

# Travaux Dirigés N°1 - Méthodes de Maintenance

## Chapitre 1 : Fondements de la Fonction Méthodes

**Public :** Master Professionnel Productivité et Performances Industrielles

**Objectifs pédagogiques :**

- Maîtriser les concepts clés de la fonction méthodes et de l'analyse des temps et des coûts.
- Savoir calculer et interpréter des indicateurs de performance maintenance.
- Être capable d'évaluer la rentabilité et de structurer la préparation d'une intervention.

## TD N°1\_1 : Responsabilités et analyse des temps

### Exercice 1 : Le Rôle du Méthodiste et du Préparateur

**Contexte :** Vous êtes recruté comme Ingénieur Méthodes dans un site de production automobile. Votre responsable vous demande de formaliser les responsabilités de votre poste et de celui des préparateurs maintenance qui travailleront sous votre responsabilité.

**Questions :**

1. Listez 5 responsabilités principales de l'Ingénieur Méthodiste.
2. Listez 5 tâches opérationnelles du Préparateur Maintenance.
3. Expliquez-en quoi la fonction "Méthodes" est une position stratégique pour l'usine.

**Correction :**

1. **Responsabilités de l'Ingénieur Méthodiste :**
  - **Analyse et amélioration des processus :** Analyser les retours d'expérience (REX) des interventions pour identifier les points d'amélioration (outils, méthodes, gammes).
  - **Standardisation :** Élaborer et mettre à jour les gammes opératoires et les procédures de maintenance.
  - **Gestion des temps :** Définir et suivre les temps standard d'intervention (TTR) pour le planning et la tarification.
  - **Optimisation des coûts :** Analyser les coûts de maintenance (main d'œuvre, pièces, sous-traitance) et proposer des actions de réduction.
  - **Support technique et formation :** Former les techniciens aux nouvelles méthodes et assurer un support technique de haut niveau.
  - **Gestion de la documentation technique :** S'assurer de la disponibilité et de l'exactitude des plans, notices et dossiers techniques.
2. **Tâches du Préparateur Maintenance :**
  - **Préparation des interventions :** Réserver les pièces de rechange dans le magasin, préparer les outils et équipements spéciaux.
  - **Rédaction des documents :** Éditer les bons de travail, les fiches d'intervention et les comptes-rendus.
  - **Liaison avec les services :** Assurer la communication entre la production, le magasin et les équipes maintenance.

- **Mise en place de la sécurité** : S'assurer que les consignes de sécurité (permits de travail, cadenassage) sont préparées et respectées.
- **Suivi administratif** : Saisir les temps d'intervention et les consommations dans le GMAO.

### 3. **Position stratégique de la fonction Méthodes** :

La fonction Méthodes est stratégique car elle se situe au carrefour de la **Performance** (réduction des temps d'arrêt - TTR), de la **Productivité** (optimisation des ressources et des gammes) et des **Coûts** (maîtrise du budget maintenance). En améliorant l'efficacité des interventions, elle impacte directement la disponibilité des équipements, la qualité des produits et la rentabilité globale de l'usine. C'est un levier essentiel pour la compétitivité.

### **Exercice 2 : Analyse des Temps d'Intervention (TTR)**

**Contexte** : Suite à une panne récurrente sur une presse hydraulique, vous décidez d'analyser les temps de réparation des 10 dernières interventions correctives. Les temps mesurés (TTR en heures) sont : 2.5, 3.0, 1.5, 4.0, 2.0, 5.5, 2.0, 3.5, 6.0, 2.0.

#### **Questions :**

1. Calculez le TTR moyen (MTTR - Mean Time To Repair).
2. Classez ces TTR et déterminez le TTR médian. Pourquoi la médiane est-elle parfois plus significative que la moyenne ?
3. L'objectif de l'usine est d'avoir un MTTR < 3 heures. Quel est le taux de réussite actuel (pourcentage d'interventions respectant cet objectif) ?
4. Proposez deux causes potentielles expliquant la dispersion des temps et une action d'amélioration pour chacune.

#### **Correction :**

#### 1. **Calcul du MTTR :**

- Somme des TTR =  $2.5 + 3.0 + 1.5 + 4.0 + 2.0 + 5.5 + 2.0 + 3.5 + 6.0 + 2.0 = 32.0$  heures
- MTTR =  $32.0 / 10$  interventions = **3.2 heures**.

