

CHAPITRE 1

Management du service méthodes

1.1 La vie d'un service maintenance

La figure 1.1 montre les trois composantes liées aux métiers de la maintenance :

- *La technique*: elle est la vocation première et principale de la maintenance. Sans la compétence technique, il est impossible de réaliser ou de faire réaliser une intervention de maintenance.
- *La gestion*: sa nécessité est apparue au tournant des années 1980, au moment où la bonne gestion des activités est devenue importante. Il s'agit de gérer :
 - Les budgets et les dépenses ;
 - Les interventions et leur avancement ;
 - Les pièces de rechange et leur stockage ;
 - Le préventif : création, lancement, suivi de réalisation.
- *Le management*: le fort besoin de cet aspect apparaît clairement depuis quelques années. Le management d'un service maintenance est différent par nature des autres types de management : autonomie des intervenants, compétences nécessaires.

Les proportions de chaque composante changent selon la fonction, mais elles sont toujours présentes. Chaque niveau hiérarchique doit déployer à un moment l'une de ces trois compétences. Le responsable maintenance a une forte part de management et de gestion, mais conserve une part de technique. Inversement, un technicien verra sa plus grande part d'activité consacrée aux aspects techniques, mais devra consacrer un temps à la gestion et, ponctuellement, au management.

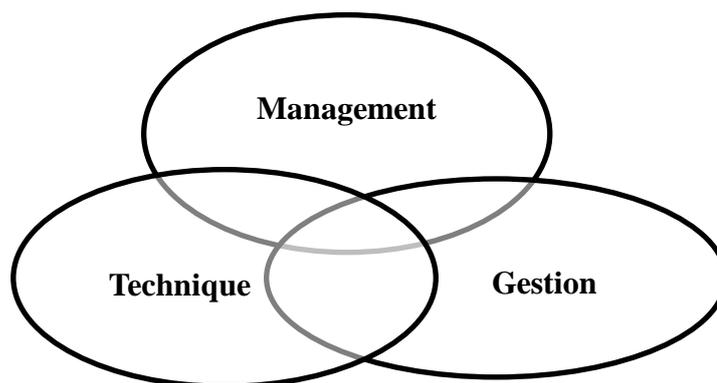


Figure 1.1 Triptyque technique-gestion-management

1.2 Responsabilités du méthodiste

Le méthodiste est un technicien polyvalent ainsi que efficace au bureau que sur le terrain. Enrichi par une formation au management économique et social, conscient de la réglementation en vigueur (sécurité en particulier) et il occupe une position stratégique, voir la figure 1.2, au sein du service maintenance.

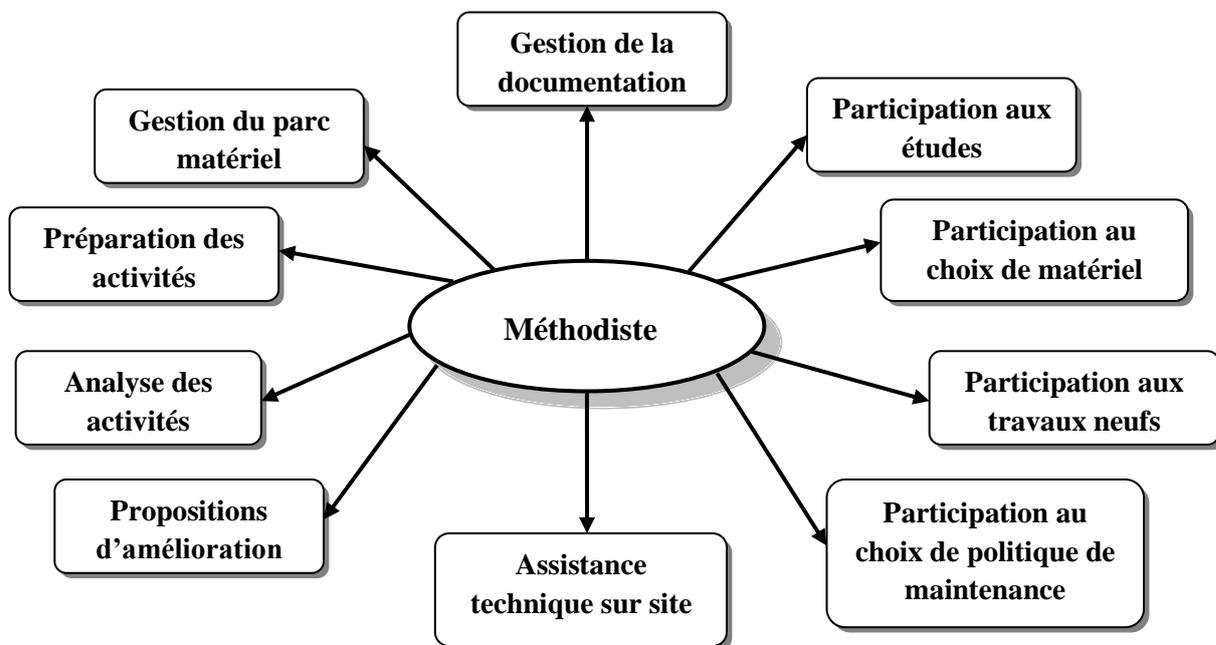


Figure 1.2 Profil du méthodiste

1.3 Analyse des temps de maintenance

Dans l'appellation temps de maintenance, il faut y voir :

- Le temps machine, c'est à dire l'alternance d'UT (Up time) et de DT (Down time) ;
- Le temps d'activité humaine, c'est à dire les temps d'intervention des techniciens de réalisation.

Le gros problème réside dans la mesure de ces temps, car une mesure de temps non maîtrisée conduit obligatoirement à des études de fiabilité biaisée, à un taux de maintenabilité optimiste ou une logistique de soutien déphasée.

1.3.1 Moyens de mesure

Pour les temps machine, c'est les compteurs (horaires, de cycle, d'unités d'usage) ou l'horloge. Ce type de mesure s'effectue toujours correctement et est rarement mis en doute.

Pour les temps d'activité humaine, c'est plus délicat, car la mesure repose sur l'autocontrôle des intervenants. Le chronomètre ou l'enregistrement vidéo (nécessaire pour un SMED) sont souvent mal vécus par techniciens de terrain et ne sont réservés qu'à des activités spécifiques (pour illustrer une gamme opératoire par exemple). D'autre part, la durée d'un dépannage est très variable selon la nature de la défaillance (de quelques secondes à plusieurs heures).

