnel.

Les 1000 m de voies ferrées traversant ces parcs sont répartis comme suit :

Zone parc convoi	=	690 m
Zone parc draisine	=	120 m
Zone parc atelier	=	190 m

LÉGENDE DE LA ZONE 360

N°	DÉSIGNATION	N°	DÉSIGNATION
1	Bureaux TML / DEM	12	Bureaux ET
2	TML	13	Magasin DEM
3	Bureaux TML	14	Vestiaires T6
4	} Zone SB	15	Vestiaires DEM
5		16	Hall d'embarquement
6-6b	CAMOM Bureaux - Atelier	17	Atelier maintenance
7	RACAL - GTIE	18	Réserve DEM
8	NEU	19	Local batteries
9	MOTOROLA	20	Douane
10	FICHET DEF	21	Réception matériel
11	TCCG	22	Signalisation voie ferrée



Montage des équipements fixes en tunnel

LE sous projet Montages Electromécaniques est principalement chargée de superviser les opérations de montage des équipements fixes effectuées par les sous traitants et de leu rassurer les moyens logistiques.

Les sous-traitants sont nombreux et les marchés très divers, ayant du lors de la sélection, satisfaire dans chaque cas aux trois critères prix, Qualité, Délai. Pour simplifier la coordination d'un ensemble hétérogène de fournisseurs et d'entrepreneurs une grande partie des Travaux a été confiée à un Groupement franco-britannique constitué en Joint Venture (JV) ayant comme leader SPIE Batignolles et Balfour Beaty, auquel les travaux suivant ont été confiés

- La sous station principale au Terminal.
-La fourniture et la pose des caténaires.
- Tout l'équipement électrique des tunnels (courants forts).
- L'équipement du puits.
- Les circuits de courants faibles.
- L'équipement mécanique des tunnels (hors tuyauteries).

La fourniture et la pose des tuyauteries a été confiée à CAMOM, tandis que le marché des voies ferrées en tunnel a été dévolu à MONTCOCOL qui doit également réaliser, le bétonnage du radier sous voies et les trottoirs. La liste des principaux sous-traitants est donnée en encadré.

La pose des tuyauteries

Les travaux sont divisés en quatre lots d'importance inégale, en fonction de la spécificité des travaux et du calendrier d'exécution.

Dans les tunnels de service

Sur une longueur de 8 800 mètres, depuis la station de pompage jusqu'au puits de Sangatte, trois collecteurs de drainage de 400 millimètres de diamètre sont suspendus à hauteur des luminaires. Livrées en éléments de 11.20 m de longueur, les conduites sont assemblées par raccord à accouplement mécanique. Chaque élément est supporté par deux colliers espacés de 5.60 m. Les conduites d'alimentation du réseau incendie, de 250 millimètres de diamètre, sont suspendues en même temps et selon la même technique, mais tout au long des dix neuf kilomètres (français) du tunnel mer (photo).

Equipes au montage

Amenée et installation des tuyauteries

Dans les tunnels ferroviaires

Une première équipe de TML effectue la pose des supports dits primaires, en les fixant sur les anneaux de béton du tunnel. Un géomètre en assure les différents réglages. Puis les tuyauteries sont placées à l'aide d'un train qui sert à la fois de moyen de transport, de levage et de mise en place. Ce train est équipé de boggies spéciaux avec bras de manutention, commandés hydrauliquement par une centrale. Sur les boggies viennent s'articuler trois châssis porte tubes pour les tuyaux de longueur standard de 11.20 met un châssis télescopique porte tube pour les autres éléments. La capacité nominale de levage est de 500 kilos, la portée du bras d'un mètre. Ce bras peut accomplir une rotation à360 degrés au plan vertical et de 180 degrés au plan horizontal.

Le train rentre en fin de journée en zone 360 pour être rechargé. Ramené au poste de travail pendant la nuit, le personnel (amené en draisine) le trouve en début de journée sur les lieux de travail. La cadence hebdomadaire de montage (drainage et incendie confondus) est d'environ 90 tubes, soit un kilomètre.

A travers les Rameaux

• **Une centaine d'ensembles** assurent à partir du collecteur principal installé en tunnel de service, la distribution et la régulation des fluides vers les tunnels ferroviaires, en passant parles rameaux de communication (croquis).

Chaque ensemble est formé de conduites de diamètre 200, 150 et 100 mm et de huit vannes de sectionnement ordinaire, une vanne motorisée, une vanne de détente (pour réduire la pression), une soupape de sécurité, une bouche d'incendie et un appareil à mousse.

Préfabriqués par une autre entreprise, les éléments de conduites sont, avec les vannes et les supports, amenés sur les lieux de travail par un wagon plateau équipé d'un bras articulé électrique qui sert au déchargement. Une équipe de quatre personnes installe manuellement trois rameaux par mois.

• **Le réseau incendie** se prolonge sur une longueur de 125 mètres de part et d'autre des rameaux de communication et se termine par une bouche d'incendie. L'ensemble représente 24 kilomètres de tuyauteries en diamètre 100. Des éléments préfabriqués, en forme de chapeau de gendarme, permettent d'éviter les autres ouvertures débouchant sur le tunnel (rameau de pistonnement, salles électriques, etc...)

