



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

CERN - ST Division

ST-Note-2003-025

17 février 2003

**ORGANISATION DES TRAVAUX
ST-CV**

C. Martel, B. Pirollet

Résumé

Débutée il y a deux ans, la phase de construction des installations de refroidissement du LHC a atteint en 2003 son apogée. De nombreux autres projets sont également gérés par le groupe dans divers secteurs du laboratoire. La spécificité du groupe est de réaliser des installations complexes impliquant des spécificités diverses telles qu'aérodynamique, hydraulique, électrique, etc. Pour faire face à ces demandes la section travaux du groupe ST CV a adopté une structure capable de réaliser ces divers projets avec un minimum de personnel.

La première partie de ce document décrit l'organisation de la section travaux ST CV. Dans une deuxième partie, les auteurs dressent un état des lieux des chantiers par projet en décrivant plus particulièrement les activités dans les domaines du traitement d'air et de refroidissement par eau.

Présenté au 6^{ème} ST Workshop
Thoiry, France, 1-3 avril 2003

1 INTRODUCTION

Débutée il y a deux ans, la phase de construction des installations de refroidissement du LHC a atteint en 2003 son apogée. De nombreux autres projets sont également gérés par le groupe dans divers secteurs du laboratoire. La particularité du groupe est de réaliser des installations complexes impliquant des spécificités diverses telles qu'aéraulique, hydraulique, électrique, etc. Pour faire face à ces demandes la section travaux du groupe ST CV a adopté une structure capable de réaliser ces divers projets avec un minimum de personnel. D'une manière générale, les travaux ST CV suivent immédiatement la réception génie civil des nouveaux ouvrages et sont généralement suivis par les réalisations électriques.

La première partie de ce document décrit l'organisation de la section travaux ST CV. Dans une deuxième partie, les auteurs dressent un état des lieux des chantiers par projet en décrivant plus particulièrement les activités dans les domaines du traitement d'air et de refroidissement par eau.

2 ORGANISATION DES TRAVAUX ST CV

Le groupe ST CV est, comme l'ensemble des groupes de la division, orienté projets. Pour ce faire chaque réalisation est gérée, depuis sa phase de conception jusqu'à sa phase d'achèvement (réception provisoire), par un responsable nommé par le chef de groupe ST CV.

Le but de la section est de fournir un support technique et logistique aux différents chefs de projets dans l'exécution de leur contrat. Cette phase d'exécution s'étendant de la date de passation du contrat à la date de réception provisoire de l'installation.

2.1 Organisation technique

La section est structurée par spécialités, hydraulique, aéraulique, électricité, contrôles. Dans chaque secteur d'activité, un responsable technique (team leader) supervise dans son domaine l'exécution des travaux. La fonction des teams leaders est d'assurer le lien technique entre le chef de projet et l'entreprise contractante.

Cette fonction est, par ailleurs, assurée dès la phase de conception de l'installation. Souvent les chefs de projets consultent les responsables techniques lors de l'écriture des spécifications techniques.

2.2 Organisation territoriale

La deuxième action de la section travaux est d'assurer, localement, la représentation du groupe sur le chantier. De permettre ainsi une réaction immédiate en cas de divergence technique, par exemple déviation de la réalisation par rapport aux plans d'exécution, mais aussi action au niveau des aspects concernant la sécurité si les directives énoncées dans les Plans de Sécurité (PPSPS) par exemple ne sont pas suivies. Un surveillant de travaux CV est nommé sur chaque site afin de couvrir ces différentes tâches.

2.3 Logistique et documentation

Enfin la section travaux est en charge de tous les aspects touchant à la logistique du contrat, enregistrement du personnel, accès, livraisons, planning, avis d'ouverture de chantier, permis feu, etc.

Au niveau de chaque contrat, la documentation technique est un paramètre important à prendre en compte dès le début de l'exécution. Afin de mettre rapidement à disposition l'ensemble des informations par contrat, un site Web a été élaboré. Ce site est à disposition de tous, cependant des accès restreints protègent les informations confidentielles de chaque contrat. Des liens avec les systèmes plus vastes tels que EDMS, CDD ou plus récemment le suivi des contrats par "Work Units" ont été développés au sein de la section et sont mis en place sur ce site.

