

Université Internationale de Casablanca
Ecole d'Ingénierie

Technologies de gestion de la maintenance



Prof. Asmae ABADI
Docteur et Ingénieur d'état en Génie Industriel et Productique

Année Universitaire : 2019/ 2020

1

Chapitre 1:

La fonction maintenance : formes, enjeux, fonctions ...

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

3

3

Plan du cours

1. La fonction maintenance : formes, enjeux, fonctions ...
2. Connaissance du matériel et Documentation de maintenance
3. Etude du comportement du matériel et loi de dégradation
4. Sûreté de fonctionnement : Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité
5. Gestion des opérations de maintenance : Méthodes et Outils de diagnostic
6. Outils de résolution des problèmes de maintenance et de rendement de l'équipement
7. Gestion globale du service maintenance

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

2

Plan du chapitre 1

1. Définitions
2. Concepts liés à la maintenance
3. Enjeux de la maintenance
4. La maintenance: ses fonctions et ses interfaces
5. Les objectifs, contraintes et moyens de la maintenance
6. Les différentes formes de la maintenance
7. Applications

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

4

4

Introduction

- Avec l'évolution de l'environnement industriel, l'entreprise se trouve obligée d'évoluer elle aussi pour rester compétitive.
- Les outils de production sont de plus en plus complexes et coûteux
- Leurs défaillances entraînent des conséquences très lourdes :

```

graph TD
    A[Arrêt de production] --> C[Risque d'accident]
    A --> D[Baisse de la qualité des produits ou services]
    C --> D
  
```

→ **D'où, la nécessité de pratiquer** une politique de maintenance **visant d'assurer la disponibilité maximale et la durabilité des outils de production**

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance

5

Introduction

- **La maintenance tout d'abord est un ensemble de gestes simples :**
En effet, à première vue, tout le monde l'a déjà pratiquée dans sa vie, à travers des choses banales telles que :
 - Lubrifier sa chaîne de vélo,
 - Cirer sa paire de chaussures,
 - Vidanger de l'huile de voiture.
- Dans le début du 19 siècle on parlait d'entretien et non de la maintenance:
 - L'entretien d'un bien désigne toutes les opérations ou les interventions permettant de le garder en état de fonctionnement.

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance

6

1. Définition de la maintenance

- Selon la norme AFNOR NF X60-010, c'est :
« L'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».
- Selon la norme NF X60-000 :
Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût global minimal .

Maîtriser au lieu de subir !

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance

7

Différence entre maintenance et entretien

- **Entretien** : intervention de dépannage ou de réparation après défaillance d'un bien pour relancer la production + opérations courantes préconisées par le constructeur (lubrification, rondes de surveillance, ...)

↓

Entretenir = subir les défaillances

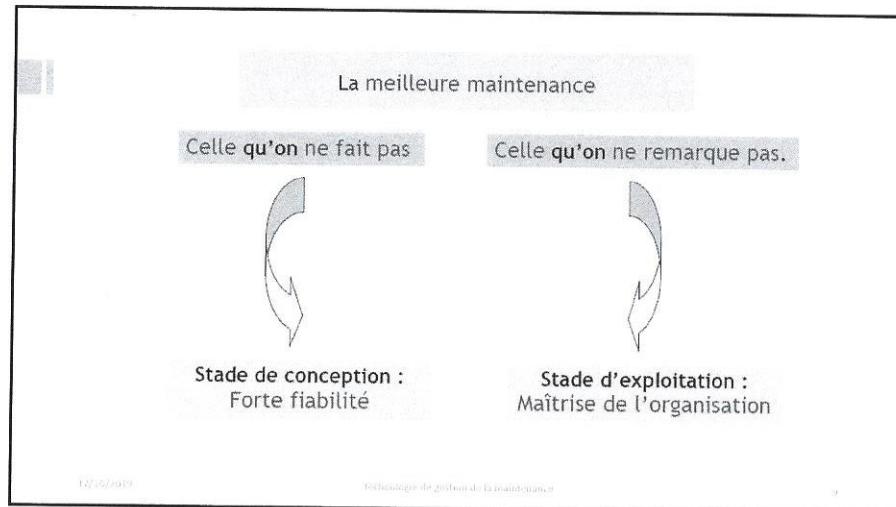
- **Maintenance** : prise en compte des objectifs de production et du comportement des outils de production => interventions destinées à optimiser la disponibilité et la productivité

↓

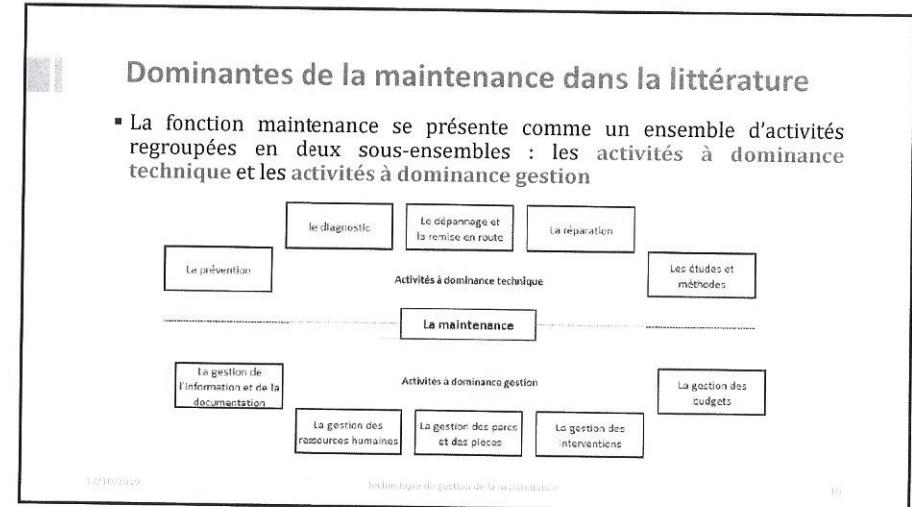
Maintenir = prévoir et anticiper les défaillances