Les parties droites des lignes d'incendie sont assemblées trois par trois par soudure en tranchée de Beussingue, puis transportées et installées en tunnel par le même train qui a servi au montage des collecteurs de drainage et d'incendie en tunnel de service. Les assemblages en tunnel se font également par soudure.

• **Les collecteurs de refroidissement** sont installés dans chaque tunnel ferroviaire sous forme d'un bouclage de deux tuyauteries superposées de 400 millimètres de diamètre dans le tronçon sous mer, et d'un diamètre 300 mm en tunnel sous terre. Ce réseau représente 82 kilomètres de tuyauteries, 45 vannes principales et 7 000 supports, plus toute l'instrumentation liée à la régulation et au contrôle (photo).

Une zone de stockage et une chaîne d'assemblage, de soudure et de contrôle radio sont installées à l'extérieur, en tranchée de Beussingue. Les tubes, livrés en 14.50 m de long, y sont assemblés trois par trois par soudure. Groupés et sanglés par quatre, ces assemblages de 44 mètres sont disposés sur les galets de translation d'un train de transport et emmenés sur le lieu de travail. Les quatre longueurs de 44 mètres sont amenées en bloc compact par l'intermédiaire des galets de manutention sur le train de montage. Saisis un par un par deux bras à commande hydraulique, ces tuyaux sont posés sur les supports fixés préalablement, tandis que le convoi de transport repart vers l'extérieur pour un nouveau chargement.

Liste des principaux sous-traitants (hors J.V)

• **Contrôle et communications**

RACAL	Réseaux fibres optiques
MOTOROLA	Système Radio
FICHET	Détection incendie

• **Mécanique**

FLAC KT	Ventilation Refroidisseurs Station de
TNEE/HADEN	Pompage Clapet des Rameaux de
SPIE/BB AMRI	Pistonnement Portes spéciales
CLIMA NEU	rameaux
ARBEL	Portes de la jonction ferroviaires
CAMOM	Tuyauteries

• **Voies ferrées**

AEG	Système Transport. - tunnel service
SAMM ROD ATHUS	Fourniture des voies
MONTCOCOL	Pose des voies
SONNEVILLE	Blochets (assistance)
BB/COGIFFER	Appareils de voies

L'installation électrique des tunnels

L'ENSEMBLE des Installations électriques des tunnels a été confié à la JV SPIE BATIGNOLLES/BALFOUR BEATTY et concerne aussi bien les courants forts que les courants faibles.

Les équipements linéaires: supports, chemin de câbles, câbles, caténaires, sont installés jusqu'au point milieu (M) de chaque tunnel. Ce point M est situé.

Pour le tunnel de service :
au PM 16 327
Pour les tunnels ferroviaires :
au PM 20 039

Les équipements des locaux techniques sont montés à partir du portail de Beussingue jusqu'au dernier local de chacune des séries aux PM suivants
-Pour les salles électriques :
au PM 16 195
- Pour les sous stations :
au PM 14 817
- Pour les salles de signalisation :
au PM 15 514
- Pour les rameaux de communication :
au PM 16 201
- Pour les rameaux de pistonnement du tunnel nord PK 19 et pour ceux du tunnel sud le PK 18.

Ces installations se distinguent en deux catégories :

Les courants forts et
Les courants faibles

Installation de contrôle de la qualité de l'air

Les courants forts

A partir du poste de 225 KV situés au portail de Beussingue, commence la distribution en tunnel des courants forts qui se divisent en trois réseaux
- Le réseau en 25 KV pour l'alimentation des caténaires
- Le réseau en 21 KV pour les sous stations des Tunnels
- Le réseau en 21 KV pour les sous stations du Terminal

• **L'énergie de traction** en 25 KV est distribuée par un réseau sectionnable en cinq zones permettant de faciliter les interventions urgentes. Il n'y a pas d'interconnection permanente entre les réseaux français et britanniques, mais en cas de secours mutuel il est possible d'établir un point de jonction au point M.

• **Les sous stations électriques** sont alimentées en 21 KV. L'énergie est trans-formée en 3.3 KV dans les salles électriques principales (appelées ES) puis elle est distribuée dans les quatre à cinq salles électriques secondaires, qui leur sont rattachées (ER) où elle est de nouveau transformée en 400volts, 110 volts, et 48 volts, tensions utilisées pour le petit appareillage, la commande et les courants faibles.

• **Le puits et la station de pompage** sont également alimentés en 21 KV, transformé en 3.3 KV. L'énergie est destinée aux équipements des installations de surface, c'est-à-dire :
- les stations de ventilation
- le système de refroidissement
- le réseau incendie
mais aussi en tunnel aux équipements de la station de pompage W3.

Les courants faibles

Les équipements des courants faibles sont installés dans les salles électriques (ER) situées tous les 750 mètres entre les tunnels ferroviaires et le tunnel de service. Ils comprennent principalement :
- Le centre de contrôle,
- La transmission des données,
- La radio
- La détection incendie
- La signalisation ferroviaire

• **Le centre de contrôle** est constitué de stations de mesures appelées "Remote Telemetric Unit" (RTU) ayant un rôle de Télémesure, télécommande et de télé contrôle.

Le RTU contrôle le fonctionnement des équipements (annexes et installations fixes. Distribution électrique, traction, ventilation, cooling, pompage...)

