

## CHAPITRE 3

## GESTION DES BUDGETS DE MAINTENANCE

Les coûts de maintenance peuvent se diviser en deux parties : les coûts directs liés directement au service et les coûts indirects liés à l'indisponibilité des équipements.

### 1 – Coûts directs de maintenance (norme X60-020)

#### 1.1 – Définition

Les coûts directs de maintenance, qu'elle soit corrective ou préventive, correspondent aux coûts directement imputables à la maintenance, à l'exclusion des coûts résultant de l'indisponibilité et des dégradations de fonction des équipements :

- salaires du personnel du service maintenance et charges sociales correspondantes ou dépenses de main d'œuvre  $C_{mo}$ ,
- coûts des fournitures de maintenance et consommables  $C_c$ ,
- coûts de la maintenance externalisée  $C_e$ ,
- charges financières correspondant par exemple à la valeur des équipements de maintenance (amortissements des investissements en outillage, maintien en état de ces outillages et consommables associés), mais aussi frais de fonctionnement ; on les appelle encore « frais fixes »  $C_f$ .

Par définition, le total des coûts directs s'exprime par :

$$C_m = C_{mo} + C_c + C_e + C_f$$

Les coûts directs peuvent s'analyser par nature et par destination au sens comptable des termes. Ils peuvent être imputés soit en exploitation, soit en investissement. Certains postes peuvent inclure des frais financiers, par exemple le coût de possession ou de stockage lié au stock maintenance.

| Par nature   | Par destination                                | Par type d'intervention                                  |
|--|--|--|
| Outillages et équipements de maintenance                                 | Préparation (études, méthodes, ordonnancement) | Maintenance préventive systématique et/ou conditionnelle |
| Produits et matières consommés (pièces de rechange, huile, graisse, ...) | Documents techniques                           | Maintenance corrective                                   |
| Personnel maintenance  | Interventions                                  | Maintenance améliorative                                 |
| Sous-traitance   | Suivi et gestion                               | Travaux neufs  |
|  | Magasinage et stockage                         |  |
|  | Formation                                      |  |

**Figure 3.1 – Coûts directs de maintenance**

Le tableau ci-dessus mérite quelques remarques.

- Les coûts de personnel maintenance sont bien sûr liés au nombre de personnes appartenant au service maintenance. On devrait y ajouter les coûts estimés du personnel de production effectuant des tâches d'automaintenance sur les équipements dont il est responsable. Ces coûts, appelés coûts de la fonction maintenance, sont bien sûr difficiles à estimer et sont imputés au service production et non pas au service maintenance.
- Les coûts de documentation technique correspondent à la création et à la mise à jour des dossiers machine, en particulier des historiques et des documents dus aux améliorations apportées aux équipements.
- Le stock maintenance est constitué par des articles appartenant à la nomenclature des biens à maintenir. Un stock de pièces détachées a un coût qu'on appelle coût de possession (coût

d'immobilisation, frais de magasinage, coût de dépréciation si l'on garde trop longtemps le stock). Ce stock pouvant varier, on entend par coût du stock maintenance la valeur moyenne du stock sur une période considérée. Nous reviendrons sur cette notion dans le chapitre consacré à la gestion de stock.

- Très souvent oubliée, la formation du personnel est indispensable pour :
  - maintenir et faire évoluer la qualification du personnel dans une spécialité donnée,
  - donner au personnel de nouvelles compétences,
  - développer des attitudes et des comportements nouveaux (sécurité, qualité, responsabilité, initiative, etc..).

Ces *coûts de formation* constituent une charge qu'il ne faudra pas oublier d'intégrer dans le coût du personnel de maintenance.

5. A ces coûts peuvent s'ajouter ceux des *autres missions* confiées au service maintenance (gestion des utilités, énergie, sécurité, environnement).

## 1.2 – Analyse des coûts directs

### 1. Coût de main d'œuvre $C_{mo}$

Si  $T_{mo}$  est le taux horaire de main d'œuvre, alors  $C_{mo} = TTR \times T_{mo}$ .

- le TTR est saisi sur le BT par l'intervenant ;
- le schéma de la figure 3.2 fait apparaître la manière de calculer le taux horaire de main d'œuvre. En fait, on tient compte de toutes les charges pendant une période donnée (par exemple 1 an) et on divise par le nombre total d'heures ouvrées pendant cette période.