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance

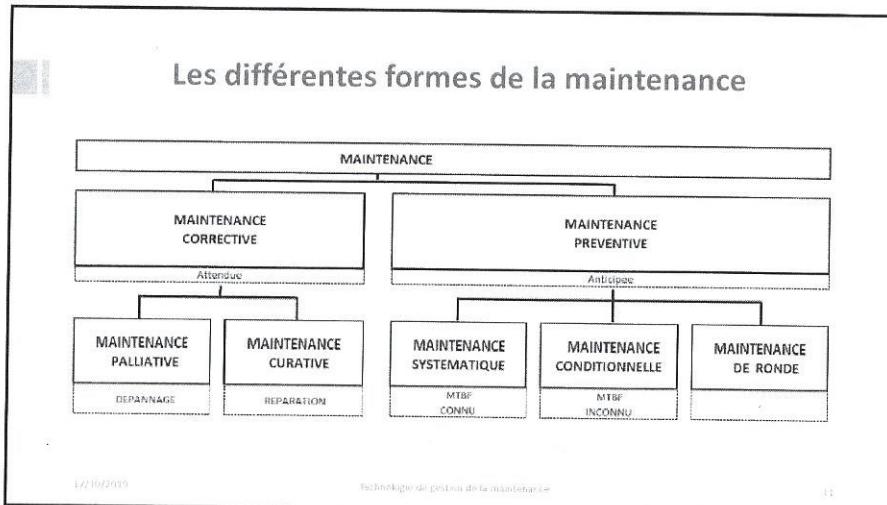
8



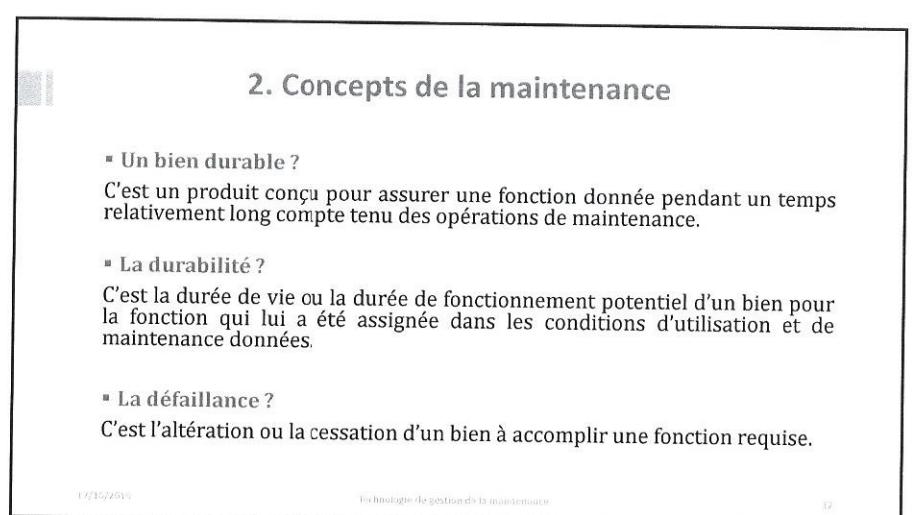
9



10



11

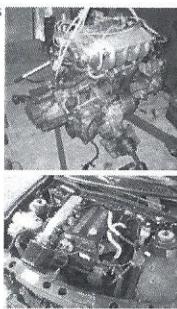


12

2. Concepts de la maintenance

* La fiabilité ?

La fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans les conditions d'utilisation et de période de temps déterminées. dq/dt



* La maintenabilité ?

La maintenabilité est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu. La maintenabilité est liée à la conception, à la fabrication et aux opérations de maintenance.

EX : Maintenable: on ne démonte pas tout pour changer une courroie.

* La disponibilité ?

La disponibilité est l'aptitude d'un dispositif à être fiable et maintenable, donc à remplir complètement sa fonction.

EX: Disponible: le dispositif est là et il fonctionne parfaitement.

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

13

3. Enjeux de la maintenance

Social et organisationnel :

- Sécurité
- Environnement
- Emploi

Economique :

- Défaillance
- Perte d'argent
- Perte de marché

Maintenance

Stratégiques et techniques:

- Maîtrise de la machine
- Amélioration des performances

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

14

4. La maintenance: ses fonctions et ses interfaces

□ Domaines d'action du service maintenance

Voici la liste des différentes tâches dont un service maintenance peut avoir la responsabilité :

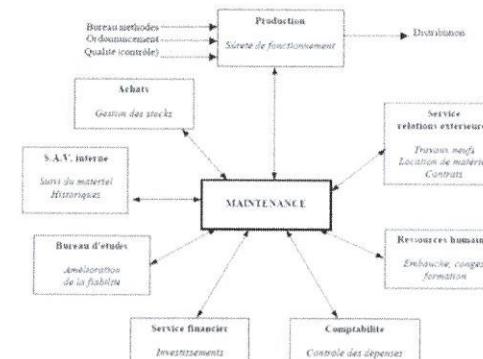
- **la maintenance des équipements** : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- **l'amélioration** du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- **les travaux neufs** : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- **les travaux concernant l'hygiène**, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, ...
- **l'approvisionnement** et la gestion des outillages, des rechanges, ...
- **l'entretien général** des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules.

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

15

4. La maintenance: ses fonctions et ses interfaces



17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

16

4. La maintenance: ses fonctions et ses interfaces

Tendance de la maintenance dans une entreprise:

- Il existe **2 tendances** quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :
 Centralisation, Décentralisation

Tendance 1 : La centralisation où toute la maintenance est assurée par un service.

Les avantages sont :

- Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication
- Possibilité d'investir dans des matériels onéreux grâce au regroupement
- Vision globale de l'état du parc des matériels à gérer
- Gestion plus aisée et plus souple des moyens en personnels
- Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage (amortissement rapide)
- Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles
- Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

17

4. La maintenance: ses fonctions et ses interfaces

Tendance de la maintenance dans une entreprise:

Tendance 2 : La décentralisation, où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise.

Les avantages sont :

- Meilleures communications et relations avec le service responsable du parc à maintenir
- Effectifs moins importants dans les différentes antennes
- Réactivité accrue face à un problème
- Meilleure connaissance des matériels
- Gestion administrative allégée

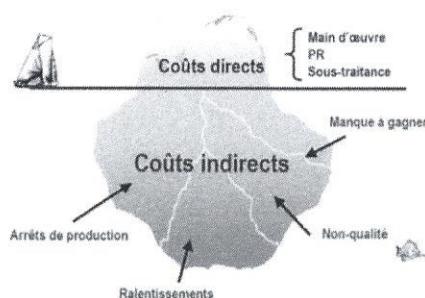
17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

18

17

5. Les objectifs, contraintes et moyens de la maintenance



17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

19

5. Les objectifs, contraintes et moyens de la maintenance



Objectifs généraux

- Améliorer la productivité et la disponibilité des équipements de production.
- Optimiser la fiabilité des équipements et la qualité des produits.
- Améliorer la sécurité des équipements et réduire les risques d'accidents.

$$\frac{\text{Coût de maintenance} + \text{coût d'indisponibilité}}{\text{le chiffre d'affaire de la production}}$$

Technologie de gestion de la maintenance

20

19

20

5. Les objectifs, contraintes et moyens de la maintenance

□ Contraintes

La complexité d'un service maintenance et l'extrême variété des tâches qui le caractérisent (en nature, en durée, en urgence, en criticité) débouchent sur une organisation particulièrement rigoureuse. Le service maintenance devra en particulier gérer les contraintes qui peuvent avoir des origines diverses.

- La politique de maintenance
- Organisation des interventions
- Niveau de préventif/correctif
- Externalisation
- Stratégie d'approvisionnement
- La logistique de maintenance
- Documentation
- Personnel : compétences, formation
- Moyens matériels
- Pièces de rechange
- Le budget
- La sécurité
- Contrainte de production
- Contrainte de qualité du produit

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 21

5. Les objectifs, contraintes et moyens de la maintenance

□ Contraintes

La complexité d'un service maintenance et l'extrême variété des tâches qui le caractérisent (en nature, en durée, en urgence, en criticité) débouchent sur une organisation particulièrement rigoureuse. Le service maintenance devra en particulier gérer les contraintes qui peuvent avoir des origines diverses.

- La politique de maintenance
- Organisation des interventions
- Niveau de préventif/correctif
- Externalisation
- Stratégie d'approvisionnement
- La logistique de maintenance
- Documentation
- Personnel : compétences, formation
- Moyens matériels
- Pièces de rechange
- Le budget
- La sécurité
- Contrainte de production
- Contrainte de qualité du produit

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 22

6. Les différentes formes de la maintenance

```

graph TD
    MAINTENANCE[MAINTENANCE] --> CORRECTIVE[MAINTENANCE CORRECTIVE]
    MAINTENANCE --> PREVENTIVE[MAINTENANCE PREVENTIVE]
    CORRECTIVE --> PALLIATIVE[MAINTENANCE PALLIATIVE]
    CORRECTIVE --> CURATIVE[MAINTENANCE CURATIVE]
    PREVENTIVE --> SYSTEMATIQUE[MAINTENANCE SYSTEMATIQUE]
    PREVENTIVE --> CONDITIONNELLE[MAINTENANCE CONDITIONNELLE]
    PREVENTIVE --> RONDE[MAINTENANCE DE RONDE]
    
```

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 23

6. Les différentes formes de la maintenance

```

graph TD
    MM[Formes de la Maintenance] --> P[Préventive]
    MM --> C[Corrective]
    MM --> A[acquisition]
    MM --> AM[Améliorative]
    MM --> P[Proactive]
    MM --> C[Conceptuelle]
    P --> S[Systématique]
    P --> C1[Conditionnelle]
    P --> CR[de Ronde]
    C --> C1[Curative]
    C --> P1[Palliative]
    A --> D[DEPANNAGE]
    A --> R[REPARATION]
    
```