Installation de ventilation dans le puits

Les signaux de contrôles sont d'ordre
- logique pour la signalisation et la commande,
- analogique pour les mesures
- sériel pour les automates.
Ces informations sont transmises par l'intermédiaire d'un réseau aux autres stations et aux terminaux.
54 RTU seront installés en tunnel par les soins de TCCG - CEGELEC

• La transmission des données
La transmission des données est réalisée à travers le système RACAL.
Le système RACAL est un interface électrique optique qui permet de faire circuler toutes les informations à travers les différentes zones du tunnel.
- communication à travers la concession
- facilités téléphoniques à travers la concession
- système de sonorisation (haut parleur) dans toutes les zones de la concession concernant les voyageurs.

La transmission est assurée par des fibres optique. La fibre optique continu est posée par tronçon de 4 km le raccordement s'effectuant dans un rameaux de communication.

Dans le tunnel ferroviaire sud :
liaison directe entre les 2 terminaux UK et FR.

Dans le tunnel de service : liaison entre les salles électriques sud et les deux terminaux

Dans le tunnel ferroviaire nord: liaison entre les salles électriques nord et les deux terminaux.

• **Le système radio** est fourni et monté par MOTOROLA.
En tunnel on peut distinguer 3 parties.

• **La liaison radio sol-train** destinée à l'exploitation ferroviaire a pour fonction la communication entre le conducteur et le poste central de contrôle du trafic ferroviaire.
- 26 sites d'émission - réception dans le tunnel sont installés dans les ER, tous les 1500 m. Chaque site comprend 2 armoires et 4 émetteurs - récepteurs.
- un câble rayonnant est mis en place dans chaque tunnel ferroviaire.

• **La radio concession** est destinée à la maintenance des équipements, à la sécurité, au trafic routier et en secours pour la radio sol - train.
- 13 sites d'émission - réception sont installés dans les ER, tous les 3000 m. Chaque site comprend 2 ou 3 armoires et 7 ou 9 émetteurs - récepteurs.
- un câble rayonnant est mis en place dans chaque tunnel.

• **La radio interne des navettes** est destinée aux communications à bord des navettes pour le personnel d'exploitation au moyen d'une diffusion FM.
- 1 récepteur UHF/2 émetteurs FM sont installés dans chaque navette.
- Chaque wagon est équipé de 24 à 48 m de câble rayonnant.
Côté France, le câble rayonnant. Totalisera une longueur de 100 kilomètres.

• **La détection incendie** installée par FICHET - DAF consiste en un système qui permet de détecter la présence d'un feu et d'assurer la protection du matériel et du local. II permet également de signaler la détection, localement et aux centres de contrôle français et anglais, de stopper la ventilation par fermeture des clapets coupe-feu dans la zone concernée et d'éteindre le feu par déclenchement d'une cartouche de gaz halon.

Dans chaque salles électriques on trouve :
- 2 détecteurs ioniques
- 2 détecteurs optiques
- 1 panneau lumineux intérieur avec avertisseur sonore.
- Une bouteille Halon
A l'entrée des salles électriques :
- un boîtier brise glace
- un panneau lumineux extérieur.
Dans les rameaux de communication, on trouve :
- un LFDU (local fire détection unit) qui gère un groupe de quatre salles électriques.
II est prévu 27 LFDU au total.

• **La signalisation ferroviaires** est un système dit "signalisation embarquée" fournie et montée par SOFRERAIL identique à celui utilisé par la SNCF sur la ligne du TGV nord.

C'est un système à transmission voie/machine (type TVM 430). Des capteurs placés à l'avant des locomotives reçoivent en permanence des informations émises parles 2 files de rails. Les postes d'aiguillages sont du type PRCI.

II permet de contrôler les aiguillages, la prévention des collisions et l'autorisation de mouvement aux conducteurs.
Le réseau est constitué de l'ensemble :
- terminal de Folkestone
- tunnel (qui comporte 2 voies banalisées (N et S) avec 3 communications)
- terminal de Coquelles.

La répartition géographique des équipements est la suivante :

Les locaux principaux d'enclenchement sont situés aux terminaux et aux croisements ferroviaires. Trois centres d'appareillages intermédiaires sont situés : le premier, entre le terminal de Coquelles et le croisement ferroviaire français au PM 5 950, le second, entre les croisements ferroviaires, au PM 18 263 et le troisième, entre le croisement ferroviaire britannique et le terminal de Folkestone.

Equipements mécaniques des ouvrages spéciaux

L'**INSTALLATION des Equipements Fixes dans le tunnel se poursuit par cantons au fur et à mesure de l'achèvement du Génie Civil, dans les rameaux de communication et de piston nement et dans les salles électriques.**

Les équipements électriques et les tuyauteries installés dans les rameaux sont complétés par des installations accès et les flux.

Les rameaux de communication

Les rameaux de communication sont équipés de portes coupe-feu côté TF. Elles isolent le tunnel de service des tunnels ferroviaires.

Ces rameaux permettent l'évacuation des voyageurs. Ils sont équipés de portes, de tuyauteries incendie, d'armoires électriques de commande des équipements avoisinants (vannes, registre à proximité, porte ...), de ventilateur et de gaines pour certains.

