



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

CERN - TS Department

EDMS Nr: 473752
Group reference: TS-CE

TS-Note-2004-039
6 May 2004

REORIENTATION DU BUREAU D'ETUDES GENIE CIVIL

M. Poehler

Abstract

Durant ces 7 dernières années, le bureau d'études génie civil a été entièrement tourné vers le projet LHC, sa tâche principale consistant à mettre en place les maquettes des nouveaux ouvrages LHC et des structures LEP, pour l'intégration de la machine et de ses différents services. Depuis 2002, le cahier des charges du bureau d'études CE a été recentré sur des activités plus traditionnelles, entre deux phases de grands projets. Ses activités sont actuellement orientées vers les 3 domaines suivants : support aux services généraux pour toutes les études de structure et d'aménagements extérieurs, assistance à la conception de projets tels le Globe de l'Innovation ou le CERN Control Centre et études préliminaires de projets du futur, tels le CLIC ou le SPL. Pour y parvenir, le bureau d'études s'appuie d'une part sur son propre staff, 1 ingénieur à temps partiel et 4 projeteurs, et d'autre part sur des consultants extérieurs, du type contrat cadre, mandats ponctuels ou mandats d'expertise.

**Presented at the TS Workshop
Archamps, France, May 4 – May 6, 2004**

1 INTRODUCTION

Depuis 2002, le bureau d'études TS-CE est en pleine mutation. Ces changements ont été induits par les événements suivants :

- fin des travaux Génie civil du LHC,
- nouveaux plans Morges III,
- restructuration de la division ST, puis regroupement de divisions en départements.

Les principaux défis du bureau d'études TS-CE durant ces deux prochaines années consistent à mettre en place une structure optimale permettant de répondre aux demandes d'études :

- des services généraux,
- du LHC et des expériences,
- de l'intégration pour les maquettes EUCLID,
- en support des différents projets Génie Civil.

Ce document présente la structure du bureau d'études TS-CE, son interaction avec les bureaux d'études des différents groupes du nouveau département TS, les normes et outils informatiques utilisés, les approches méthodologiques, ainsi que les aspects liés à l'« outsourcing », soit pour le personnel en prestation de service, soit pour les études réalisées avec le contrat cadre.

2 FONCTIONNEMENT DU BUREAU D'ETUDES

2.1 Structure du bureau d'études

Entre 1997 et 2002, la structure du bureau d'études TS-CE a été orientée principalement sur le projet LHC, avec pour principale tâche, l'élaboration des maquettes Euclid des ouvrages LEP-LHC et le contrôle des plans des consultants LHC. Les 7 dessinateurs projeteurs du bureau d'études ST-CE de l'époque étaient directement supervisés par le chef de groupe et travaillaient en étroite collaboration avec les ingénieurs et techniciens en charge des différents lots génie civil LHC.

Durant cette même période, une cellule d'études génie civil a été mise en place dans le groupe ST-TFM (Technical Facilities Management), constituée par deux ingénieurs et un dessinateur projeteur AUTOCAD. Les études pour les services généraux, calculs de structures béton armé et charpente métallique, ainsi que l'élaboration des plans de définition d'ouvrages et de modification de structure constituaient les activités principales de cette cellule. Cette cellule a pris fin en 2002, avec le départ en retraite d'un ingénieur structure et le « splitting » du groupe TFM au sein de la division ST.

En 2002, suite aux événements décrits précédemment, les différentes structures d'études génie civil ST ont été rassemblées au sein du groupe CE. Cette nouvelle section d'études (cf organigramme structure section TS-CE-DO - octobre 2003) est composée d'un ingénieur civil à 40% (chef de section TS-CE Design Office), de 1.5 dessinateur projeteur AUTOCAD et de 3.5 dessinateurs projeteurs EUCLID (qui vont se réduire à 1.5 en juillet 2004).

Les 40% d'affectation du responsable de cette section dans le bureau d'études ont pour origine la répartition de ses tâches au sein du groupe TS-CE : 40% bureau d'études, 40% chef de projets TS, 20% contract manager (contrat cadre études et contrat cadre travaux). Les deux 50% de dessinateur projeteur AUTOCAD et EUCLID sont le fait d'une seule et même personne.

