



EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
ORGANISATION EUROPÉENNE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE

CERN - **ST** Division

CERN-ST-2000-035

February, 2000

MAINTENANCE SUR LES INFRASTRUCTURES DE SURFACE

P. Chevret et P. Pepinster

Résumé

L'objet de ce document est de dresser le bilan de l'activité du Groupe Technical Facilities Management dans le domaine de la maintenance. Ce bilan couvre les activités techniques du génie civil, du chauffage-climatisation et de l'électricité, s'appliquant dans une large majorité au seul secteur tertiaire, tant sur le plan préventif que correctif. Les principaux paramètres indicateurs de l'activité sont situés dans leur évolution au cours des dernières années. Les auteurs abordent également les principaux projets complémentaires de maintenance, qui sont conduits pour maintenir l'état du patrimoine en dépit des restrictions budgétaires, faire face aux problèmes d'obsolescence, de défaillances récurrentes sur certains matériels, et satisfaire aux normes de sécurité. L'incidence positive de ces actions sur le nombre d'interventions de maintenance corrective est également montrée. Enfin, des perspectives de progrès sont dégagées, visant à une gestion davantage prévisionnelle de la maintenance.

1 INTRODUCTION

Depuis des dizaines d'années, la maintenance dans le secteur tertiaire n'a été qu'une activité marginale, indispensable certes à la conservation du patrimoine et au fonctionnement des équipements techniques, mais délaissée au profit de la conception, de l'ingénierie, dans le domaine de la construction du neuf et aussi logiquement celui des accélérateurs. Des opérations de rénovation initiées par les utilisateurs sont aujourd'hui plus fréquentes suite à des changements de fonctionnalité de certains espaces. La maintenance va devenir stratégique car elle conditionne à long terme la capacité d'utilisation des constructions.

Une absence de prévision, de maîtrise des problèmes techniques et de moyens financiers perturberont les qualités du fonctionnement, dans des conditions données de sûreté, des installations techniques, ou celles du bâti. Et il est essentiel, à ce jour, de ne pas se trouver dans ces situations de désordres graves.

Cette prise de conscience s'installe donc progressivement pour différentes raisons :

- exigence en matière de sécurité et de prévention des risques ;
- évolutions technologiques des équipements ;
- besoins exprimés par les utilisateurs d'un meilleur confort et d'une fiabilité de fonctionnement (chauffage, climatisation, alimentations systèmes informatiques sans coupure, ...).

2 BILAN DU PATRIMOINE : CHAMP D'APPLICATION DE LA MAINTENANCE

La maintenance du patrimoine, assurée par le groupe ST/TFM, englobe tout à la fois le bâti et les installations techniques (climatiques, hydrauliques, électriques). Les principales données sont les suivantes.

2.1 Génie civil [1]

- Bâtiments	:	531
- Surface nette	:	475'000 m ²
- Volume SIA	:	3'958'000 m ³
- Toitures - couvertures	:	358'000 m ²
- Surfaces routières - parkings	:	535'000 m ²
- Canalisations d'assainissement	:	73'000 m

2.2 Installations techniques

Installations électriques

- Tableaux électriques « services généraux » primaires	:	80
- Tableaux éclairage/force	:	900
- Redresseurs batteries	:	31
- Onduleurs	:	14
- Batteries centralisées	:	33
- Matériels d'éclairage	:	82'000

Installations « génie climatique »

- Chauffage hall/atelier	:	150
- Sous-stations chauffage bâtiments/bureaux	:	100
- Centrales d'air de refroidissement	:	350
- Climatisation type individuel	:	500

- Groupes frigorifiques (production eau glacée)	:	50
- Frigos - chambres froides	:	110
- Sous-stations refroidissement par eau	:	20
- Production eau chaude sanitaire	:	230
- Ventilations sanitaires, extractions vapeurs toxiques	:	450

Nota : Ne sont pas considérés ici, bien qu'ils appartiennent au patrimoine, les aménagements extérieurs (espaces verts) et les ascenseurs. Ces derniers, sous la responsabilité d'un autre groupe, devraient être comptabilisés dans les installations techniques.

