**BTS MAINTENANCE DES SYSTEMES**

**ÉPREUVE E5**

**Sous épreuve E52**

**Organisation de la maintenance**

**Situation d'évaluation**

**CCF\_00-B**

**Eléments de correction**

**Domaine de compétences évaluées :**

* C21 : Analyser la fiabilité, la maintenabilité et la sécurité.
* C31 : Organiser la stratégie et la logistique de maintenance.

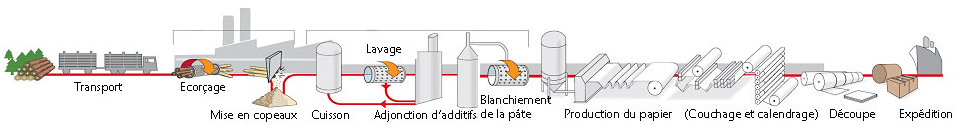
**Compétences évaluées**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C21 Analyser la fiabilité, la maintenabilité et la sécurité | | | | | | | |
| Actions liées à la compétence | Indicateurs de performance | **- -** | **-** | **׀** | **+** | **++** |
| **🞏 Déterminer l**es indicateurs de *fiabilité* du bien. | * L’indicateur de fiabilité est correctement choisi et sa valeur déterminée. |  |  |  |  |  |
| **🞏 Déterminer** l’indicateur de maintenabilité du  bien. | * L’indicateur de *maintenabilité* est correctement déterminé. |  |  |  |  |  |
| **🗹 Identifier les sous-ensembles, les composants du bien ou les fonctions les plus pénalisantes du point de vue de la fiabilité et/ou de la maintenabilité.** | * **Les sous-ensembles, les fonctions, ou les composants les plus pénalisants sont identifiés.** |  |  |  |  |  |
| **🞏 Analyser** les risques liés au bien. | * Les risques et/ou les points de non-conformité sont identifiés. * Les risques liés au bien sont identifiés. |  |  |  |  |  |
| **🗹 Proposer des axes de solutions visant à améliorer la fiabilité, la maintenabilité et la sécurité du bien.** | * **Les propositions sont pertinentes et justifiées.** |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C31 : Organiser la stratégie et la logistique de maintenance | | | | | | | |
| Actions liées à la compétence | Indicateurs de performance | **- -** | **-** | **׀** | **+** | **++** |
| **🗹 Déterminer les indicateurs de disponibilité des biens et les coûts liés à la maintenance.** | * **Les indicateurs de disponibilité et les coûts sont correctement déterminés.** |  |  |  |  |  |
| **🞏 Identifier** les biens stratégiques de l’entreprise, les biens les plus pénalisants d’un point de vue technico-économique, les préconisations des constructeurs, les opérations réglementaires et les exigences du plan d’assurance qualité. | * Les éléments nécessaires à la définition de la stratégie de maintenance sont identifiés, ordonnés et justifiés. |  |  |  |  |  |
| **🗹 Proposer et justifier une stratégie de maintenance.** | * **La stratégie de maintenance est correctement justifiée :**   + **choix du type de maintenance,**   + **réalisation interne ou externe,**   + **charge et capacité du service maintenance,** * **investissements liés à la nouvelle stratégie.** |  |  |  |  |  |
| **🞏 Proposer** les clauses techniques des contrats de maintenance | * Les clauses techniques sont correctement définies |  |  |  |  |  |
| **🞏 Proposer** des solutions d’amélioration de la logistique de maintenance. | * Les propositions sont pertinentes et justifiées |  |  |  |  |  |
| **🞏 Mettre à jour** la base de données d’une GMAO (arborescence). | * La base de données est mise à jour. |  |  |  |  |  |
| **🞏 Élaborer** les supports de gestion et d’analyse des interventions. | * Les supports de gestion et d’analyse sont opérationnels et respectent le plan qualité |  |  |  |  |  |
| **🞏 Définir** les pièces de rechange et consommables de maintenance à tenir en stock. | * Le choix des pièces de rechange et consommables de maintenance à tenir en stock est justifié. |  |  |  |  |  |
| **🞏 Définir** les opérations de tri et stockage des déchets. | * Le bordereau de suivi des déchets est rédigé. |  |  |  |  |  |
| **🞏 Intégrer** l’organisation des activités de maintenance dans le logiciel de GMAO. | * Le logiciel de GMAO est opérationnel. |  |  |  |  |  |

**PRESENTATION**

Sur un site industriel de fabrication de papier et carton, le bois arrive dans l'usine de production de pâte sous formes de rondins. Le bois comporte encore l’écorce qui est impropre à la production de la pâte à papier et qui doit être éliminée par **écorçage**.