#### 2. **TTR médian :**

- TTR classés par ordre croissant : 1.5, 2.0, 2.0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.5, 6.0
- La médiane est la valeur centrale. Ici, entre le 5ème (2.5) et le 6ème (3.0) :  $(2.5+3.0)/2 = 2.75$  heures.
- **Signification** : La moyenne (3.2h) est tirée vers le haut par deux valeurs très élevées (5.5 et 6.0). La médiane (2.75h) est moins sensible à ces valeurs extrêmes et donne une meilleure idée du temps "typique" d'intervention.

#### 3. **Taux de réussite (TTR < 3h) :**

- Interventions respectant l'objectif : 1.5, 2.0, 2.0, 2.0, 2.5. Soit **5 interventions** sur 10.
- Taux de réussite =  $(5/10) * 100 = 50\%$ .

#### 4. **Analyse de la dispersion et améliorations :**

- **Cause 1 : Variabilité dans le diagnostic.** Les techniciens peuvent mettre plus ou moins de temps à identifier la racine du problème.
  - **Action** : Créer un arbre de diagnostic ou une gamme de dépannage pour cette panne récurrente.
- **Cause 2 : Disponibilité des pièces détachées.** Certaines interventions sont rallongées par l'attente d'une pièce non disponible en stock.
  - **Action** : Analyser les pièces consommées lors de ces pannes et revoir le niveau de stock critique pour les pièces les plus utilisées.

# TD N°1\_2 : Analyse des Coûts de Maintenance

## Exercice 1 : Calcul du coût horaire de main d'œuvre

**Contexte** : L'atelier maintenance emploie 12 techniciens. Les données annuelles sont les suivantes :

- Salaires bruts annuels moyens : 38 000 DTN
- Charges sociales patronales : 45% du salaire brut
- Charges sociales salariales : 25% du salaire brut
- Frais généraux de l'atelier (loyer, énergie, management) : 150 000 DTN
- Temps de travail annuel théorique par technicien : 1 600 heures (hors congés et absences).
- Taux d'activité (temps passé sur les interventions) : 75% du temps théorique.

### **Questions :**

1. Calculez la masse salariale globale (coût total pour l'employeur).
2. Calculez le nombre d'heures productives total pour l'atelier.
3. Déduisez-en le taux horaire de main d'œuvre à imputer à une intervention.

### **Correction :**

#### **1. Masse salariale globale :**

- Coût employeur par technicien = Salaire brut + Charges patronales = 38 000 DTN + (38 000 DTN \* 0.45) = 38 000 DTN + 17 100 DTN = **55 100 DTN**.
- Masse salariale pour 12 techniciens = 55 100 DTN \* 12 = **661 200 DTN**.

#### **2. Heures productives totales :**

- Temps de travail productif par technicien = Temps théorique \* Taux d'activité = 1 600 h \* 0.75 = **1 200 h**.
- Heures productives totales atelier = 1 200 h \* 12 techniciens = **14 400 heures**.

#### **3. Taux horaire de main d'œuvre :**

- Coût total de la main d'œuvre = Masse salariale + Frais généraux = 661 200 DTN + 150 000 DTN = **811 200 DTN**.
- Taux horaire = Coût total / Heures productives totales = 811 200 DTN / 14 400 h  $\approx$  **56.33 DTN/heure**.

## Explication : Pourquoi inclure les frais généraux dans le coût horaire ?

Cela soulève un point crucial de **comptabilité analytique** et de **calcul des coûts complets** souvent mal compris. (Dans notre exercice on a considéré (plus précisément on a imposé) les frais de loyer, énergie et de management pour des techniciens à travers la société parmi les autres frais généraux (on a aussi les frais spécifiques) de l'atelier. On a aussi les frais généraux de loyer, énergie et de management pour l'atelier aussi)

La raison pour laquelle on ajoute les frais généraux à la masse salariale est de **refléter le coût complet et réel** de l'heure de travail d'un technicien, et non simplement son coût salarial.

Imaginez que vous soyez un chef d'atelier et que vous deviez facturer en interne votre équipe de maintenance aux autres départements de l'usine (comme la production). Ou simplement, que vous deviez justifier votre budget.

Si vous ne facturez que le salaire des techniciens (masse salariale), votre atelier maintenance serait **structurellement déficitaire**. Pour fonctionner, un atelier a besoin de bien plus que des salaires.

**Les frais généraux (ou frais fixes de l'atelier) représentent le coût de la "boîte" dans laquelle les techniciens travaillent.**

### 1. Le Coût des moyens (l'outil de travail) :

- **Loyer/Amortissement** : Quelqu'un doit payer le bâtiment, l'atelier, le bureau.
- **Énergie (électricité, chauffage)** : Les outils, l'éclairage, le chauffage en hiver consomment de l'énergie.
- **Entretien des locaux** : Nettoyage, réparations.
- **Assurances** : Assurance des locaux, de la responsabilité civile.