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 24

6.1 La maintenance corrective

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

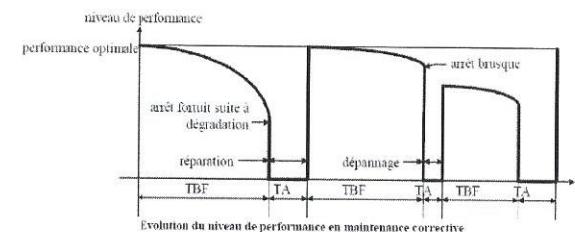
25

25

6.1 La maintenance corrective MC

Définitions (norme NF EN 13306)

- <<La **maintenance corrective** est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise>>



17/10/2019

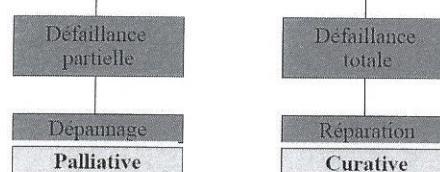
Technologie de gestion de la maintenance

26

26

6.1 La maintenance corrective

Maintenance corrective



17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

27

27

6.2 La maintenance préventive

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

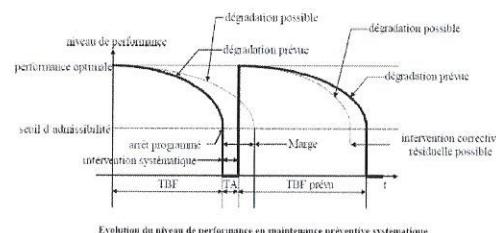
28

28

6.2 La maintenance préventive

❑ MP: définition (norme NF EN 13306)

- <<La maintenance préventive C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédeterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien>>



17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

29

6.2 La maintenance préventive

ORDRE DE TRAVAIL		or
Justificat:	Service demandeur:	Date émission ou date de fin:
DT	Service FAB	
Imp. Département:		
Demandeur:	Secteur:	Unité d'affaires/Unité
Service:		
DTIC:	Department:	Zone B EA
Délégation des travaux		
Document:	Document:	
provenant des temps	provenant des temps	
intervalle	intervalle	
+ Changer le roulement du peller du tapis roulant BA101.		
+ Remplacer les 4 vis de serrage du couvercle du buseau BA205.		
+ Remplacer les 3 pales du ventilateur centrale de BA112.		
Via du service GFL:	Via du chef de dép. de maintenance:	Via direct du service intérieur:
M. NACER	M. OUDJIF	M. CHABAF
Date:	Date:	Date:

DEMANDE DE TRAVAIL		or
Demandeur:	Date émission ou date de fin:	Opérat:
Imp. Département:		<input checked="" type="checkbox"/> +++
Demandeur:	Unité/Entité:	Spéciales demandées:
Zone C	Centres de	Centre d'exploitation:
	entretien:	
	<input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> SC <input type="checkbox"/> CR <input type="checkbox"/> EG	
Spéciales et/ou dégâts constatés		
+ Courroies NE SONT PAS toutes dépasser le seuil de long de ficelle : RÉMETTRE À L'ATTELAGE		
<input checked="" type="checkbox"/> Arrêt		
<input type="checkbox"/> Marche		
Travaux demandés		
+ Changer des courroies de transmission en relation avec le moteur BA100.		
Via de service GFL:	Via du chef de dép. de maintenance:	Via la chef de service:
M. NACER	M. OUDJIF	M. CHABAF
Date:	Date:	Date:

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

10

30

6.3 MP Systématique

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

31

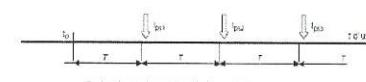
6.3 MP Systématique

❑ Définitions

- Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. (Norme NF EN 13306)

❑ Deux types :

- Maintenance programmée : « Maintenance préventive exécutée selon un calendrier préétabli ou selon un nombre défini d'unités d'usage ».
- Maintenance systématique : « Maintenance préventive exécutée sans contrôle préalable de l'état du bien et à des intervalles définis ».
- Toutes ces définitions se recoupent dans la figure. Nous noterons τ la période d'intervention préédéterminée, Ips chaque intervention préventive systématique.



17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

11

32

6.3 MP Systématique

Organisation :

La mise en œuvre d'un plan de **maintenance préventive systématique** comporte les étapes suivantes passées successivement en revue :

1. PREPARER

1. Connaitre les équipements,
 2. Analyser les actions préventives systématiques,
 3. Etablir les fiches de visite,
 4. Elaborer le programme de maintenance préventive

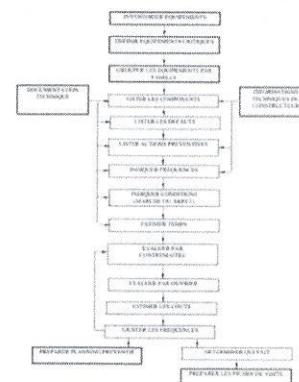
→ (Ces documents sont préparés par les ing. et/ou tech. du service maintenance)

II. EXECUTER

- Lancer l'opération préventive
 - Réaliser l'intervention préventive

6.3 MP Systématique

I. Préparer



33

6.3 MP Systématique

i. Préparer:

Fiche de visite
systématique :

6.3 MP Systématique

I. Préparer

Planning de visite systématique

Planning de visite systématique		MANUEL DE MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE MÉCANIQUE		DEMANDE DE VISITE	
	Zone : G1	A L'ARRÊT		Visite : O	
Code Equipment	Désignation	Description des travaux		Frequenc e	Temps d'arrê t
G16	Tube tuyau sortie	P3M0001 Ouverture des portes de visite du tuyau Gote "A" Inspection des grilles. Inspection des boulonnages et ferrures. Inspection des blindages et des raccordements en usinant. Inspection du tube en usantage matrice. Contrôle de la boulonnage et serrage. Contrôle de l'usure des joints de pâture du tuyau. Serrage des portes.		1	5
G36RF	Réducteur principal	P3M0002 Nettoyage au bâtonnet du réducteur et au niveau des portes de visite du réducteur. Ouverture des portes de visite. Contrôle de la châssis avec vis et boulons. Contrôle et remplacement des boulons de serrage. Contrôle et nettoyage des buses de lubrification. Fermeture des portes et nettoyage des fibres d'huile. Contrôle de la châssis avec vis et boulons.		1	3
G43	Eleveur gouttes	P3M0004 Contrôle de la châssis avec vis et boulons. Contrôle du bâtonnet de tête. Contrôle et nettoyage des entrées/patins. Contrôle roues du déclencheur ou la châssis de matrice. Contrôle accouplements et douille/pâture.		1	5
G105	Eleveur gouttes	P3M0005 Inspection de la châssis avec vis et boulons. a) Contrôle du bâtonnet de tête. Contrôle du bâtonnet de pied.		1	5

35

6.3 MP Systématique

II. Exécuter :

- LA GAMME OPÉRATOIRE D'INTERVENTION :
 - Établie après la démarche de diagnostic, elle applique les principes généraux d'établissement des gammes de fabrication :
 - décomposition en phases, sous -phases, opérations
 - étude des moyens, des temps, des coûts, des outillages...
- EN MAINTENANCE, ON TROUVERA SOUVENT LES PHASES SUIVANTES :
 - déposer (en sous-ensembles), assembler, démonter, remonter (pièces), nettoyer.
 - expertiser (expertise définitive des points litigieux), consigner.
 - réparer, usiner.
 - contrôler.
- L'ENCLENCHEMENT DES PHASES EST SUivant UN « ORDONNEMENT » DONNE CHAQUE OPÉRATION CONTIENDRA LES INFORMATIONS SUIVANTES :
 - description du travail et temps alloués.
 - matière ou pièce consommées.
 - moyens d'exécution : outillage, engin de manutention et moyens de contrôle.
- UNE GAMME TYPE PEUT ÊTRE ÉLABORÉE POUR UNE FAMILLE DE RÉPARATIONS SEMBLABLES (moteur électrique, pompes centrifuges...).