1.3.2 La mesure du temps : est-ce nécessaire ?

Il est important de connaître et de maîtriser le temps d'activité parce qu'il est la base de toute gestion rationnelle du service maintenance (voir figure 1.3) :

- sans estimation des temps alloués provoque une absence de planification des interventions préventives et pas de gestion prévisionnelle ;
- sans relevés des temps passés donnent une absence de coûts de maintenance, ce qui donne donc aussi une impossibilité de gestion du budget, une analyse absente des activités qui aboutissent finalement à une amélioration nulle.

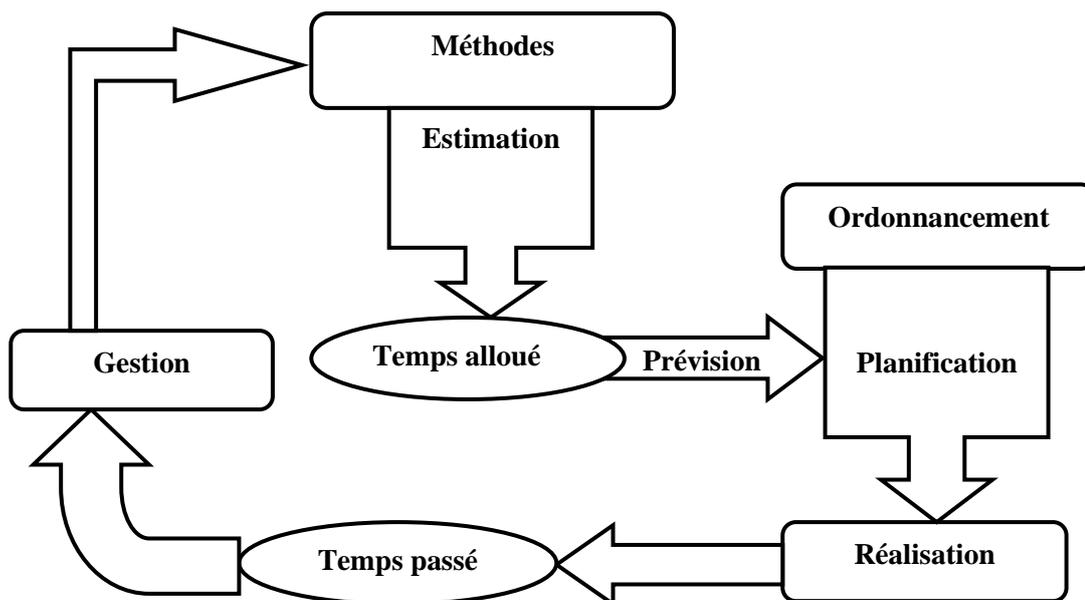


Figure 1.3 Cycle de détermination du temps alloué pour une activité

La figure 1.4 montre un exemple d'activité du service de maintenance du temps estimé au temps passé.

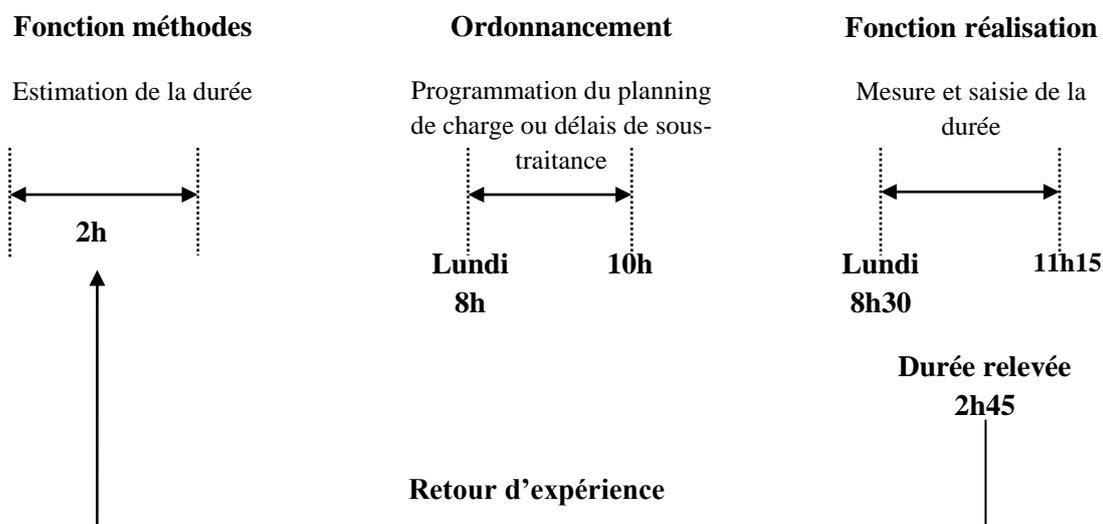


Figure 1.4 Du temps estimé au temps passé

1.3.3 Nécessité de la connaissance des temps

La connaissance des temps passés et l'évaluation des temps à venir sont des conditions nécessaires à la gestion de la maintenance, elles interviennent à tous les niveaux comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 1.1 Liste des niveaux d'intervention en fonction du temps

Préparation	<ul style="list-style-type: none"> - délais de sous-traitance - devis, établissement des programmes - budget prévisionnel - choix de la méthode de travail
Ordonnancement	<ul style="list-style-type: none"> - planning de charge, - répartition équitable du travail - lancement
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> - temps passé par BT. - délais à respecter
Exploitation au B.M	<ul style="list-style-type: none"> - chiffrage des coûts directs et indirects, - répertoire des temps - juger de la qualité de la prévision - rétributions éventuelles (primes), - gestion des activités du service au sens large

Unités usuelles :

Tableau 1.2 Unités usuelles du temps

Système sexagésimal	Système mixte	Système décimale
heure	heure	heure
minute	minute , -	1/10 heure
seconde	1/10 min	1/100 h = 1 ch = 36 s
1/10s	1/100 min	1/1000 h = 1 mh = 3.6s
1/100 s	1/100 min	1/10000h=1 dmh=0.36s 1cmh = 0.036 s

1.3.4 Les temps de maintenance

1.3.4.1 La MTBF (norme X60-500)

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF). Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

1.3.4.2 La MTTR (norme X60-500)

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR). Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. IL débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

1.3.4.3 La MTTA (norme X60-500)

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA). Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique pour distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.).

La figure 1.5 montre les différents temps qui caractérisent une intervention de maintenance.