Trois centrales hydrauliques (CH) assurent la production de l'énergie hydraulique des écorceuses. Ces systèmes sont d’une importance vitale pour l’entreprise. En effet, leur indisponibilité entraîne des arrêts de production importants et donc des pertes financières.



Sur ces centrales hydrauliques n'est appliqué qu'une maintenance corrective. La direction vous demande donc d'analyser les historiques des composants essentiels à la réalisation des circuits hydrauliques (filtres, relais, distributeurs, paliers, clapets, limiteurs de pression, roulements …) afin de définir les mesures à prendre pour **diminuer les coûts**.

Deux axes ont été définis :

* Une étude de l'existant (analyse des indicateurs FMD et des coûts).
* Une étude de faisabilité de maintenance préventive conditionnelle.

Données économiques.

* Coût main d’œuvre maintenance 50 € / heure
* 1 intervenant
* Coût de perte de production 650 € / heure
* Temps d’ouverture 8 heures / jour (11 mois / an)
* 235 jours ouvrables / an

Avertissement :

Ce sujet peut être traité avec ou sans l'aide d'un tableur (Excel). Dans le cas ou un tableur n'est pas utilisé, des documents réponses sont proposés en fin de sujet (DR1 à DR4). Dans le cas contraire, l'étudiant pourra, s'il le souhaite, imprimer ses résultats.

**Travail demandé.**

1. Analyse de l'existant. (toutes centrales confondus et sur la durée des historiques)
   1. A partir des historiques, réaliser un graphe en **N**, en ₸ et en **N**.₸ permettant l'analyse des 3 indicateurs, "Fiabilité – Maintenabilité – Disponibilité".
   2. Au vu de vos résultats, préciser l'élément le plus pénalisant en terme de :

Fiabilité – Maintenabilité – Disponibilité

* 1. Pour chaque élément, calculer les coûts directs de maintenance (Cm) et les coûts d'indisponibilité (Ci). En déduire leur coût de défaillance (Cd).
  2. Au vu de tous vos résultats et en tant que responsable de maintenance, que proposeriez vous pour diminuer les coûts ?

1. Mise en place d'une maintenance préventive conditionnelle.

Le responsable de maintenance envisage la **mise en place d'une maintenance préventive conditionnelle** sur **les six roulements** qui équipent les centrales hydrauliques (roulements identiques). La surveillance de roulement exige l'achat de matériel d'analyse vibratoire et une formation du personnel.

Données économiques :

* Prix du matériel : 12000 €
* Formation du personnel : le prix de la formation est compris dans le prix d’achat du matériel. Cependant l’entreprise envoie **deux** personnes en stage pendant 18h.
* Les rondes pour la surveillance durent 1h et nécessitent un seul technicien. Dans un premier temps vous envisagerez de les programmer une fois par mois.

Une étude de fiabilité sur l'ensemble des roulements (l'historique ne précise pas le roulement changé) a été menée en utilisant le modèle de Weibull. Les résultats obtenus sont les suivants :

 = 2,9  = 1373  = 0 MTBF prévisionnelle = γ + A = 1220 h

Après une période d’apprentissage du personnel de 6 mois, vous estimez que les techniciens sont suffisamment compétents pour que leurs analyses vibratoire soient fiables. On peut donc envisager que tous les changements de roulement se feront **hors production**.

* 1. Sachant qu'actuellement chaque groupe hydraulique fonctionne en moyenne 1200 h/an, calculer le nombre de défaillance prévisionnelle lié aux roulements par an, pour l'ensemble de la population des roulements.
  2. Dans le cadre de la **politique de maintenance actuelle** (tout correctif), calculer le coût d'une défaillance d'un roulement. En déduire le coût annuel prévisionnel pour les roulements.
  3. Dans le cadre de la **nouvelle politique de maintenance** (maintenance conditionnelle),calculer le coût d'une défaillance d'un roulement. En déduire le coût annuel prévisionnel pour les roulements.
  4. Calculer le coût total que représente l'investissement pour l'entreprise.
  5. Représenter graphiquement ou calculer le retour d'investissement pour ce choix de politique de maintenance. Conclure.