Avec cette organisation chaque membre du groupe et chaque contractant peut être informé de tout document relatif au contrat en cours en temps réel.

2.4 Gestions relationnelles

Il est bien évident que la mise à disposition de l'information ne suffit pas. Des contacts privilégiés doivent être établis entre le contractant, le chef de projet et l'ensemble des acteurs de terrain : responsable technique, surveillants de travaux, hiérarchie, etc.

Pour ce faire, au minimum, un contact par semaine et par projet est programmé. Au cours de ces réunions les problèmes majeurs sont abordés. Suite à chaque entrevue, un compte rendu, approuvé par les

diverses parties, est généré et transmis à la firme par ordre de service, ce document devenant alors contractuel.

Un point particulier est fait chaque lundi matin avec les responsables techniques, les surveillants de travaux, les chefs de chantier des entreprises contractantes et les services du CERN comme par exemple le service de transport. Selon les sujets discutés des réactions immédiates peuvent être lancées.

Au niveau chantier, une visite par semaine est également programmée par la coordination du projet avec les différents intervenants du CERN. Le groupe CV est représenté par spécialité au niveau des responsables techniques ainsi que localement par les surveillants de travaux. Chaque chef de projet est également invité à participer à ces réunions. En cas de difficulté majeure des analyses particulières sont bien entendues immédiatement entreprises.

Dans sa conception actuelle la section travaux est dotée de moyens techniques importants ; sa faiblesse apparaît cependant face à la montée en puissance de l'activité des chantiers. En effet, avec une moyenne d'âge relativement élevée (49 ans) et un nombre important de surveillants partis en retraite sans être remplacés, il lui sera difficile sans l'apport immédiat d'un sang neuf, d'accomplir une tâche qui demeure essentielle dans la gestion technique des contrats.

3 PARTIE HYDRAULIQUE

Les travaux hydrauliques commencés aux points 1 et 5, pour satisfaire aux demandes des deux grandes expériences Atlas et CMS, se sont développés plus particulièrement aux points 2 et 8 pour les besoins de la machine LHC elle-même. Il faut entendre par-là les installations nouvelles telles que la pose des tuyauteries à l'intérieur du tunnel mais aussi l'ensemble des modifications LHC des installations LEP existantes.

Chaque chapitre ci-dessous dresse un statut de l'avancement des travaux dans les différents process concernés.

3.1 Tours de refroidissement

Bien que l'eau déminéralisée soit le fluide principal du LHC, la source de refroidissement de cette eau est assurée par des tours de refroidissement implantées en surface. De nouveaux aéroréfrigérants ont été implantés aux points 1 et 5 tandis que ceux utilisés par la machine LEP (aux points 2, 4, 6, 8 ont été mis à niveau pour les besoins du LHC). L'appoint de ces tours continue d'être assurée par l'alimentation en eau brute fournie désormais dans le contrat avec les Services Industriels de Genève (SIG).

Les paramètres concernant l'eau primaire apparaissent dans le tableau ci après :

Point	Circuit	Power MW	Travaux	Date de réception
1	Expérience	20	En service	Mai 2001
2	Machine & expérience	57	En cours modification	Juin 2003
4	Machine & expérience	45	Début des modifications avril 2003	Octobre 2003
5	Expérience	20	En service	Novembre 2002
6	Machine & expérience	57	Début des modifications mai 2004	Octobre 2004
8	Machine & expérience	45	En service	Mars 2003

En chaque point du LHC, un groupe de 2 à 6 tours de refroidissement est associé à une station de pompage permettant de distribuer les fluides aux différents utilisateurs.