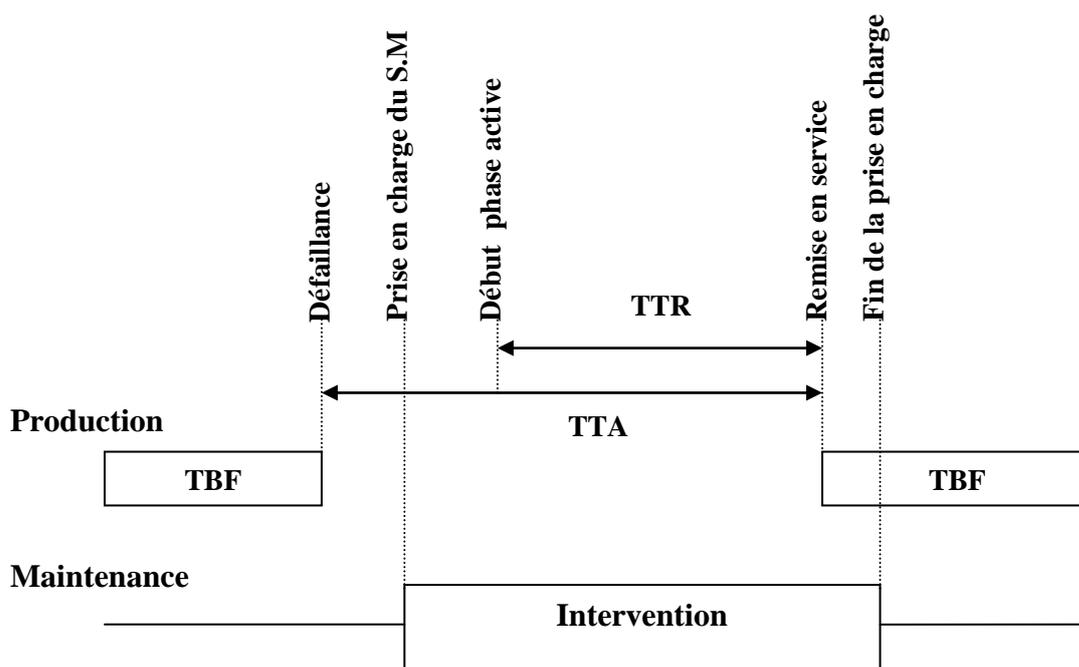


Figure 1.5 Les temps caractéristiques lors d'une intervention

1.3.5 Les temps d'intervention préventive

Dans une intervention préventive, toute la préparation est réalisée auparavant ; elle commence donc par l'émission de l'OT (ordres de travail). La figure 1.6 donne son découpage. On appelle temps technique d'intervention préventive (TTR), l'intervalle du temps (t_3-t_2).

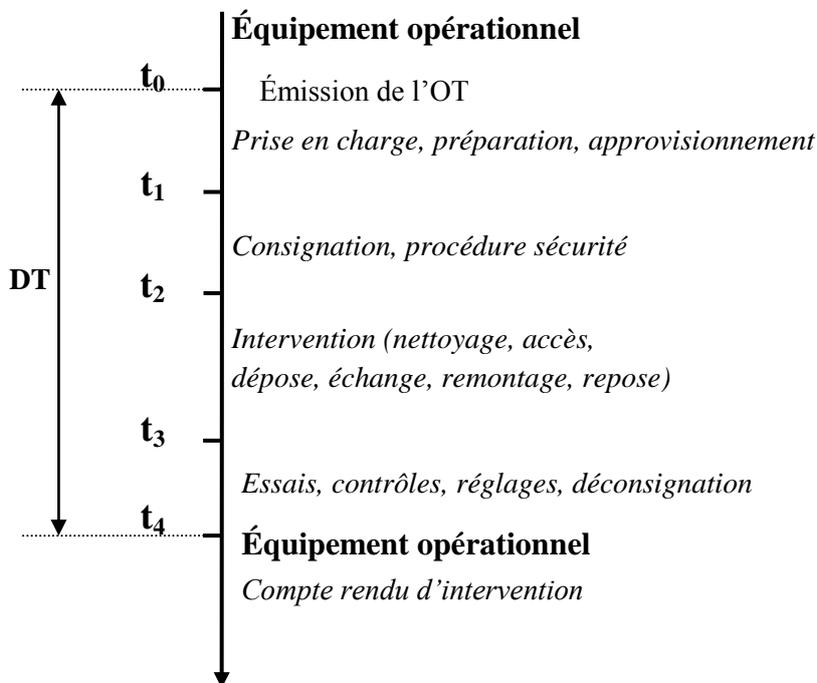


Figure 1.6 Découpage d'une intervention préventive

1.3.6 Les temps d'intervention corrective

La maintenance corrective vise à rétablir le bien considéré dans l'état d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement et/ou partiellement. La figure ci-dessous montre les différentes phases d'une intervention corrective.

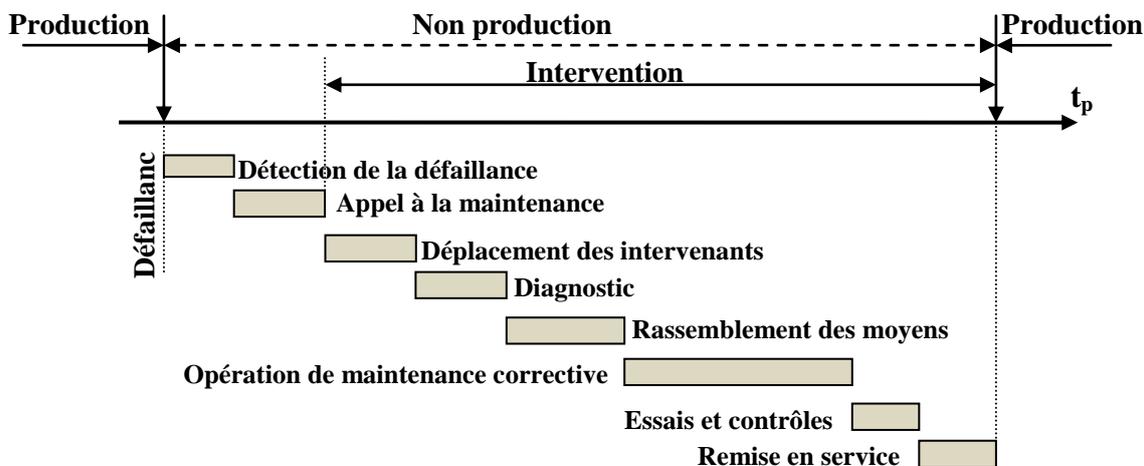


Figure 1.7 Les phases d'une opération de maintenance corrective

1.3.7 Estimation des temps d'intervention

Le MTTR et le TTR paramètrent la maintenabilité de l'équipement. Pour les obtenir, il faut avoir réalisé l'intervention selon un nombre de fois N suffisant. L'histogramme des TTR et la densité de probabilité $g(t)$ qui s'en déduit ont une allure dissymétrique (Voir Figure 1.8).

