



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH  
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

## CERN - TS Department

EDMS Nr: 473758  
Group reference: TS-IC

TS-Note-2004-045  
6 May 2004

### ETUDES D'INTEGRATION POUR L'ACCELERATEUR LHC

Y. Muttoni

#### Résumé

Dans tous les projets de recherche ou industriels, l'intégration est une phase préalable et indispensable à l'installation de services ou d'équipements. Dans une première partie, il est montré comment et suivant quelle méthode ont été conduites les études d'intégration de la machine LHC. Puis dans une deuxième partie, sera présenté le site WEB de l'*ICL* (Intégration Cellule LHC), l'outil de diffusion des informations générées par les études d'intégration. Enfin, la gestion des documents de non-conformités d'installation, via le système *MTF* sera décrite.

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

# 1 INTRODUCTION

L'expérience acquise durant les années LEP1 et LEP2, a montré que l'intégration 3D était absolument nécessaire dans le cadre d'un projet tel que le LHC, compte tenu de la complexité de l'installation d'un accélérateur de particules, avec tous ses services, dans des ouvrages souterrains.

En 1999 le groupe de travail d'intégration I.C.L. (Intégration Cellule LHC) a été créé ; son mandat auprès des bureaux d'études CERN travaillant pour le projet LHC, était de coordonner la mise à disposition des modèles dans le temps, ainsi que de les vérifier afin d'être en phase avec le planning d'installation, et éviter les interférences.

Dans le cadre du projet LHC, des nouvelles méthodologies ont été créées, incluant les nouveaux moyens de communication tel que le Web, afin de centraliser l'information et la rendre accessible à un maximum d'utilisateurs.

# 2 INTEGRATION DE LA MACHINE LHC

## 2.1 Création des coupes types

Les 26,692 km d'ouvrages souterrains dans lesquels la machine LHC doit être installée ont été décomposés, dans un premier temps, de la façon suivante : 22,192 km de partie courbe (Arc) et 4,50 km de partie droite (LSS). Dans le même temps, une synthèse des équipements machine ainsi que des services (électricité, fluides, etc.) devant être installés dans l'arc, a été faite : les premières coupes types (Fig. 1) ont ainsi pu être créées.

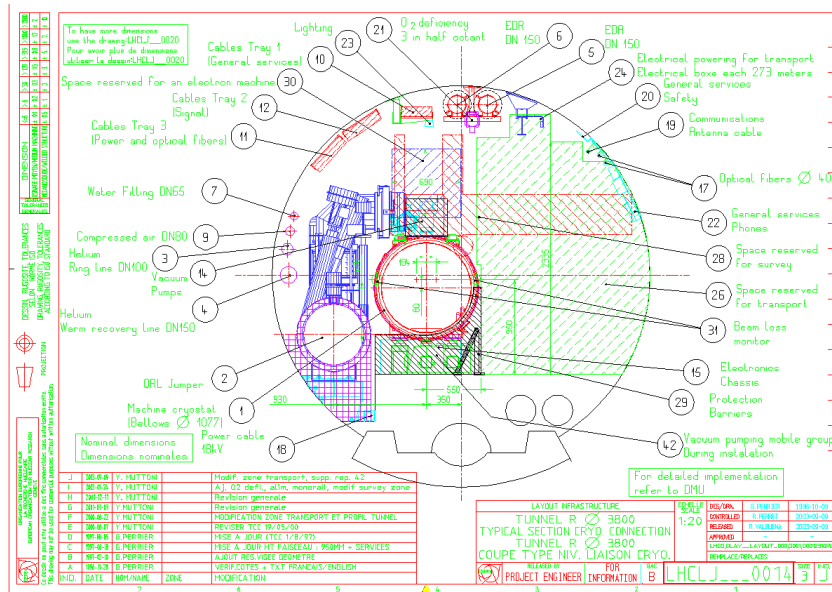
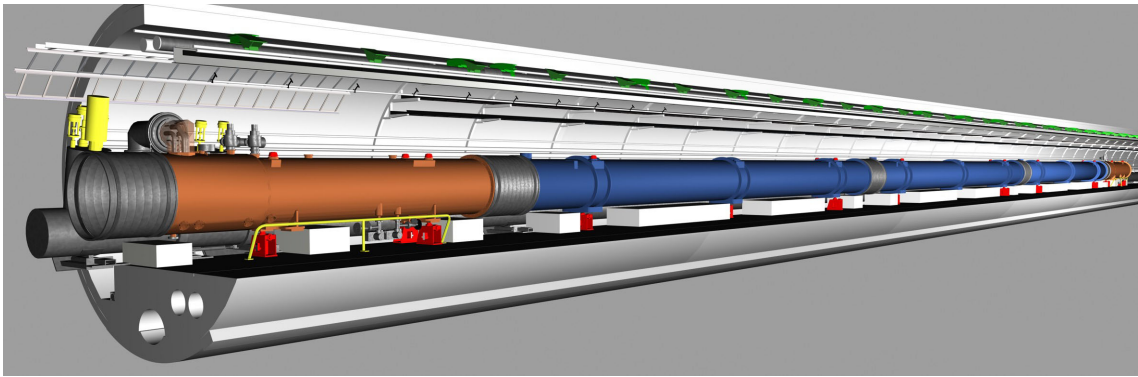