### 2. Le Coût du support et du management :

- **Salaire du manager/chef d'atelier** : Les techniciens ne se managent pas seuls. Le temps du manager est un coût nécessaire au fonctionnement de l'équipe.
- **Salaire du préparateur** : La personne qui prépare les interventions est un coût de support essentiel.
- **Coût des systèmes d'information (GMAO)** : La licence et la maintenance du logiciel de gestion de maintenance.
- **Formation** : Le coût des stages, des habilitations.

### 3. Le Coût des équipements :

- **Amortissement des outils** : La caisse à outils, les multimètres, les appareils de mesure vibratoire, le pont roulant... Tous ces équipements s'usent et doivent être remplacés.
- **Maintenance et étalonnage des outils** : Les outils doivent eux-mêmes être maintenus et étalonnés régulièrement.

## Analogie avec un garage automobile indépendant

Prenons l'exemple d'un garagiste :

- **Masse Salariale** = Le salaire du mécanicien.
- **Frais Généraux** = Le loyer du garage, l'électricité, l'abonnement au logiciel de diagnostic, le salaire de la secrétaire, l'amortissement du pont élévateur, les assurances, etc.

Quand le garagiste facture 80DTN de main d'œuvre à son client, ce prix inclut **à la fois** :

1. La rémunération du mécanicien.
2. Une partie de tous ses frais généraux pour faire fonctionner son entreprise.
3. Sa marge bénéficiaire.

S'il ne facturait que le salaire du mécanicien, il ferait rapidement faillite.

## **Conclusion : Le Taux Horaire "Vrai"**

En ne prenant que la masse salariale, on aurait un taux horaire de :  
 $661\,200 \text{ DTN} / 14\,400 \text{ h} \approx \mathbf{45,92 \text{ DTN/h}}$

En ajoutant les frais généraux, on obtient un taux horaire de **56,33 DTN/h**.

**La différence de 10,41 DTN/h est le coût nécessaire pour fournir au technicien un environnement de travail fonctionnel et lui permettre d'être productif.**

C'est ce taux horaire de **56,33 DTN/h** qui est le plus juste et le plus réaliste pour :

- **Évaluer le coût réel** d'une intervention.
- **Prendre des décisions d'externalisation** : Si un sous-traitant vous propose un taux à 50DTN/h, vous savez que c'est moins cher que votre coût interne réel de 56,33DTN/h.
- **Établir un budget prévisionnel** fiable pour le département maintenance.
- **Facturer en interne** les services de maintenance aux lignes de production dans une logique de "centre de profit".

**En résumé : L'inclusion des frais généraux n'est pas une option ; c'est une nécessité comptable et managériale pour avoir une vision claire et complète des coûts de la maintenance.**

## **Exercice 2 : Coût d'une Intervention Corrective et Indicateurs**

**Contexte :** Une panne sur un moteur électrique a généré un arrêt de production de 4 heures.

- Temps d'intervention des techniciens : 3.5 heures (taux horaire de 56.33 DTN/h).
- Pièces de rechange utilisées : 1 200 DTN.
- Coût horaire de perte de production (manque à gagner) : 850 DTN/h.
- Sous-traitance d'une expertise vibratoire la semaine précédente (liée à cette machine) : 500 DTN.

### **Questions :**

1. Calculez le coût direct de l'intervention corrective.
2. Calculez le coût indirect (perte de production).
3. Quel est le coût total de cette défaillance ?
4. Calculez l'Indicateur d'Efficacité de la Maintenance (IEM) : (Coût des travaux préventifs / Coût total de la maintenance) \* 100. Sachant que le coût préventif mensuel pour cette machine est de 400 DTN et le coût correctif mensuel moyen est de 1 500 DTN (hors perte de production). Que peut-on en déduire ?