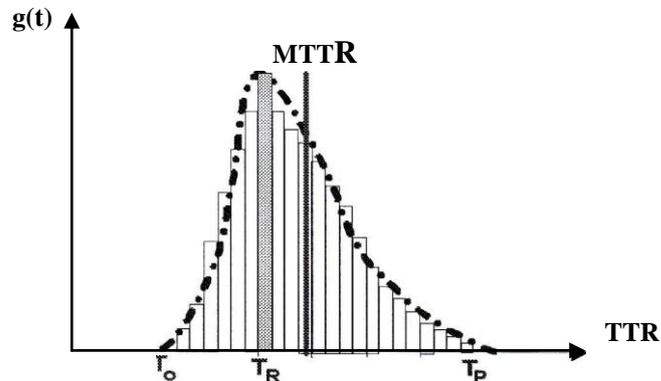


Figure 1.8 Répartition des TTR mesurés

A partir de graphe ci-dessus, on peut définir:

- T_O représente le temps record ou temps optimiste,
- T_P représente le temps le plus mauvais ou temps pessimiste,
- T_R représente le temps le plus fréquent ou temps réaliste.

La moyenne et l'écart type s'écrivent donc :

$$MTTR = \frac{T_O + 4T_R + T_P}{6} \text{ et } \sigma = \frac{T_P - T_O}{6}$$

Attention :

Pour appliquer ces formules, il faut un retour d'expérience de taille suffisante ($N > 50$).

1.4 Analyse des coûts 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.

1.4.1 Coûts directs de maintenance (Norme X50-020)

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} ,
- Coût des fournitures de maintenance et consommables C_c ,
- Coût 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 :

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

Certains postes peuvent inclure des frais financiers, par exemple le coût de possession ou de stockage lié au stock maintenance.

Tableau 1.3 Coûts directs de 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	

1.4.1.1 Analyse des coûts directs

a) 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 calcul de T_{mo} tient en compte de toutes les charges pendant une période donnée (par exemple 1 an) et on les divise par le nombre total d'heures ouvrées pendant cette période. Sachant que les charges pouvant regrouper les entités notamment ; charge sociale, salaires, encadrement, frais généraux, marge bénéficiaire, dotation aux amortissements, etc....

L'expression du taux de main d'œuvre est :

$$T_{mo} = \frac{\text{total des charges pendant la période}}{\text{nombre total d'heures}}$$

b) 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.

c) 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.

d) 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 maintenances, 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.

1.4.2 Coûts indirects de maintenance

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.

- Les coûts de perte de production: c'est le manque à gagner de production. 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. Il peut s'exprimer par :

$$C_p = T_i \times T_h$$

Avec T_i est le temps d'indisponibilité exprimé en heures et T_h est le taux horaire exprimé en euros/heure. Le taux horaire est lié à la criticité de l'équipement.

- 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.
- Les coûts de la main d'œuvre inoccupée pendant le temps T_i .
- Le 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).
- Coût de non-qualité de production provoquée par la défaillance des équipements de production (coûts des rebuts et/ou retouches),
- Frais de redémarrage de la production, le redémarrage induisant une perte de matière et une non-qualité (rebuts).
- Les pénalités commerciales ou coûts induits pour délais non tenus.
- Coûts induits en cas d'accidents corporels.
- Les conséquences sur l'image de marque : elles génèrent les pertes de clients mais ne sont pas chiffrables directement.

1.4.3 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. L'intervention corrective peut être réalisée de manière internalisée ou externalisée.

1.4.4 Optimisation des coûts de maintenance

1.4.4.1 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:

$$C_g = C_m + C_s + C_i$$

La figure 1.9 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.

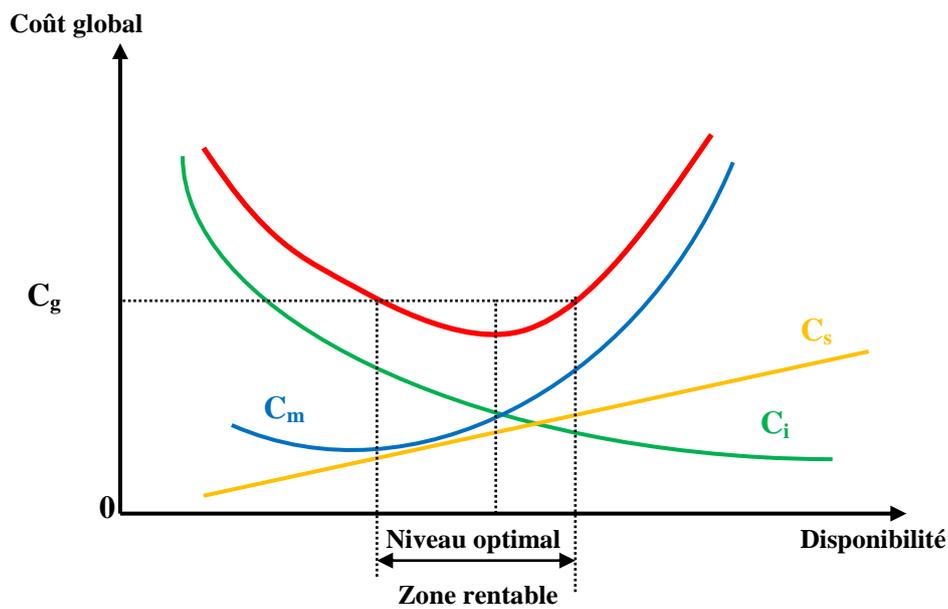


Figure 1.9 Optimisation du coût global de maintenance

1.4.4.2 Optimisation des coûts de défaillance

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 :

- D'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.

