



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

CERN - ST Division

CERN-ST-2001-007

30 janvier 2001

REPLACEMENT DES COMPOSES FLUOROCARBONES (CFC) BILAN ACTUEL DU PROJET

B. Pirollet

Résumé

Le fonctionnement des différents accélérateurs du CERN nécessite l'utilisation de machines frigorifiques. Ces dernières servent à extraire l'énergie au sein des détecteurs ou des racks électroniques. Un parc de plusieurs dizaines de groupes frigorifiques a été aussi constitué depuis les débuts du CERN. Ces unités utilisent pour la plupart des fluides fluorocarbonés (CFC). L'impact de ces gaz sur l'environnement a été démontré dès 1976. Depuis, divers protocoles visant à réglementer la production et l'usage de tels fluides ont été établis. Afin d'être en conformité avec les diverses législations en vigueur, le CERN a mis en place un projet visant à substituer ces fluides dans toutes les installations. Le but de ce document est de dresser le bilan actuel du projet et d'en présenter les évolutions futures.

Présenté au 4^{ème} ST Workshop
Chamonix, France, 30 janvier - 2 février 2001

1 INTRODUCTION

Les produits de synthèse ont été utilisés, à partir de 1930, comme fluides caloporteurs pour l'industrie du froid.

Depuis, l'utilisation massive de ces substances a été remise en cause du fait de leur impact sur l'environnement. Suite aux travaux du Prof. J. Lovelock, publiés en 1972, deux chercheurs Américains ont présenté une étude tendant à prouver l'altération progressive de la couche d'ozone stratosphérique.

En 1985, une expédition Antarctique Britannique a rapporté pour la première fois des observations réelles d'une réduction effective de la couche d'ozone.

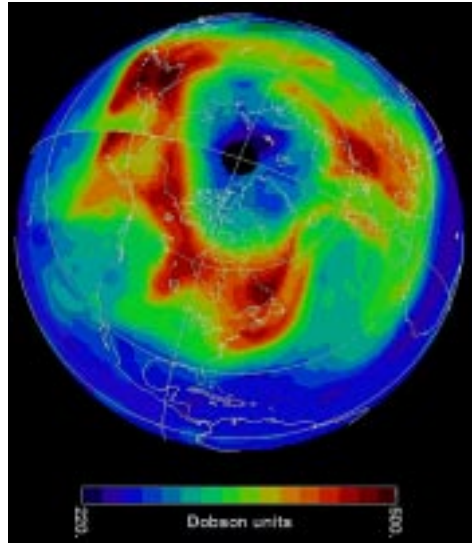


Fig. A: Mesures révélant l'appauvrissement de la couche d'ozone

Devant la menace sur l'écosystème du globe et à l'encontre des impératifs purement économiques, le protocole de Montréal a été ratifié en 1987. Vingt-cinq pays et la communauté Européenne ont signé ce document. Cette charte relative aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone prévoyait la réduction de la production et de la consommation de 5 ChloroFluoroCarbones (CFC's) et le gel de la consommation de la production des halons, les valeurs de l'année 1986 étant prises comme base de référence

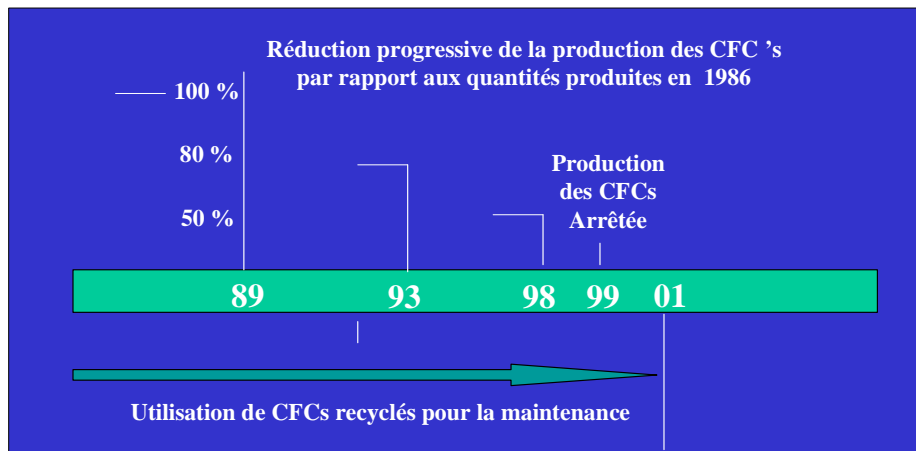


Fig. B: Réglementation de la production et consommation des CFC's

2 SCHEMA DIRECTEUR

Face à ces mesures le CERN a du établir un schéma directeur visant à assurer la pérennité du fonctionnement de toutes les installations utilisant ces substances.