3 TYPES DE MAINTENANCE [2]

La maintenance des infrastructures de surface est souvent perçue de manière négative et seulement au regard des désordres qu'elle génère lorsque cette maintenance est insuffisante. Elle est généralement considérée par les gestionnaires comme étant toujours trop coûteuse ; or la conservation et la valeur de notre patrimoine sont à coup sûr liées à la qualité de cette maintenance.

Celle dont il est question ici, s'applique aux bâtiments (clos, couverts, ...) et aux installations techniques. Leurs concepts utilisés sont différents selon qu'ils se réfèrent aux uns ou aux autres.

3.1 Génie civil

À l'exception des interventions sur les réseaux d'écoulement (tant en toiture, qu'enterrés) qui font l'objet de visites régulières, la maintenance est pour l'essentiel curative. Elle se traduit par des interventions dans les meilleurs délais en cas de dégradations légères. Elle est synonyme d'interventions lourdes suite à une usure limite d'une partie de l'ouvrage ou de dégradations généralisées.

3.2 Installations techniques

3.2.1 Installations électriques

La maintenance combine à la fois les actions curatives et préventives.

Les interventions correctives sont initiées par les utilisateurs via la TCR (pas d'alarmes reportées à distance), elles portent pour l'essentiel sur les équipements d'éclairage dont l'usure dépend fortement des cycles de fonctionnement.

Côté préventif pour les installations de l'éclairage normal, le programme de maintenance est produit mensuellement pour le mois suivant. Il n'est transmis au contractant par le CERN qu'après validation par rapport au taux de panne effectivement constaté. L'éclairage de secours, soumis aux réglementations, fait l'objet d'actions à périodicité fixe. C'est également le cas pour les onduleurs, chargeurs / redresseurs. Les armoires électriques sont quant à elles visitées en fonction des conditions d'utilisation.

3.2.2 Génie climatique

En génie climatique, la maintenance combine là aussi des actions curatives et préventives.

La maintenance corrective (dépannages, réparations) est déclenchée par la TCR qui génère une demande de dépannage dans la GMAO à l'intention du contractant. Les sources d'interventions sont

- alarme transmise à la TCR suite à un défaut d'équipement,
- appel d'un utilisateur ou du responsable d'exploitation TFM.

Ainsi, environ 2000 équipements sont exploités sur l'ensemble des bâtiments « hors accélérateurs ».

La maintenance préventive est réalisée à partir de bons d'intervention générés par la GMAO, de manière systématique, en fonction des routines (fréquence, gamme de travail) propres aux familles d'équipements. Ces routines sont établies d'un commun accord entre le CERN et le contractant et sont révisées en fonction des nécessités d'exploitation et/ou des contraintes budgétaires. Chaque équipement possède un historique qui est mis à jour par les commentaires de retour d'intervention. La maintenance conditionnelle, par thermographie ou analyse vibratoire, n'est pas appliquée pour les types d'équipements en charge de ST/TFM : elle est plutôt réservée aux grosses installations de pompage et de ventilation telles comme on en trouve dans l'environnement des accélérateurs.

4 OUTILS DE GESTION UTILISÉS

Les installations techniques étant complexes et importantes avec une multi-implantation et un site étendu, leur maintenance a nécessité l'utilisation d'une GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur).

Celle-ci s'appuie sur l'inventaire des équipements techniques et intègre la gestion corrective et préventive des installations, la gestion des pièces de rechange, la gestion des ressources internes du contractant et l'édition des plannings.

L'outil d'exploitation, à l'heure actuelle, est RAPIER (migration sur MP5 en l'an 2000). Il est commun aux installations électriques et climatiques et doit faire l'objet d'une rationalisation. Pour le génie civil, il est utilisé uniquement pour les interventions de dépannage.