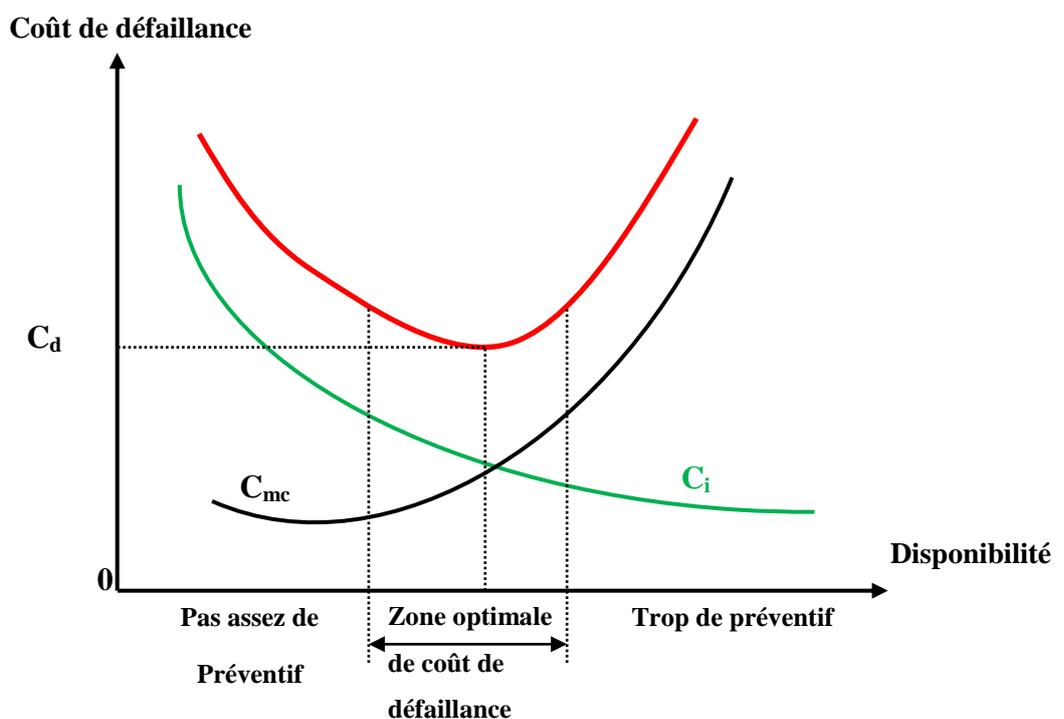


Figure 1.10 Optimisation du coût de défaillance

1.5 Préparation des interventions

1.5.1 Intervention corrective

1.5.1.1 Spécificités d'une intervention corrective

Le « méthodiste » doit toujours avoir à l'esprit qu'une intervention corrective est toujours spécifique et qu'il devra l'intégrer dans le contexte de sa préparation :

- Elle peut durer de quelques minutes à plusieurs heures,
- Elle peut demander un seul intervenant si elle est simple, mais toute une équipe d'intervenants si elle est importante,
- Elle peut être urgente, dangereuse ou délicate techniquement, ou tout cela à la fois,
- Elle ne peut être réalisée que par des techniciens connaissant bien l'équipement (pas d'improvisation),
- Elle peut être répétitive ou nouvelle,
- Elle peut être inattendue donc non préparée.

1.5.1.2 Contenu d'une préparation

a) Évaluation du risque

L'évaluation des risques s'effectue principalement en termes de zone, ambiance, énergie, informations, intervention :

1. Identification de la zone concernée, de ses modalités d'accès
2. Caractérisation de l'ambiance (atmosphère, luminosité, température, rayonnement, etc.) ;
3. Identification des énergies présentes sur la zone (électrique pneumatique hydraulique mécanique, chimique, etc..) et des risques liés ;
4. Définitions des informations entrant et sortant de la zone (réseau de terrain, réseau informatique, etc..) de manière que la maintenance n'entre pas en interaction avec ;
5. Identification des risques liés :
 - Aux positions de travail pour chaque phase de l'intervention (en hauteur, zone exigüe, etc..),
 - À la mise en œuvre de l'intervention (voisinage de tension, dégagement gazeux ou atmosphère corrosive, points chauds, manutention, etc..),
 - Aux intervenants (stress, changement d'équipe).

b) Gamme opératoire

En règle générale, et sauf pour des interventions bénignes, une gamme opératoire est divisée en phases puis en opérations. Il faut rappeler qu'une phase est un ensemble d'opérations de contenu contrôlable, bornées dans le temps, et qu'il est logique de regrouper afin de les confier à une même équipe d'intervention. Les avantages de ce découpage sont certains :

- Estimation rapide du temps et des moyens logistiques nécessaires,
- Suivi aisé du travail et contrôle de l'enclenchement des phases,
- Composition plus facile de l'équipe d'intervention en fonction des compétences demandées,
- Documentation spécifique limitée et précise,
- Possibilité d'externaliser,
- Possibilité de standardiser des phases qui se retrouvent dans plusieurs types d'intervention (c'est la notion de gamme-type analogue aux sous-programmes ou procédures en informatique).

c) Identification des besoins

Toute préparation digne de ce nom doit recenser les besoins nécessaires à l'intervention. Ces besoins seront d'ailleurs consignés sur le BT ; Ils se déclinent en besoins humains et matériels. Pour les besoins matériels, le BT pourra être accompagné par l'émission d'un bon de sortie magasin (BSM) portant les références, codes, nombre et imputation comptable. Le magasinier aura donc le temps de préparer la « commande » avant le lancement proprement dit de l'opération. On est ainsi gagnant en terme de TTR.

1. Besoins humains : composition d'une équipe ayant toutes les qualifications et habilitations requises par l'intervention ; faute de ces compétences, l'intervention devra être externalisée.
2. Besoins matériels:
 - Documentation (DTE, historiques, dernière intervention réalisée, etc..),
 - Liste des outillages spécifiques (appareils de contrôle, outillage non standard, etc..),
 - Liste des moyens spécifiques (échafaudage, levage, manutention, etc..),
 - Liste des fournitures et pièces de rechange (quincaillerie, modules électroniques, roulements, distributeurs, moteurs, etc..),
 - Liste des matières et produits (graisse, solvant, dégrippant, pâte à joint, ruban de téflon, etc..).

d) Edition des documents opérationnels

Le préparateur termine son travail par la rédaction et l'émission des documents opérationnels demandés par l'intervention. Ces documents sont destinés à la fonction ordonnancement et directement à l'équipe d'intervention si le travail est urgent. Le support des documents est souvent « papier », mais c'est maintenant une GMAO qui les édite. Ces documents sont les suivants :

- DI numérotée correspondant à l'ouverture d'un compte d'imputation,
- OT portant le même numéro destiné à l'ordonnancement,
- BT qui résume la préparation du travail et qui peut servir de document témoin du travail effectué (signature du chef d'équipe d'intervention).

1.5.1.3 Conclusion

Une bonne préparation est une préparation qui s'effectue dans un minimum de temps avec offre d'un document synthétique dont le rôle est :

- D'assurer la sécurité des intervenants,
- De les guider sans ambiguïté pendant l'intervention,
- D'anticiper leurs difficultés, en ne laissant aucune part à l'improvisation,
- D'éviter les temps improductifs (attente, déplacements et démontages inutiles).

Pour arriver résultats, il faut avoir une relation de confiance entre préparateur et intervenants.