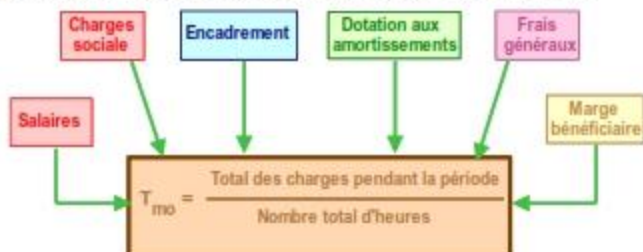


Figure 3.2 – Calcul du taux horaire de main d'œuvre

### 2. Coûts des consommables $C_c$

On distingue :

- le *coût des pièces de rechange* lors de l'intervention ; il est saisi sur le BT ; ce coût est régulièrement réactualisé à partir des factures d'achat et corrigé par la prise en compte des coûts de passation de commande, des frais de magasinage et de la dépréciation ; on obtient le PUMP (prix unitaire moyen pondéré) ;
- les *consommables et produits* utilisés lors des opérations de maintenance (visserie, graisse, chiffons, etc ..) ; le prix de ces fournitures est connu sur factures.

### 3. Coûts de la maintenance externalisée $C_e$

Ils comprennent :

- le *coût des contrats de maintenance* ; ce coût est généralement négocié à l'année ;
- le *coût des travaux sous-traités*, car la facture du prestataire comprend outre les pièces et la main d'œuvre, l'assistance technique (hot line téléphonique, etc..), le prêt de matériel spécifique (nacelle, monte-charge, etc..), etc..

### 4. Les frais fixes $C_f$

Ils comprennent :

- les frais généraux du service maintenance (salaires des cadres et employés de bureau autres que ceux du service maintenance mais en relation directe avec celui-ci, les loyers et assurances des locaux maintenance, les frais de chauffage et/ou climatisation, d'éclairage, de téléphone, de reprographie, etc...),
- les coûts de possession des outillages, machines et stock du service maintenance (amortissement, pertes par dépréciation).

Ces frais fixes sont estimés à l'année puis ramenés à l'heure d'activité.

## 2 – Coûts d'indisponibilité

Les coûts indirects intègrent toutes les conséquences économiques induites par un arrêt propre d'un équipement de production. On les appelle encore coûts de pertes de production ou coûts de non-maintenance. Ils prennent en compte plusieurs critères.

1. *Les coûts de perte de production* : c'est le manque à gagner de production ; il correspond à la mévente, donc à la baisse du chiffre d'affaires. Il est clair que si l'arrêt se produit en fin de ligne de production, les produits ne sont pas vendus par l'entreprise, mais sont vendus par la concurrence. C'est un des postes essentiels de ces coûts indirects ; il peut s'exprimer par :

$$C_p = T_i \times T_h$$

avec  $T_i$  = temps d'indisponibilité exprimé en heures et  $T_h$  = taux horaire exprimé en dinars/heure. Le taux horaire est lié à la criticité de l'équipement.

2. *Les coûts de non-production*, c'est à dire les dépenses fixes non couvertes et dépenses variables non incorporées : coûts d'amortissement (non réalisé) du matériel arrêté, coût du matériel excédentaire.

3. *Coût de la main d'œuvre inoccupée* pendant le temps  $T_i$ .

4. *Coût des arrêts induits* : lorsqu'on travaille en flux tendu sur une ligne, faute de stock tampon, l'arrêt d'un équipement perturbe rapidement tout le reste (saturation en amont, pénurie en aval).

5. *Coût de non-qualité* de production provoquée par la défaillance des équipements de production (coûts des rebuts et/ou retouches),

6. *Frais de redémarrage de la production*, le redémarrage induisant une perte de matière et une non-qualité (rebut).

7. *Les pénalités commerciales ou coûts induits pour délais non tenus* : elles sont généralement incluses dans le contrat de vente et se chiffrent en francs par jour de retard.

8. *Coûts induits en cas d'accidents corporels* : un accident du travail est toujours possible si on n'a pas mis en sécurité l'opérateur ou le technicien de maintenance intervenant sur panne.

9. *Les conséquences sur l'image de marque* : elles génèrent les pertes de clients mais ne sont pas chiffrables directement.