Nota : Pour les bâtis, une Gestion Technique du Patrimoine Assistée par Ordinateur (GTPAO) liée aux ouvrages reste encore à mettre en place. Elle doit intégrer le fait que l'entretien des structures, du clos, du couvert, ... sont des opérations importantes, à longue périodicité. Ici également, doivent être prises en compte les valeurs quantitatives et qualitatives du patrimoine ainsi que toutes leurs évolutions structurelles et fonctionnelles.

5 TYPES DE CONTRATS

5.1 Génie civil

Tous les contrats touchant les opérations de génie civil sont à l'heure actuelle confiés à des firmes spécialisées. Il existe aujourd'hui 11 entreprises qui interviennent sur le site du CERN.

Le règlement des opérations se fait

- au bordereau (basé sur des séries de prix),
- au temps passé pour certaines opérations.

Cette parcellisation des contrats peut globalement conduire à des coûts élevés. Mais les résultats sont satisfaisants, sous réserve du maintien d'une structure de suivi et de contrôle importante par le Service Technique CERN.

5.2 Installations techniques

Les contrats touchant les installations techniques sont à obligation de résultats. Les performances exigées sont précisées dans les différents cahiers des charges. Pour la partie génie climatique, le parc est confié au contractant qui doit le maintenir au moindre coût (partage du bonus/malus avec le CERN selon modèle de rémunération Cost & Fee + Target Estimate). De plus, le contractant est pénalisé au nombre de pannes.

6 ÉVOLUTION DE LA MAINTENANCE (CORRECTIVE / PREVENTIVE)

6.1 Génie civil

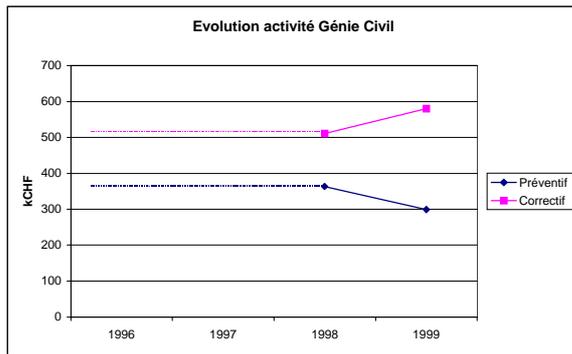


Fig. 1

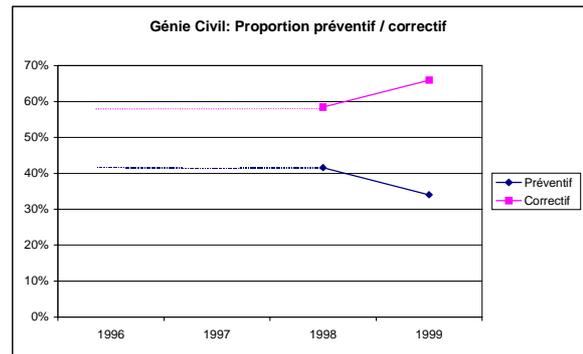


Fig. 2

Nota : Les données pour les années 1996 et 1997 ne sont pas disponibles.

6.2 Installations électriques

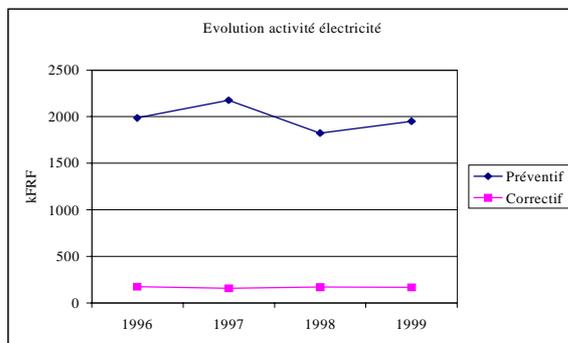


Fig. 3

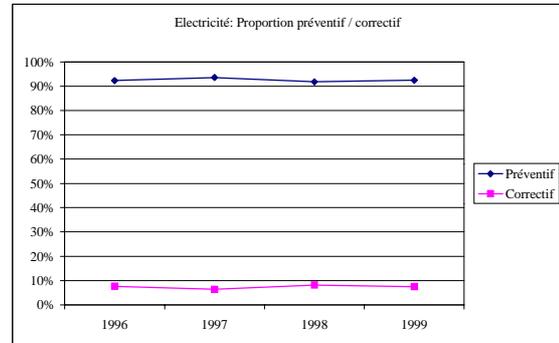


Fig. 4

Nota : Pour les figures 3 et 4, les données financières du préventif et du correctif ne sont pas disponibles de manière distincte pour l'année 1996.