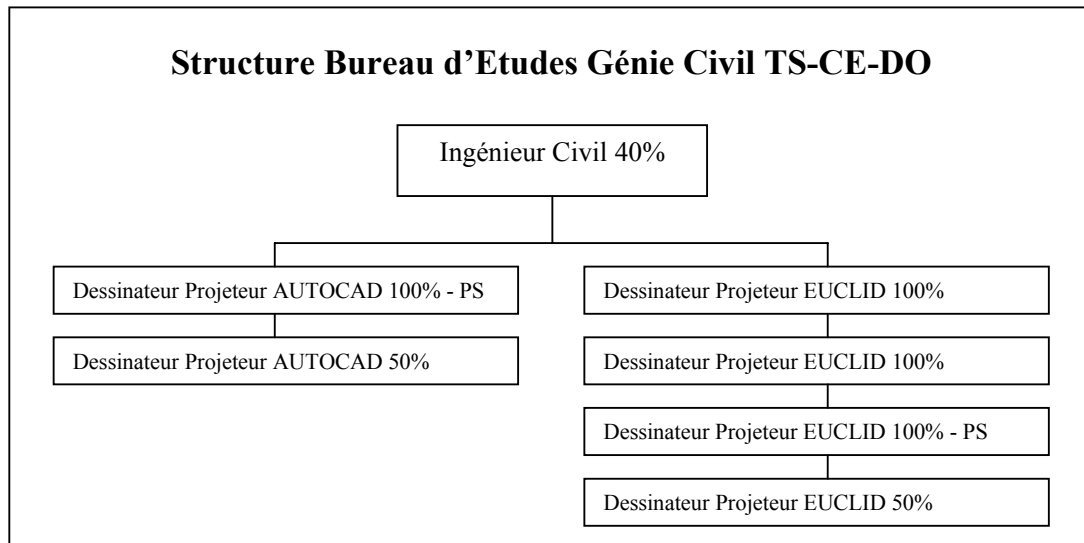


Figure 1: Structure Bureau d'Etudes Génie Civil TS-CE-DO

2.2 Personnel staff et personnel en prestation de service

Durant les phases d'études et de travaux génie civil du LHC, il a été fait recours à du personnel en prestation de service au sein de la section bureau d'études, afin de palier au « missing staff ».

En période de pointe des maquettes EUCLID LHC, la proportion du personnel en prestation de service était de 3/7. En avril 2004, le personnel en prestation de service sur les maquettes EUCLID a totalement disparu.

Le poste de dessinateur projeteur AUTOCAD en prestation de service a été transformé, en poste FT Local Staff, en fin d'année 2003, afin de renforcer et d'assurer la continuité des études standards génie civil durant cette longue phase d'opération située entre 2 grands projets.

2.3 Outils informatiques, normes et méthodologie

Outre les logiciels CAO connus que sont AUTOCAD 2002 et EUCLID, le bureau d'études TS-CE s'appuie sur des logiciels de calcul de structure.

Les structures génie civil à calculer et dimensionner se distinguent en trois groupes :

- Structure en béton armé (et précontraint le cas échéant).
- Charpente métallique et charpente bois.
- Travaux spéciaux et ouvrages souterrains.

La grande majorité des calculs de structure liés aux services généraux, aux projets et aux expériences LHC, ainsi qu'en support des projets interdisciplinaires concernent les ouvrages en béton armé et précontraint et les structures en charpente métallique (exceptionnellement en charpente bois).

Les logiciels de calculs utilisés par le bureau d'études TS-CE sont entièrement orientés sur ces deux types de structure :

- CEDRUS-4 : calcul et dimensionnement de dalles en béton armé selon la méthode des éléments finis.
- STATIK-4 : calcul linéaire de structures spatiales ou de cadres plans et poutres continues selon la théorie du 1er ou du 2ème ordre, bibliothèque de profilés, programme pour la création de sections, définition de surfaces pouvant reprendre des charges réparties et ponctuelles, génération automatique des enveloppes des efforts.
- FAGUS-4 : Analyse des sections en béton armé, en béton précontraint, mixtes et à parois minces; flexion biaise.

Bien que les 3 logiciels utilisés soient relativement faciles d'emploi, tous les résultats de calculs de structure obtenus via ces derniers sont contrôlés « à la main » sur une feuille A4 maximum, sur la base d'un modèle simplifié.

