



**CERN - ST Division**

CERN-ST-2001-026

31 Janvier 2001

**TRAITEMENT D'AIR DU TUNNEL LHC**

C. Martel

**Résumé**

Le LHC sera le prochain accélérateur du CERN. Il sera basé sur la technologie des aimants supraconducteurs et installé à la place de la machine LEP existante, dans ce même tunnel de 26,7 km, à une profondeur moyenne de 100 m. Si l'enveloppe de ce tunnel est sujette à des modifications mineures, la nouvelle technologie projetée présentera des contraintes significatives : encombrement, charges internes, présence de nouveaux fluides, contrôle d'accès restreint et procédure INB liée à la sécurité. Il en résulte la nécessité d'adapter les installations de ventilation existantes aux nouvelles conditions d'aménagement et de sécurité, et ce pour toute la durée du projet. Dans ce but, le groupe ST-CV du CERN travaille actuellement à l'élaboration d'un nouveau cahier des charges, qui devrait déboucher cette année sur le lancement d'un appel d'offres. Les différents travaux à réaliser s'étendront de la modification et l'extension des installations de traitement d'air existantes à la reconfiguration du système de contrôle, en passant par la rénovation des composants vétustes.

## 1 INTRODUCTION

Après le succès de la machine LEP, le CERN se propose maintenant de construire un grand accélérateur collisionneur de protons, le LHC, à partir d'une nouvelle technologie basée sur les aimants supraconducteurs. L'objectif est d'investiguer encore plus loin dans la compréhension de la matière. Ce projet consiste à réutiliser l'infrastructure existante du LEP et de ses accélérateurs pour optimiser les coûts, tout en permettant l'injection de particules aussi diverses que les protons, les ions lourds voire les électrons.

S'il est prévu d'installer la machine LHC en lieu et place de la précédente, dans le même tunnel, le choix des technologies retenues et les performances attendues sont autant de contraintes qui nécessitent inévitablement des aménagements des installations existantes, dans bien des domaines et en particulier au niveau de la ventilation et du traitement d'air du tunnel.

**Figure 1**

Implantation de l'accélérateur LHC dans le tunnel LEP



## 2 DESCRIPTION DU TUNNEL

### 2.1 Caractéristiques géométriques du tunnel existant [1]

Le tunnel LEP est un anneau octogonal de 26 659 mètres de circonférence. Le diamètre du tunnel est de 3,8 mètres dans les arcs et de 4,4 et 5,5 mètres dans les parties droites en fonction des équipements. Le tunnel est situé de part et d'autre de la frontière franco-suisse. Sa profondeur varie entre 50 et 175 mètres par rapport au niveau naturel du sol. La profondeur des puits d'accès varie entre 51 et 143 mètres. L'altitude varie en surface entre 430 mètres et 600 mètres.

Plus précisément, ce tunnel est composé de huit arcs de 2460 mètres de long et séparés par huit sections droites où sont installées les expériences. A l'intérieur de son blindage, le tunnel constitue un volume fermé utile de plus de 300 000 m<sup>3</sup>. Le plan de l'anneau ainsi formé est incliné selon une pente de 1,4% pour limiter la profondeur des puits d'accès à 170 mètres au pied du jura.

L'accès au tunnel se fait par les puits machine PM situés aux points 1,2,3,4,5,6,7 et 8, via les galeries de liaisons UL et les chambres de jonction UJ.

## **2.2 Modifications du tunnel liées au projet LHC [1]**

La nature des faisceaux propres au projet LHC nécessite des extensions au tunnel existant. Deux tunnels supplémentaires TI2 et TI8 seront créés pour permettre une circulation des faisceaux dans les deux sens de rotation de l'accélérateur. Le tunnel d'injection TI2, de 3 mètres de diamètre sur 2650 mètres de long, disposera de son propre puits d'accès PMI2, permettant la réalisation des travaux de génie civil et servira également à l'acheminement des nouveaux aimants de courbure (dipôles) dans le tunnel. Le tunnel d'injection TI8, de 3 mètres de diamètre sur 2380 mètres de long, disposera de son propre puits d'accès PGC8, permettant la réalisation des travaux de génie civil.