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

57

37

6.3 MP Systématique

N°	PROCESSEUS D'INTERVENTION	MATERIEL Matériel nécessaire à l'intervention	MARQUE C.F.I.	DOCUMENT GAMME TYPE	NATURE DE L'INTERVENTION	
					Fréquence	Durée
100	Opérations à effectuer					
101	Interventions préventives (cf. GSI)					
102	Intervention					
201	Démonter les barrières de sécurité				Ce à jour de 5	
202	Nettoyer les surfaces (cf. 5.2 et 5.3)				Ce à jour de 6	
203	Nettoyer les surfaces avec des produits et gants d'entretien (cf. 5.4)					
301	Effectuer l'entretien et/ou réparation (cf. Cf de R et Cf de R+)					
302	Nettoyer sur les places					
303	Nettoyer les surfaces de l'outil					
305	Repérer le siège/assise (cf. 5.6)					
307	Respecter les ressources (cf. 5.7)					
309	Assurer la disponibilité (cf. 5.8)					
401	Assembler et/ou coller les composants					
402	Respecter le classement et poser position (cf. 5.2)					
403	Respecter la couleur (cf. 5.3)					
404	Respecter les exigences de sécurité (cf. 5.4)					
405	Respecter les barrières de sécurité				Ce à jour de 5	
406	ESSAI					
407	Appliquer les normes et directives					
408	Respecter les critères de performance sur les pièces manutentionnées					

Technologie de gestion de la maintenance

58

38

6.4 MP conditionnelle

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

59

39

6.4 MP conditionnelle

□ Définitions

- Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. (Norme NF EN 13306)

□ Avantages:

- ✓ Elimination possible du risque de défaillance donc pas de dégâts collatéraux, durabilité plus grande et bon fonctionnement.
- ✓ Gestion aisée des ressources humaines et matérielles.
- ✓ Réduction des temps d'arrêt donc coût d'indisponibilité limité.
- ✓ Meilleure efficience par de meilleures préparation et planification.

□ Inconvénients:

- ✓ Nécessité de moyens de contrôle et d'analyse coûteux.
- ✓ Nécessité de déterminer les seuils et périodicité de mesure.
- ✓ Nécessité de former les opérateurs de Maintenance.
- ✓ Sous-traitance de travaux de maintenance conditionnelle

17/10/2019

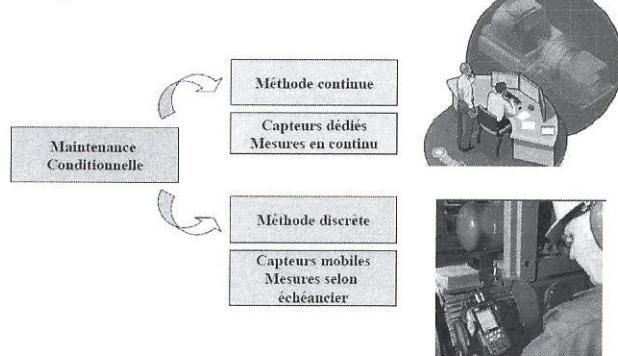
Technologie de gestion de la maintenance

60

40

6.4 MP conditionnelle

□ Types de Maintenance conditionnelle



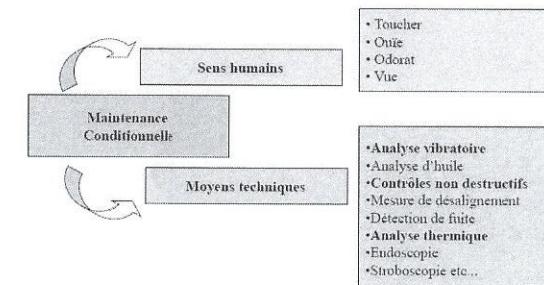
17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

41

6.4 MP conditionnelle

□ Moyens de contrôle de la Maintenance conditionnelle



17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

42

6.5 MP de ronde

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

43

6.5 MP de ronde

□ Définition :

Opérations nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur t ou nb d'unités d'usage.

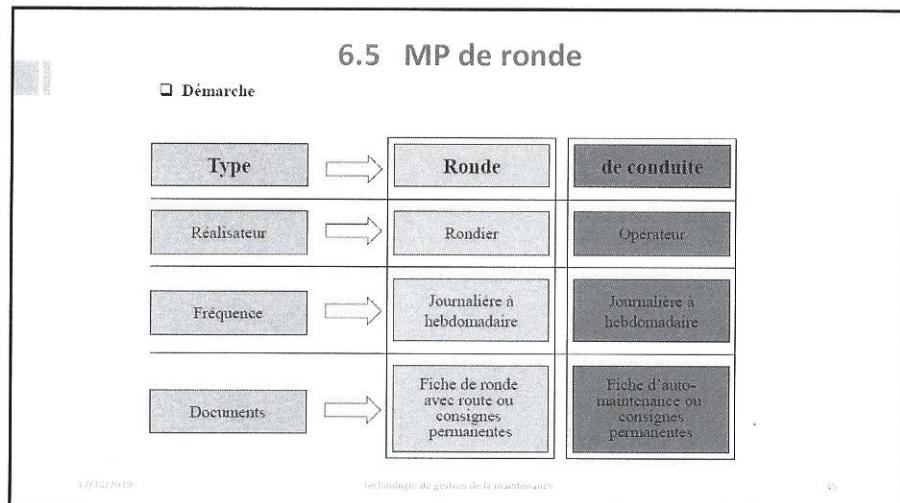
□ Types :

- **l'Inspection** : c'est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Cette activité peut s'exercer notamment au moyen de ronde.
- **Le contrôle** : c'est une vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Le contrôle peut :
 - comporter une activité d'information,
 - inclure une décision : acceptation, rejet, aiguisement,
 - déboucher sur des actions correctives.
- **La visite** : c'est une opération consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du 1er niveau.

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

44



45

6.5 MP de ronde

Exemple:

MANUEL DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE INFORMATIQUE MÉCANIQUE

Plan de ronde	Code Equipment	Désignation	Type: Soin	
			EN MARCHE	DÉTECTION DES FAUTEAUX
D451	PSM0050	Journailler: CONTRÔLE	<ul style="list-style-type: none"> Fuite d'huile Fuite d'eau Etat du compresseur La purge automatique des condensants pendant la charge LECTURE ECRAN Message d'alarme Etat de marche Température air huile et éléments Condition de marche Même contrôle que le journalier plus: Appoint huile si nécessaire (compresseur à l'arrêt) Nettoyage compresseur Douillage filtre à air (compresseur à l'arrêt) Contrôle soufflage de sécurité 	4
D452	PSM0050	Journailler: CONTRÔLE	<ul style="list-style-type: none"> Fuite d'huile Fuite d'eau Etat du compresseur La purge automatique des condensants pendant la charge LECTURE ECRAN Message d'alarme Etat de marche Température air huile et éléments Condition de marche Même contrôle que le journalier plus: Appoint huile si nécessaire (compresseur à l'arrêt) Nettoyage compresseur Douillage filtre à air (compresseur à l'arrêt) Contrôle soufflage de sécurité 	4

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 46

Autres formes de la maintenance

Maintenance d'acquisition

- ✓ Consiste à prendre en compte les exigences de la Maintenance au stade de l'acquisition des équipements, leur réception, installation et renouvellement.

• Activités:

- ✓ Elaboration de méthodes de décision de renouvellement d'un équipement
- ✓ Elaboration de cahier de charge pour l'achat des équipements.
- ✓ Elaboration de check lists pour l'établissement de contrat, de réception et d'installation.
- ✓ Etablissement de fiche technique pour les composants.
- ✓ Etablissement de procédure de conservation des composants en stock.