Au niveau des travaux, en 2002 la mise en service des nouvelles tours de refroidissement au point 5 a été faite ainsi que la modification des tours existantes au point 8. Un contrat important est en cours pour la

modification des installations aux points 2 et 4. Pas de difficulté majeure rencontrée dans l'exécution de ces deux contrats. Il reste cependant à noter qu'il était prévu de remplacer la conduite enterrée de distribution d'eau au point 4 du LHC. Quatre mois après le Comité des Finances de décembre le contrat pour ces travaux n'a toujours pas été signé. Le respect des dates de mise en service des systèmes de refroidissement, en ce point, ne pourra pas être respecté.

3.2 Eau glacée et eau mixte

Les besoins de refroidissement pour les détecteurs de Atlas, de CMS de Alice et de LHCb représentent la deuxième plus forte demande en refroidissement par eau.

Deux fluides caloporteurs sont utilisés : l'eau glacée à une température de 6 degrés et l'eau mixte à une température de 13 degrés.

Ces deux fluides sont produits en surface puis acheminés en souterrain. Des échangeurs secondaires découplent les circuits afin d'éliminer les pressions statiques trop élevées. Ces circuits secondaires peuvent être également équipés de systèmes, dits en dépression, permettant de limiter les écoulements accidentels d'eau au sein des détecteurs.

L'eau glacée est principalement utilisée pour le traitement d'air des bâtiments de surface mais également dans les systèmes de post traitement à l'intérieur des ouvrages souterrains.

Les paramètres de l'eau glacée par point apparaissent dans le tableau ci après :

Point	Circuit/ building	Power MW	Travaux	Date de réception
1	SUX	4.7	En cours	Juillet 2003
2	SU	5.4	Début des modifications avril 2003	août 2003
32	SU	1	Début des modifications avril 2004	Juin 2004
33	SZU	0.5	Début des modifications avril 2004	Juin 2004
4	SU	4.3	Début des modifications septembre 2003	Décembre 2003
5	SUX	4.7	En cours	Novembre 2003
6	SU	4.3	Début des modifications mars 2004	Septembre 2004
7	SU	1.5	Début des modifications juin 2004	septembre 2004
8	SU	5.4	En cours	Juillet 2003

L'eau mixte est distribuée de la même manière que l'eau glacée. Elle est surtout utilisée en fonction de son gradient de température éliminant ainsi tout risque de condensation.

Les puissances par point apparaissent dans le tableau ci après :

Point	Circuit/ building	Power MW
-------	----------------------	-------------

1	SUX	5
2	UW 25	1.5
5	SUX	5
8	UW 85	1.5

Les travaux sur les installations d'eau mixte suivent la même progression que ceux de l'eau glacée.

Au niveau des travaux, en 2002, l'installation des nouvelles centrales de production de froid se poursuit avec une mise en service durant le deuxième semestre 2003. La firme en charge de ces travaux est également adjudicataire du contrat de fourniture des installations de traitement d'air dans ces nouveaux bâtiments. Des retards importants ont été accumulés dans l'exécution de ce dernier contrat. Retards répercutés intégralement sur la mise en service des productions d'eau glacée et d'eau mixte dans ces bâtiments.

Un autre contrat est en cours pour la modification des installations existantes sur l'ensemble des autres points du LHC. Pas de difficulté majeure rencontrée.

3.3 Air comprimé

Les besoins en air comprimé sont résumés par points dans le tableau ci dessous.

L'air est produit par une série de compresseurs installés en surface. Les caractéristiques de propreté de cet air (point de rosée et contenu en poussière selon norme) sont exigées pour une utilisation dans les installations cryogéniques. Des systèmes de séchage de filtration sont adjoint à ces compresseurs.

Les paramètres de l'air comprimé par point apparaissent dans le tableau ci après

Point	Circuit/ building	Débit Nm³/h	Travaux	Date de réception
1	SH	2 x360	Début des travaux avril 2003	mai 2003
2	SU	3 x360	Début des modifications avril 2003	août 2003
4	SU	3 x360	Début des modifications septembre 2003	Décembre 2003
5	SH	1 x30	Début des travaux avril 2003	Mai 2003
6	SU	3 x360	Début des modifications mars 2004	Septembre 2004
8	SU	3 x360	En cours	Juillet 2003

Les travaux portent essentiellement sur une reconfiguration complète des installations existantes. Les travaux débutent en 2003 avec les premières centrales à mettre en service aux points 1, 5 et 8. Pas de difficulté majeure rencontrée.