De plus, deux absorbeurs de faisceaux composés chacun d'une chambre de jonction au tunnel, d'un tunnel de section droite tangent à l'anneau LHC (345 mètres de longueur coté nord et 324 mètres coté sud), d'une chambre d'absorption et d'une galerie de liaison au tunnel en cas de secours, seront implantés de part et d'autre du point 6. Enfin, il sera prévu ponctuellement des élargissements du tunnel pour permettre le transit et la mise en place de constituants spécifiques.

## **3 TRAITEMENT D'AIR DU TUNNEL EXISTANT**

### **3.1 Fonctions de la ventilation et du traitement d'air**

Les installations de traitement d'air LHC ont pour fonction :

- D'assurer le renouvellement d'air hygiénique pour le personnel (tout air neuf traité),
- d'éviter tout risque de condensation en maintenant un point de rosée inférieur à la température de la paroi du constituant le plus froid présent dans le tunnel,
- de déstratifier les veines d'air dans le tunnel et de maintenir une température ambiante proche de la température moyenne de la surface des équipements,
- de purger l'atmosphère pour rendre un secteur du tunnel accessible,
- de protéger l'environnement par filtration de l'air rejeté,
- d'assurer le désenfumage du tunnel.

### **3.2 Description des installations existantes**

L'ensemble de l'air du tunnel est traité par secteur. Chaque secteur du tunnel ou octant dispose de sa propre installation de traitement d'air. L'air neuf traité est pulsé depuis un point pair et extrait au niveau du point impair du LHC.

L'air pulsé est traité par des centrales de traitement d'air situées en surface dans les bâtiments SU2, SU4, SU6 et SU8. Cet air est acheminé via des réseaux de gaines, empruntant successivement les puits PM25, PM45, PM65 et PM85, puis les zones accessibles du tunnel jusqu'au droit du blindage du tunnel au niveau des chambres de jonction UJ24, UJ26, UJ44, UJ46, UJ64, UJ66, UJ84 et UJ86.

L'air extrait est capté au niveau des chambres de jonction souterraines des points impairs UJ14, UJ16, UJ32, UL54, UL56 et UJ76 pour le tunnel principal et aux jonctions TI2/TT60 et TI8/TT40 pour les tunnels d'injection, par l'intermédiaire de gaines cheminant par les puits PM15, PM32, PM56 et PM76 et de centrales d'extraction implantées en surface dans les bâtiments SU1, SU32, SU51 et SU7. Au niveau des chambres de jonction UJ32 et UJ76, des cloisons dite de ventilation, séparent les flux venant des points 2 et 4 et des points 6 et 8.

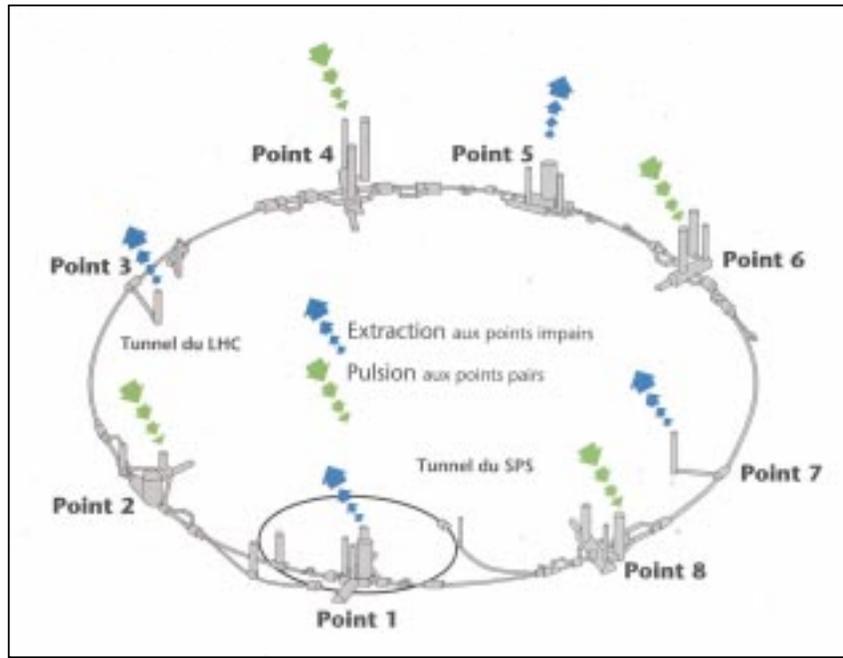
Chaque zone accessible dispose de son propre dispositif de traitement d'air : soufflage mécanique d'air traité par l'intermédiaire d'un réseau de gaines, et reprise statique en vrac via les puits d'accès par extraction naturelle. Les zones accessibles sont aussi désenfumées par réseaux de gaines.