Le dimensionnement d'une structure est la phase la plus basique d'une étude. Les hypothèses de calcul, ainsi que les modèles de calcul utilisés représentent l'étape la plus délicate de l'étude et fait appel à l'expérience et à l'inventivité (recherche de solutions) du responsable d'études.

Aucun logiciel n'a été acquis pour le dimensionnement des travaux spéciaux et des ouvrages souterrains (tunnels et caverne). Le marché mondial des études d'ouvrages souterrains étant trop restreint, le coût des logiciels dits performants et fiables est extrêmement élevé (env. 100 KCHF la licence). Les quelques calculs de travaux spéciaux ou de renforcement d'ouvrages souterrains sont effectués entièrement « à la main », via les différentes méthodes (semi-empiriques, ...) et modèles de calcul (Cacquot & Quérisel, ...). Compte tenu de la non homogénéité des sols et des profils géologiques, les paramètres géotechniques obtenus via les sondages et essais en laboratoire sont des valeurs approximatives et relativement conservatives. L'interprétation des données géotechniques, les modèles de calculs retenus, ainsi que l'expérience de l'ingénieur (dans les travaux spéciaux et les ouvrages souterrains) sont les conditions nécessaires à la mise en place des bonnes hypothèses de calcul permettant le dimensionnement de l'ouvrage.

Tous les calculs d'ouvrages souterrains (travaux spéciaux et tunnels) sont effectués suivant deux types d'approches : deux modèles de calcul distincts. Ces deux approches permettent de recouper et de confirmer les résultats de calcul. Une fois les efforts sur les ouvrages obtenus, les logiciels de dimensionnement de structures en béton armé (par exemple : tympans de caverne ou voûte de tunnel) et de charpente métallique (parois berlinoises ou cintres de tunnels) sont utilisés.

2.4 Normes

Les principales normes utilisées pour les calculs des structures ont été jusqu'en 2003, les normes SIA. Ces dernières sont les normes nationales des états Hôtes les plus complètes (env. 250 cahiers regroupées en classeurs et sur CD Rom), les plus conviviales et les mieux adaptées. Les normes françaises DTU sont dispersées dans de trop nombreuses publications et font appel à un grand nombre de décrets plus difficile d'utilisation et d'interprétation.

Les Eurocodes sont apparus progressivement ces 5 dernières années (en consultation) et sont applicables officiellement depuis début 2003. Bien qu'ayant pour objectif initial d'uniformiser les dimensionnements et calculs de structure à travers la Communauté Européenne, il s'avère que chaque pays membre a proposé ses propres indices et paramètres de calcul.

L'application des Eurocodes a fait augmenter d'env. 1/3 la complexité et les contrôles de calcul et dimensionnement, ce qui a entraîné l'augmentation du coût des mandats d'études. De plus, les valeurs de dimensionnement plus restrictives des Eurocodes ont eu pour effet d'augmenter le coût de construction d'env. 10%.

En 2003, les Swissscodes (nouvelles normes Suisses euro compatibles) ont remplacé les normes de structures SIA. Ces nouveaux codes permettent d'obtenir les résultats de calcul des Eurocodes (indices et paramètres de calcul suisses) tout gardant la même convivialité et facilité d'utilisation que les anciennes normes SIA. Les Swissscodes sont actuellement appliqués par le bureau d'études TS-CE. Pour ce faire, des cours de Formation Continu ont été suivis l'année dernière pour effectuer la transition à ces nouvelles normes.

2.5 Demandes d'études

Trois types de demandes d'études sont faites au bureau d'études TS-CE :

- calcul de structure,
- plans AUTOCAD pour définition d'ouvrages, modification de structures ou VRD,
- maquettes EUCLID d'ouvrage souterrains et de surface pour la coordination des services et l'installation de la machine.

Le planning d'avancement des maquettes EUCLID, ainsi que les demandes spécifiques (urgentes) de maquettes EUCLID pour l'intégration sont traités par le dessinateur projeteur, représentant du groupe TS-CE en réunion de coordination hebdomadaire ICL (Intégration Cellule LHC).

Les demandes de calcul de structure et de plans de définitions d'ouvrages sont gérées par le responsable de la section bureau d'études. Ce dernier, seul ingénieur civil à effectuer ces tâches, traite directement les demandes avec les clients et planifie avec eux les délais pour les remises des résultats (notes de calcul et plan d'utilisation). Lors de période de surcharge ou dans le cas d'un dossier d'étude demandant trop d'implication (dossier > 15-20 KCHF), il coordonne les dossiers directement avec les consultants extérieurs (contrat cadre ou commande directe à un consultant extérieur).