1.5.2 Préparation des interventions préventives

1.5.2.1 Maintenance préventive systématique

Le tableau 1.4 donne l'ensemble des interventions que l'on peut qualifier de systématiques, leur périodicité ainsi que le niveau de maintenance qui leur est associé.

Tableau 1.4 Nature des interventions systématiques

Nature de l'intervention	Niveau	Périodicité
Consignes permanentes de poste et auto maintenance	1	1 jour
Rondes de surveillance	1	à 1 semaine ↓ 1 an et plus
Lubrification	1 à 2	
Visite préventive sur un équipement	2	
Remplacement préventif d'un composant ou module	2 à 3	
Contrôle périodique obligatoire	2 à 3	
Révision périodique partielle ou totale d'un équipement	3 à 4	
Arrêt périodique d'unité de production	4	

1.5.2.2 Maintenance préventive conditionnelle

La méthodologie de mise en œuvre réside en neuf points :

1. Sélection de la défaillance à anticiper ;
2. Sélection d'un ou plusieurs paramètres significatifs de la défaillance sélectionnée ;
3. Choix des capteurs ;
4. Choix du mode de collecte des informations (manuellement au automatiquement) ; attention au snobisme de la télésurveillance, car rien ne remplace l'homme (« l'homme est un capteur » disent souvent les japonais !..) ;
5. Détermination des seuils d'alarme et d'admissibilité ;
6. Choix du mode de traitement de l'information, et donc de la génération des alarmes ;
7. Définition des procédures après alarmes ;
8. Organisation de l'intervention préventive ;
9. Retour d'expérience, validation du processus de surveillance, optimisation des seuils.

1.6 Exercices d'application

1.6.1 Exercice 1 : Analyse des coûts de maintenance

L'objectif de cet exercice est de faire le choix entre la maintenance préventive systématique et la maintenance corrective, afin de déterminer quel type de maintenance est considéré le plus économique pour l'entreprise à étudier.

Dans une entreprise de métallurgie lourde, les fours fonctionnent 24h sur 24h. Pour des raisons d'économie, le processus de fabrication est totalement interrompu durant la période hivernale, de début décembre à la fin de février. Durant cette période la maintenance préventive est effectuée.

En cas de panne durant la période de production, le four doit être arrêté, pour des raisons de sécurité, 6 h avant l'intervention.

Après un arrêt, une montée en chauffe de 6 h est nécessaire avant de reprendre une production normale.

La chaîne d'alimentation du four est supportée par 60 galets comportant chacun 2 roulements à billes spéciales résistants aux hautes températures. Le coût d'un roulement est de 80 €. Si un galet est défectueux, la chaîne se bloque et le four n'est plus alimenté. Le temps d'intervention pour réparer un galet (changer 2 roulements) est d'une heure.

La durée de vie moyenne d'un roulement est de 20000 h. Actuellement l'historique montre que nous avons 2,5 pannes en moyenne par an à cause de ces galets.

Le coût de l'heure d'arrêt de production est estimé par le service financier à 500 € et de l'heure de maintenance est estimé à 75 €.

- 1) Calculer le coût d'une intervention de maintenance corrective
- 2) Calculer le coût annuel de la maintenance corrective pour ces galets
- 3) Si on passe en maintenance préventive systématique, étant donné que le système fonctionne 9 mois par an. Déterminer la fréquence de remplacement des roulements en maintenance préventive systématique
- 4) Calculer le coût d'une intervention de maintenance préventive systématique
- 5) Calculer le coût de l'intervention de maintenance préventive systématique
- 6) En déduire le type de maintenance qu'on doit choisir et pourquoi?

Corrigé de l'exercice 1 :

1) Le coût d'une intervention est :
Coût d'arrêt de production + Coût de maintenance

Avec

Coût d'arrêt de production = Coût de l'heure d'arrêt de production × nombre d'heures d'arrêt de production

Coût de maintenance = (Coût de l'heure de maintenance × nombre d'heure de maintenance) + Coût des pièces remplacées.

Le coût d'une intervention : $(6 + 6 + 1) \times 500 + ((80 \times 2) + 75) = 6735 \text{ €}$

2) Le coût annuel de la maintenance corrective pour ces galets est donc de :

Coût d'une intervention \times nombre moyen de défaillances annuelles = $6735 \times 2,5 = 16837,5 \text{ €}$

3) Temps d'ouverture annuel = nombre de jours dans une année \times nombre d'heures dans un jour \times système fonctionne 9 mois par an

D'où Temps d'ouverture annuel = $365 \times 24 \times 9/12 = 6570 \text{ h}$

La fréquence de remplacement des roulements en maintenance préventive systématique est :

$$\frac{\text{Durée de vie moyenne des roulements}}{\text{Temps d'ouverture entre 2 campagne de M. P. S}} = \frac{20000}{6570} = 3 \text{ ans}$$

4) Le coût d'une intervention de M.P.S est :

Nombre de galets \times (prix de 2 roulements + coût de l'intervention) = $60 \times ((80 \times 2) + 75) = 14100 \text{ €}$

5) Le coût annuel de l'intervention de M.P.S est de :

$$\frac{\text{Coût d'une intervention de M.P.S}}{\text{Périodicité des interventions de M.P.S}} = \frac{14100}{3} = 4700 \text{ €}$$

6) Dans notre système, nous allons choisir des interventions de maintenance préventive systématique car ce type de maintenance est le moins onéreux.

1.6.2 Exercice 2 : optimisation du service maintenance

L'objet de cette partie est d'essayer d'optimiser le fonctionnement du service Maintenance dont vous êtes le responsable. Le temps d'ouverture des deux lignes de production de l'entreprise étant de 16 heures (2 postes de 8 heures), vous avez organisé votre fonction réalisation en deux équipes de deux techniciens (une par poste), chaque équipe étant responsable des deux lignes. En effet, l'expérience montrée, sur ce type de ligne de production, deux personnes travaillant systématiquement ensemble sur une intervention ont d'une part, une efficacité double par rapport à celle d'un seul intervenant, et d'autre part répondent à la politique sécurité mise en place dans l'entreprise. Il y a toutefois un inconvénient : si une défaillance apparaît sur une ligne alors que l'équipe d'intervention est occupée sur l'autre, il faut attendre qu'elle se libère ce qui génère donc des coûts de non-production.

Les deux lignes fonctionnent 5 jours par semaine sur 48 semaines.

Travail à faire:**A/ Partie 1: Détermination du coût de main d'œuvre maintenance**

Le service maintenance a la composition suivante :

- Le chef de service,
- Un préparateur maintenance capable de prendre en main l'équipe en cas d'absence du chef de service,
- Un magasinier, gestionnaire des approvisionnements et du magasin,
- Deux contremaîtres d'atelier (un par poste), dirigeant l'équipe d'intervention on et chargés plus particulièrement des grosses réparations,
- Une fonction réalisation comportant huit agents techniques chargés des interventions sur site.