L'encombrement de ces rameaux réserve un gabarit de passage de 2 mètres de haut par 1.8 mètre de large pour l'évacuation des passagers.

Le montage des portes est réalisé en 3 phases. II concerne le dormant, l'ouvrant et le mécanisme.

• **Le montage du dormant** est réalisé par ajustage à la maçonnerie.

La section des rameaux est circulaire. Les rameaux standards font 3.3 mètres de diamètre. 4 rameaux spéciaux font 4.8 m de diamètre. (2 sous mer et 2 au niveau de la station de pompage).

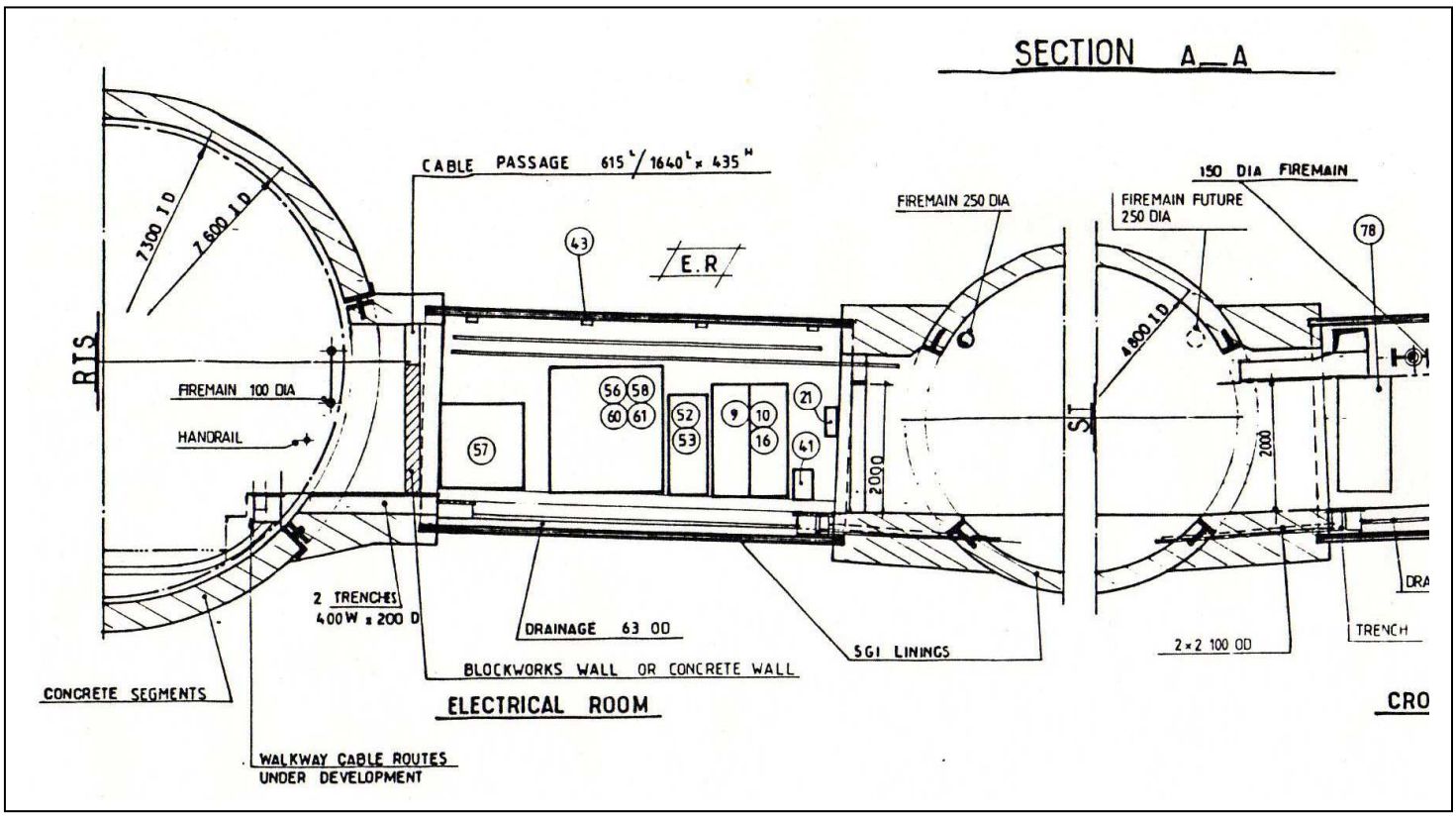
Le dormant doit venir s'intégrer parfaitement dans la section. Il est composé de 3 éléments en forme de demi-lunes, d'une épaisseur d'environ 20 cm.

Le montage du dormant est réalisé en 2 postes. Le contrôle de la pose est fait soigneusement par les représentants du fournisseur.

Le calfeutrement des dormants est fait par 2 équipes SPIE Batignolles Site France (SBSF). Elles mettent tout d'abord en place le coffrage, qui doit d'adapter aux parois du rameau.

Puis elles injectent du mortier qui reste coffré une semaine. Après décoffrage, le calfeutrement est peaufiné par un ragréage soigné.

• **Le montage de l'ouvrant** et de son mécanisme est plus complexe.
L'ouvrant est une pièce imposante qui est amenée sur un train à partir duquel on le fait glisser jusqu'au rameau, en utilisant les plaques roulantes.