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 47

Autres formes de la maintenance

Maintenance Améliorative

- ✓ Consiste à apporter des modifications aux entités pour satisfaire des objectifs de performance, de qualité, de coût, de sécurité et de protection de l'environnement.

• Activités:

- ✓ Supprimer les causes première de défaillances.
- ✓ Satisfaire de nouvelles exigences de production par des modernisations et adaptations.
- ✓ Augmenter la durée de vie par des rénovations.

17/10/2019 Technologie de gestion de la maintenance 48

Autres formes de la maintenance

□ Maintenance Proactive

- ✓ Consiste à analyser les retours d'expérience, déterminer les causes des défaillances et trouver les remèdes à même de les éliminer ou tout au moins d'en réduire les effets et l'occurrence

• Activités:

- ✓ Sélection des équipements devant faire l'objet d'une grande attention.
- ✓ Mise en place de moyens de détection des défaillances et leur suivi.
- ✓ Gestion des retours d'expérience.
- ✓ Réalisations de méthodes d'étude et d'analyse telles que l'AMDEC
- ✓ Mise en place et formation de groupes d'étude.
- ✓ Mise en place d'un système de gestion des études.

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

49

49

Application

- Indiquer pour chaque intervention la méthode de maintenance correspondante.

Interventions	Maintenance corrective		Maintenance Préventive		Maintenance améliorative
	Dépannage	Réparation	Systématique	Conditionnelle	
Vidange tous les 10000 Km					
Remise à neuf d'une machine					
Changer un cardan					
Changer un filtre avec indicateur de colmatage					
Changer un roulement défaillant					
Modernisation d'une chaîne de production					
Echanger une roue crevée					
REMPLACER UN ROULEMENT SUITE À UN TEST D'ANALYSE VIBRATOIRE					

17/10/2019

Technologie de gestion de la maintenance

50

50

Chapitre 2 :

Connaissance du matériel et Documentation de maintenance

51

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

51

Introduction

- ▶ La connaissance des matériels est nécessaire pour assurer le suivi des matériels et anticiper leur évolution
- ▶ Les bases de la connaissance des matériels sont : l'identification, la classification et l'inventaire réactualisé du parc de matériels à gérer .



52

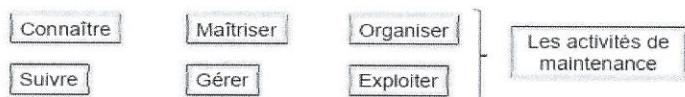
Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

52

Classification et nature du matériel

- Suite à la diversité des matériels dans une entreprise, il y a une nécessité à faire une **classification logique et judicieuse** permettant de :



- La **classification la plus utilisée** est basée sur la distinction des matériels liés à la production et les autres matériels

▶ 53

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

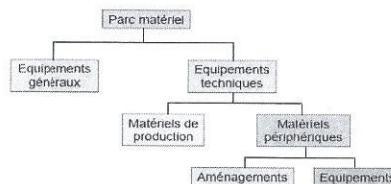
17/10/2019

53

Classification et nature du matériel

- Matériels directement liés à la production** : dont tout arrêt provoque un ralentissement ou une mauvaise qualité de la production
- Matériels non liés à la production** : matériels dont la défaillance n'affecte pas la production

Classification arborescente des matériels



▶ 54

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

54

Classification et nature du matériel

Matériels de production

Systèmes (manuels, semi-automatiques, automatiques), machines uniques, lignes complètes participant par leur fonction à la réalisation de la mission de l'entreprise

Machines-outils, presses mécaniques

Unités de conditionnement

Machine de grenaillage, fours (entreprise de peinture)

Chambres froides (industrie agroalimentaire)



▶ 55

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

55

Classification et nature du matériel

Matériels périphériques

- Equipements

Générateurs d'énergie : pompes, compresseurs, chaudières

Outilages

Systèmes liés à l'environnement : conditionnement de l'air, traitement des déchets

- Aménagements

Réseaux d'alimentation en énergie : électricité, eau, air comprimé

Systèmes d'éclairage, installations de chauffage, canalisations

Ascenseurs

▶ 56

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

56

Classification et nature du matériel

▶ **Equipements généraux ou installations**

- Bâtiments, routes
- Locaux et matériels de restauration
- Réseaux informatiques
- Matériels de bureau, téléphonie
- Espaces verts et clôtures

▶ 57

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Nomenclature des équipements

▶ **Nomenclature : document rassemblant sous forme de listes tous les matériels de l'entreprise, classés par familles, codifiés et localisés avec précision**

▶ **But et intérêt**

Nomenclature précise et détaillée : indispensable pour la pratique d'une maintenance efficace et rentable

Affectation d'un code à chacun des matériels, permettant sa désignation sans ambiguïté

Informations fournis par le code : localisation (zone pour une machine, machine pour une pièce ou composant), caractéristiques, fonction, type, ...

Nomenclature : serv à l'établissement des budgets de maintenance, l'élaboration des contrats de sous-traitance et la définition des méthodes de maintenance

▶ 58

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

57

58

Nomenclature des équipements

▶ **Construction et architecture de la nomenclature**

- **Construction par arborescence : découpage sous forme fonctionnelle**
- Par atelier ou groupe de production (situation géographique)
- Par chaîne de maintenance (gestion des opérations)
- Par regroupement de maintenance (suivi des machines)
- Par ensembles fonctionnels (sous-ensembles, composants, organes)

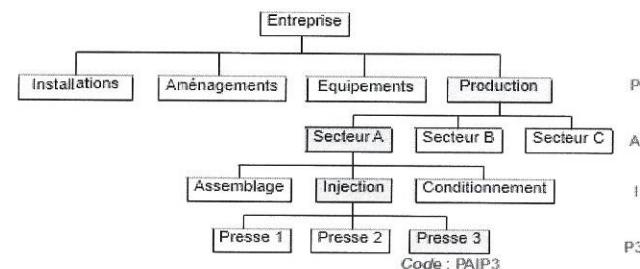
▶ 59

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Nomenclature des équipements

- **Architecture de la nomenclature**



▶ 60

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

59

60

Introduction

- Il y a une grande nécessité d'une parfaite maîtrise de la documentation relative aux différents matériels et installations.

La documentation

Dossier machine

Caractéristiques, instructions de fonctionnement, schémas, plans, ...

Dossier historique

Contenu de toutes les opérations réalisées sur le matériel depuis sa mise en service

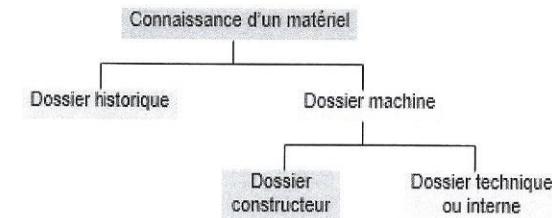
▶ 61

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Dossier machine

Constituants de la connaissance d'un matériel



▶ 62

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

61

62

Dossier machine

Dossier constructeur

- *Documents de présentation* : destinés à l'information préalable des clients avant toute commande

- Fiche technique
- Fiche signalétique
- Schéma général de principe
- Plans d'ensemble

- *Documents d'exploitation et de maintenance* : nécessaires à la mise en œuvre et à la maintenance

- Schémas fonctionnels et autres schémas (électriques, hydrauliques, ...) Instructions d'installation, d'utilisation et de maintenance Catalogue des articles de rechange Consignes de sécurité Liste des accessoires

▶ 63

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Dossier machine

Dossier technique ou interne

Constitué d'informations regroupées par l'utilisateur du matériel

Spécifique à un matériel à partir de ses caractéristiques et en fonction de son lieu d'exploitation : environnement, conditions d'utilisation, types de production, outillages spéciaux

