



Organisation du sous projet **TUNNEL**

Organisation du sous projet tunnel

La phase Génie Civil

Le sous projet Tunnels est un chantier qui atteint, à lui seul un effectif de 3500 personnes avec les sous-traitants.

Dès le début des travaux et pour ramener ce chantier à des entités de taille raisonnable, le sous projet a été découpé en secteurs, chaque secteur correspondant à une activité principale et pour les secteurs travaux à une zone géographique déterminée :

- Tunnelier en service
- Tunnelier ferroviaires (T2 / T3)
- tunnelier sous terre
- Exploitation du puits et surfaces
- Secteurs matériel
- Secteur électrique
- Ouvrages spéciaux.

Chacun de ces secteurs, d'un effectif variant de 300 à 500 personnes est dirigé par un chef de secteur dépendant directement du Directeur du sous projet et bénéficiant d'une délégation de pouvoir importante, tant en matière d'autorisation de dépense qu'en matière de sécurité, organisation de travail, qualité, méthodes et coûts.

Le Directeur du sous projet veille à l'application des politiques générales définies par le Comité Direction de la construction France dans les matières définies ci-dessus en fixant les priorités et réglant les interfaces entre les différents intervenants.

A cet effet, des secteurs fonctionnels ont été créés :

- Technique
- Ressources Humaines
- Administration / Finances
- Suivi du Projet
- Commercial et Contractuel - Sécurité.

Ces secteurs dépendent hiérarchiquement du Directeur du sous projet et fonctionnellement des Directions correspondantes de la Construction France. (Voir annexe 1)

L'évolution de ces organisations pendant la phase Génie Civil a été dictée par les critères suivants :

- Dès qu'une activité Travaux avait finalisé ses méthodes d'exécution "in situ" et amorcé sa mise en "vitesse de croisière", l'activité a été rattachée au secteur tunnelier qui sont ainsi devenus des secteurs tunnels reprenant toutes les activités au sein de ce tunnel (exemple les Ouvrages Spéciaux) ;
 - un nombre raisonnable de chefs de secteurs ou directeurs travaux dépendant directement de la Direction du sous projet ;
 - le nombre d'intervenants augmentant, la mise en place d'une Direction Coordination.
 - Création de nouveaux secteurs travaux après mise au point des Méthodes par des cellules, d'abord intégrées au secteur technique, puis détachées au secteur d'activité.
- (Voir annexe 2)

La phase montage

La préparation des méthodes de pose des installations électromécaniques définitives a été confiée à un département Electromécanique dépendant de la Direction Construction France.

La pose des installations

Electromécanique fixes définitives :

- pose des supports de câbles et câbles
- pose des tuyauteries de drainage et incendie
- pose des tuyauteries de refroidissement
- Equipement des salles électriques et rameaux de communication
- Eclairage - etc...

Pendant la phase Génie Civil

- fin d'exécution des tunnels ferroviaires
- exécution et finition des ouvrages spéciaux
- exécution de la station de pompage
- aménagement définitif du puits de Sangatte
- aménagement de la tranchée de Beussingue
- démantèlement des installations provisoires.

a naturellement amené à regrouper les 2 activités : Génie Civil et électromécanique définitive au sein d'un seul et unique sous projet.

Cette seconde phase du chantier est caractérisée par :

- la multiplicité des intervenants
- l'extrême imbrication des différentes activités
- l'interdépendance des différentes activités (Génie Civil, installations électromécaniques et réalisation des voies)

Ces caractéristiques sont prises en compte par une organisation où

- l'ensemble des travaux de Construction, coordination et technique sont regroupés sous une seule et même entité : la DIRECTION TRAVAUX

- des équipes uniques permettent la gestion

- des aspects contractuels et commerciaux
 - des ressources humaines
 - de l'administration et des finances
 - du suivi des coûts.
- (Voir annexe 3)

Un vrai sentiment d'appartenance à un secteur et la forte motivation du personnel au sein de ce secteur a été obtenu par :

- la création de secteurs travaux regroupant l'ensemble des activités d'un tunnel - la mise en place au sein de ces secteurs d'objectifs individualisés en matière de coût et de planning
- des délégations de pouvoir importantes, aux responsables de ces secteurs.

Le sentiment d'appartenance à un projet d'ensemble a été obtenu par

- une politique générale définie par le Comité de Direction Construction France - le regroupement des activités de gestion pour la partie Génie Civil et Electromécanique
- une coordination forte entre les différents secteurs d'activité.

Le secteur suivi du projet

Elles nécessitent la mise en place d'un certain nombre de règles et de procédures rassemblées dans le "Manuel de Contrôle des Coûts".