LEGENDE

9 – Dimux	52 – 53 – Batteries et chargeur	58 – transformateur 16 kva
10 à 16 - P.A. & F.O.	56 – tableau de distribution	60 – sectionneur BUS
41 – extincteur	basse tension	61 – tableau de contrôle
43 – détecteur de fumées	57 – transformateur 125 kva	de l'éclairage

Ensemble des installations électriques dans un rameau

Le mécanisme lui aussi très lourd est amené sur place au moyen d'un palan. Le montage est réalisé en 2 postes par des équipes SBSF, qui est ensuite contrôlé par les représentants du fournisseur le groupement Neu/Yvroud/Joly.

Les salles électriques

Toutes les salles électriques, y compris celles de station d pompage sont équipés d'une porte côté tunnel de service, permettant l'accès et la maintenance. Elles sont fermées par un mur côté tunnel ferroviaires.

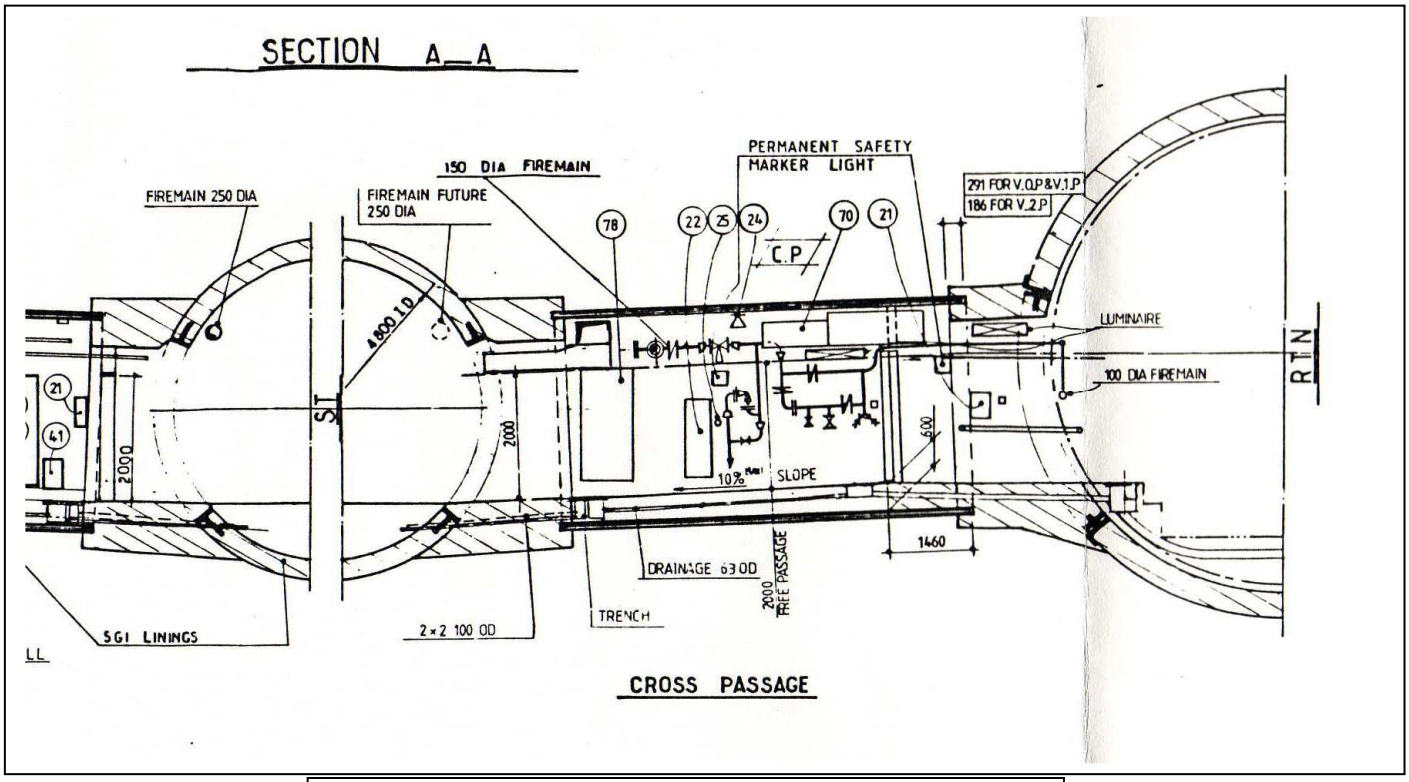
Le fournisseur de ces portes est la société JOLY qui fait partie du groupement NYJL (Neu/Yvroud/Joly).

Le montage du dormant se fait au fur et à mesure que le Génie Civil met à disposition les rameaux.

Par contre le montage de l'ouvrant n'est réalisé que lorsque les équipements des salles sont en place : armoires, ventilateur, gaines... pour éviter tout choc sur le revêtement de ces portes.

En effet, ces portes métalliques sont revêtues d'une peinture anti-corrosion qu'il est indispensable de préserver en bon état.