Ce schéma prévoyait:

- De dresser l'inventaire complet du parc frigorifique du CERN par type d'unité, type de fluide utilisé et état de vétusté !
- D'étudier les diverses possibilités techniques de remplacement.
- De dégager les bases d'un projet à long terme tant technique que financier.

2.1 Inventaire

Table 1
Inventaire

			Nombre	Type de fluide	Total (kg)	Année de mise en service
LEP	Turbo compresseurs	Distribués sur 9 points	10	F12	7500	1985
	Compresseurs à pistons		16	F22	3200	1984
SPS	Turbo compresseurs	BA81 (840)	2	F11	1480	1976
	Compresseurs à pistons	BA2.& 6	6	F22	3 x 600	1976
	Compresseurs à pistons	BA7 (Neutrino) (876)	3	F22	3 x 33	1978
	Compresseurs à pistons	BB4 (921)	5	F22	5 x 30	1976
	Compresseurs à pistons	PCR (874)	6	F22	6 x 50	1976
CPS + Meyrin Site	Turbo compresseurs	PS Centre de calcul	6	F12	3000	1970
	Compresseurs à pistons	Site de Meyrin	100	F12 F502	120 50	1965 à 1980
	Compresseurs à pistons	Site de Meyrin	828	F22	2350	1965 à 1994
(ISR)	Turbo compresseurs	378	3	F12	6000	1969
	Turbo compresseurs		2	F11	1400	1969

La Table 1 montre que 4 fluides principaux ont été utilisés jusqu'en 1996:

- F502 En faible quantité 50kg
- F11 Fluide basse pression 2880kg
- F22 Fluide haute pression 8200kg
- F12 Le plus répandu 16110kg

2.2 Fluides de remplacement

Table 2
Fluides frigorigènes

Remplacement du CFC-11 par le HCFC-123

Caractéristiques	HCFC-123	CFC-11
Formule chimique	CF_3CHCl_2	CCl_3F
Point d'ébullition (°C)	27.9	23.8
Chaleur spécifique (J/kg K)	1017	870
Conductivité thermique (W/m K)	0.067	0.087
Inflammabilité	Non	Non
Ozone depletion potential / ODP	0.016	1.0
Global warming potential / GWP	93	4000

Remplacement du CFC-12 par le HFC-134a

Caractéristiques	HCFC-134a	CFC-12
Formule chimique	CH_2FCF_3	CCl_2F_2
Point d'ébullition (°C)	-26.5	-29.8
Chaleur spécifique (J/kg K)	1427	971
Conductivité thermique (W/m K)	0.103	0.057
Inflammabilité	Non	Non
Ozone depletion potential / ODP	0	0.9 (CFC-11=1.0)
Global warming potential / GWP	1300	8500

Caractéristiques du HCFC-22

Caractéristiques	HCFC-22
Formule chimique	CHClF_2
Point d'ébullition (°C)	-40.8
Inflammabilité	Non
Ozone depletion potential / ODP	0.05
Global warming potential / GWP	0.35

Les caractéristiques des fluides et leurs produits de substitution apparaissent dans la Table 2.

- Le R12 (CFC12) peut être remplacé par le HFC 134A.
- Le R11 (CFC11) par le HCFC 123.
- Le R502 par le HCFC 22.
- Le R22 HCFC22 n'a pas de remplaçant.

2.3 Faisabilité

L'étude des possibilités de changement a été faite en tenant compte de:

- La vétusté du matériel en service.
- Le dimensionnement frigorifique de l'installation.

- Le coût engendré par la vidange du fluide, son élimination et le montant des travaux liés au nouveau fluide (changements de l'huile des joints, etc.)

Au vue de ces études techniques et économiques deux actions ont été dégagées.

2.3.1 *Le remplacement du fluide (rétrofit)*

Valable économiquement pour des machines de grosse puissance >1 MW ayant un nombre d'heures de fonctionnement relativement peu élevé < 50000 h et déclarées en bon état d'entretien – par exemple une mesure par courants de Foucault des défauts des tubes des échangeurs a été faite sur certains groupes afin de s'assurer de la validité du changement .

Lorsque la puissance frigorifique a du être conservée, la vitesse de rotation du compresseur ou le diamètre des turbines a été modifié.

Dans tous les cas, le changement du fluide s'est accompagné d'un démontage complet du groupe afin de changer les joints et revisser les parties mécaniques.

Seuls les 10 groupes turbocompresseurs du LEP et les 3 groupes du centre de calcul PS ont été « rétrofités », en passant du CFC12 au HFC134A.