Les aspects essentiels du contrôle des Coûts comprennent :

- **L'établissement des Budgets** depuis le Budget initial (BI) résultant des estimations de coût établie lors de la remise de l'offre et mis en conformité avec la codification générale et l'organisation des Travaux du sous projet tunnel, jusqu'au Budget approuvé conforme (BAC) intégrant les modifications de l'organisation des travaux et les modifications du prix objectif approuvées par EUROTUNNEL.

- **La prévision à fin d'affaire** qui est une réévaluation des Travaux à un instant donné.

A la date considérée, le montant total des travaux ou études est obtenu en ajoutant aux charges valorisées du dernier contrôle budgétaire, une évaluation du coût des travaux restant à exécuter.

LES tâches essentielles de ce secteur se résument dans l'éta

blissement des budgets et le contrôle de gestion. Il coiffe également le service informatique du sous projet.

Jusqu'à la fin 1988, le secteur avait aussi en charge le suivi des programmes de niveau 2 du sous projet et de niveau 3 des secteurs en liaison avec le secteur technique, ainsi que la gestion du Contrat de Construction. Ce dernier a ensuite été rattaché à la Direction Coordination Travaux. Devant l'importance grandissante des problèmes techniques et financiers rencontrés au cours du déroulement des travaux, le service Contrat a été transformé en secteur commercial indépendant.

Le Suivi du projet est placé sous l'autorité d'un chef de secteur assisté d'une part, d'un chef de service de gestion, dont le service est composé d'un cadre contrôleur de gestion, d'un agent administratif chargé des marchés et fournisseurs, d'un technicien et d'une secrétaire de saisie, et d'autre part d'un ingénieur études de Prix chargé de l'établissement et du suivi des budgets et d'un agent administratif assurant le calcul des valeurs acquises.

Par ailleurs, le chef de secteur supervise également le service informatique du sous projet animé par deux techniciens.

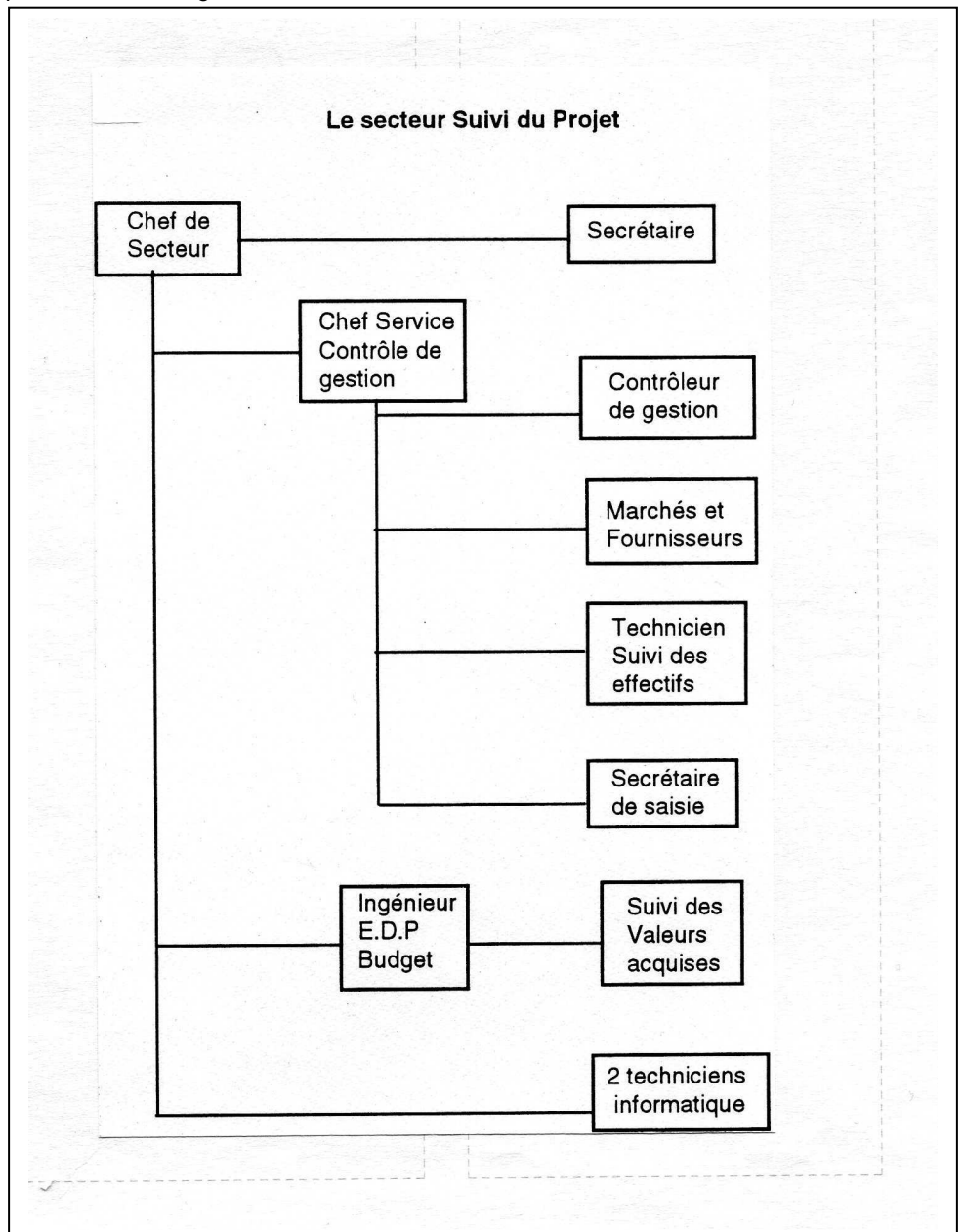
L'organigramme ci-après illustre l'organisation du secteur.