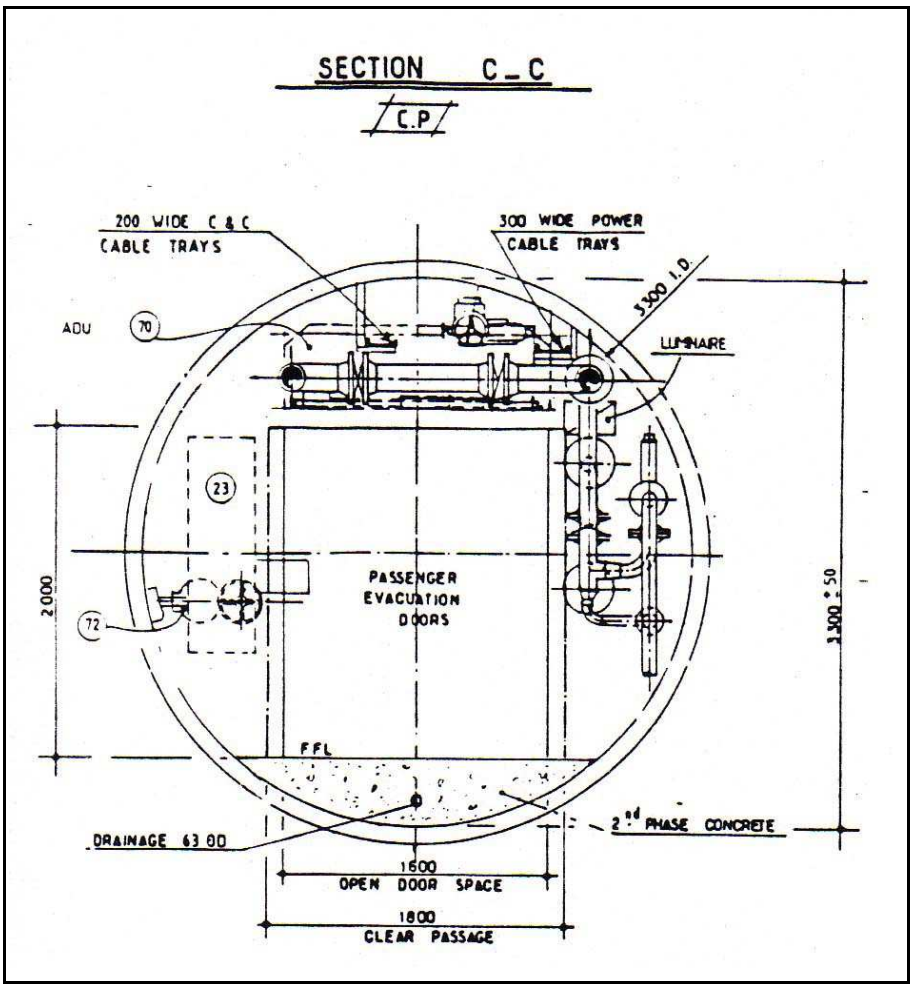
Les clés des serrures sont identiques pour chaque type de porte. Il y a 5 jeux de clés.



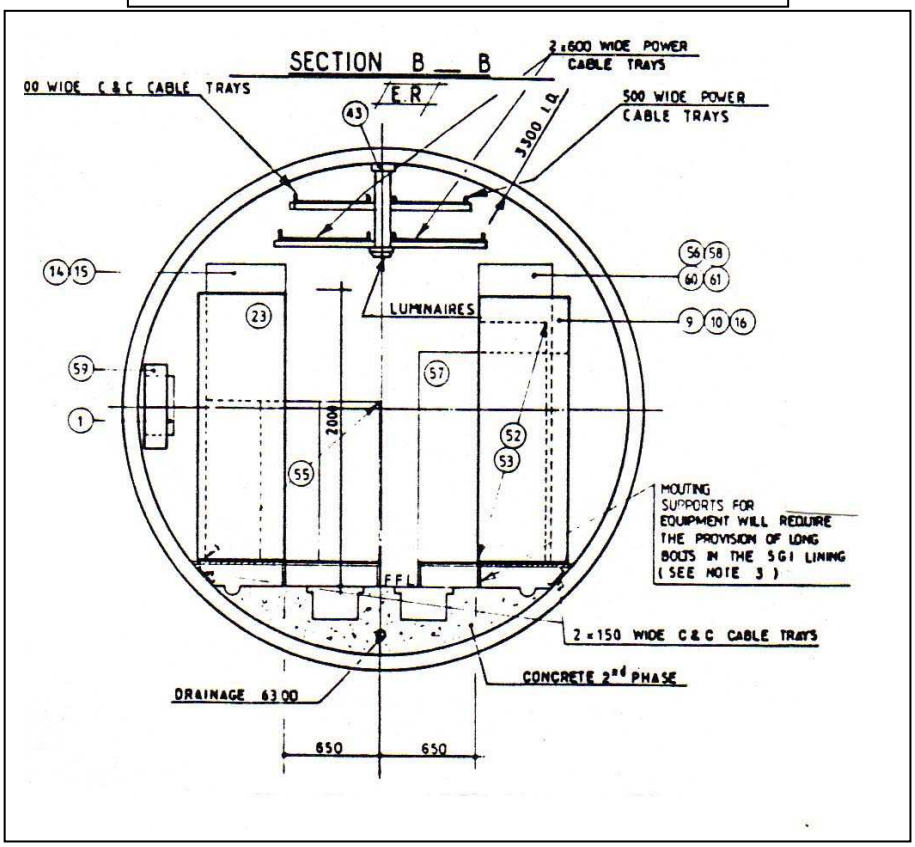
LEGENDE

21 – Téléphone	70 – A. D. U
22 – Signalisation ferroviaire M/B	78 – Panneau de contrôle
24 – Haut parleurs	des équipements mécaniques
25 - micro	

GALERIE DE SERVICE
Coupe en travers d'un Rameau de communication



GALERIE DE SERVICE
Coupe en travers un rameau avec équipement éléctrique



2 équipes SBSF sont chargées du montage de ces portes, en alternance avec montage des portes des rameaux de communication.