Centrale Hydraulique CH1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Relevés compteur** | **Filtres** | **Clapet anti-retour** | **Relais** | **Commutateur** | **Roulements** | **Electrovanne** | **Limiteur pression** | **Paliers** | **Bloc fonction** | **Refroidisseur** | **Accumulateur** | **Pompe** | **Distributeur** | **Coût pièce de rechange en €** |
| 324 |  | **0,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 402 |  |  | **0,75** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 851 | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 1032 |  |  |  |  | **3** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 1464 |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 167 |
| 1532 |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** |  |  |  |  | 260 |
| 1816 |  |  | **0,75** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 2218 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** |  |  |  | 280 |
| 2426 |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 2602 | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 2977 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** |  |  | 152 |
| 3099 |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  | 180 |
| 3273 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **3,5** |  | 2450 |
| 3570 | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 3690 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** | 75 |
| 3827 |  |  |  |  | **3** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 3993 |  |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  | 95 |
| 4203 |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 4325 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** | 75 |
| 4576 | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 4873 |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 4950 |  |  |  |  |  |  |  | **4,5** |  |  |  |  |  | 360 |

Les valeurs dans le tableau correspondent au temps d'intervention (en heure) .

Centrale Hydraulique CH2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Relevés compteur** | **Filtres** | **Clapet anti-retour** | **Relais** | **Commutateur** | **Roulements** | **Electrovanne** | **Limiteur pression** | **Paliers** | **Bloc fonction** | **Refroidisseur** | **Accumulateur** | **Pompe** | **Distributeur** | **Coût pièce de rechange en €** |
| 280 |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 295 |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 316 | **1,25** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 653 |  | **1,25** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 693 |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 167 |
| 702 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** |  |  | 152 |
| 987 |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  | 180 |
| 1033 |  |  |  |  | **3,5** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 1430 | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 1502 |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** |  |  |  |  | 260 |
| 1726 |  |  | **1,25** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 1781 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** | 75 |
| 2087 |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  | 180 |
| 2151 | **1,75** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 2363 |  |  |  |  | **3** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 2731 |  |  |  |  |  |  |  | **3,5** |  |  |  |  |  | 360 |
| 3216 |  | **1,25** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 3586 | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 3901 |  |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  | 95 |
| 4128 |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 4201 |  |  |  |  | **4** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 4503 | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 4726 |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 4962 |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  | 180 |
| 4998 |  | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 5011 | **2** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 5268 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** | 75 |
| 5431 |  |  |  |  |  |  |  | **4,5** |  |  |  |  |  | 360 |
| 5483 |  |  | **0,75** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 5602 | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 5680 |  |  |  |  | **3,5** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |

Les valeurs dans le tableau correspondent au temps d'intervention (en heure) .

Centrale Hydraulique CH3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Relevés compteur** | **Filtres** | **Clapet anti-retour** | **Relais** | **Commutateur** | **Roulements** | **Electrovanne** | **Limiteur pression** | **Paliers** | **Bloc fonction** | **Refroidisseur** | **Accumulateur** | **Pompe** | **Distributeur** | **Coût pièce de rechange en €** |
| 307 |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 329 |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 533 | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 672 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2,5** | 75 |
| 741 |  | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 931 |  |  |  |  | **2,5** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 978 |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  | 180 |
| 1107 | **1,25** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 1233 |  |  |  |  |  |  |  | **4** |  |  |  |  |  | 360 |
| 1423 |  | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 1639 |  |  | **0,75** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 1799 |  |  |  |  | **3** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 2200 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** | 75 |
| 2389 |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 2605 | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 2837 |  |  | **0,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 2867 |  |  |  |  | **3** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 3000 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** |  |  |  | 280 |
| 3205 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** |  |  | 152 |
| 3321 | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 3705 |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** |  |  |  |  | 260 |
| 3928 |  |  |  |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  | 180 |
| 4125 |  |  | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 4201 |  |  |  |  | **2** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 4393 | **1** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 4429 |  | **1,5** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 52 |
| 4578 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **2** | 75 |
| 4602 |  |  |  |  | **3** |  |  |  |  |  |  |  |  | 218 |
| 4834 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **1,5** | 75 |
| 4976 | **1,25** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 245 |
| 5024 |  |  | **0,75** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 45 |
| 5150 |  |  |  |  |  |  |  | **4** |  |  |  |  |  | 360 |

Les valeurs dans le tableau correspondent au temps d'intervention (en heure) .