Dès le début de l'été 1991, le Secteur Suivi du Projet regroupe les services identiques à ceux décrits précédemment, de la partie forfaitaire du sous projet Montages des Equipements Fixes rattachée depuis cette date au Sous projet tunnel.

Cette partie de l'organigramme est développée dans les chapitres similaires de ce sous projet.

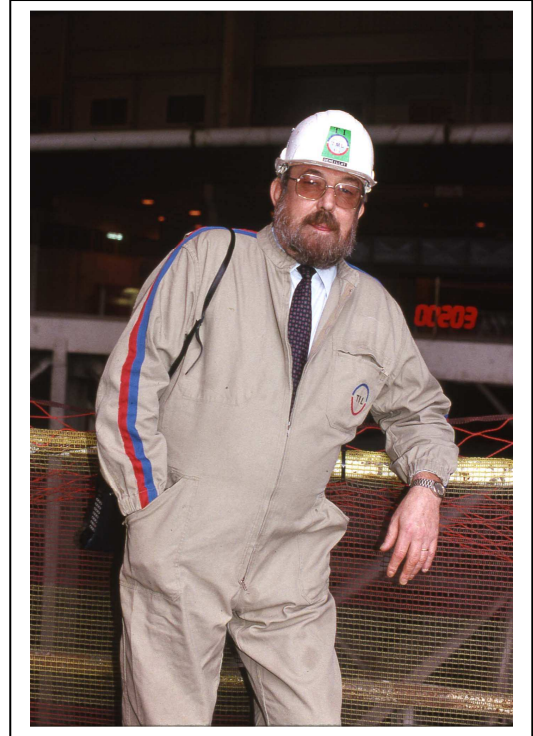
Le contrôle budgétaire

Le contrôle des coûts est opéré par le biais du contrôle budgétaire par application des procédures mises au point par les Directions fonctionnelles centrales. Le mode de paiement des Travaux en Dépenses Contrôlées engendre des exigences de gestion particulièrement rigoureuses.





Jacques FERMIN



Jean Yves DEMEILLAT

Lorsque la prévision est à destination interne, elle est également appelée Objectif. La PFA plus généralement destinée à l'information du Client est établie immédiatement après l'objectif.

Les budgets et PFA sont établis à l'aide du logiciel EDP (Etude de Prix mis à disposition par Bouygues).

• **Le plan annuel** lié à la PFA ouvre une fenêtre de 12 mois sur l'ensemble budgétaire du sous projet. Il est détaillé par centre d'imputation rattaché individuellement à un planning permettant d'étaler les dépenses dans le temps.

La fenêtre s'ouvre à partir de la date d'établissement de la PFA. La période antérieure à la fenêtre, représente donc les charges encourues. Les prévisions de dépenses pour chaque mois de la fenêtre sont obtenues par répartition dans le temps du coût des travaux restant à réaliser suivant le planning correspondant.

L'établissement de ce document est effectué à l'aide du logiciel ARTEMIS avec le support d'EDP, ou QUATTRO

• **Le calcul des valeurs acquises** est fait à partir du BAC, de la PFA ou du Budget de Référence qui résulte de la Prévision à fin d'affaire acceptée par le client.

La valeur acquise résulte de l'avancement budgétaire des tâches: en fonction de la réalisation à une date donnée des travaux, fournitures et prestations.

