



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH  
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

## **CERN - ST Division**

CERN-ST-2001-024

31 Janvier 2001

### **CABLAGE DES EXPERIENCES LHC**

J-C. Guillaume et J. Pedersen

#### **Résumé**

Le câblage d'un détecteur se compose de deux parties qui demandent des outils et des méthodes d'approche distinctes. D'une part, le câblage externe du détecteur comprenant typiquement les liaisons entre les racks situés dans les cavernes de service et les patches de jonction et d'autre part le câblage interne du détecteur comprenant toutes les liaisons qui y entrent. Le câblage est abordé d'un point de vue industriel selon l'approche mise en oeuvre pour un accélérateur. En utilisant les méthodologies de travail et les outils informatiques de ST-EL, il est possible de réaliser une partie de l'installation des câbles dans cette zone. Ce document en explique l'application, aborde les limites des méthodes et des outils, ainsi que les interfaces entre les divisions EP, EST et les expériences.

## **1 INTRODUCTION**

Dans le cadre du projet LHC, le CERN aura à réaliser le câblage de détecteurs de grandes dimensions. Les deux groupes EST-LEA et ST-EL sont parties prenantes dans le domaine du câblage, chacun ayant ses zones géographiques et domaines d'activités.

ST-EL ayant une grande expérience dans le domaine du câblage industriel qu'il applique aux accélérateurs, ce groupe peut apporter son expérience dans une collaboration avec les expériences LHC.

Une proposition a été faite par ST-EL en collaboration avec les expériences puis un groupe de travail composé de membres de EST-LEA et ST-EL a été créé afin d'examiner celle-ci.

Actuellement, le groupe EST-LEA offre un support dans le domaine du câblage des expériences.

Il est proposé que le groupe ST-EL se concentre sur la partie du câblage industriel du détecteur. EST-LEA garderait l'activité très spécialisée des câbles et connecteurs demandant des compétences particulières. EST s'occuperait également de l'installation des câbles dans les zones où le câblage industriel n'apporte rien, c'est-à-dire à l'intérieur des sous-détecteurs.

ST-EL doit se préparer à ouvrir sa participation au câblage du détecteur actuellement assuré par EST-LEA. Pour cela, il est nécessaire de faire appel à du personnel supplémentaire qu'il faudra former d'une part à l'utilisation du matériel spécifique et, d'autre part, aux règles, méthodes et outils de travail en vigueur dans le groupe ST-EL.

Le partage des responsabilités, la méthode de travail proposée et les moyens demandés sont déterminants pour le succès du projet.

## **2 PARTAGE DES RESPONSABILITES**

Quatre acteurs principaux ont été définis:

### **2.1 Représentants des sous-détecteurs**

Ils définissent les contraintes techniques relatives aux câbles des sous-détecteurs. Ils entérinent le choix des câbles et connecteurs dont ils ont besoin, ainsi que les cheminements des câbles, l'ordre dans lequel se fait le câblage ainsi que la planification des travaux.

Ils remplissent les Demandes d'Installation de Câbles (DIC) précisant les types de câbles et connecteurs, les tenants et aboutissants, ainsi que les contraintes liées au câblage. Dans certains cas ils fournissent les câbles et les connecteurs.

### **2.2 EP**

La division EP reste l'intermédiaire privilégié entre les représentants des sous-détecteurs et les services du CERN. Elle élabore les outils nécessaires à la communication entre les membres de la collaboration.

Chaque détecteur (ATLAS, CMS,...) doit désigner une personne responsable pour son câblage.

Celle-ci coordonne les demandes des sous-détecteurs tous corps de métier confondus et vérifie leur compatibilité à l'intérieur du détecteur.

C'est aussi elle qui étudie et définit les cheminements des câbles, leurs passages, assigne les armoires et panneaux intermédiaires, ainsi que l'emplacement des racks dans la salle de contrôle. Elle devra également étudier et définir l'ordre de câblage ainsi que le calendrier des installations.