**Document Réponse DR1**

Q1.1 Graphe en **N**, en ₸ et en **N**.₸

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | N | ₸ | N₸ |
| Eléments | Nb défaillances | Temps Moyen (h) | Indisponibilité (h) |
| Filtre | 17 | 1,32 | 22,50 |
| Clapet anti-retour | 13 | 1,15 | 15,00 |
| Relais | 12 | 0,88 | 10,50 |
| Commutateur | 2 | 1,00 | 2,00 |
| Roulement | 11 | 3,05 | 33,50 |
| Electrovanne | 6 | 1,00 | 6,00 |
| Limiteur pression | 2 | 1,00 | 2,00 |
| Paliers | 5 | 4,10 | 20,50 |
| Bloc fonction | 3 | 1,50 | 4,50 |
| Refroidisseur | 2 | 1,75 | 3,50 |
| Accumulateur | 3 | 1,83 | 5,50 |
| Pompe | 1 | 3,50 | 3,50 |
| Distributeur | 8 | 1,94 | 15,50 |

Graphe en N

Nb de défaillances

**Document Réponse DR2**

Graphe en ₸

Tps moyen de réparation (h)

Graphe en N₸

Tps d'indisponibilité (h)

**Document Réponse DR3**

Q1.2 Elément le plus pénalisant en terme de :

Fiabilité : Filtre

Maintenabilité : Palier

Disponibilité : Roulements

Q1.3 Détailler les calculs de la première ligne.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Eléments | Coût direct de Maintenance (Cm) en € | Coût d'indisponibilité (Ci) en € | Coût de défaillance (Cd) en € |
|
| Roulements | = (11x218) + (33,5x50)  = 4073 | = 33,5 x 650  = 21775 | = 4073 + 21775  = 25848 |
| Filtre | 5290 | 14625 | 19915 |
| Paliers | 2825 | 13325 | 16150 |
| Distributeur | 1375 | 10075 | 11450 |
| Clapet anti-retour | 1426 | 9750 | 11176 |
| Relais | 1065 | 6825 | 7890 |
| Electrovanne | 1380 | 3900 | 5280 |
| Accumulateur | 731 | 3575 | 4306 |
| Pompe | 2625 | 2275 | 4900 |
| Bloc fonction | 1005 | 2925 | 3930 |
| Refroidisseur | 735 | 2275 | 3010 |
| Commutateur | 434 | 1300 | 1734 |
| Limiteur pression | 290 | 1300 | 1590 |

Q1.4 Que proposeriez vous pour diminuer les coûts ?

Au vu des résultats, pour diminuer les coûts il faut agir prioritairement sur les roulements et les filtres qui représentent à eux seuls 39 % des dépenses.

Il serait donc souhaitable d'étudier les historiques détaillés de ces deux éléments pour mettre en place une maintenance préventive, conditionnelle sur les roulements (analyse vibratoire) et systématique (voire conditionnelle) sur les filtres.

**Document Réponse DR4**

Q2.1

Nombre de défaillance prévisionnelle = ( 1200 / 1220 ) x 6 = 5,9 soit 6 défaillances

Q2.2

Coût d'une défaillance d'un roulement = 25848 / 11 = 2350 €

Coût annuel prévisionnel pour les roulements = 2350 x 6 = 14099 €

Q2.3

Coût d'une défaillance d'un roulement = 4073 / 11 = 370 €

Coût annuel prévisionnel pour les roulements = (370 x 6) + (11 x 50) =2770 €

Q2.4

Coût total que représente l'investissement = 12000 + (18 x 50 x 2) = 13800 €

Q2.5

Calculer le retour d'investissement = 13800 / (14099 - 2770) = 1,21 année soit environ 15 mois.

16000

32000

6 mois

1 ans

18 mois

2 ans

4000

8000

12000

24000

36 000

24 000

16 000

8 000

9 mois

3 mois

36000

20000

28000

13800

19340

16570

retour d'investissement

~ 14,5 mois