Les valeurs acquises sont calculées par centre d'imputation et par chapitres analytiques.

• **Les charges** sont établies, valorisées et imputées aux centres d'imputation suivant leur classification en chapitre analytiques : Main d'oeuvre, fournitures, consommables, etc...

• **Le rapport de contrôle des coûts** décomposé en quatre parties distinctes est édité mensuellement. Il comprend :

- Le rapport "A" : Coûts et engagement
- Le rapport "B" : Contrôle budgétaire
- Le rapport "C" : Transfert budgétaires
- Le rapport "D" : Suivi des Marchés.

Les rapports émis par les sous projets de la Dépense contrôlée : Tunnel et Préfabrication sont transmis à la Direction Suivi du Projet et à la Direction Administration Finance de la Construction France pour constitution du Rapport Financier. Ces rapports sont diffusés à EUROTUNNEL.

Engagement de dépenses et effectifs

Le chef de secteur du Suivi du Projet est également le gardien vigilant des Budgets. Les demandes d'Achat (DA) et les engagements de dépenses transitent obligatoirement par lui et sont examinés avec attention. Les montants indiqués sur ces documents doivent être justifiés, correctement imputés et correspondre à un budget préalablement établi. Toute déviation entraîne une mise au point ou un arbitrage de la Direction du Sous projet lorsqu'il s'agit de dépassement importants.

Le service Gestion enregistre toutes les commandes sur le logiciel DACOM. Il vérifie les imputations, il valorise sur VALCHA les commandes livrées avant comptabilisation des factures.

On peut considérer les dépenses de main d'oeuvre au même titre que les investissements et exiger des secteurs les justificatifs nécessaires à leur admissibilité. C'est pourquoi le secteur Suivi du Projet tient également compte des effectifs dont il établit mensuellement les états qui sont régulièrement transmis à la Direction Construction France et sont consolidés par la Direction centrale de Suivi du Projet. Cet état est similaire à celui reproduit ci-après.

De même les états des effectifs concernant l'encadrement du sous projet est communiqué au service paye pour ventilation des feuilles de paye.

Ces états permettent de suivre l'évolution des ressources humaines du sous projet et de les comparer avec les prévisions.

Le logiciel VALCHA permet la valorisation des charges pour leur prise en compte dans le contrôle budgétaire.

Le service Budget suit également l'évolution des Travaux, la progression des tunneliers et les consommations diverses de matériaux et d'énergie. Il établit des courbes d'avancement comparées aux objectifs et prévisions et des ratios intéressant les rendements de main d'oeuvre horaire et les consommables (voir chapitre "Performances et Ratios").

ASSURANCE QUALITE

Conscience et éthique technique de TML

L

ASSURANCE de la Qualité est un ensemble de dispo

sitions s'appliquant à la totalité du projet. Sa mise en application a nécessité la constitution d'une Direction Fonctionnelle indépendante rendant compte au Directeur de la Construction France.

Le sous projet tunnel formant avec la préfabrication l'ensemble de travaux le plus important, a polarisé la majeure partie de l'activité de la Direction Assurance Qualité (DAQ). Nous l'avons donc développée dans ce chapitre consacré au tunnel bien que l'ensemble des dispositions prises s'applique aussi aux autres sous projets.

La politique qualité de TML

Conformément aux dispositions de l'annexe 19 du contrat, TML a mis en place un système qui assure que la qualité est définie, construite et produite par les équipes de construction au moment et à l'endroit où le travail est exécuté.

Le programme Assurance Qualité (PAQ) de TML approuvé par Eurotunnel et le Maître d'Oeuvre décrit ce système et est mis en application par la Direction Assurance Qualité France. Ce programme d'Assurance Qualité de TML répond aux exigences de la norme ISO 9001, modèle pour l'assurance de la qualité en conception /développement, production, installation et soutien après la vente. Les exigences d'assurance qualité sont définies pour les travaux propres de TML ainsi que pour les fournisseurs et sous-traitants par le Code de Pratique de gestion de la qualité pour le génie civil, édition LAVOISIER. Ce code distingue trois degrés d'organisation qualité dans chacun des domaines études, fabrication, construction : D1, D2, D3 - M1, M2A/M2B, M3 - C1, C2, C3.

Organisation et structure

L'organisation retenue est un facteur déterminant qui découle directement du système défini ci-dessus. On y retrouve donc, dans chaque structure une fonction autocontrôle, une fonction laboratoire, et une fonction qualité "indépendante".

- **La fonction laboratoire** est très explicite car chacun admet que cette fonction est indispensable et qu'elle est obligatoirement exercée par des personnels à qualification spécifique, non directement productifs.