Il faut 1 poste pour monter le dormant d'une salle, 1 poste pour le calfeutrage est réalisé par 2 équipes de maçons.

Les rameaux de pistonnement

Les rameaux de pistonnement équilibrent la pression d'air entre les tunnels ferroviaires. Ils doivent être ouverts en phase normale mais doivent être fermés à la moindre alerte incendie ou de dégagement de vapeur toxique qui obligerait à séparer les tunnels pour éviter le propagation du sinistre.

On installe donc un registre, c'est à dire une "vanne papillon" à l'une des extrémités de ces rameaux, pour bloquer éventuellement le passage de l'air.

89 registres sont installés alternativement côté tunnel nord puis tunnel sud. Tous les rameaux sont équipés.

A l'opposé du côté où est installé le registre, trois douilles sont scellées en position triangulaire. Elles permettront aux trois vérins d'un obturateur de venir s'y bloquer. Cet obturateur est un simple bouchon qui sera mis en place uniquement lors de la maintenance du registre correspondant.

Le montage des registres est réalisé en deux phases : la pose des viroles, l'installation de la vanne papillon.

La pose de la virole

Pendant la phase de génie civil dans les rameaux, avant que la tête soit coulée, les équipes TML de la DEM viennent mettre en place une virole en fonte, recouverte d'un revêtement protecteur, que les équipes du génie civil scellent dans le rameau.

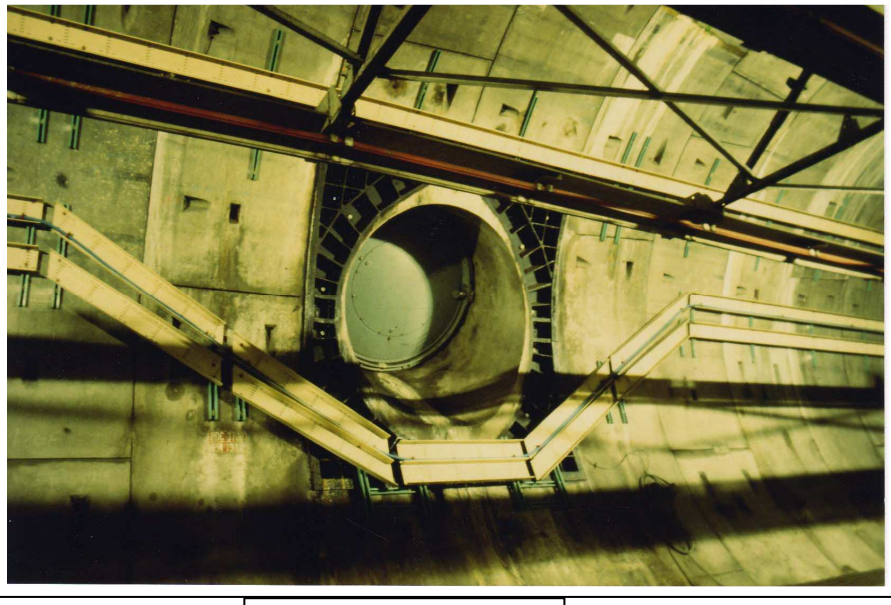
Pendant cette opération, la virole, cercle support du registre, est maintenue par un outillage qui est ensuite retiré.

Cette installation est réalisée par une équipe de 3 personnes.

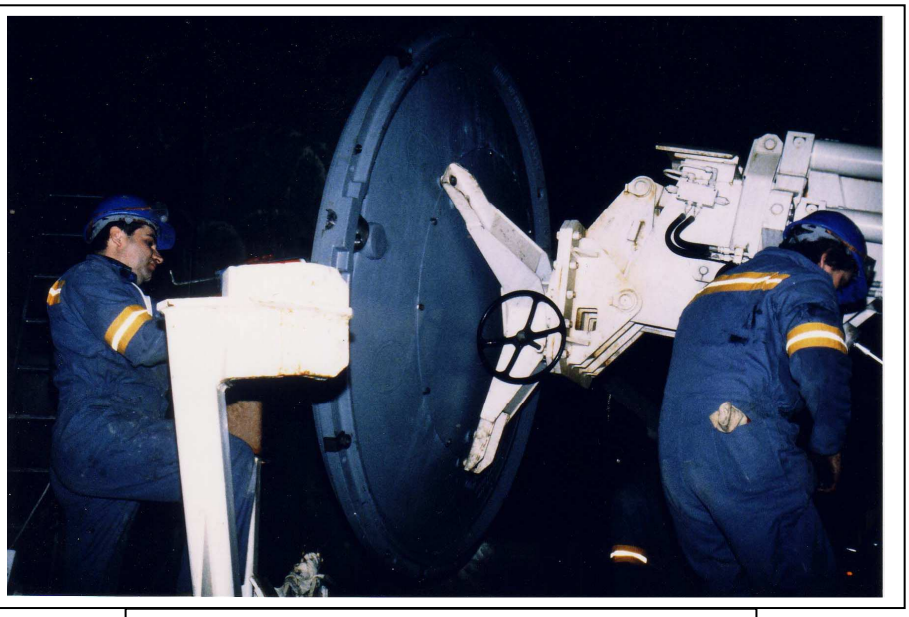
La pose de la virole et son scellement endommagent à certains endroits le revêtement anti-corrosion. Des retouchent de peinture sont nécessaires et sont effectuées par série de viroles par deux personnes de la Société QUEFFELEC.