### **2.3 EST-LEA**

Le groupe EST-LEA assure un soutien technique aux représentants des sous-détecteurs dans le choix des types de câbles et connecteurs spécifiques compatibles avec les normes CERN et standards internationaux. Sur base des quantités établies sur les Demandes d'Installation de Câbles (DIC), il participe à l'approvisionnement du matériel pour la partie de câblage assuré par EST.

EST-LEA prend en charge la responsabilité du contrat de câblage spécifique interne aux sous-détecteurs.

#### **2.4 ST-EL : Coordinateur technique**

Détaché de ST-EL auprès de la division EP comme chargé d'affaire, il assure toutes les tâches relatives au câblage du détecteur, depuis la préparation des dossiers jusqu'à la réception de l'installation.

Chaque expérience aura son propre coordinateur technique; celui-ci pouvant être en charge d'un, voire deux détecteurs selon le volume et les difficultés.

Toutes les étapes de l'installation des câbles de type industriel depuis la réception des dossiers techniques jusqu'aux tests de chacune des liaisons sont assurées par le contrat géré par ST-EL.

L'infrastructure d'entreposage comprenant un parc à câbles et un magasin de connecteurs peut être utilisée. Leur gestion est assurée par le contractant ST.

Les outils informatiques de gestion d'installation sont maintenus par ST-EL.

### **3 SPECIFICITE D'UN DETECTEUR**

Un détecteur de type LHC est composé de sous-détecteurs. Le nombre de liaisons est d'environ 30 000 (type CMS) et comprend un nombre important de fibres optiques.

Les éléments du détecteurs se déplacent entraînant avec eux leurs torons de câbles. Ceux-ci sont placés dans des chaînes à câbles, qui constituent une technologie nouvelle utilisée au CERN.

Les contraintes de câblage étant différentes à l'intérieur et à l'extérieur du détecteur, ST-EL se propose d'analyser la zone expérimentale en deux parties.

#### **3.1 Câblage de la partie externe au détecteur**

L'installation des liaisons existantes entre les racks situés dans les salles de contrôle et l'entrée du détecteur est très proche de ce qui est fait dans le cadre des accélérateurs. Les difficultés de passage et d'accès semblent être identiques à celles que l'on rencontre dans les faux planchers, galeries, têtes de puits et puits. Les difficultés d'installation des câbles à l'intérieur des chaînes à câbles doivent être étudiées.

Les outils informatiques et méthodes de travail utilisées par ST-EL et qui sont décrits ci-après peuvent être appliquées dans la mesure où il n'y a pas d'autres contraintes.

Les nouveaux types de câbles, de connecteurs, les nouvelles conventions de raccordement, l'outillage à utiliser et les tests à prescrire devront être définis et intégrés d'une part dans les dictionnaires ST-EL et d'autre part auprès des contractants.

#### **3.2 Câblage de la partie interne au détecteur**

##### *3.2.1 Position des équipements*

Les équipements situés dans le détecteur sont disposés en arc de cercle autour de son centre. Ces équipements et leurs points de connexion seront situés dans l'espace tridimensionnel.

##### *3.2.2 Cheminements*

L'étude des cheminements et des passages de câbles est fondamentale et est une partie très importante des travaux à réaliser par EP. Il est nécessaire de choisir et de trouver des câbles qui correspondent d'une part aux exigences techniques et d'autre part aux contraintes imposées par l'espace disponible. La collaboration entre les différents acteurs est fondamentale.

Les études CAO ne permettant pas de tenir compte de la flexibilité et de l'écrasement des câbles. Des maquettes échelle 1:1 sont traditionnellement réalisées pour vérifier la faisabilité du câblage.

### 3.2.3 Installation

L'étude de l'ordre et du sens du câblage est très important pour éviter les croisements et l'enchevêtrement de nappes de câbles.

## 4 OUTILS INFORMATIQUES ET CONTRATS UTILISÉS PAR ST-EL

Dans le cadre des activités générales d'installation de câbles et d'infrastructures qui en dépend, ST-EL utilise les logiciels EUCLID et ORACLE.