On pourrait ajouter également :

- le surcoût de production dans le cas où l'on trouverait une solution de rattrapage à l'indisponibilité (heures supplémentaires personnel, coût des moyens de remplacement mis en œuvre, stock supplémentaire en attente en cas de défaillance ou *encours de précaution* de fabrication),
- la démotivation du personnel (trop d'arrêts génèrent un manque de crédibilité envers les cadres).

Tous ces coûts sont difficilement chiffrables. Ils sont très variables selon l'entreprise (car liés au parc machine) mais ils n'en sont pas moins réels. L'évolution des technologies et celle des méthodes de production font que les coûts d'indisponibilité deviennent importants. C'est là que la maintenance prend toute son importance. Il y a 60 ans, époque de la production en grande série, 100 machines pouvaient fonctionner en parallèle dans un même atelier (exemple des filatures dans le Nord de la France) : la panne d'une seule machine n'avait donc aucune conséquence sur les coûts indirects.

Tout le problème est de savoir chiffrer ces coûts indirects : si l'on sait chiffrer facilement  $C_m$ , ce n'est pas le cas pour  $C$ . Alors imaginons que, grâce à la maintenance, il n'y ait pas d'arrêts dus à l'indisponibilité d'un équipement : combien le service maintenance a-t-il fait gagner à l'entreprise ? Le responsable maintenance comprend tout l'intérêt de son préventif, mais comment peut-il l'expliquer au patron ou au financier de l'entreprise ?



### 3 – Coût d'une défaillance

Ils intègrent les coûts de maintenance corrective et les coûts d'indisponibilité consécutifs à la défaillance des biens d'équipement. On a donc :

$$C_d = C_{mc} + C_i$$

où  $C_{mc}$  est le coût direct d'une intervention corrective. L'estimation de ce coût n'a d'intérêt que pour les équipements critiques, c'est à dire ceux dont les répercussions sur l'indisponibilité d'une ligne de production sont sensibles d'un point de vue économique.

L'intervention corrective peut être réalisée en interne ou externalisée. Les coûts sont souvent comme les temps : on les prévoit mais ils sont souvent différents de ce qu'on a prévu. On appelle :

- **coûts prévus**, l'estimation d'engagement de dépenses liées à une activité de maintenance ; les devis sont de la responsabilité du préparateur maintenance, ils n'ont pas d'intérêt comptable hormis le fait qu'ils doivent cerner au mieux la réalité ;
- **coûts réalisés**, les coûts obtenus après acquisition du contenu des BT (sur papier ou sur GMAO).

Notons que l'analyse des coûts permet a posteriori d'effectuer l'analyse des travaux réalisés et de leurs coûts, de cumuler ces derniers par équipement, de diagnostiquer les équipements critiques et donc de les améliorer (fiabilisation).

### 4 – Optimisation des coûts de maintenance

#### 4.1 - Coût global de maintenance

L'objectif principal de la maintenance étant d'améliorer la disponibilité des équipements, cela ne doit pas toutefois se faire à n'importe quel prix. En effet, on peut améliorer la disponibilité par un plus grand investissement en personnel et en matériel (maintenance préventive systématique), mais cela a pour conséquences directes :

- de diminuer les coûts d'indisponibilité  $C_i$ ,
- d'augmenter les coûts de maintenance  $C_m$ .

Les coûts de maintenance représentent ici la somme des coûts de maintenance corrective et de maintenance préventive :

$$C_m = C_{mc} + C_{mp}$$

Il s'agit donc d'examiner les coûts dans leur globalité. On appelle **coût global de maintenance**, la somme de trois coûts à évolution souvent contradictoire :

- coût des activités de maintenance  $C_m$ ,
- coût de possession des stocks de maintenance (dépenses engendrées par l'existence des stocks)  $C_s$ ,
- coûts d'indisponibilité  $C_i$ ,

soit :

$$C_g = C_m + C_s + C_i$$

Pour optimiser ce coût global, il suffit d'en chercher le minimum (figure 3.3).