2.3.2 *Remplacement des groupes*

Lorsque la conservation de l'unité se révéla non rentable une étude complète de l'installation a été entreprise.

Une modularité a été recherchée au niveau des équipements en fonction des puissances frigorifiques à fournir et du type de condensation disponible. Parallèlement au présent projet concernant le changement des fluides frigorigènes, la division ST a en charge un projet visant à réduire les consommations d'eau au CERN.

Afin d'optimiser ces deux projets, le groupe CV a étudié la possibilité d'implanter des groupes à condensateurs par air dans des sites isolés, comme par exemple dans les 7 bâtiments auxiliaires de l'accélérateur SPS.

Cas par cas, une étude visant également à réduire les consommations électriques a été faite.

3 REALISATION

- En 1995, le projet a démarré avec le retrofit d'un groupe d'eau glacée équipé de turbocompresseur du LEP. Un programme de tests visant à mesurer les nouvelles caractéristiques thermodynamiques a été mené. Après une année de fonctionnement satisfaisante, l'ensemble des 10 unités équipant le LEP a pu débiter. Ces travaux ont été programmés sur 3 ans en fonction des arrêts techniques liés à la machine et des impératifs budgétaires.
- Un plan similaire a été réalisé pour la centrale frigorifique du centre de calcul, Meyrin bâtiment 513, équipée de 3 unités fonctionnant au CFC 12
- En 1996, un contrat visant au remplacement de 19 unités a été passé avec la firme Trane.
- En 1998, ST-CV a réalisé le ré-aménagement complet de la centrale frigorifique du PS. Deux nouvelles machines turbocompressées d'une puissance de 1,4 MW chacune, et une de 700 KW refroidie par eau ont été mises en service durant l'arrêt technique de fin d'année (décembre 98 à février 99). L'ensemble des parties hydrauliques électriques et GTC a été entièrement revu.
- L'hiver 1999-2000 (de décembre à mars) a vu la transformation de 2 centrales frigorifiques, celle du booster équipée de machines identiques à la centrale froid du PS et celle du BA3. Pour cette dernière, une solution des deux unités à condensation par air placées sur la toiture du bâtiment a été choisie.

Avec ces réalisations, l'ensemble des CFC's, 12 ont été remplacés au CERN en 4 ans.

- Au cours de l'arrêt technique 2000-2001, l'ensemble des centrales équipant l'accélérateur SPS sera modifié:
 - Nombre de centrales : 6
 - Nombre de groupes : 7 unités à condensation par air
3 unités à condensation par eau

- 2002 verra le remplacement des 4 turbocompresseurs de la zone nord fonctionnant au CFC11 par des groupes à vis alimentés avec du HFC134a.

4 BILAN FINANCIER

Le projet a été réparti sur 7 ans 1995-2002. Le coût total de ces transformations s'élève à 5,8 MCHF:

- Contrat d'achat des machines neuves 2 MCHF.
- Changement de fluide ("rétrofit") sur les groupes existants 1 MCHF.
- Transformations ; génie civil, charpentes métalliques, hydrauliques, mécaniques, électriques et supervision 2,5 MCHF.
- Etudes 0,3 MCHF

5 CONCLUSION

Lorsqu'une législation apparaît sans solutions techniques et économiques, l'utilisateur peut se sentir désorienté. Le CERN par son analyse a su prévoir et planifier, sur le long terme, un projet adapté aux besoins des physiciens avec des contraintes financières raisonnables. La continuité de fonctionnement des accélérateurs n'a pas été interrompue durant toutes ces modifications

Le groupe ST-CV a pu transformer ces contraintes en bénéfiques. C'est ainsi que des installations vétustes mais parfaitement entretenues ont pu être transformées et améliorées. Des gains importants sur les consommations d'énergies (électricité, eau) et en coût d'exploitation sont et seront ainsi réalisés tout au long de la vie de ces installations.

Le projet ST-CV a pu être réalisé grâce à une collaboration étroite des utilisateurs (physiciens et autres divisions) mais également grâce au travail des autres groupes ST: EL, HM et TFM.

Grâce à eux, le CERN peut aborder le 3ème millénaire sans CFC.

REFERENCES

Bibliographie :

- [1] B. Nuttal – TIS Seminar – 27 March 92
- [2] Vade Mecum de la récupération des CFC's.
- [3] Ozone – EPFL – Rapport de la journée du 24.11.89.
- [4] AICVF OZONE IV – Rapport de la journée du 3.12.91.

REMERCIEMENTS

D. Legin Uniclina

Ph. Henri, J. Balay / TRANE

B. Nuttal / TIS