Le montant des salaires et charges est donné par le tableau suivant. Le coefficient d'activité des techniciens est de 92%.

Tableau 1.5 Tableau de calcul

	Nbr	Salaires annuels	Charges annuelles	Nbr d'heures/an
Chef du service	1	33234,06	28348,95	1680
Préparateur	1	21872,32	18591,47	1680
Magasinier	1	14654,15	12456,03	1680
Contremaître	2	16457,23	13988,65	1680
Agent technique	8	14654,15	12456,03	1680

Q-A1) Calculer le coût total des charges salariales. On exprimera en particulier les charges directes et indirectes.

Q-A2) En déduire le taux horaire d'une intervention maintenance (taux horaire de main d'œuvre).

B/ Partie 2: Déterminer des coûts d'indisponibilités

La direction technique de l'entreprise a transmis les paramètres suivants correspondants à chacune des lignes de fabrication.

Tableau 1.6 Principaux paramètres d'une ligne de fabrication

Production horaire théorique	3200 biscuits
Nombre d'opérateurs par équipe	6 €
Coût horaire moyen de l'entreprise	60 €
Prix du produit en amont	0,03 €
Valeur ajoutée sur cette ligne	0,08 €
Amortissement annuel de la ligne	52842,30 €

Lors d'un arrêt non programmé:

- Il n'y a aucune perte de produit (les produits en cours sont terminés),
- 2 personnes de la production sont employées au nettoyage de 2 équipements de la ligne ; 1
- Reste du personnel n'est pas remplacé ;
- La production manquante est rattrapée par la suite avec une majoration du salaire de 25%.

Q-B1) Calculer les charges fixes CF et le surcoût de fabrication SF pour une heure d'arrêt.

Q-B2) Déterminer l'amortissement AMH de la ligne ramené sur une heure de fonctionnement

Q-B3) En déduire le coût horaire d'indisponibilité pour chaque ligne de production.

C/ Partie 3: Optimisation des activités maintenance

On cherche à expliquer les écarts entre les temps d'arrêt des lignes et les temps d'intervention maintenance. Pour cela, on décide de travailler sur l'historique de la journée du 10/01/2003. Le tableau ci-dessous indique l'heure d'arrivée de la demande d'intervention (DI) au service maintenance, ainsi que les heures de début et de remise en service pour l'intervention correspondante.

Tableau 1.7 Charge horaire associée aux interventions

Heure d'arrivée de la DI	Heure de début d'intervention	Heure de remise en service
06h00 (ligne 1)	06h00	06h30
07h00 (ligne 2)	08h00	09h00
08h30 (ligne 1)	09h00	09h15
10h45 (ligne 2)	10h45	11h15
12h30 (ligne 1)	12h30	14h00
13h00 (ligne 2)	14h00	14h15
16h00 (ligne 2)	16h00	16h45
16h30 (ligne 1)	16h45	17h15
16h50 (ligne 2)	17h15	18h00
17h20 (ligne 1)	18h00	18h20

Q-C1) Sachant que la première équipe embauche à 04h00 le matin et la seconde à 12h00, tracer sur papier millimétré, en format paysage, le diagramme des temps mettant en évidence l'activité (UT) et l'arrêt (DT) des deux lignes ainsi que l'activité du service maintenance (utiliser si possible des couleurs différentes). On utilisera la schématisation de la figure 1.11.

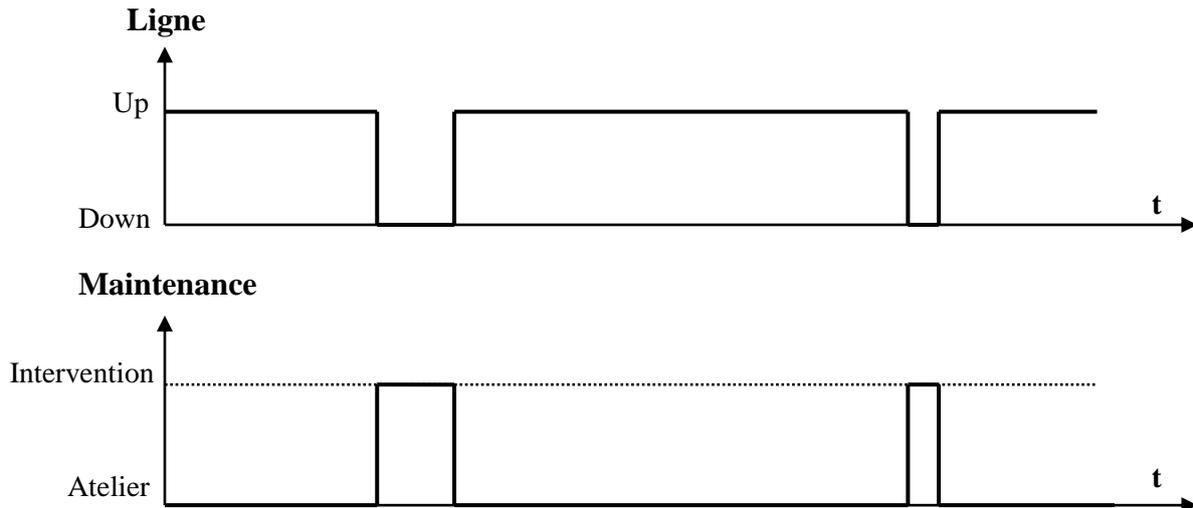


Figure 1.11 Diagramme des temps de deux lignes de fabrication et leurs activités de maintenance associées

Q-C2) Mettre en évidence dans un tableau et pour chacune des deux lignes, les temps d'arrêt, les temps d'intervention et d'attente de l'équipe maintenance.

Tableau 1.8 Tableau de calcul

Heure DI	Remise en service	Durée arrêt	Durée d'intervention	Attente maintenance

Q-C3) Déterminer le coût de revient CM de la journée du 10/01 pour le service maintenance, sachant que le service maintenance a fourni 381,10 € de pièces de rechange sur ses interventions correctives (150,00 € pour la ligne 1 et 231,10 € pour la seconde).

Q-C4) Déterminer le coût d'indisponibilité CI de chaque ligne pour cette journée.

Q-C5) Déterminer le coût d'attente maintenance CAM pour cette journée.

Q-C6) La charge correspondante à des interventions de maintenance préventive est estimée à 4 heures en moyenne par poste de travail et pour une équipe de 2 techniciens. Déterminer la charge totale de chaque équipe pour cette journée. Y a-t-il heures supplémentaires ?