- **La fonction autocontrôle** est plus implicite, plus discrète, car elle est exercée en temps caché par du personnel directement impliqué dans la production ce qui crée certaines difficultés liées à la productivité.

- **La cellule qualité "indépendante"**, hiérarchiquement parlant, a pour rôle essentiel de s'assurer que les mécanismes inclus à la production fonctionnent effectivement et, pour ce faire, elle exécute un certain nombre de contrôles différents de ceux qui sont pratiqués au niveau de l'autocontrôle et des audits tant internes qu'externes chez les fournisseurs et sous-traitants.

Pour atteindre ces objectifs, les outils mis en oeuvre par ces trois fonctions sont

- procédures, modes opératoires, consignes,
- enregistrement systématique pour la preuve documentaire,
- identification des imperfections et correction, analyse des causes et des effets,
- proposition d'amélioration,
- disposition de retour d'expérience,

La cellule qualité "indépendante"

Cette cellule est formée par deux entités l'Assurance Qualité (AQ) et le contrôle Qualité (CQ).

Ces deux fonctions sont indissociables et dépendent de la Direction Assurance Qualité.

- **L'assurance qualité** est l'ensemble des dispositions pré-établies et réfléchies et qui sont suivies en permanence pour assurer son client que les exigences du marché sont atteintes. Ceci se traduit par une évaluation permanente de la maîtrise de l'ensemble du processus d'exécution des travaux, basée sur des constats établis par le contrôle qualité, par des audits, et par des surveillances.

- **Le contrôle qualité** consiste en l'exécution et la formalisation des essais et des inspections pour contrôler la conformité des produits et des travaux suivant les exigences du projet.

Actions entreprises par l'AQ/CQ

- **En complétant des procédures AQ générales** de TML, figurant dans le programme d'assurance de la qualité, l'AQ du site France est dotée des procédures suivantes, communes aux divers sous projets

- Numérotation de documents AQ
- Organisation des laboratoires
- Procédures d'audit
- Traitement des non-conformités
- Procédures pour le suivi AQ des fournisseurs et sous-traitants
- Procédure pour la distribution de procédures
- Surveillance de la qualité des activités du site France
- Procédure de mise en archive de la documentation technique.

Ces procédures AQ sont complétées par celles propres à chacun des trois sous projets : Tunnels, Préfabrication et Terminal.

- **La supervision des laboratoires** porte sur chacun des laboratoires des trois sous projets, et consiste à

- approuver les procédures d'essais spécifiques, le programme et les procédures d'étalonnage des instruments de mesure et d'essais,
- vérifier que les essais sont effectués suivant les modes opératoires en vigueur, et suivant les fréquences définies par les procédures de contrôle,
- vérifier la documentation des essais, la conformité des résultats, la mise en oeuvre des actions correctives entreprises en cas d'anomalie,
- approuver la procédure de classement et / ou d'archivage des enregistrements qualité.

Qualification des fournisseurs et sous-traitants

Avant attribution des marchés les plus importants, les fournisseurs et sous-traitants ont fait l'objet d'une triple évaluation :

- évaluation technique,
 - évaluation commerciale,
 - évaluation de l'organisation et de l'aptitude du fournisseur à fabriquer le produit conforme aux exigences de qualité requises.
- Cette dernière évaluation, du ressort de la Direction Qualité, a été menée chez les fournisseurs concernés sous forme de visites ou d'audits qui ont donné lieu à des rapports et recommandations adressés aux Responsables Techniques, au Service Marchés et aux Directions de sous projet concernés.

Audit et surveillance pendant l'exécution de travaux

• **Un programme d'audits** internes et d'audits externes est entrepris dans le but de vérifier la mise en application des exigences d'assurance qualité aussi bien au sein des sous projets que chez les fournisseurs et sous traitants titulaires de marchés. Chaque audits est formalisé par un rapport.

Des actions correctives sont demandées à chaque fois que cela s'avère nécessaire. Le traitement de ces actions correctives est suivi jusqu'à leur résolution.

• **Des surveillances et des contrôles** sont effectuées sur les ouvrages définitifs depuis l'approvisionnement des matériaux (voussoirs, mortier, béton...) jusqu'à leur mise en place.

Ces contrôles sont formalisés par des rapports de surveillance, des fiches de contrôles et des rapports journaliers.