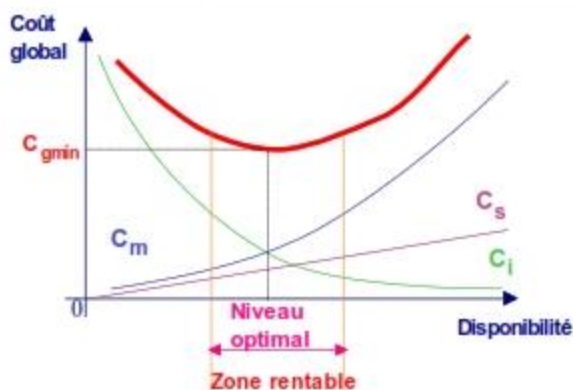


Figure 3.3 – Optimisation du coût global de maintenance

Cette figure montre qu'il faut trouver un compromis entre la maintenance corrective et la maintenance préventive. Les coûts directs de maintenance préventive ( $C_{mp}$ ) varient à l'inverse des coûts directs de maintenance corrective ( $C_{mc}$ ). Les coûts de possession de stock sont liés au taux de maintenance préventive mais aussi au taux de maintenance corrective (pièces stratégiques). Toute la stratégie va être de choisir la part de préventif par rapport à celle de correctif.

#### 4.2 – Optimisation des coûts de défaillance

Quelle que soit la politique de maintenance adoptée, et malgré la tendance à développer le préventif, il reste toujours une part de maintenance corrective entraînant des coûts d'indisponibilité avec des arrêts pour réparation. En effet, il est évident que, le « risque zéro » n'existant pas, il subsiste toujours une part de correctif résiduel à côté d'un préventif, qu'il soit systématique ou conditionnel.

Ces coûts peuvent être diminués par l'amélioration de la maintenabilité et l'augmentation des moyens logistiques qui, en contrepartie, vont augmenter les coûts de maintenance corrective  $C_{mc}$ . Le coût de défaillance est alors  $C_d = C_{mc} + C_i$ . C'est celui-ci qui doit faire l'objet d'un compromis. La valeur minimale de  $C_d$  permet de déterminer la zone du coût de défaillance optimum.

Le responsable maintenance devra donc orienter sa politique de maintenance en fonction de la criticité de ses équipements :

- une faible criticité est synonyme de  $C_i$  faibles, donc faire du préventif peut coûter cher,
- inversement, une forte criticité génère des  $C_i$  importants et il est alors intéressant d'appliquer une méthode de maintenance préventive.

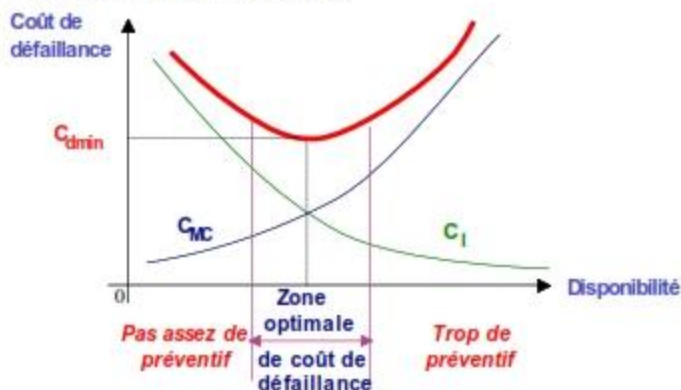


Figure 3.4 – Optimisation du coût de défaillance

## 5 – Coût d'une intervention préventive

### A – Coûts de maintenance systématique

Le risque zéro n'existant pas, le coût total de la maintenance d'un équipement sur une période donnée  $t$ , appelée *période de référence* (3 mois, 1 an, ..) sera :

$$\text{Coût total} = \text{Coût systématique} + \text{Coût correctif résiduel}$$

On peut exprimer ces deux coûts mathématiquement.

#### 1. Coût du systématique

$$C_{pqs} = \frac{t}{T} \cdot C_{mp} = N_{ps} \cdot C_{mp}$$

où  $C_{mp}$  est le coût direct de l'intervention préventive et  $T$  la période d'intervention systématique. Le rapport  $t/T$  représente donc le nombre d'interventions systématiques  $N_{ps}$  durant la période de référence  $t$ .

Tout le problème est de déterminer  $T$ . La période  $T$  doit être définie en fonction du risque de panne. On a  $T = \alpha \cdot \text{MTBF}$  (avec  $0 < \alpha < 1$ ). Si  $T$  est trop court, le coût des interventions systématiques est élevé, si  $T$  est long, c'est le coût de la maintenance corrective qui l'est. Pour déterminer le coefficient  $\alpha$ , on peut faire une simulation économique, ou alors utiliser la loi de Weibull.