### **Correction :**

#### **1. Coût direct :**

- Main d'œuvre :  $3.5 \text{ h} * 56.33 \text{ DTN/h} = 197.16 \text{ DTN}$
- Pièces : 1 200 DTN
- Sous-traitance (expertise) : 500 DTN
- **Coût direct total =  $197.16 + 1\,200 + 500 = 1\,897.16 \text{ DTN}$**

#### **2. Coût indirect (perte de production) :**

- Perte de production :  $4 \text{ h} * 850 \text{ DTN/h} = 3\,400 \text{ DTN}$

#### **3. Coût total de la défaillance :**

- Coût total = Coût direct + Coût indirect =  $1\,897.16 \text{ DTN} + 3\,400 \text{ DTN} = 5\,297.16 \text{ DTN}$

#### **4. Calcul de l'IEM :**

- Coût total de la maintenance (pour le calcul, on prend souvent les coûts directs) = Coût préventif + Coût correctif =  $400 \text{ DTN} + 1\,500 \text{ DTN} = 1\,900 \text{ DTN}$ .
- $\text{IEM} = (400 \text{ DTN} / 1\,900 \text{ DTN}) * 100 \approx 21\%$
- **Interprétation :** Un IEM de 21% est relativement faible. Il indique que la maintenance est essentiellement corrective. L'entreprise devrait investir davantage dans la maintenance préventive (surveillance, visites systématiques) pour réduire le coût correctif, beaucoup plus élevé, surtout lorsqu'on inclut les pertes de production.

# TD N°1\_3 : Préparation des Interventions

## Exercice : Préparation d'un Arrêt Programmé

**Contexte** : L'usine planifie un arrêt technique annuel de 48 heures pour la révision majeure d'un four industriel. Vous êtes chargé de préparer cet arrêt.

### Questions :

- Listez les 6 éléments principaux que doit contenir le dossier de préparation de cet arrêt.
- Une des tâches est le remplacement des briques réfractaires. Identifiez 3 risques associés à cette tâche et les mesures de prévention correspondantes.
- La direction hésite à engager des frais pour une préparation détaillée. Calculez le Retour sur Investissement (ROI) attendu d'une bonne préparation avec les données suivantes :
  - Coût de la préparation (ingénierie, planning) : 5 000 DTN.
  - Sans préparation, un retard de 6 heures est anticipé (coût de perte de production : 1 200 DTN/h).
  - Sans préparation, risque de 20% d'oubli d'une pièce critique (coût de la pièce + pénalité de livraison express : 8 000 DTN).
  - Avec une bonne préparation, ces aléas sont évités.

### Correction :

- Contenu du dossier de préparation :**
  - Planning détaillé (Gantt)** : Séquencement de toutes les tâches, leurs durées et leurs interdépendances.
  - Gammes opératoires** : Procédures détaillées pour les opérations complexes (démontage, montage, réglages).
  - Liste des besoins** : Liste exhaustive des pièces détachées, des outils spéciaux et des équipements de levage.
  - Plan de ressourcement** : Affectation des techniciens, des sous-traitants et des équipes de support.
  - Dossier de sécurité** : Plans de prévention, Permis de Travail, procédures de cadenassage, consignes en cas d'urgence.
  - Budget détaillé** : Estimation des coûts de MO, pièces, sous-traitance.
- Analyse des risques pour le remplacement des briques :**
  - Risque 1 : Chute d'outils ou de matériaux depuis le haut du four.**
    - Mesure** : Mise en place d'une zone d'exclusion au sol, utilisation de harnais et de lignes de vie pour les outils.
  - Risque 2 : Inhalation de poussières réfractaires.**
    - Mesure** : Port obligatoire d'un masque respiratoire adapté (P3), ventilation forcée.
  - Risque 3 : TMS (Troubles Musculo-Squelettiques) dus au port de charges lourdes.**
    - Mesure** : Utilisation de moyens de manutention adaptés (palans, chariots), travail en équipe.
- Calcul de la rentabilité de la préparation :**
  - Coût évité (sans préparation) :**
    - Coût du retard :  $6 \text{ h} * 1\,200 \text{ DTN/h} = 7\,200 \text{ DTN}$
    - Coût de l'oubli de pièce (probabilisé) :  $8\,000 \text{ DTN} * 0.20 = 1\,600 \text{ DTN}$
    - Coût total évité = 7 200 DTN + 1 600 DTN = 8 800 DTN**

- **Coût de la préparation : 5 000 DTN**
- **Gain net = Coût évité - Coût préparation = 8 800 DTN - 5 000 DTN = 3 800 DTN**
- **ROI = (Gain net / Coût préparation) \* 100 = (3 800 DTN / 5 000 DTN) \* 100 = 76%**

**Conclusion :** Investir 5 000 DTN dans la préparation permet d'éviter statistiquement 8 800 DTN de dépenses, dégageant un gain net de 3 800 DTN et un ROI de 76%. C'est donc financièrement très rentable et cela sécurise le délai de l'arrêt.