La courbe de maintenance préventive de la figure 3 montre une baisse importante en 1998 [3] qui correspond à une coupure budgétaire, suivie d'un léger renforcement de l'activité en 1999. Cette diminution du préventif, qui porte essentiellement sur l'éclairage, peut être mise en comparaison avec l'augmentation des dépannages sur ce type de matériel (voir § 7.2).

6.3 Génie climatique

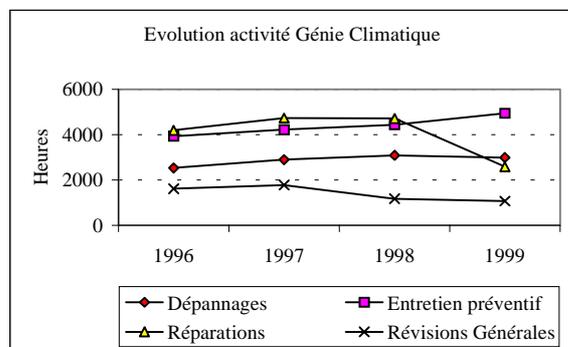


Fig. 5

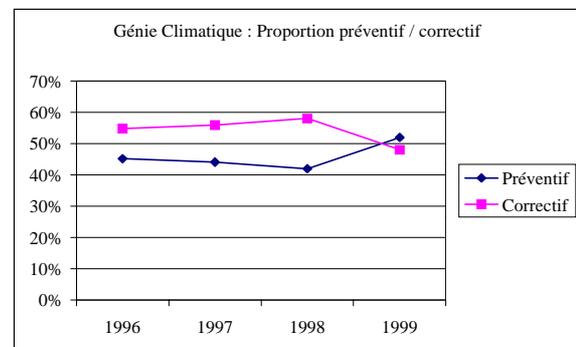


Fig. 6

Sur la figure 5, on remarque pour 1999 deux phénomènes :

- une diminution sensible de la maintenance corrective, principalement visible dans la catégorie des réparations, c'est-à-dire des actions correctives de longue durée, alors que la charge en interventions correctives de courte durée (dépannages) se stabilise ;
- une augmentation du temps passé en maintenance préventive courante.

Ces constatations trouvent leur explication dans le fait que des actions spécifiques de mise au point ont été réalisées pour améliorer la fiabilité de certains équipements, actions suivies d'un renforcement (parfois momentané) de la maintenance préventive.

Cette inversion de tendance entre maintenance corrective et préventive est plus visible dans le graphique de la figure 6.