Modifications et/ou transformations apportées au matériel

Dossier mis à jour régulièrement : connaître l'état exact d'un matériel à un moment donné

▶ 64

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

63

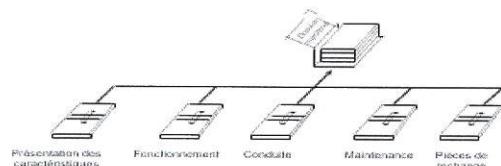
64

Dossier machine

➡ Construction et architecture du dossier machine

Dossier machine : constitué à partir d'un découpage arborescent du matériel en partant de l'ensemble jusqu'aux éléments non décomposables

Matériels simples : adoption d'une architecture horizontale



Présentation des caractéristiques Fonctionnement Conduite Maintenance Pièces de rechange

▶ 65

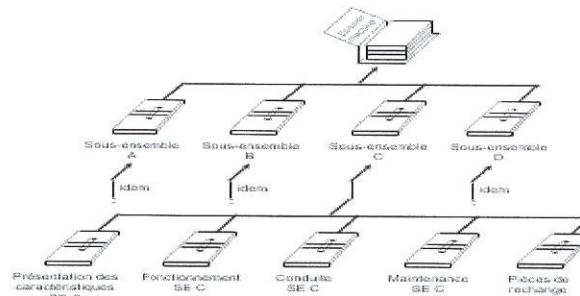
Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

65

Dossier machine

➡ Matériels complexes : organisation verticale du dossier machine



Présentation des caractéristiques SEC
Fonctionnement SEC
Conduite SEC
Maintenance SEC
Pièces de rechange SEC

▶ 66

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

66

Dossier machine

➡ Gestion des dossiers machine

Regroupement de la totalité des dossiers machine dans un même endroit : gestion plus facile, exploitation efficace pour la préparation des interventions et l'établissement des plannings de maintenance

Adressage des dossiers machine : utilisation du même code que les matériaux

Si la maintenance est prise en charge par le constructeur ou un service après-vente : dossier machine limité aux informations de conduite, de réglage et d'entretiens simples

Si la maintenance est prise en charge par l'utilisateur : dossier machine complet, son contenu négocié au moment de la commande

▶ 67

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

67

Dossier historique d'une machine

➡ Intérêt et constitution

- **Dossier historique** : document indispensable à la maintenance - description chronologique de toutes les interventions effectuées sur un matériel depuis sa mise en service (carnet de santé du matériel)

- **Constitution du dossier historique :**

Modifications et améliorations

Description des travaux lourds effectués

Rapports d'expertise ou d'incidents

Fichier historique (opérations de maintenance réalisées)

▶ 68

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

68

Dossier historique d'une machine

► Fichier historique

- Constitution

Répertoire de toutes les opérations effectuées sur un matériel : correctives, préventives, modifications, graissage, visites, contrôles, ...

Fichier historique : document papier ou fichier informatique si le service maintenance dispose d'une GMAO

Fichier historique : renseigné directement par l'intervenant lui-même ou par l'agent des méthodes à partir des indications des comptes-rendus d'intervention

► 69

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Dossier historique d'une machine

- Exemple de feuille historique papier

Historique Machine				Code Machine
		Atelier	Machine	
Marque :	Date de mise en service :	P8	FD05	
Type : Filmuseuse (machine d'emballage)		N° Immatriculation Constructeur :	001TG41	Feuille n°1
Date Intervention	N° Ordre de Travail	Intervenant	Désignation	Temps passé
08/06/2009	542	H B	Remplacement axe bras supérieur	3.5 h 1 M210Z 2 KG67 1 JPX40
18/06/2009	504	M L	Contrôle armoire électrique suite à un échauffement	0.5 h
02/07/2009	630	B A	Visite préventive hydraulique	6 h HF24KLA SF0304 GHB250S NB412S

► 70

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Dossier historique d'une machine

- Exploitation du dossier historique :

Données pour des études de fiabilité : lois de fiabilité, évolution du taux de défaillance, MTBF (Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement)

Détermination de la disponibilité du matériel à partir de la fiabilité et la maintenabilité

Méthodes de maintenance : préparer les interventions pour les défaillances critiques et coûteuses, sélectionner et améliorer les organes fragiles

Gestion des stocks d'articles de rechange : suivre leur consommation et aide au choix de méthodes efficaces de leur gestion

Gestion de la maintenance : vérifier la rentabilité du service maintenance en surveillant l'évolution des coûts de défaillance des matériaux

► 71

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

Chapitre 3 : COMPORTEMENT DU MATÉRIEL

72

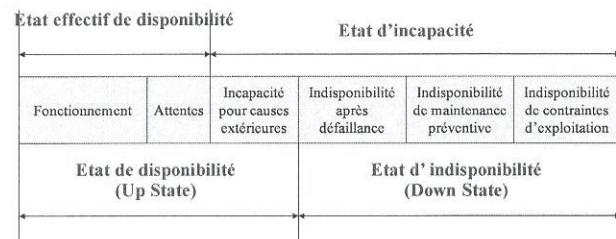
Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

71

Comportement du matériel

► Etats d'une entité :



▶ 73

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

73

ETUDE DES DEFAILLANCES

- Definition De La Défaillance

Alteration ou cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise

- Classification en fonction de la rapidité de leur manifestation

A défaillance progressive

DEFAILLANCE DUE A UNE EVOLUTION DANS LE TEMPS DES CARACTERISTIQUES D'UNE ENTITE

POSSIBILITE DE PREVOIR UNE TELLE DEFAILLANCE PAR UN EXAMEN OU UNE SURVEILLANCE ANTERIEURS

EXEMPLE : USURE DES BAGUES D'UN ROULEMENT A BILLES

▶ 74

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

74

ETUDE DES DEFAILLANCES

A DEFAILLANCE SOUDAINNE

DEFAILLANCE QUI NE SE MANIFESTE PAS PAR UNE PERTE PROGRESSIVE DES PERFORMANCES ET QUI N'AURAIT PAS PU ETRE PREVUE PAR UN EXAMEN OU UNE SURVEILLANCE ANTERIEURS

EXEMPLE : CLAQUAGE D'UN COMPOSANT ELECTRONIQUE

- CLASSIFICATION EN FONCTION DE LEUR AMPLITUDE

A DEFAILLANCE PARTIELLE

DEFAILLANCE RESULTANT DE DEVIATION D'UNE OU DES CARACTERISTIQUES AU-DELA DES LIMITES SPECIFIEES, MAIS TELLE QU'ELLE N'ENTRAINE PAS UNE DISPARITION COMPLETE DE LA FONCTION REQUISE

A DEFAILLANCE COMPLETE

DEFAILLANCE RESULTANT DE DEVIATION D'UNE OU DES CARACTERISTIQUES AU-DELA DES LIMITES SPECIFIEES, TELLE QU'ELLE ENTRAINE UNE DISPARITION COMPLETE DE LA FONCTION REQUISE

▶ 75

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

75

ETUDE DES DEFAILLANCES

- CLASSIFICATION EN FONCTION DE LA RAPIDITE DE LEUR MANIFESTATION ET DE LEUR AMPLITUDE

A DEFAILLANCE CATALECTIQUE

DEFAILLANCE QUI EST A LA FOIS SOUDAINNE ET COMPLETE

A DEFAILLANCE PAR DEGRADATION

DEFAILLANCE QUI EST A LA FOIS PROGRESSIVE ET PARTIELLE

- CLASSIFICATION EN FONCTION DES EFFETS

A EFFETS D'UNE DEFAILLANCE

MANIFESTATION RESULTANT DE L'OCCURRENCE DE CETTE DEFAILLANCE

EXEMPLE : VIBRATIONS EXCESSIVES D'UNE MACHINE TOURNANTE DUES A UNE USURE DES PALIERS SUPPORTANT L'ARbre

▶ 76

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

76

ETUDE DES DEFAILLANCES

A DEFAILLANCE MINEURE

DEFAILLANCE CAUSANT UN DOMMAGE NEGLIGEABLE AU SYSTEME OU A SON ENVIRONNEMENT SANS TOUTEFOIS PRESENTER DE RISQUE POUR L'HOMME