Le rapport hebdomadaire de surveillance de l'autocontrôle comporte les points suivants :

- **La semaine considérée** qui est celle où toutes les fiches sont déjà classées par l'autocontrôle.
- **L'avancement en anneaux** s'appliquant au nombre d'anneaux posés dans la semaine considérée suivant les indications enregistrées sur logiciel PROFS.
- **La systématisation des fiches** concernant le suivi d'anneau, les injections première et seconde phase, l'état du revêtement permet de vérifier leur existence. Elles sont classées par l'autocontrôle d'où l'on tire le rapport nombre de fiches classées / nombre d'anneaux posés.

Cette vérification est le reflet de la réalité. Les renseignements portés sur les fiches d'injections et état du revêtement reflètent bien que l'autocontrôle note ce qui est fait.

Il permet de comparer nos fiches d'inspection types INS 3A, INS 3B et INS 4 avec les fiches de l'autocontrôle correspondantes, d'inscrire le nombre de comparaisons effectuées et d'en tirer le rapport de concordance.

- **Le respect des modes opératoires**, c'est-à-dire la vérification que le secteur travaux considéré a bien suivi. Par exemple : mettre le nombre de fiches vérifiées et établir le pourcentage conforme de ces fiches pour les activités suivantes
 - injections de première et de seconde phase
 - nombre de coups de pompe ou de sacs de ciment,
 - position des points d'injection (lances).
 - la pression d'injection.
 - réparation des épaufrures.
 - utilisation de la fiche d'inspection type.

Un rapport de surveillance hebdomadaire est alors publié avec une exploitation graphique.

Acceptation des travaux

La procédures d'acceptation des travaux précise les dispositions adoptées au niveau du Groupe Construction France pour contrôler les différentes étapes des travaux et préparer la réception des ouvrages par Eurotunnel. Elle s'applique aux travaux des tunnels et règle les interfaces entre les disciplines Génie Civil et Montage Electromécanique.

Les éléments suivants font l'objet de cette procédure.

• **Dans les tunnels principaux**

- le bourrage (remplissage de l'espace annulaire)
- le revêtement béton
- le revêtement fonte
- le tracé