7 ÉVOLUTION DES DÉPANNAGES

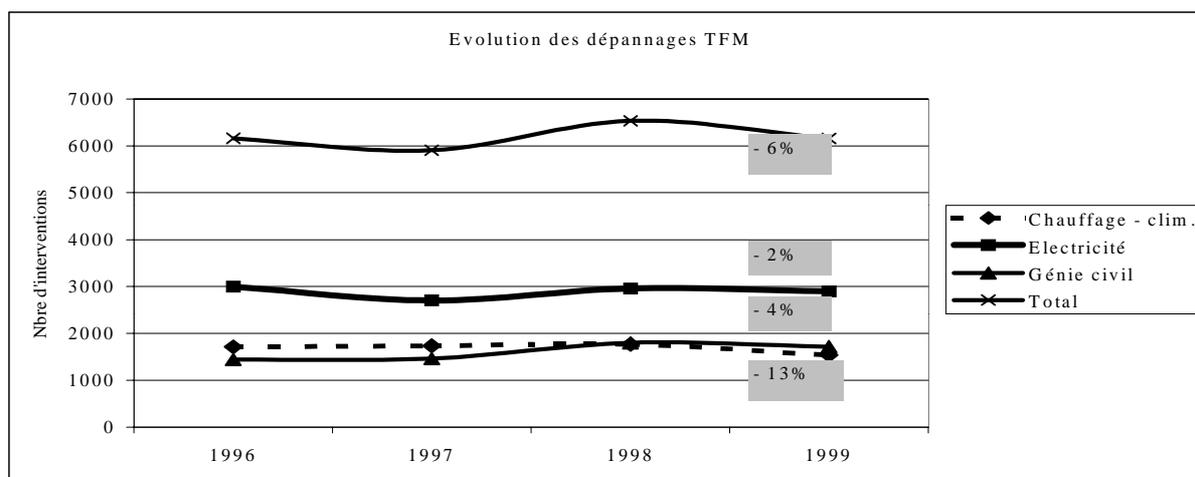


Fig. 7

7.1 Génie civil

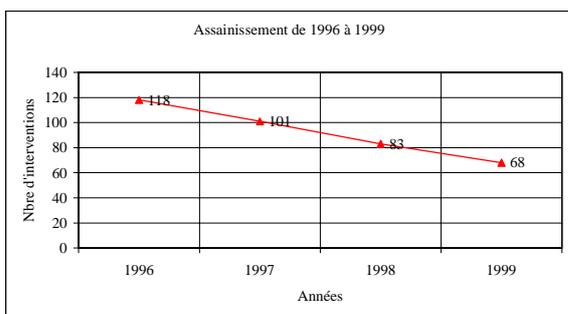


Fig. 8

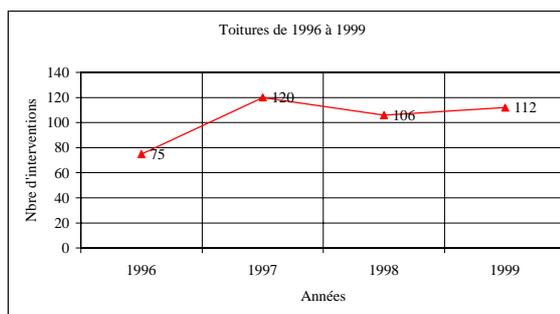


Fig. 9

Dans le domaine du génie civil, la diminution globale des interventions de dépannage est modeste, et très inégale selon la nature des éléments d'ouvrage (assainissements, toitures, menuiserie, vitrerie, revêtements de sol souples, stores, sanitaires, ...). L'effort sur le préventif des réseaux d'assainissement a permis une décroissance forte de ces interventions (~ 40%). Pour les étanchéités de toiture, où un programme a été lancé il y a deux ans, la tendance à la décroissance semble amorcée.