### 4.1 EUCLID

Plusieurs applications métier EUCLID ont été développées permettant de définir et d'introduire dans la GMAO les positions fonctionnelles et leurs attributs attachés (EKIP) à nos câbles, de dessiner et de nommer les échelles à câbles dans les ouvrages (ECHL) et de calculer le chemin optimal entre deux positions fonctionnelles (CHEM).

### 4.2 ORACLE

Les données de ST-EL sont réparties en trois logiciels interdépendants. L'installation des câbles se fait à l'aide des informations introduites dans le logiciel ELEC. Les positions fonctionnelles sont introduites dans notre GMAO MP5 et toute la gestion technico-économique des contrats d'appui industriel est assurée par GESMAR.

ST-EL est occupé à définir une nouvelle application pour la gestion des câbles. Celui-ci doit être suffisamment ouvert pour tenir compte des spécificités du câblage des détecteurs dans la mesure où on peut les intégrer. Il n'est pas possible de maintenir deux niveaux de logiciels différents pour le câblage des accélérateurs et des détecteurs.

### 4.3 CONTRAT

L'installation des câbles dans les accélérateurs se fait par campagnes de tirage et de raccordement planifiées 6 mois à l'avance. Notre contractant prévoit le personnel en fonction de ce planning. Le tirage doit être sans difficultés majeures et est réalisé alors que les équipements ne sont pas encore installés.

Le prix du tirage et du raccordement sont basés sur des prix associés à des codes bordereaux. Le devis estimatif d'un travail correspond à la somme des actions prévues à l'avance.

## 5 APPLICABILITE DES OUTILS INFORMATIQUES ST-EL AU CABLAGE DES DETECTEURS

Les applications métier EUCLID ont été développées pour les besoins du câblage des accélérateurs et ne répondent que partiellement aux besoins des détecteurs.

L'application EKIP peut être utilisée pour les positions fonctionnelles situées dans un plan correspondant à l'étage d'un ouvrage, c'est à dire à l'extérieur du détecteur.

L'application ECHL peut être utilisée partout à condition de respecter l'unicité du nom des échelles dans un ouvrage donné. L'application CHEM ne peut être utilisée.

Les applications ORACLE GMAO, ELEC peuvent être utilisées sous condition de respecter toutes les règles et prescriptions de codification ST, c'est-à-dire la nomenclature des positions fonctionnelles, de câbles et connecteurs et des conventions de raccordement.

L'utilisation de la câblodthèque en particulier offre la possibilité d'uniformiser les données entre les détecteurs et sous-détecteurs et les méthodes de suivi d'installation dans tous les cas de figure.

L'utilisation du logiciel GESMAR reste à vérifier selon le type de contrat que l'on veut mettre en place.

## **6 CONSEQUENCES**

Le câblage d'une expérience sera organisé en deux parties : l'une couvrant l'installation de câbles sous la forme industrielle pour tout le câblage extérieur au détecteur et l'autre couvrant les travaux plus spécifiques aux détecteurs et non couverts par le première. Les limites d'action restent à définir.

L'utilisation des applications métiers EUCLID disponibles se limite à l'extérieur des détecteurs.

Il serait sans doute nécessaire de développer d'autres logiciels pour les besoins spécifiques des détecteurs (recherche du cheminements des câbles, établissement de coupes types, occupation des échelles, etc.). Ceci n'est pas à la charge de ST-EL.

## **7 DESCRIPTION DE ROLE POUR LE COORDINATEUR TECHNIQUE ST-EL**

La proposition suivante tient compte et intègre les méthodes de travail utilisées avec succès dans les domaines des accélérateurs et des détecteurs. Elle est liée à l'utilisation des logiciels ST-EL (voir schéma).

### **7.1 Définition des besoins**

Les représentants des sous-détecteurs font part de leurs contraintes techniques afin d'aboutir au choix du matériel en respectant les règles CERN et standard internationaux en collaboration avec EST-LEA et ST-EL.

Lorsque le choix du matériel est entériné, le coordinateur technique ST-EL codifie et introduit les câbles et les connecteurs dans les dictionnaires ORACLE de ST-EL accompagnés de leurs données techniques.