Une réunion hebdomadaire a lieu entre le responsable de la section bureau d'études et les dessinateurs projeteurs AUTOCAD pour discuter et traiter les demandes de plans de définitions d'ouvrages et plus généralement tous les dossiers AUTOCAD. La répartition des tâches, le traitement des dossier urgents et le planning général sont discutés et protocolés à chaque réunion de section. Lorsque des demandes arrivent directement chez les dessinateurs projeteurs, elles sont systématiquement reportées au responsable de section pour discussion et planification.

2.6 Support aux projets interdisciplinaires

La section bureau d'études du groupe TS-CE se trouve systématiquement associée aux différents projets de groupe génie civil et en particulier aux projets divisionnaires (ou départementaux).

Aux stades préliminaire et d'avant projet, toutes les études sont menées par la section bureau d'études : plans de définition d'ouvrage, pré-dimensionnement de structure, plans pour le Comité du Site, etc. Une fois le dossier d'avant projet finalisé (plan de définition d'ouvrage, estimation des travaux et planning) et les budgets approuvés, un consultant extérieur est généralement mandaté pour la poursuite de la mission d'études. La section études reste impliquée jusqu'au bout du projet, via la gestion des plans de coordination des services et le contrôle de plans d'exécution.

Les principaux projets interdisciplinaires dans lesquels le bureau d'études TS-CE s'est retrouvé impliqué ces deux dernières années ont été les suivants : CLIC, CTF3, NuFactory, SPL et SPL Front End, extension du bâtiment 179, extension du bâtiment 170, nouvelle salle du Conseil, nouvelle salle de Contrôle des Accélérateurs, Globe de l'Innovation, nouvelle Porte de Meyrin (Entrée Ouest).

2.7 Coordination avec les bureaux d'études des différents groupes

L'interaction entre le bureau d'études TS-CE et les bureaux d'études des autres groupes du département se fait principalement dans le cadre des projets interdisciplinaires.

Cette coordination s'effectue à travers la réunion de coordination de projet, soit via le chef de projet TS-CE, soit via le correspondant génie civil. Les documents de coordinations sont principalement les plans de coordination des services et le cas échéant des plans de détails des interfaces entre le Génie Civil et les services techniques. Les contrôles et approbations des documents s'effectuent via EDMS ou CDD.

Dans le cadre du projet LHC et des maquettes d'intégration EUCLID, la coordination s'effectue en réunion de coordination ICL.

2.8 Gestion des périodes de pointes

Les périodes de pointes sont gérées de façons différentes en fonction du type de demandes et de la structure du bureau d'études au moment considéré.

Les demandes urgentes de maquettes EUCLID sont discutées chaque semaine en réunion de coordination ICL. En cas de nouvelle priorité, le planning général d'avancement des maquettes est recalé. Le représentant de la section bureau d'études TS-CE aux différentes réunions de coordination, répercute au sein de la section ces nouvelles demandes et confirme le nouveau planning.

La gestion des périodes de pointe pour les dossiers AUTOCAD est plus délicate. Le bureau dispose seulement de 1.5 dessinateur projeteur. Chaque demande urgente est discutée directement avec

le client par le responsable de section, afin de déterminer les dossiers prioritaires. Lorsque les dossiers urgents sont trop importants et qu'un décalage dans le planning de livraison des documents ne peut être accepté, il est proposé aux clients de sous-traiter les études et établissement de plans au contrat cadre études (consultant extérieur).

Toutes les demandes d'études étant centralisées par le responsable de section, la planification et les priorités sont définies par ce dernier. En périodes de pointes, la section s'appuie à nouveau sur le contrat cadre études.

2.9 Contrat cadre études génie civil

Depuis début 1999, le bureau d'études TS-CE s'appuie sur un contrat cadre, valable une année, renouvelable 2 ans. Ce contrat cadre a été mis en place pour éviter les trop nombreux grés à grés et demandes d'offres, ainsi que pour optimiser la gestion des études passer à l'extérieur et pouvoir faire face aux périodes de pointe.