## **4 TRAITEMENT D'AIR DU TUNNEL LHC**

La faisabilité du projet LHC est basée sur la réutilisation du tunnel LEP et notamment de ses installations de ventilation, acceptant par la même toutes ses limites liées aux dimensions des gaines existantes qui figent ainsi les débits d'air et les puissances disponibles. L'air du tunnel LHC sera donc traité selon le même principe que celui du LEP. Toutefois, si la plupart des centrales de traitement

d'air et des réseaux de gaines du LEP seront réutilisés, il conviendra : de rénover ces systèmes pour garantir leur disponibilité, de modifier quelques installations, d'installer de nouveaux équipements pour le traitement des tunnels d'injection, enfin, de reconfigurer le système de contrôle pour les besoins de la nouvelle utilisation.

**Figure 2**  
Principe de traitement d'air du tunnel LHC



#### 4.1 Rénovation

L'audit actuellement en cours définira exactement la nature des composants des installations qui devront être remplacés (ventilateurs, batteries, instruments de contrôle et de mesure, ...). Le système de contrôle sera mis à jour pour être compatible avec la Salle de contrôle technique (TCR).

#### 4.2 Extension

Des centrales d'extraction avec réseaux de gaines seront installées en surface dans les bâtiments SUI2 et SUI8 pour permettre le traitement des tunnels d'injection.

D'autre part, des systèmes de post-traitements ponctuels seront installés au droit des équipements qui ne pourront pas être pris en charge par la puissance dont le LEP dispose actuellement, notamment pour les équipements liés à la radio fréquence implantés dans les zones accessibles.

#### 4.3 Reconfiguration

Compte tenu des paramètres du nouvel accélérateur LHC, le débit de référence de 36 000 m<sup>3</sup>/h du LEP dans un secteur est ramené à 22 500 m<sup>3</sup>/h pour LHC. Pour se faire, les points de fonctionnement des ventilateurs seront modifiés. Les centrales de pulsion tunnel des points 2 et 8, seront complétées par une des centrales de pulsion zone accessible destinées aux traitements des zones accessibles, pour palier au complément de débit nécessaire pour le traitement des tunnels d'injection et garantir un niveau de disponibilité comparable aux points 4 et 6. Des liaisons entre les différents réseaux de gaines seront donc modifiées ainsi que les automatismes qui pilotent les différentes installations.

### 5 CONDITIONS INTERIEURES DU TUNNEL LHC

Les conditions intérieures du tunnel LHC ont été établies sur les mêmes bases de confort que pour le LEP. Les débits ont été modifiés en tenant compte du nouvel encombrement de la machine et des nouvelles charges internes annoncées.

## 5.1 Conditions climatiques de référence

Compte tenu des différences d'altitude le long du tunnel, la pression moyenne varie entre 967 et 942 mbar. Les conditions de température et d'hygrométrie sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 1**  
Conditions de température et d'hygrométrie de référence

Conditions extrêmes extérieures	Température Sèche	Humidité Relative
Eté	+ 32°C	40%
Hiver	- 14°C	90%

## 5.2 Caractéristiques de l'air traité

Les conditions à l'intérieur du tunnel varient d'un point pair à un point impair comme fonction d'un gradient progressant des conditions de pulsion à celles de l'extraction. Les conditions de température et d'hygrométrie au soufflage et à l'extraction sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2**  
Conditions de température et d'hygrométrie de référence