Attention toutefois à ce qu'on fait : si un équipement est modélisé par des modules, on a :

$$\text{MTBF}(\text{module}) = \text{MTBF}(\text{composant le plus fragile})$$

Pour augmenter  $T$ , il faut que la MTBF de tous les composants soient identiques, donc homogénéiser les durées de vie (en fiabilisant les composants les plus fragiles) et éventuellement réduire la durées de vie d'autres composants pour faire des économies. Tous les  $T$  on remplace ainsi le module tout entier et non juste un composant qui « possède un  $T$  inférieur ».

#### 2. Coût du correctif résiduel

$$C_{mcr} = C_d \cdot \lambda \cdot t$$

où  $C_d$  est le coût de la défaillance résiduelle ( $C_d = C_{mc} + C_i$ ) et  $\lambda$  le taux de défaillances résiduelles exprimé en pannes/heure.

Pour ne pas introduire d'indisponibilité supplémentaire, le préparateur maintenance cherchera à programmer les interventions préventives systématiques en dehors du temps requis, soit en profitant des arrêts programmés, soit en utilisant les plages horaires « hors production » : c'est l'exemple actuellement des équipes dites VSD (vendredi, samedi, dimanche).

Dans ces conditions, les coûts de maintenance préventive systématique ne seront associés à aucun  $C_i$  et seront constitués de la même manière que les  $C_{mc}$  ( $C_{mp} = C_{m0} + C_c + C_e + C_f$ ).

### B – Coûts de maintenance conditionnelle

Faire de la maintenance conditionnelle signifie qu'on va encore mieux prévenir les risques que la maintenance systématique. Normalement, il ne doit pas subsister de correctif résiduel. Le coût de la maintenance conditionnelle s'exprime donc par :

$$C_{mcond} = N_{pc} \cdot C_{vis} + C_{ms}$$

$N_{pc}$  est le nombre de visite effectuée,  $C_{vis}$  est le coût de la visite et  $C_{ms}$  est le coût de remplacement de la pièce (identique à une intervention systématique).

La maintenance conditionnelle va toutefois engendrer un investissement important (appareils de mesures, chaînes d'acquisition de données, etc..) ce qui impliquera une formation spécifique du personnel de maintenance. Le coût d'une intervention de maintenance conditionnelle doit tenir compte de tout cela et il faudra donc majorer le  $C_{vis}$  défini ci-dessus. Les entreprises, qui n'ont pas les moyens de se payer le matériel nécessaire, externalisent ce type de maintenance.

## 6 – Quelques ratios économiques

Ils sont encore appelés indicateurs et servent à mesurer avec clarté une réalité, contrôler la réalisation d'objectifs fixés a priori, prendre des décisions adaptées en termes de politique de maintenance.

La liste des indicateurs que nous allons donner ci-dessous n'est pas exhaustive ; il appartient à chaque responsable maintenance de prendre connaissance de la norme X 60-020 et éventuellement d'adapter les indicateurs qui y sont décrits à ses propres besoins.

| Ratios  | Intérêt  | Observations  |
|---|--|---|
| $R1 = \frac{C_m}{\text{Valeur ajoutée produite}}$                                     | A priori, le plus judicieux pour les comparaisons interentreprises dans des secteurs identiques                            | Indicateur d'évolution de l'efficacité technique de la maintenance.             |
| $R2 = \frac{C_d}{C_m + C_d}$  |  | Indicateur d'évolution de l'efficacité technique de la maintenance.             |
| $R3 = \frac{C_{mp}}{C_{mc} + C_{mp}}$   | Importance relative des coûts de maintenance préventive  | Indicateur de comparaison taux de maintenance corrective/maintenance préventive |
| $R4 = \frac{\text{Coûts de sous - traitance}}{C_m}$                                   | A suivre avec le taux d'activité (par exemple : période de grande activité et sous-traitance)                              | Indicateur d'externalisation  |
| $R5 = \frac{C_m}{\text{Coût de remplacement}}$  |  | Les coûts sont évalués sur une même période (période de référence)              |
| $R6 = \frac{\text{Valeur du stock maintenance}}{\text{Valeur des biens à maintenir}}$ | Lié à l'évolution du taux de rotation du stock :<br>$\frac{\text{Coût des consommés}}{\text{Valeur du stock maintenance}}$ | Indicateur de taux de stockage  |

Figure 3.5 – Quelques indicateurs de coût de maintenance