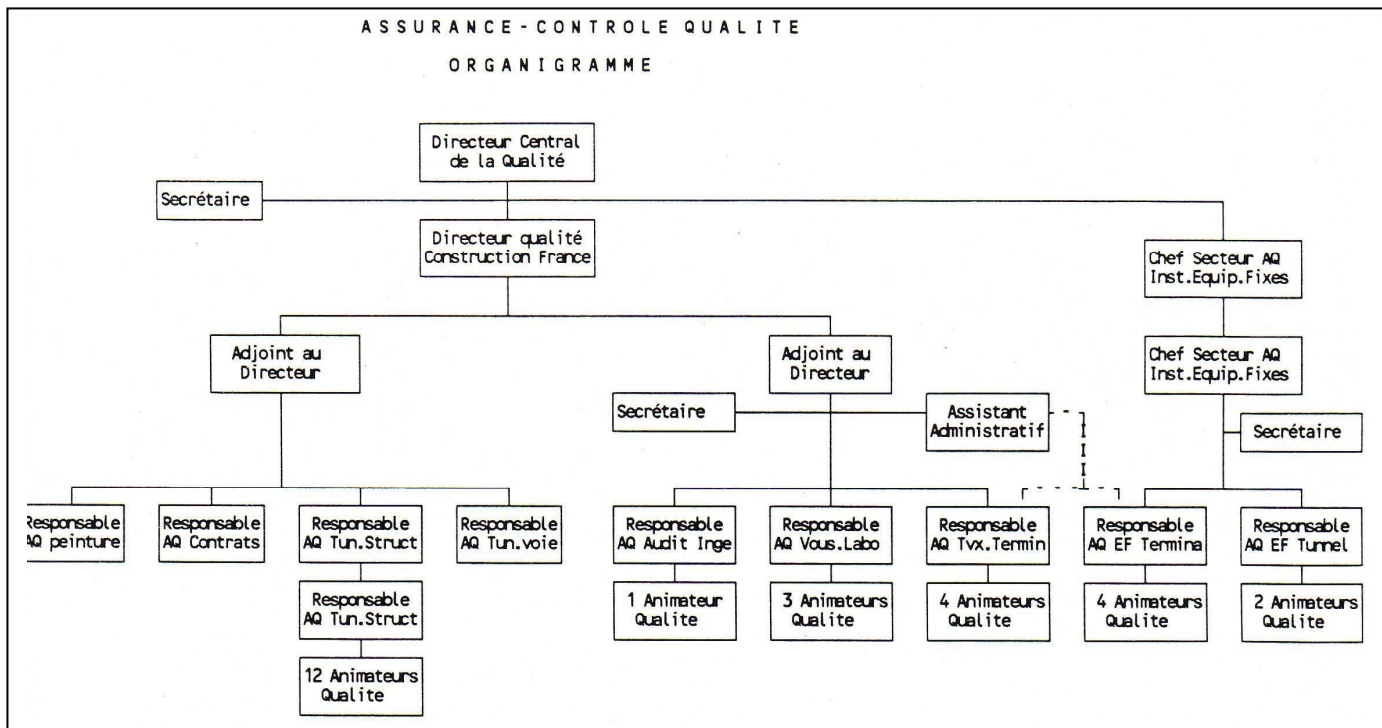
• **Pour les ouvrages spéciaux**

- les rameaux
- le croisement ferroviaire
- la station de pompage

Après la réception effectuée par ET, l'AQ vérifie la conformité des rectifications éventuelles demandées. Cette vérification permet la notification officielle de TML à ET de l'achèvement physique et la mise à disposition à la Direction Montage Electromécanique.

Organisation

La Direction Assurance Qualité est structurée suivant l'organigramme ci-après.



LABORATOIRE

Craies, bétons et mortier sous surveillance

Le laboratoire du sous projet tunnels a commencé à fonctionner sur le site le 2 janvier 87 avec deux missions principales : l'étude et la mise au point des bétons et mortiers ainsi que le contrôle externe de la fabrication de ces produits. D'autres activités sont venues s'ajouter au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Neuf personnes ont travaillé dans ce service, dont deux cadres et un technicien.

Après une première année passée dans des installations rudimentaires, le laboratoire s'est installé dans ses locaux définitifs, composés d'une salle d'essais courant de 80 m², d'une salle d'essais sensibles de 30 m² et de 50 m² de bureaux et magasins.

Rattaché au secteur technique, le laboratoire est indépendant des secteurs travaux et contrôle qualité, mais il travaille en étroite collaboration avec eux. Le responsable du labo est audité une ou deux fois l'an par la direction de l'assurance qualité ainsi que par Eurotunnel. Au sein du contrôle qualité, un inspecteur est en contact quotidien avec tout le personnel ; il est destinataire de tous les résultats d'essais. Cet inspecteur édite régulièrement des rapports de surveillance sur le fonctionnement du laboratoire.

La qualité des bétons

Toutes les études, les essais de faisabilité et les essais de convenue des bétons coulés en place ont été réalisés

par le laboratoire. Il a ainsi fabriqué au total 1 454 éprouvettes pour les études préalables à la construction du puits et des gares, des rameaux, de l'ouvrage de croisement ferroviaire et de la station de pompage, au remplissage du puits et à la construction des ouvrages définitifs en surface.

- **Les essais d'études** ont été réalisés pour le compte du BETU en fonction de deux critères : les spécifications générales et particulières d'une part, les souhaits de méthodes du secteur travaux concerné d'autre part. Les essais de faisabilité sont réalisés avec le secteur travaux.

Ainsi, par exemple, pour l'ouvrage de croisement ferroviaire, le laboratoire a travaillé à la mise au point industrielle du béton projeté, il a fait des essais de pompabilité du béton retardé, examiné en vraie grandeur la résistance mécanique du béton non vibré, enfin étudié les wagons malaxeurs pour le transport.

- **Les essais de convenue** qui qualifient le matériel de fabrication sont réalisés en collaboration avec le secteur contrôle qualité.

- **Enfin, en phase de travaux**, le laboratoire a appliqué les procédures de contrôle externe des bétons en fabriquant :

- 1 815 éprouvettes pour la construction du puits et des gares (30 000 m³ de béton fabriqués) ;



Observation microscopique des échantillons de roche



Essais des bétons à l'écrasement

- 1 305 éprouvettes pour les rameaux (25 000 m³ de béton) ;
- 248 pour la station de pompage (5 585 m³ de béton) ;
- 693 (...) pour le cross over (49 200 m³ coulés) ;
- pour le remplissage du puits (50 000 m³ coulés).

La perfection du bourrage

Le laboratoire a réalisé les études du mortier de bourrage pour les tunnels terre et proposé la refonte de la formule à deux composants pour les tunnels mer. Il a participé activement à la mise au point de ces mortiers dans les tunneliers (903 éprouvettes).

Ensuite, le laboratoire a assuré le contrôle externe des 355 500 m³ de mortier fabriqués, par des prélèvements aux centrales, la fabrication d'éprouvettes (3 672) et la vérification des résistances à échéance.

Au droit de chaque rameau - dans tous les tunnels-le laboratoire a contrôlé le remplissage des vides annulaires par le mortier de bourrage : une campagne de carottage a été systématiquement effectuée, à quoi s'est ajouté un examen visuel et photographique de

l'ouverture. 1 800 carottes et autant de clichés ont ainsi été réalisés.