7.2 Installation électriques

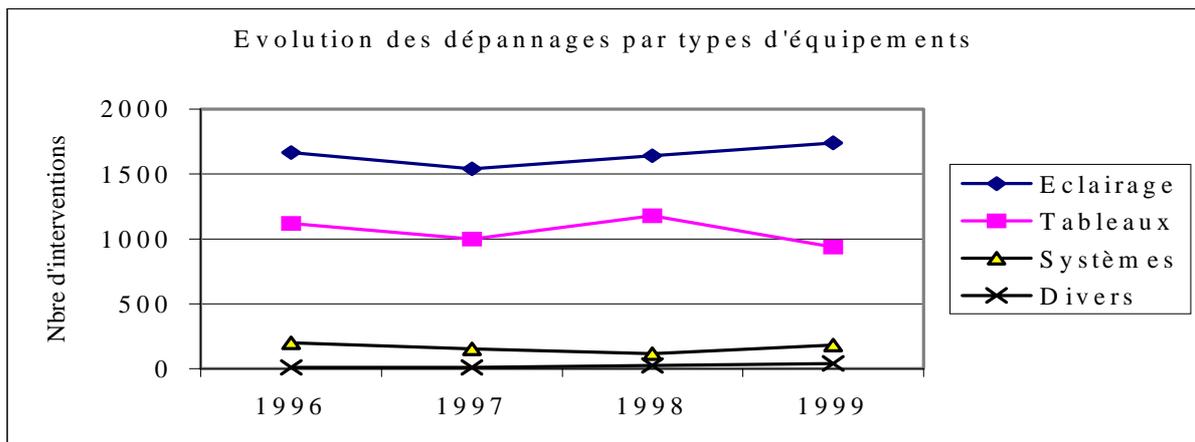


Fig. 10

Le nombre de dépannages s'appuie sur une moyenne annuelle de 3000 [4]. Ce chiffre n'a guère de chance de varier, l'essentiel étant des interventions sur les éclairages. Côté distribution, les remplacements de tableaux sur des matériels vieux de 40 ans ont supprimé les anomalies propres aux disjoncteurs, mais il subsiste beaucoup de déclenchements de sécurité par différentiel sur des installations non saines.

7.3 Génie climatique

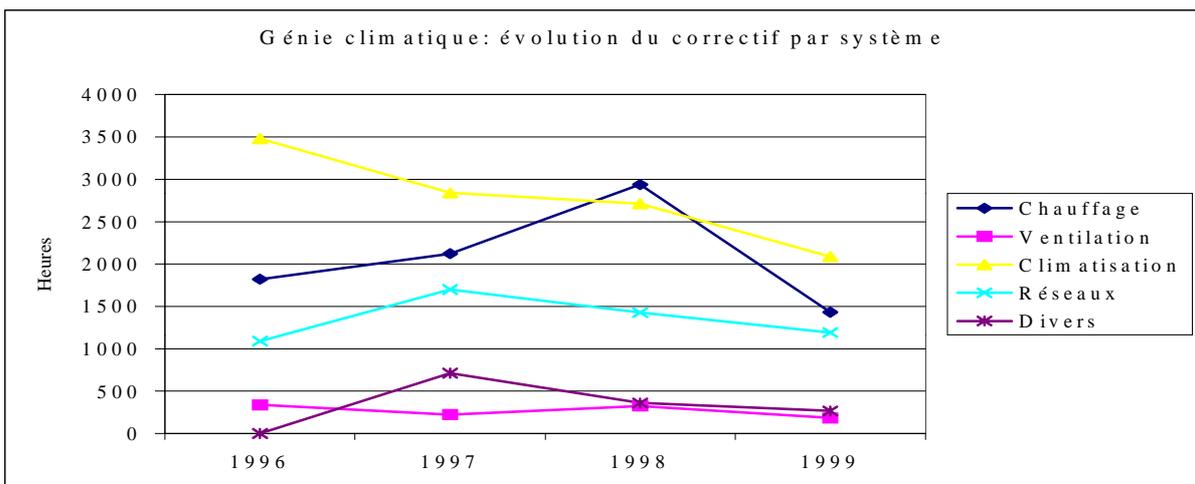


Fig. 11

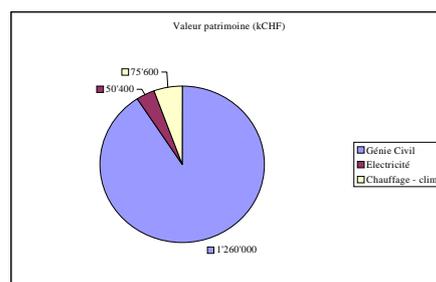
On peut remarquer une baisse significative de la maintenance corrective sur les équipements de chauffage sur l'année 1999 : Elle s'explique par l'engagement du contractant sur des objectifs d'économies d'énergie, qui a engendré une attention particulière sur l'optimisation du chauffage.

Pour les équipements de climatisation, la baisse est le résultat des actions spécifiques mentionnées dans la Section 6.3.