Une fois en place et retouchées, les viroles sont contrôlées, pour que le registre puisse être correctement installé.

On contrôle l'ovalisation de la virole, c'est-à-dire sa parfaite circularité, la planéité de la surface d'appui du registre, sa position par rapport au bord du rameau.



Rameau de pistonnement
Clapet de fermeture



Préparation et mise en place d'un clapet de fermeture

Clapet de pistonnement, pose et réglage

et le bon état des trous taraudés qui permettront la fixation du registre. Ces contrôles sont effectués par une des équipes de montage SPIE Batignolles Site France (SBSF). Six viroles sont en général contrôlées sur un poste, avec un outillage spécial fourni par le fournisseur AMRI.

La pose du registre

Le registre est chargé en zone 360 sur un train spécial, composé d'un wagon avec bras hydraulique, de wagons plateaux pour entreposer le matériel et d'un wagon réfectoire. Ce train est fourni par TML mais équipé par SBSF.

Un seul registre peut être acheminé sur ce train et le montage est fait en un poste.

Une fois le train positionné devant le rameau de pistonnement, l'équipe applique un joint d'étanchéité tout au long du corps du registre, sur la partie qui sera en appui sur la virole.

Le bras hydraulique positionne ensuite le registre sur la virole. Le corps y est fixé, le papillon étant en position fermée.

Une armoire électrique provisoire sur le train permet d'alimenter le moteur du registre, afin de procéder à des essais de fonctionnement et vérifier la parfaite étanchéité du papillon sur son corps lors de l'ouverture et de la fermeture de la vanne.

Après ces opérations, le train remonte en zone 360.

A l'opposé du registre, de l'autre côté du rameau, trois douilles sont scellées dans des carottages réalisés par le personnel génie civil. L'une est au sommet du rameau, les deux autres sont à 120° de chaque côté.

Un outillage positionne les douilles, pièces cylindriques creuses, dans les carottages. Elles sont scellées à la colle, 12 heures après, l'outillage est retiré et les douilles sont prêtes à recevoir les vérins.

Le montage est réalisé par une équipe de SBSF, travaillant de jour.

Hygiène et sécurité

POURSUIVANT les travaux dans la continuité du Génie Civil, le sous projet Montages Electromécaniques a bien entendu pris la suite des mesures d'hygiène et de sécurité en vigueur sur le chantier du tunnel.

La prise en charge de ces mesures s'est faite progressivement et s'est déroulée en trois périodes
- Pendant l'exécution du Génie Civil
- Après l'exécution du Génie Civil
- Pendant le Commissionning.

Pose d'un gabarit ferroviaire

Gabarit ferroviaire, consigne de sécurité

Pendant l'exécution du Génie civil

Cette phase est la plus importante car elle est celle
- du choix des méthodes
- du choix des matériels
- du début des travaux électromécaniques

Les missions principales du service sécurité pendant cette phase sont de bien étudier les méthodes, de commenter les plans des matériels choisis, de suivre leurs phases de fabrication (afin de proposer des moyens de protection à mettre en oeuvre pour éviter les accidents), de rédiger le Plan d'Hygiène et de Sécurité (PHS).

Il faut rajouter à ces missions celles qui sont habituelles à un service sécurité
- Formation du personnel
- Commentaires des PHS des sous traitants
- Suivi de formation des sous traitants
- Relations avec les divers organismes (IT, CRAM, OPPBTP, MT)
- Suivi du matériel sécurité
- Suivi des accidents, statistiques
- Enquêtes et rapports après accident
- Elaboration des consignes
- Suivi des vérifications réglementaires des matériels

Après l'exécution du Génie Civil

La fin du Génie Civil a entraîné une augmentation brutale des activités électromécaniques en tunnels (environ 40 trains travaux / jour).

Le risque principal est dû au roulage, le travail principal des animateurs sécurité est désensibiliser les conducteurs de locotracteurs et draisines sur ces risques.

Les animateurs sécurité participent à la première pose de chaque type d'installations définitives pour vérifier que les mesures de sécurité sont prises et les améliorer si nécessaire.

Pendant le commissionning

La mise en service des installations définitives est une phase importante, les risques sont importants (chutes, fuites, électriques).

Le rôle du service sécurité MEM est primordial, il est chargé de suivre les premières mises en service de chaque installations, de vérifier que toutes les mesures de sécurité soient prises, que toutes les procédures soient suivies (consignation...).