De plus, pour pallier la défaillance de l'autocontrôle du fournisseur de cendres volantes humides entrant en quantité importante dans la composition du mortier de bourrage des tunnels, le laboratoire a réalisé des essais permettant de vérifier la pouzzolanité de ce produit, c'est à dire sa capacité à seconder le rôle du ciment dans la résistance à long terme du mortier. 2 kg de cendres volantes sont équivalentes à environ 1 kg de ciment C.P.A.

Essais sur les craies

Sur les échantillons multi décimétriques de craie prélevés par les géologues dans les têtes des tunneliers ou lors du creusement des ouvrages spéciaux, le laboratoire a réalisé six cents carottages pour déterminer leur résistance à la compression, leur teneur en eau, leur pourcentage de carbonate de calcium et la masse volumique apparente (MVA).

Une étude micropaléontologique a aussi été menée sur cinquante deux sondages réalisés à l'arrière du tunnelier T1, permettant de vérifier la position du tunnel par rapport aux horizons géologiques.

Vingt-deux anneaux instrumentés

Pour l'ensemble des six tunnels, vingt-deux anneaux en béton ont été équipés d'extensomètres à cordes vibrantes dans le but de mesurer les contraintes agissant sur des sections - types. Ces extensomètres sont incorporés au ferrailage des voussoirs. Le laboratoire assure le respect des spécifications et des procédures prescrites en contrôlant l'installation de ces cordes vibrantes avant bétonnage à l'usine de préfabrication. Il effectue toutes les mesures avant et après montage de l'anneau en tunnel et ensuite les mesures périodiques prescrites. Le laboratoire rend compte de cette activité à l'ingénierie par des rapports mensuels et semestriels

Des carottes de béton des voussoirs ont été confiées à un laboratoire extérieur pour d'autres essais (sur le retrait ou le fluage).

Enfin le laboratoire a régulièrement relevé les quatre piézomètres et les trente-six cellules de mesure de pression interstitielle mis en place sur la digue du Fond Pignon.

CARACTERISTIQUE des BETONS et MORTIERS COULES en PLACE

OUVRAGES volumes de béton en m3	BETONS					MORTIERS	
	Puits et Gares 30000	Rameaux station W3 30 580	Cross over 49 200	Radiers sous voies 67 000	Lestage du Puits 50 000	Tunnels terre 24 500	Tunnels Mer 330 500
SPECIFICATIONS							
fck 28 j en Mpa	25	30	-	30	-	-	-
fck 90 j en Mpa	-	-	30/35	-	8	5	5
Masse des Liants	350	400	355	345	-	-	-
Granulats	20 mm	12,5 mm	12,5 mm	20 mm	-	-	-
Ratio E/C	0,55	0,45	0,50	0,50	d22,3	-	-
Mise en oeuvre	Benne et pompe	Wagon et pompe	Wagon et pompe	Wagon et pompe	Pompe 450 m	Wagon et pompe	Wagon et pompe
Retard de bétonnage	-	10H	10H	-	12 H	-	12 H
Affaissement au cône	13 cm + 3	20 cm + 3	20 cm + 3	20 cm + 3	20 cm + 3	-	-
COMPOSITION en kg / m3							
Ciment CPA 55 Pm	350	-	-	275	-	-	90
Ciment CLC 45 Pm	-	400	-	-	100	300	-
Ciment CLK 45	-	-	255	-	-	-	-
Cendres de Surshistes	-	-	100	70	250	-	300
Filler Calcaire	-	-	-	-	-	250	-
Sable concassé calcaire SH 0/4	860	870	890	790	-	1000	-
Sable concassé calcaire LS 014	-	-	-	-	880	-	950
Sable roulé de dunes 0/2	-	-	-	-	160	320	500
Gravette concassée calcaire 318	-	250	230	205	-	-	-
Gravier concassé calcaire 4/12	480	680	700	300	800	-	-
Gravier concassé calcaire 12/20	530	-	-	520	-	-	-
Plastifiant 8V 40	1,9	-	-	-	-	-	-
Plastifiant Durciplast	-	5,86	4,3	6,15	7,0	-	3,45
Retardateur Chrytard	-	2,33	0,7	0,77	(citrate)	-	(citrate)
CONTROLE EXTERNE							
Nombre de résultats	605	517	124			207	764
Rc moyen à 28 j en MPa		53,2					
Rc moyen à 90 j en MPa			43,0			13,6	13,5
Ecart Type en MPa		4,7	3,1			1,6	2,3