3.4 Tuyauteries

Un contrat global de pose des tuyauteries dans le tunnel et ouvrages souterrains a été adjugé en 2002. Ce contrat porte sur la fourniture et pose de plus de 200 kms de tuyauteries en acier inoxydable. Les diamètres utilisés varient entre 10 et 2 pouces. Ces réseaux assureront les distributions d'eau déminéralisée, d'air comprimé et d'hélium gaz dans les ouvrages souterrains du LHC, par secteur.

Un planning particulièrement serré et des contraintes de propreté n'ont pas permis à l'entreprise contractante de terminer le premier secteur dans les délais initiaux. Cependant après une montée en puissance des activités et un effort important au niveau de l'exécution, les travaux se termineront fin mars par les essais en pression et la réception provisoire de l'ensemble des tuyauteries du secteur 7 /8. Les retards dans l'intégration CERN des dessins et maquettes doit se poursuivre sur les secteurs 2/3 et 8/1. Un effort devra être entrepris par la coordination du projet afin de respecter les délais de préfabrication et par voie de conséquence d'exécution des différents lots de travaux.

Un autre contrat en cours, englobant les tuyauteries de distribution en surface et en souterrain, a vu son activité se réduire en début d'année 2003. En effet la majorité des tuyauteries a été installée au point 1 durant l'année 2002. Galeries techniques, bâtiments de surface, cavernes USA15 sont désormais équipés. L'activité se poursuivra après remise des bâtiments SMI2, SX1 par le génie civil.

3.5 Stations de refroidissement secondaires

Elles comprennent les installations situées dans les ouvrages souterrains UW & USA. Ces distributions secondaires concernent les circuits d'eau déminéralisée, d'eau glacée et d'eau mixte pour les expériences comme pour la machine.

Les stations LEP sont reconfigurées pour la phase LHC tandis que deux nouvelles stations seront créées aux points 1 & 5.

La station alimentant Atlas (USA15) au point 1 est en cours de montage. Les stations existantes sont en phase de reconstruction aux points 2 & 8.

Les paramètres concernant les stations auxiliaires apparaissent dans le tableau ci après :

Point	Circuit	Travaux	Date de réception
1	Expérience	En cours	Mai 2004
2	Machine & expérience	En cours modification	Août 2003
4	Machine & expérience	Début des modifications avril 2003	Octobre 2003
5	Expérience	Début des travaux mai 2004	Novembre 2004
6	Machine & expérience	Début des modifications mai 2004	Octobre 2004
8	Machine & expérience	En cours	Mai 2003

3.6 Petits travaux

Les modifications des installations existantes ne se limitent pas au projet LHC ; de nombreux petits travaux ont été réalisés en 2002 sur l'ensemble des sites de Meyrin et de Prévessin. Ces travaux sont généralement gérés par la section travaux dans le cadre du contrat de maintenance ST CV, ou grâce à de petites demandes d'offres. Les différents utilisateurs contactent directement les responsables techniques afin qu'ils présentent une offre technique et financière.

4 PARTIE AERAUQUE

Les travaux de ventilation en cours couvrent aussi bien les installations de traitement d'air des bâtiments de surface que les ouvrages souterrains. Le présent chapitre synthétise les points importants des 7 contrats qui ont été mis en place auprès de 5 contractants différents.

4.1 Ventilation des bâtiments de surface LHC

Le contrat F300/ST/LHC a été signé en février 1999. Il concerne les installations de chauffage, ventilation, rafraîchissement et désenfumage des nouveaux bâtiments de surface à travers les points du LHC, sauf les points 3 et 7. Si la plupart des prestations mécaniques se sont réalisées relativement normalement sans supplément et en corrélation avec le planning général, des difficultés sont actuellement rencontrées au niveau des contrôles à distance, notamment pour la remontée des informations vers les niveaux de communication supérieurs comme la TCR.