Q-C7) L'efficacité du service maintenance vous semble est-t-elle optimale ? Faut-il embaucher une troisième équipe d'agents techniques dont l'horaire pourrait être à cheval sur les deux postes (8h00 - 16h00 par exemple) ? Justifiez votre réponse. On pourra calculer ce que coûte en charges salariales une équipe de deux agents techniques et les ramener à une journée, On comparera ensuite ce coût supplémentaire à CAM.

Corrigé de l'exercice 2 :**Corrigé de la partie 1 :**

Le montant des salaires et celui des charges sont donnés par les tableaux 1.9 et 1.10. Le coefficient d'activité des techniciens est de 92%.

R-A1) Les charges du service se répartissent en charges directes (le coût des agents techniques) et les charges indirectes (les autres) :

- charges directes = 216 881,44 €
- charges Indirectes= 190 048,74 €

D'où le total des charges salariales $\sum \text{charges} = 406\,930,18 \text{ €}$

R-A2) Le total des charges s'établit à 406 930,18 €. On en déduit que le taux horaire de main d'œuvre est :

$$\text{TH} = \frac{\sum \text{Charges}}{1680 \times 8 \times 0,92} = 32,91\text{€}$$

Corrigé de la partie 2:

R-B1) La direction technique de l'entreprise GATOCEBON a transmis les paramètres suivants correspondants à chacune des lignes de fabrication 1 et 2.

Lors d'un arrêt non programmé :

- il n'y a aucune perte de produit (les produits en cours sont terminés),
- 2 personnes de la production sont employées au nettoyage du farineur et des pulvérisateurs ; le reste du personnel n'est pas remplacé ;
- la production manquante est rattrapée par la suite avec une majoration du salaire de 25%.
- Charges fixes :
 - Nombre de personnes : 6
 - Affectation lors d'un arrêt : 2 donc 4 personnes arrêtées
 - Salaire horaire : 60 €

D'où total charges fixes: $4 \times 60 = 240 \text{ €}$

- Surcoût de fabrication pour une heure d'arrêt
 - Cadence horaire : 3200 pièces
 - Volume à produire: 3200 pièces
 - Nombre d'heures à rattraper: 1h
 - Salaire horaire majoré: $60 \times 1,25 = 75 \text{ €}$

D'où total surcoût : $6 \times 75 = 450 \text{ €}$

R-B2)

- Horaire annuel d'ouverture : $48 \times 5 \times 16 = 3840 \text{ h}$
- Amortissement horaire: $\text{AMF} = \frac{52842,30}{3840} = 13,75 \text{ €}$

R-B3) On obtient $\text{CI} = 240 + 450 + 13,75 = 703,76 \text{ €}$

Corrigé de la partie 3:

R-C1) Voir la page suivante

Sachant que la première équipe embauche à 04h00 le matin et la seconde à 12h00, tracer sur papier millimétré, en format paysage, le diagramme des temps mettant en évidence l'activité et l'arrêt des deux chaînes ainsi que l'activité du service maintenance (utiliser si possible des couleurs différentes).

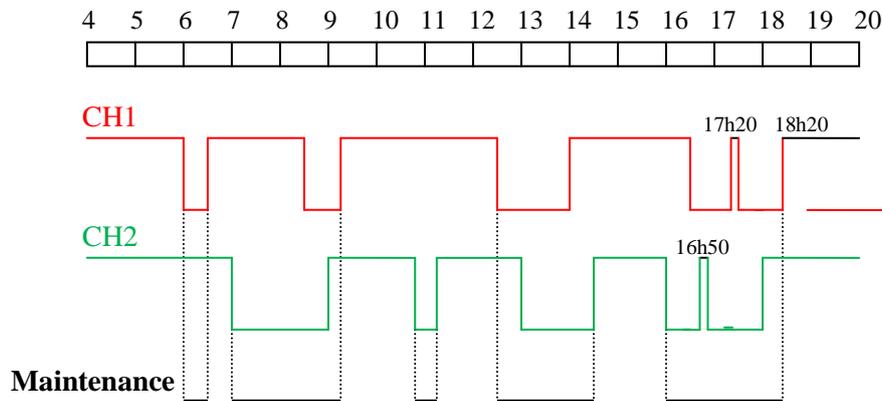


Figure 1.12 Diagramme des temps de deux lignes de fabrication et leurs activités de maintenance associées

R-C2) Ligne 1

Tableau 1.9 Tableau de calcul correspond à la ligne 1

DI	Remise en service	Durée arrêt	Durée d'intervention	Attente maintenance
06h00	06h30	0,5	0,5	0
08h30	09h15	0,75	0,25	0,5
12h30	14h00	1,5	1,5	0
16h30	17h15	0,75	0,5	0,25
17h20	18h20	1	0,33	0,67

Ligne 2

Tableau 1.10 Tableau de calcul correspond à la ligne 2

DI	Remise en service	Durée arrêt	Durée d'intervention	Attente maintenance
07h00	06h30	2	2	0
10h45	11h15	0,5	0,5	0
13h00	14h15	1,25	0,25	1
16h00	16h45	0,75	0,75	0
16h50	18h00	1,17	0,75	0,42

R-C3) L'équipe maintenance est intervenue sur la ligne 1 pendant un temps de 3,0811 et un temps de 4,25 h sur la ligne 2. Les coûts directs de ces interventions est donc

$$CM = 32,91 \times 2 \times (3,08 + 4,25) + 381,10 = 863,66 \text{ €}$$

R-C4) La ligne 1 s'est arrêtée pendant 4,5h, alors que la ligne 2 s'est arrêtée 5,67h. Les coûts indirects sont donc

$$CI = (4,5 + 5,67) \times 703,76 = 7157,24 \text{ €}$$

R-C5) les lignes attendent la maintenance pendant 2,84h, soit une perte d'indisponibilité

$$\text{CAM} = 2,84 \times 703,76 = 1998,68 \text{ €}$$

R-C6)

- Équipe du matin: $3,08 + 4 = 7,08 \text{ h}$
- Équipe du soir: $4,25 + 4 = 8,25 \text{ h}$

Il peut y avoir des heures supplémentaires, mais les charges s'équilibrent sur la journée.

R-C7) Si on embauche une troisième équipe, cela reviendra pour une journée à 225,92 €. On peut donc embaucher à condition bien sûr que l'équipe soit occupée pendant le reste du temps. Or, les charges préventives sont estimées à 4 heures par poste en moyenne. Il est clair qu'il faudra trouver un complément de travail à cette nouvelle équipe.