A DEFAILLANCE SIGNIFICATIVE

DEFAILLANCE QUI NUIT AU BON FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME SANS TOUTEFOIS CAUSER DE DOMMAGE NOTABLE, NI PRESENTER DE RISQUE IMPORTANT POUR L'HOMME

A DEFAILLANCE CRITIQUE

DEFAILLANCE ENTRAINANT LA PERTE D'UN (OU DES) FONCTION(S) ESSENTIELLE(S) D'UN SYSTEME ET CAUSE DES DOMMAGES IMPORTANTS AU SYSTEME OU A SON ENVIRONNEMENT EN NE PRESENTANT TOUTEFOIS QU'UN RISQUE NEGLIGEABLE DE MORT OU DE BLESSURE

▶ 77

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

77

ETUDE DES DEFAILLANCES

A DEFAILLANCE CATASTROPHIQUE

DEFAILLANCE OCCASIONNANT LA PERTE D'UNE (OU DES) FONCTION(S) ESSENTIELLE(S) D'UN SYSTEME EN CAUSANT DES DOMMAGES IMPORANTS AU SYSTEME OU A SON ENVIRONNEMENT ET/OU ENTRAINE, POUR L'HOMME, LA MORT OU DES DOMMAGES CORPORELS

- CLASSIFICATION EN FONCTION DES CAUSES

A CAUSES DE DEFAILLANCES

CIRCONSTANCES LIEES A LA CONCEPTION, LA FABRICATION OU L'EMPLOI D'UNE ENTITE ET ENTRAINANT SA DEFAILLANCE

EXEMPLE : RUPTURE D'UN ARBRE D'UNE MACHINE TOURNANTE CAUSEE PAR UN MAUVAIS TRAITEMENT THERMIQUE

▶ 78

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

78

ETUDE DES DEFAILLANCES

A DEFAILLANCE PREMIERE

DEFAILLANCE D'UNE ENTITE DONT LA CAUSE DIRECTE OU INDIRECTE N'EST PAS LA DEFAILLANCE D'UNE AUTRE ENTITE

EXEMPLE : RUPTURE D'UNE CODUITE SUITE A UNE MISE EN PRESSION INFÉRIEURE A LA PRESSION DE DIMENSIONNEMENT

DEFAILLANCE DUE, PAR EXEMPLE, A DES PROBLÈMES D'USURE, A DES DEFAUTS DE CONCEPTION, DE FABRICATION OU DE SPECIFICATIONS TECHNIQUES

A DEFAILLANCE SECONDE

DEFAILLANCE D'UNE ENTITE DONT LA CAUSE DIRECTE OU INDIRECTE EST LA DEFAILLANCE D'UNE AUTRE ENTITE ET POUR LAQUELLE CETTE ENTITE N'A PAS ETE QUALIFIEE ET DIMENSIONNEE

EXEMPLE : RUPTURE D'UNE CODUITE SUITE A UNE MISE EN PRESSION SUPÉRIEURE A LA PRESSION DE DIMENSIONNEMENT, RÉSULTANT DE LA DEFAILLANCE D'UN AUTRE COMPOSANT (SOUHAPE DE SURETE)

▶ 79

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

79

ETUDE DES DEFAILLANCES

A DEFAILLANCE DE COMMANDE

DEFAILLANCE D'UNE ENTITE DONT LA CAUSE DIRECTE OU INDIRECTE EST LA DEFAILLANCE D'UNE AUTRE ENTITE A LA SUITE DE L'EMISSION DE SIGNAUX DE COMMANDE OU DE CONTRÔLE INTÉPESITIFS

EXEMPLE : UNE VANNE, EN POSITION NORMALEMENT FERMEE, S'OUVRE A LA SUITE DE L'EMISSION INTÉPESITIVE D'UN SIGNAL DE COMMANDE

- MODES DE DEFAILLANCES

MODE DE DEFAILLANCE : EFFET PAR LEQUEL UNE DEFAILLANCE EST OBSERVÉE

TRADUCTION D'UN EFFET DE LA DEFAILLANCE SUR LES FONCTIONS DU COMPOSANT

LES MODES DE DEFAILLANCE SONT GÉNÉRÉS PAR LES CAUSES DE DEFAILLANCE

▶ 80

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

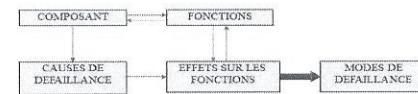
80

ETUDE DES DEFAILLANCES

EXEMPLE : DEFAILLANCE D'UN DISJONCTEUR ELECTRIQUE



LIENS ENTRE CAUSES, EFFETS ET MODES DE DEFAILLANCE



► 81

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

81

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

- NATURE DES DEFAILLANCES

MECANIQUE
DEFORMATION, USURE,
CORROSION, CAVITATION

ELECTRIQUE
ELECTRONIQUE
RUPTURE DE LIAISON,
USURE OU COLLAGE DES
CONTACTS, CLAQUAGE DE
COMPOSANTS

► 82

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

82

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

DEGRADATIONS PAR DEFORMATION

A DEFORMATION : MODIFICATION DES DIMENSIONS ET DE LA FORME D'UNE PIECE SOUS L'ACTION DES EFFORTS APPLIQUES

A EVITER DES DEFORMATIONS IMPORTANTES : RESISTANCE MECANIQUE SUFFISANTE, SINON DEGRADATION OU ARRET DU FONCTIONNEMENT DU MATERIEL

A MATERIAUX FRAGILES : RUPTURE APRES PEU DE DEFORMATION

A MATERIAUX DUCTILES : RUPTURE APRES UNE DEFORMATION IMPORTANTE

A EXEMPLES DE DEGRADATIONS PAR DEFORMATION

DEFORMATION A HAUTE TEMPERATURE PAR FLUAGE DES AUBES DE TURBINES DES TURBOREACTEURS

DEFORMATION DES BOULETS DE BROYAGE D'UN BROYEUR DE CIMENT

► 83

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

83

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

- TYPES DE DEFORMATIONS

A DEFORMATION ELASTIQUE

SE PRODUIT A FAIBLE CHARGE ET EST COMPLETEMENT REVERSIBLE

EN GENERAL, DEFORMATIONS TRES FAIBLES DANS LES METAUX ET CERAMIQUES ET N'ENTRAVENT PAS DE DEGRADATION DU FONCTIONNEMENT

CHARGEMENT UNIAXIAL : DEFORMATION PUREMENT ELASTIQUE SI LA CONTRAINTE APPLIQUEE EST INFERIEURE A LA LIMITE D'ELASTICITE

A DEFORMATION PLASTIQUE

DEFORMATION PERMANENTE, C'EST-A-DIRE QUI NE DISPARAIT PAS MEME SI ON SUPPRIME LES CHARGES APPLIQUEES ELLE PEUT CAUSER DES DEGRADATIONS IMPORTANTES ET LA MISE HORS USAGE DE LA PIECE OU STRUCTURE

CHARGEMENT UNIAXIAL : LA DEFORMATION PLASTIQUE APPARAIT QUAND LA CONTRAINTE APPLIQUEE DEVIENT EGAL A LA LIMITE D'ELASTICITE

► 84

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

84

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

A CAUSES DES DEGRADATIONS PAR DEFORMATION

- MAUVAISE CONCEPTION
- DEFAUTS DE FABRICATION
- MAUVAIS CHOIX DE MATERIAUX OU DU PROCEDE DE FABRICATION
- MAUVAISE UTILISATION DU MATERIEL (SURCHARGE)

A LUTTE ET PROTECTION CONTRE LES DEGRADATIONS PAR DEFORMATION

EVITER LES CAUSES CI-DESSUS ET INSPECTER PERIODIQUEMENT LES COMPOSANTS SUSCEPTIBLES DE SE DEFORMER

► 85

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

85

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

DEGRADATIONS PAR RUPTURE

RISQUE DE RUPTURE BRUTALE DE CERTAINES STRUCTURES CAUSEE PAR LA PRESENCE DE FISSURES

CAUSES DE FISSURATION : Soudage deficient, corrosion sous tension, fatigue (charges cycliques), fluage (fonctionnement à haute température), ...