Tableau 3
Liste des bâtiments de surface concernés

Point	Bâtiment	Début des travaux	Fin des travaux
Point 1	SGX1	décembre 2001	mars 2002
	SH1	novembre 2002	mai 2003
	SX1	septembre 2003	mars 2004
Point 1.8	SD18, SHM18 SMA18	octobre 1999	août 2000
Point 1.2	SMI, SDI2	mai 2003	septembre 2003
Point 2	SUH, SH2	octobre 2003	février 2004
Point 4	SDH4	juin 2001	juillet 2001
	SHM4	novembre 2000	avril 2001
	SH4	février 2003	Juin 2003
Point 5	SH5	juin 2001	novembre 2001
	SGX5	novembre 2001	mars 2002
	SX5 – phase 1	mars 2000	octobre 2000
	SX5 – phase 2	juin 2004	septembre 2004
Point 6	SHM6	septembre 2002	mars 2003
	SA6	février 2003	juin 2003
	SH6	septembre 2003	Janvier 2004
Point 8	SDH8	juin 2002	juillet 2002
	SHM8	février 2001	août 2001
	SH8	octobre 2003	février 2004

4.2 Traitement d'air des zones expérimentales ATLAS et CMS aux points 1 et 5 du LHC

Le contrat F405/ST/LHC a été signé en mars 2001. Il concerne les installations de chauffage, ventilation, climatisation, désenfumage, et extraction gaz des nouveaux bâtiments de surface et des nouvelles cavernes souterraines liées aux zones expérimentales ATLAS et CMS, aux points 1 et 5 du LHC. La standardisation des équipements, telle que prévue au cours de la phase préparatoire du projet, a permis dans la plupart des cas d'uniformiser les équipements d'une expérience à l'autre. Le suivi de travaux aurait donc dû être facilité par cette analogie. En fait, il se trouve que des retards toujours plus importants sont à signaler, sans influence pour le moment sur le planning général du projet LHC.

Liste des structures concernées

Point	Bâtiment	Début des travaux	Fin des travaux
Point 1	SF1	décembre 2001	avril 2003
	SUX1	novembre 2002	décembre 2003
	SDX1	janvier 2003	avril 2003
	PX15	octobre 1999	août 2000
	USA15	avril 2003	décembre 2003
	PX14, UX15	juillet 2003	décembre 2003
Point 5	SF5	décembre 2001	avril 2003
	SUX5	novembre 2002	Juin 2004
	SDX5	janvier 2005	juin 2005
	SX5	janvier 2004	juin 2004
	PM54	juin 2004	septembre 2004
	USC55	juillet 2004	décembre 2004
	PX56, UXC55	août 2004	décembre 2004

4.3 Ventilation des tunnels d'injection TI2 et TI8

La ventilation des tunnels d'injection TI2 et TI8 se fera par extraction d'une partie de l'air de la machine depuis les extrémités de ces tunnels, respectivement au niveau des bâtiments SUI2 au point 7 du SPS et SUI8 au point 4 du SPS. Chacun de ces bâtiments sera équipé d'une centrale d'extraction avec filtration de 22500 m³/h et d'une centrale d'extraction des fumées froides de 450000 m³/h. Le contrat CD1000896 a été signé en septembre 2002. Les travaux, commencés en décembre 2002 par l'installation de gaines de ventilation dans les puits PAM4, devraient être réceptionnés en mai 2003.

4.4 Climatisation du bâtiment SCX1 pour le contrôle de l'expérience ATLAS

Le contrat F480/ST/LHC a été signé en juillet 2002. Il concerne les installations de climatisation des trois niveaux du bâtiment SCX1 au point 1 du LHC. La difficulté, dans ce projet, se situe au niveau de la coordination technique pour gérer les différents corps d'état dans un même souci d'intégration, de confort et d'esthétique. La réception est prévue pour juin 2003.