Ce contrat cadre est géré par le responsable de la section bureau d'études (contract manager). Les consultants extérieurs sont sélectionnés sur la base de leurs compétences techniques dans les domaines suivants :

- structure en béton armé et précontraint,
- construction métallique et serrurerie,
- ouvrages souterrains,
- travaux spéciaux (parois moulées, palplanches, ...),
- études géotechniques,
- conception parasismique et autres effets dynamiques,
- VRD (Voirie, Réseaux, Divers),

et sur la base de leur tarif horaire moyen.

Depuis 1999, ce contrat cadre a permis au bureau d'études TS-CE de faire traiter à l'extérieur env. 130 études pour un montant total d'env. 1.25 MCHF, soit une moyenne d'env. 10 KCHF par études et env. 25 études par année. Le traitement de ces études s'effectue en coordination et avec le plein accord du demandeur (code budgétaire 100% du demandeur).

La difficulté principale de ce contrat cadre d'études consiste à transcrire les besoins des utilisateurs en cahier des charges et hypothèses de calcul pour le consultant extérieur. Une fois cette étape technique effectuée et approuvée, le solde des interventions du contract manager consiste à assurer le respect du planning, les coûts et vérifier les plans d'exécution (contrôle aléatoire du design).

3 EVOLUTION DE LA STRUCTURE DU BUREAU D'ETUDES

Compte tenu de l'avancement des travaux Génie Civil LHC, les différentes sections du groupe génie civil se trouvent actuellement en pleine mutation et se concentrent de plus en plus sur des activités plus traditionnelles, entre deux phases de grands projets.

Afin de pouvoir s'adapter aux mieux aux demandes qui se profilent d'ici 2010, la section TS-CE doit se restructurer comme suit (cf organigramme structure section TS-CE-DO souhaité – 2005-2010) :

- renforcement des dessinateurs projeteurs AUTOCAD, au détriment des dessinateurs projeteurs EUCLID,
- « outsourcing » du solde des maquettes LHC/LEP (contrat à obligation de résultats), supervisé par un dessinateur projeteur EUCLID à 50%, ce dernier ayant aussi pour tâche de traiter les demandes urgentes (mais nécessité d'obtenir un budget approprié),
- intégration dans la section d'un ingénieur technicien, en appui du chef de section à 40% (études, planning, métrés et estimations),

- suivi de cours de Formation Continue dans les domaines du design et des logiciels CAO (Catia et Autocad 3D).

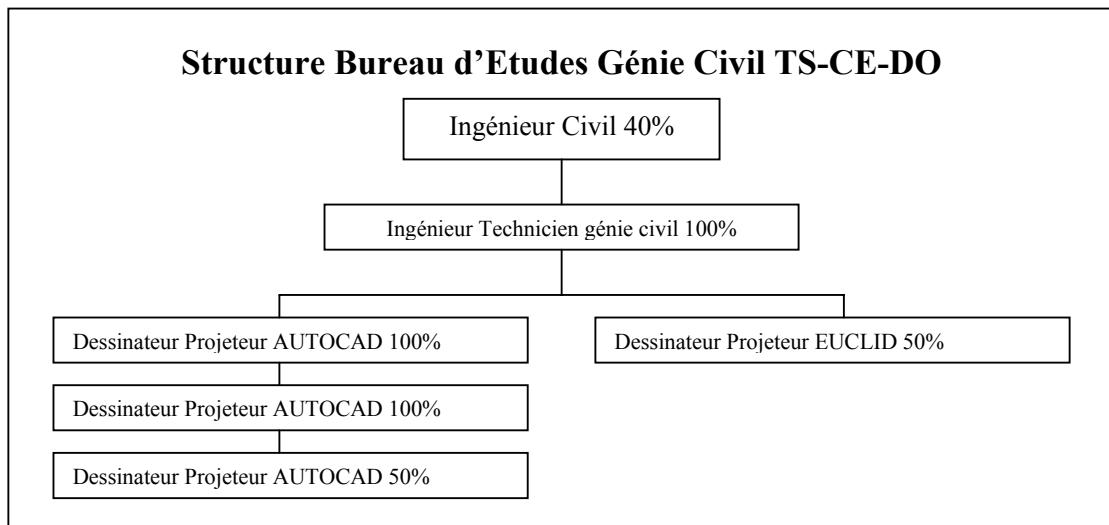


Figure 2: Future structure Bureau d'Etudes Génie Civil TS-CE-DO