Fig. 1: Tunnel R1900 : Coupe type dans le plan d'une liaison cryogénique.

Après analyse des différents types d'ouvrages de services ou d'équipements qui devront être installés, une soixantaine de coupes types ont été créées.

## 2.2 Intégration 3D de l'Arc Standard

La position des différents services étant définie dans le plan de la coupe type dans les directions U (horizontale) et V (verticale), une étude en modélisation 3D d'une demi cellule type installée dans l'arc standard a été réalisée (Fig. 2).



**Fig. 2:** Intégration 3D d'une demi-cellule LHC.

### **2.3 Intégration 3D d'une section droite longue (LSS)**

La totalité des 4,50 km de partie droite longue (LSS) est composée d'anciens ouvrages LEP et de nouveaux ouvrages LHC sur une longueur totale d'environ 500 mètres. Si pour ces derniers, toutes les infrastructures, charpentes et services (tuyauterie, ventilation, échelles à câbles), sont des nouvelles installations, il n'en est pas de même pour les ouvrages LEP qui, après le démantèlement, ont conservé toutes ou une partie des infrastructures et services.

#### *2.3.1 Intégration des anciens ouvrages LEP (80)*

Un recensement des modèles 3D existants représentant les anciennes installations non démontées a été réalisé ainsi que la vérification, par les bureaux d'études propriétaires, de leur cohérence par rapport aux équipements installés.

#### *2.3.2 Intégration des ouvrages LHC (40)*

Les modèles 3D des nouveaux ouvrages de génie civil ainsi que ceux des nouvelles charpentes métalliques ont été créés.

Cette première phase étant réalisée, l'intégration des équipements machine, électriques (racks), ventilation, pouvait être faite ; dans le même temps, les cheminements des services (fluides, électricité) étaient réalisés en prenant en compte les coupes types encadrant l'ouvrage intégré.

L'ordre dans lequel les ouvrages devaient être intégrés a été déterminé par les plannings d'installation.

## **3 SITE WEB ICL**

Un site Web spécifique à l'intégration a été mis en place, permettant de centraliser les informations de l'intégration et de les mettre ainsi, à disposition de tous les utilisateurs.

### **3.1 Page d'accueil**

Le planning d'intégration, le tableau d'avancement des intégrations, le tableau de synthèse des coupes types existantes, les comptes-rendus des réunions ICL et IZS (Intégration zones de services), ainsi que ceux de réunions spécifiques sont accessibles depuis cette page d'accueil (Fig.3)

[Planning d'Intégration](#)  ( dernière version 4 novembre 2003 )  
[Status d'Intégration](#)  ( dernière version 03 mars 2004 )

[Drawings typical sections](#) [Tableau de synthèse](#) [HMTL](#) [Excel](#) [Dessins coupes types](#)