8 VALEUR DU PATRIMOINE ET RATIOS DE MAINTENANCE EN 1999

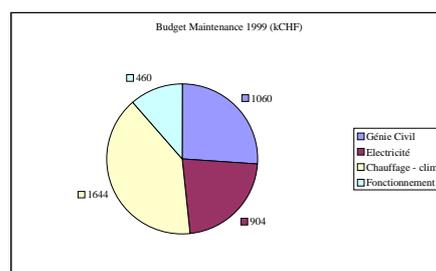
8.1 Valeur du patrimoine

Génie civil	1 260 MCHF
Électricité	50 MCHF
Génie climatique	76 MCHF
TOTAL	1 386 MCHF



8.2 Montants des dépenses sur budget d'opération / maintenance

Génie civil	1.06 MCHF
Électricité	0.90 MCHF
Génie climatique	1.64 MCHF
Fonctionnement	0.46 MCHF
TOTAL	4.06 MCHF



8.3 Projets « consolidation maintenance »

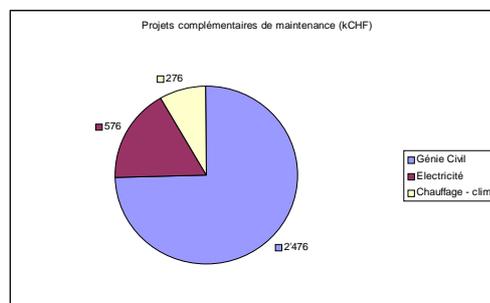
Depuis deux ans, il a été nécessaire, suite à des désordres de plus en plus grands sur certaines parties d'ouvrages, de prévoir des projets spécifiques au titre de l'investissement. Cet argent supplémentaire est venu consolider les actions traditionnelles de maintenance. Ces opérations additionnelles de « rattrapage » se justifiaient, pour la majorité, pour des raisons de sécurité [5].

Parmi ces projets, citons quelques uns des plus significatifs :

- réfection des étanchéités d'infrastructures abritant des sous-stations électriques moyenne et basse tension,
- réfection de routes et parkings,
- rénovation des tableaux électriques de distribution 380/220 V [6],
- rénovation des installations électriques (éclairage),
- rénovation d'équipements en climatisation-chauffage [7],
- remplacement des matériels de ventilation contenant de l'amiante [8].

Les dépenses correspondantes ont été les suivantes :

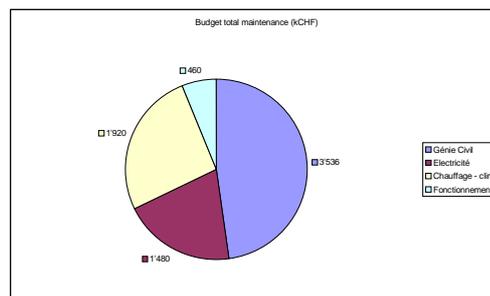
Génie civil	2.48 MCHF
Électricité	0.58 MCHF
Génie climatique	0.28 MCHF
TOTAL	3.34 MCHF



8.4 Dépenses globales : maintenance et consolidation

En totalisant les dépenses citées dans les Sections 8.2 et 8.3, l'activité touchant à la maintenance se globalise de la manière suivante :

Génie civil	3.54 MCHF
Électricité	1.48 MCHF
Génie climatique	1.92 MCHF
Fonctionnement	0.46 MCHF
TOTAL	7.40 MCHF



8.5 Ratios de la maintenance par rapport à la valeur du patrimoine (hors personnel CERN)

	Dépenses MCHF	Valeur patrimoine MCHF	Ratio
Maintenance	4.06	1'390	0.29%
Projets consolidation	3.34	1'390	0.24%
Maintenance + projets	7.40	1'390	0.53%

Ces ratios qui sont ceux définissant la valeur de l'engagement en terme de maintenance s'établissent usuellement dans le tertiaire autour de 4% de la valeur du patrimoine (2% pour le seul génie civil).