4.5 Climatisation des salles blanches du bâtiment SR1, zone d'assemblage du détecteur ATLAS

Le réaménagement du hall SR1 en salles blanches a nécessité la construction d'une centrale de traitement d'air. Une seule unité de 30000 m³/h desservant à la fois le hall assemblage et la zone test a été installée dans le but de diminuer les coûts initiaux pour satisfaire le cahier des charges économique de l'expérience. Le contrat CD1000891 a été signé en juin 2002. Les travaux, débutés en octobre 2002, ont pu être réceptionnés en février 2003, au moment de l'achèvement des nouveaux services généraux de ce bâtiment.

4.6 Climatisation de salles informatiques au bâtiment 513

Le réaménagement du bâtiment 513 a nécessité la construction de nouvelles centrales de traitement d'air. Six centrales de 23000 m³/h desservent les nouvelles salles informatiques. Le contrat CD1000876 a été signé en juin 2002. Les travaux, débutés en juillet 2002, devraient être réceptionnés en avril 2003.

4.7 Climatisation d'une salle blanche au bâtiment SX2, zone d'assemblage du détecteur ALICE

Le contrat CA1281377 a été signé en septembre 2002. Le réaménagement du hall SX2, contenant une nouvelle salle blanche a nécessité la construction d'une centrale de traitement d'air. Une unité de 800 m³/h

assure les conditions requises dans ce nouveau volume. Les travaux, débutés en novembre 2002, devraient être réceptionnés en avril 2003.

4.8 Travaux divers

Pour répondre aux exigences de la coordination technique, certains travaux sont réalisés au coup par coup, par anticipation aux appels d'offres à venir, en fonction du planning général LHC :

- Remontage des gaines des cavernes UJ, déposées au cours des travaux de génie civil (janvier 2003).
- Démontage des gaines de liaisons entre les cavernes UX85 et US85 pour libérer de l'espace nécessaires aux nouveaux services (mars 2003).
- Remontage des gaines de ventilation tunnel au point 1, déposées pour les besoins des travaux (mai 2003).
- Dépose des équipements de ventilation forcée dans les galeries des bâtiments SH2, SH4, SH6 et SH8, nécessaires pour le passage des nouveaux services (2002 et 2003).
- Réaménagement des gaines de ventilation dans les cavernes US pour l'intégration des boîtes froides (2003).
- Remontage et adaptation des gaines de ventilation dans la caverne UX85 selon la nouvelle configuration de l'expérience LHCb (juillet 2003).

5 PERSPECTIVES

En plus des grands projets LHC mentionnés dans ce rapport, il faut noter également les demandes d'offres suivantes en cours de préparation et qui viendront en phase d'exécution au cours des deux ans à venir.

Description	Appel d'offres	Phase de travaux
Partie hydraulique		
LHC Systèmes de relevage	04/2003	2004
LHC Modification des réseaux de protection d'incendie.	9/2003	2004-2005
Station de refroidissement CMS	06/2003	2004
CNGS système de refroidissement par eau production et distribution	07/2003	2004-2005
Description	Appel d'offres	Phase de travaux
Partie ventilation		
Mise à niveau des installations de traitement d'air pour les besoins du tunnel LHC	09/2003	2004-2007
Installation de traitement d'air pour le tunnel LHC, les zones expérimentales ALICE et LHCb	09/2003	2004-2006
Climatisation du bâtiment SCX5	09/2003	2004
Climatisation des racks au bâtiment SDX1	08/2003	2003-2004
Centrales de ventilation de la zone Neutrino	06/2003	2003/2004
CNGS Installation de traitement d'air	07/2003	2004-2005

6 CONCLUSION

Des difficultés importantes sont apparues dans la mise en place et le suivi de certains contrats. Finalement grâce à des efforts intenses au niveau de l'exécution, à la mobilité et la participation des techniciens de la section travaux, les objectifs annoncés en début d'année ont pu être confirmés et les coûts globaux respectés. Cependant les limites du système actuel ont été atteintes. Le problème majeur reste le maintien qualitatif et quantitatif du personnel de la section travaux. Sans ce soutien, sans ce travail d'équipe, aucun projet ne pourra aboutir dans les délais fixés.