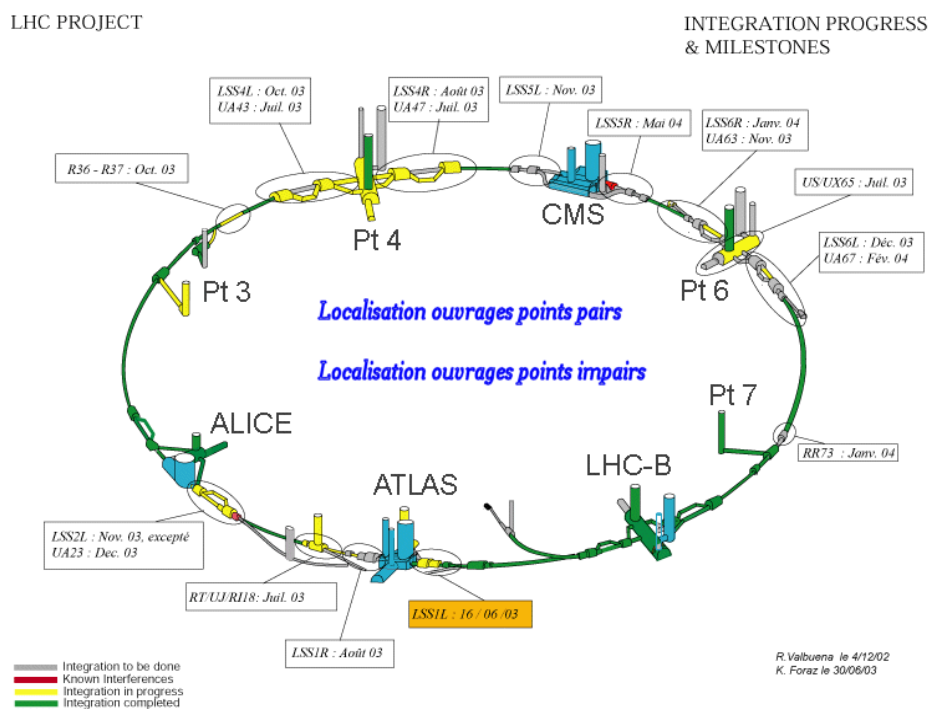
[Données Transport](#) (volumes, monorail, ligne de guidage)  
[Fichier portes](#) (ventilation,sectorisation)

**ICL: Intégration d'une Cellule du LHC** **IZS: Intégration zone de services du LHC**  
 ICL Minutes:  IZS Minutes:   
 Chairman: [Yvon Muttoni](#) - Secretary: [Jean-Pierre Corso](#) Chairman: [Roger Valbuena](#) - Secretary: [Jean-Marc Bianco](#)

Réunions Spécifiques

**Fig. 3:** Page d'accueil du site Web de l'ICL

En cliquant sur un point (IP) de la représentation graphique interactive (Fig. 4) de la machine, le lien vers la page d'intégration des ouvrages (Fig. 5) du point concerné est activé.



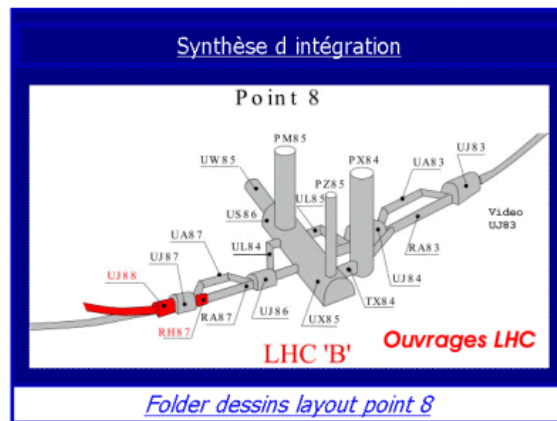
**Fig. 4:** Représentation graphique interactive

### 3.2 Intégration des ouvrages.

A chaque ouvrage de la machine LHC, correspond une ligne de synthèse d'intégration dans laquelle on trouve les documents suivants :

- **Nom de l'ouvrage** : lien associé à une bibliothèque photographique concernant cet ouvrage.
- **EDMS (Engineering Data Management Service)** : lien vers les documents d'approbation de l'intégration.
- **Etudes d'intégration** : captures d'écran faites à un instant t représentant l'état d'avancement de l'étude.

- **Tableau de synthèse** : feuilles Excel récapitulatives de tous les modèles 3D utilisés pour réaliser cette intégration.
- **Plan d'intégration** : la grande complexité des intégrations a montré qu'il était très difficile d'en faire une représentation 2D, seuls quelques plans spécifiques ont été réalisés.
- **Modèles VRML** : en utilisant le programme Workview®, ces modèles 3D sont visualisables par tous les utilisateurs, sans avoir les connaissances ni la licence d'un logiciel de CAO 3D.



#### Blindages RB84 et RB86

Légende couleur				
Non intégré	Interférences connues	En étude	Fini	
Ouvrages (Photos)	Etudes	Tableaux de synthèse	Plans d'intégration	Modeles VRML
RB1				
LEB			<a href="#">Plan d'intégration RB2</a>	
RB2	<a href="#">Implantation pompe barriere a vide</a> <a href="#">Position Fbr. Re Mesurée</a>			
UA83	<a href="#">Etudes d'intégration UA83</a>	<a href="#">Tableau UA83</a>	<a href="#">Folder dessins intégration</a>	
UJ83 (EDMS)	<a href="#">Etudes d'intégration UJ83</a>	<a href="#">Tableau UJ83</a>	<a href="#">Plan d'intégration UJ83</a>	<a href="#">UJ83machine</a> <a href="#">UJ83services</a>