9 VERS UNE ÉVOLUTION DE LA MAINTENANCE DU PATRIMOINE LIÉE AU CYCLE DE VIE

La maintenance organisée du patrimoine s'est articulée, jusqu'au début des années 90, sur une méthode d'expertise qui permettait d'initialiser un programme de maintenance souvent adapté à chaque ouvrage. Mais cette méthode rencontre quelques écueils comme celui d'expertises discutables et de coûts importants pour les diagnostics.

Aujourd'hui, une bonne approche consisterait à s'appuyer sur les courbes de cycle de vie des principaux composants (et leur usure moyenne), et sur une banque de données des travaux associés.

Il est usuellement démontré qu'un entretien préventif planifié permet une prolongation sensible de la durée de vie. Le coût global est très inférieur à comparer avec ceux résultant d'une absence totale d'entretien (et aboutit au remplacement), ou d'un entretien curatif lourd. De ce point de vue, il serait souhaitable de mettre en place une méthode de rationalisation systématique de la maintenance du patrimoine. Celle-ci pourrait prendre en compte une modélisation par entité en la liant à la fonction :

- structure (fondations, murs porteurs, planchers, ...) ;
- clos (menuiseries extérieures, façades/bois, alu, briques, ...) ;
- couverts (charpentes métalliques, couvertures en fibro-ciment, verrières, couvertures métallo-textiles, ...) ;
- aménagements intérieurs (menuiseries intérieures, peintures, faux plafonds, ...) ;
- installations climatiques ;
- installations électriques ;
- aménagements extérieurs (espaces verts, aires de stationnement, trottoirs, ...).

Différents niveaux de maintenance pourraient être associés, par exemple :

- niveau 1 curatif (réparations ponctuelles lourdes),
- niveau 2 curatif (interventions légères / dépannages),
- niveau 3 (préventif).

10 AXES D' ACTIONS POUR LE FUTUR

- Intégration définitive des « projets de maintenance » dans le budget opération/maintenance (2000).
- Regroupement des contrats génie civil (2001).
- Rationalisation GMAO (électricité, fluides, ...) (2000).
- Mise en place d'un contrat unique pour les installations techniques (2001/2002).
- Mise en place d'une GTPAO liée au cycle de vie.

11 CONCLUSION

L'implantation des axes d'action proposés auparavant doit améliorer sensiblement le management de la maintenance et améliorer son efficacité et sa valeur économique. Cependant les budgets servant à la maintenance sont, au mieux, maintenus constants chaque année alors qu'il y a

- un accroissement du parc des infrastructures de surface,
- un vieillissement de ce parc,
- une présence grandissante d'installations techniques (notamment dans les dernières constructions),
- une augmentation réelle du coût d'une opération de maintenance (puisque fortement lié au coût de la main-d'oeuvre).

Une augmentation des budgets de maintenance s'impose donc et doit permettre des actions préventives plus larges. Les interventions intermédiaires éviteront ainsi les opérations correctives lourdes extrêmement pénalisantes sur le plan technique et financier. Elles permettront de conserver le patrimoine dans un bon état et d'assurer un retour au bon fonctionnement des équipements.

REFERENCES

- [1] Données extraites de GEOSIP.
- [2] AFNOR NFX 60-010.
- [3] A. Burdairon, Activité dépannage ST-TFM-EL - Bilan 1998 (réf. ST/TFM/AB 99-60), 03.03.99.
- [4] L. Borcier, Maintenance ST-TFM-EL - Bilan 1998 (réf. ST/TFM/LB 99-77), 28.04.99.
- [5] P. Chevret, Court-circuit station SW - bât. 112 (réf. ST-IE 92-159), 12.05.92.
- [6] A. Burdairon, Projets de rénovation tableaux distribution 380 / 220 V (réf. ST/TFM/AB 96-135), 27.08.96.
- [7] P. Pepinster, Projet de remise à niveau d'équipements de chauffage et climatisation des bâtiments tertiaires du CERN (réf. ST/TFM/99.070-PP), 10.03.99.
- [8] P. Pepinster, Présence d'amiante dans les installations de chauffage, ventilation et rafraîchissement des bâtiments tertiaires du CERN (réf. ST/TFM/97.009/PP), 21.03.97.