Localisation de l'air traité	Température sèche	Point de rosée	Teneur en eau maximale
Air pulsé Points pairs	+ 17°C	≤ 10°C	8,2 g / kg
Air pulsé Point pair secteur 4-3	+ 17°C	≤ 5°C	5,1 g / kg
Air extrait Points impairs et tunnels d'injection	< 26°C	≤ 12°C	Variable selon les apports internes

## 6 PROGRAMME DES TRAVAUX

L'ensemble des travaux nécessaires à la reconfiguration du traitement d'air pour le tunnel LHC sera scindé en deux appels d'offres à lancer par le CERN, un pour le tunnel LEP, et l'autre pour les tunnels d'injection.

Le déroulement de ces travaux de ventilation s'inscrit dans le planning général du projet LHC, de telle sorte que la nouvelle ventilation du tunnel sera opérationnelle en 2005.

Dans les secteurs sujets aux travaux préparatifs LHC, les équipements de ventilation CERN seront arrêtés. La ventilation hygiénique provisoire et le cloisonnement des zones de chantiers pour protéger les autres zones du tunnel seront assurées par l'entreprise de génie civil.

## 7 CONDUITE DES INSTALLATIONS

Le fonctionnement des installations comporte quatre modes opératoires dont le délestage électrique qui implique l'interdiction de l'accès au tunnel. La commande qui permet de sélectionner un mode opératoire pour un secteur donné, se fait soit manuellement depuis un coffret pompier, soit sur les vues de conduite des ordinateurs situés dans les bâtiments SU, soit par commande programmée au niveau des automates. Les différents modes sont possibles grâce à des ventilateurs équipés de variateurs de vitesse.

**Tableau 3**  
Modes opératoires du traitement d'air du tunnel

<b>Mode opératoire</b>	<b>Identification</b>	<b>Débit en m<sup>3</sup>/h par secteur ou par tunnel d'injection</b>	<b>Vitesse moyenne de l'air en m/s dans le tunnel</b>
Délestage électrique	<b>EJP</b>	7 500	0,27
Tunnel accessible	<b>TA</b>	15 000	0,55
Tunnel non accessible	<b>TNA</b>	22 500	0,83
Urgence secteur ou tunnel	<b>UST</b>	45 000	1,67

## **8 ENVIRONNEMENT ET SECURITE [2]**

L'Etude d'Impact du projet LHC et le Rapport Préliminaire de Sûreté définissent les engagements du CERN en matière de sécurité et d'environnement, renforcés par la procédure INB en cours. Les installations de ventilation respectent ces engagements, aussi bien au niveau des débits de ventilation, des vitesses et des points d'émission des rejets que de la filtration de l'air vicié au moyen de filtres absolus. Un dispositif d'analyse et de contrôle de l'air extrait est prévu par la physique de santé sur chaque rejet.

D'autre part, les installations de traitement d'air LHC garantissent pour chaque mode opératoire un taux d'oxygène viable dans le tunnel. Ces mêmes installations peuvent également servir à la purge de l'air du tunnel avant autorisation d'accès et au désenfumage en cas d'incendie.

## **9 CONCLUSION**

Conformément à l'esprit du projet LHC et pour minimiser les coûts, les installations de traitement d'air LHC sont en définitive, une reconfiguration des installations existantes du LEP. Le maintien de conditions favorables pour l'expérimentation des nouveaux faisceaux dans le tunnel est étroitement lié au respect des paramètres annoncés, pour ne pas dépasser la limite physique que constitue le dimensionnement des ouvrages de génie civil et de génie climatiques retenus pour le LEP. Le succès de ce projet nécessite donc une collaboration étroite avec les utilisateurs qui doivent prendre en compte ces limites dans le choix des technologies retenues par la physique. De plus, l'apparition soudaine de nouveaux équipements à forte dissipation, devra aussi correspondre à un espace suffisant pour disposer des systèmes de post-traitements ponctuels.

## **10 REFERENCES**

- [1] LHC : Etude d'Impact sur l'Environnement
- [2] LHC : Rapport Préliminaire de Sûreté
- [3] Chantiers du LEP 1983
- [4] LEP2 Questions et réponses concernant la machine LEP