Fig. 5: Page d'intégration des ouvrages

## 4 RAPPORT DE NON CONFORMITE D'INSTALLATION

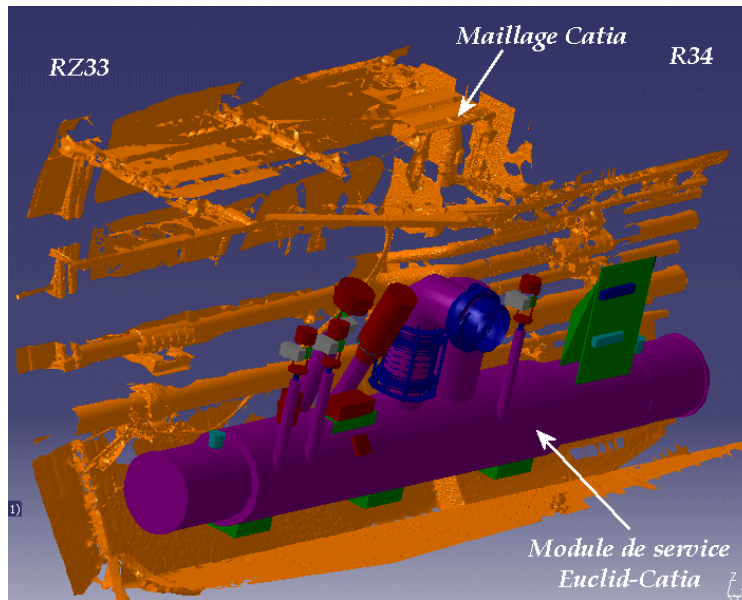
L'installation de la machine a été divisée en huit sous secteurs (IPn à IPn+1), dans lesquels différents corps de métier, suivant le planning d'installation, vont se succéder jusqu'à un instant t (clôture d'un lot de travaux) ; une réception de chantier est alors organisée afin de vérifier que tous les travaux qui ont été réalisés respectent les cahiers des charges des clients et qu'ils n'engendreront pas de conflits avec les futures installations.

### 4.1 Pré inspection

Préalablement à la visite officielle de réception de chantier, des pré inspections sont organisées par les différents services impliqués dans le lot de travaux en présence de leurs clients ; l'équipe d'intégration effectue elle aussi une pré visite, en s'appuyant sur les modèles 3D, pour éviter ainsi tous les futurs conflits spatiaux.

Il est possible à chaque phase de l'installation de construire un modèle réel à partir de nuages de points obtenus par mesure laser 3D dans le tunnel. La validation des éléments installés peut être obtenue directement en plaçant les modèles théoriques à l'intérieur des modèles réels.

**Fig. 6:** Modèle théorique et modèle réel



#### 4.2 Rapport de non conformité d'installation

A la suite des visites de pré inspection, et dans le cas où un problème d'installation a été détecté, un rapport de non conformité d'installation est rédigé, ce dernier est ensuite enregistré dans EDMS (Engineering Data Management Service).

Ces rapports peuvent avoir deux niveaux de criticité :

1. **Critique** : l'installation doit être modifiée car elle n'est pas conforme aux cahiers des charges des clients, ou gêne l'installation des futurs équipements.
2. **Non critique « USE AS IS »**: l'installation n'est pas conforme aux modèles 3D mais ne gêne pas l'installation des futurs équipements. Pour assurer une meilleure gestion du projet dans le temps, les modèles devront être mis à jour ainsi que toute la documentation associée (plan d'installation).

#### 4.3 Réception d'un lot de travaux

Après la réception, et si toutes ou une partie des non conformités détectées précédemment n'ont pas été levées, les rapports correspondants sont notifiés (envoyés par e-mail aux personnes concernées pour action).

#### 4.4 Gestion des non conformités

Les rapports étant enregistrés dans MTF (Manufacturing & Test Folder), il est maintenant possible, pour le planning et le suivi d'installation, de connaître, pour un ouvrage donné, tous les rapports le concernant ainsi que leurs différents états (In work, Initiated, NC Check, Action underway, Closed) ; ces changements d'états se font en accord avec les ingénieurs projets en charge de faire réaliser les modifications.

### 5 CONCLUSION

Pour un projet tel que le LHC, l'utilisation de l'intégration 3D était absolument indispensable compte tenu que cet accélérateur devait être installé dans des infrastructures à 90 % existantes pas toujours bien adaptées, et de la forte densité des équipements dans le tunnel et les zones de services.

Pour les mêmes raisons et pour ne pas perturber le planning de l'installation, un outil de gestion rationnelle des non-conformités a été mis en place pour garantir le respect des cahiers des charges et celui de l'intégration.