### **7.2 Intégration**

Sur demande de EP, le coordinateur technique ST-EL fait réaliser des maquettes 1:1 avec l'aide de EST-LEA afin de vérifier la faisabilité du câblage de certaines parties du détecteur (espace et réalisation).

Ayant connaissance des différentes parties du détecteur, des contraintes et des difficultés de réalisation, il peut ensuite séparer ce qui pourrait être installé sous la forme de câblage industriel de ce qui ne le serait pas.

EP élabore un premier planning d'installation et toutes les informations doivent être transmises pour préparer les contrats d'installation.

### **7.3 Procédures d'approbation et d'achat du matériel**

Toutes les parties impliquées dans le câblage entérinent ce qui a été étudié et proposé, à savoir le cheminement des câbles, l'ordre de câblage du détecteur et le planning d'installation.

Connaissant le matériel utilisé et ses quantités, le coordinateur technique ST-EL organise avec les groupes EST-LEA, ST-EL et le magasin central l'approvisionnement du matériel.

### **7.4 Préparation**

Les DIC sont préparées par les représentants des sous-détecteurs et envoyées à la division EP pour un premier examen. EP doit définir clairement le cheminement des câbles.

Pour être compatible avec les règles de codification en vigueur dans le LHC, les informations sont adaptées et ensuite introduites dans les bases de données ST-EL par le coordinateur technique. L'étude inclut l'insertion du cheminement, le calcul des longueurs des câbles, la préparation administrative, technique et l'élaboration de devis estimatifs.

### **7.5 Réalisation**

Les câbles sont installés selon l'ordre étudié par la division EP. La supervision du câblage se fait à différents niveaux par tous les acteurs impliqués.

Les contractants inscrivent en base de données les actions accomplies au jour le jour, câble par câble, de sorte que l'on puisse mesurer la progression du chantier.

La réception du travail se fait également par toutes les parties concernées.

## **8 CONDITIONS DE REUSSITE**

La réussite de ce projet dépend largement du suivi de la méthodologie de travail mise en oeuvre ainsi que du temps nécessaire à sa mise en place. La tâche du coordinateur technique est très importante et demande un temps de formation dans le groupe ST-EL.

Compte tenu du temps nécessaire au recrutement et de la prise de connaissance du projet, il est urgent de décider la création de 2, voire 3 postes pour les tâches décrites ci-dessus.

La tâche du coordinateur technique dépend fortement du coordinateur de l'expérience et doit être intégré le plus rapidement possible dans le câblage du détecteur dont il sera chargé.

Pour que les contrats de câblage industriels soient compétitifs et efficaces, il faut que les périodes d'intervention soient planifiées à l'avance selon un planning. Il faut également que les travaux soient clairement établis et qu'ils puissent être réalisés dans un accès libre.

Cette méthodologie doit encore être acceptée par la division EP et les sous-détecteurs.

Enfin quelques points doivent encore être vérifiés : utilisation de GESMAR, codification des éléments, etc.

## **9 CONCLUSIONS**

Le câblage des accélérateurs demande ordre, méthode et précision. Nos objectifs sont atteints à condition d'avoir les outils, méthodes et moyens adaptés pour y arriver. Le câblage de la partie extérieure du détecteur, assimilée à celui des accélérateurs, peut être réalisé avec le même succès.

ST-EL n'a pas d'expérience dans le domaine du câblage interne des détecteurs, et nous ne pouvons pas offrir une infrastructure adaptée. Cela nous a conduit à laisser le travail délicat et non connu de ST-EL là où il se trouve actuellement.

Si la méthode de travail est connue, tous les moyens qu'il faut mettre en oeuvre sont à pourvoir aussi bien chez ST-EL que dans le groupe EST-LEA. Dans l'optique où le choix se porte pour la solution proposée, il est urgent de décider la mise en place de ces moyens.

## **ANNEXES**

Schéma : Rôle du coordinateur dans l'organisation du câblage d'un détecteur

## **REFERENCE :**

[1] Note technique ST-EL-NP/2000-27

## Rôle du coordinateur technique dans l'organisation du câblage d'un détecteur.