► 86

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

86

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

- TYPES DE RUPTURES

RUPTURE DUCTILE : PRÉCÉDÉE D'UNE DÉFORMATION PLASTIQUE IMPORANTE – CASSURE FIBREUSE

RUPTURE FRAGILE : SE PRODUIT APRÈS PEU DE DÉFORMATION PLASTIQUE – CASSURE GRANULAIRE

RUPTURE PARTICULIÈREMENT DANGEREUSE PUISQU'ELLE EST BRUTALE ET PEUT SE PRODUIRE MÊME QUAND LE CONTRAINTES GLOBAL NE DÉPASSE PAS LA LIMITÉ D'ELASTICITÉ NIVEAU DE DU MATERIAU

CALCUL A L'AIDE DES LOIS DE LA MÉCANIQUE DE LA RUPTURE ET NON DE LA RÉSISTANCE DES MATERIAUX

► 87

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

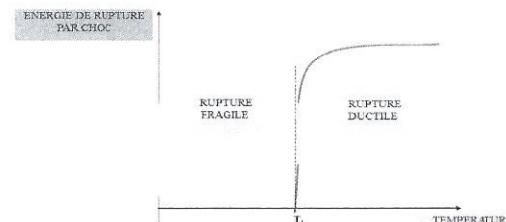
17/10/2019

87

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

- TEMPERATURE DE TRANSITION DUCTILE - FRAGILE

FRAGILITÉ À FROID : CERTAINS MATERIAUX DEVIENT FRAGILES QUAND LA TEMPÉRATURE BAISSE AU-DESSOUS DE T_c (TEMPÉRATURE DE TRANSITION DUCTILE - FRAGILE)



T_c INFLUENCE PAR LA NATURE DU MATERIAU, LA PRÉSENCE DE CONCENTRATEURS DE CONTRAINTES ET LA VITESSE DE SOLlicitation

► 88

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

88

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- PRÉSENCE DE CONCENTRATEURS DE CONTRAINTES

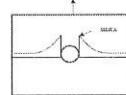
SOUJDURES, ENTAIILLES, TROUS, RAINURES OU
CHANGEMENT BRUSQUE DE SECTION



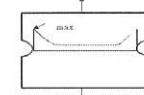
CONCENTRATION LOCALE DE CONTRAINTES



INITIATION DE FISSURES ET PROPAGATION BRUTALE
CONDUISSANT À UNE RUPTURE FRAGILE



- Trou -



- Entaille -

▶ 89

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

COEFFICIENT DE CONCENTRATION DE CONTRAINTES $K_I = \frac{\sigma_{max}}{\sigma}$

PLUS K_I CROIT ET PLUS LE RISQUE DE RUPTURE FRAGILE AUGMENTE

MINIMISER LES CONCENTRATEURS DE CONTRAINTES ET EN TENIR
COMPTE DANS LE DIMENSIONNEMENT

- VITESSE DE SOLlicitATION

AUGMENTATION DE LA VITESSE DE SOLlicitATION CHOC \Rightarrow
DECALAGE DE LA TEMPERATURE DE LA TRANSITION T_f VERS
LES HAUTES TEMPERATURES

↓
AUGMENTATION RISQUE DE RUPTURE FRAGILE

EXEMPLE : POUR UN ACIER ORDINAIRE (E 24), LE PASSAGE D'UNE
VITESSE DE SOLlicitATION DE 0,6 mm/min A UNE VITESSE DE 5 m/s
(CHOC) SUR UNE PIÈCE ENTAILLÉE DECALÉ T_f DE 110°C DE 0,6 mm/mm
A UNE VITESSE DE 5 m/s (CHOC)

▶ 90

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

90

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- RUPTURE PAR FATIGUE

SOLlicitATIONS MECANIQUES VARIABLES \Rightarrow RISQUE DE RUPTURE A
DES NIVEAUX DE CONTRAINE <LIMITE D'ELASTICITE : PHENOMENE
DE FATIGUE

APPARITION ET PROPAGATION DE FISSURES EN SURFACE

PROPAGATION BRUTALE QUAND LES FISSURES ATTEIGNENT UNE TAILLE
CRITIQUE \Rightarrow RUPTURE PAR FATIGUE

EXEMPLES DE RUPTURES PAR FATIGUE : RUPTURE D'UNE BIELLE
OU D'UN VILEBREQUIN DE MOTEUR, RUPTURE D'UNE AILE D'AVION

CASSURE PAR FATIGUE : TROIS ZONES

ZONE D'AMORCAGE :
ASPECT LISSE

ZONE FORMEE
DE STRIES
FRONTS DE
PROPAGATION



▶ 91

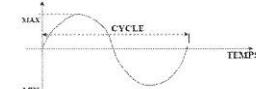
Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

91

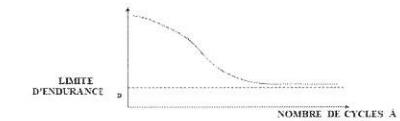
PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

RÉSISTANCE À LA FATIGUE OU LIMITÉ D'ENDURANCE : DÉTERMINÉE
PAR DES ÉSSAIS DE FATIGUE



TROUVER LE NOMBRE DE CYCLES N_f ENTRAINANT LA RUPTURE
POUR UN NIVEAU DE CONTRAINE σ \Rightarrow COURBE DE WOHLER

LIMITÉ D'ENDURANCE σ_0 = ASYMPTOTE DE LA COURBE DE WOHLER



▶ 92

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

92

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

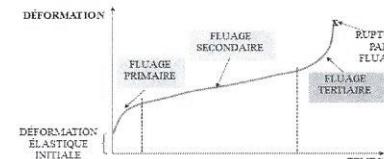
- RUPTURE PAR FLUAGE

SOLICITATIONS MÉCANIQUES + ACTION DE TEMPERATURE ELEVÉE =>
DEFORMATION PERMANENTE ET CONTINUE DES PIÈCES : FLUAGE

APRÈS UN CERTAIN TAUX DE DEFORMATION : RISQUE DE RUPTURE PAR FLUAGE

EXEMPLES : AILETTES DE TURBINES A VAPEUR OU DE TURBOREACTEURS

TEMPERATURE DE FLUAGE : $T > 0.3 \text{ à } 0.4 T_f$ POUR LES MÉTALS,
 $T > 0.4 \text{ à } 0.5 T_f$ POUR LES CÉRAMIQUES



▶ 93

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- PRÉVENTION ET LUTTE CONTRE LES RUPTURES

RUPTURES : DÉGRADATIONS DANGEREUSES ET DÉGATS SOUVENT CONSIDÉRABLES => ACTIONS DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE POUR ÉVITER LE RISQUE DE RUPTURE BRUTALE

* RUPTURE FRAGILE

S'ASSURER QUE LE FONCTIONNEMENT < TEMPERATURE DE TRANSITION DUCTILE - FRAGILE => RUPTURE DUCTILE
MATERIELS TRAVAILLANT À BASSE T : UTILISER DES MATERIAUX INSENSEIBLES À LA FRAGILISATION À BASSE T (Co, Al, INOX AUSTENTIQUE)
MINIMISER LES CONCENTRATEURS DE CONTRAINTE LORS DE LA CONCEPTION => ÉVITER L'APPARITION DE FISSURES POUVANT ENTRAÎNER LA RUPTURE

S'ASSURER QUE LA TAILLE DES FISSURES EST < TAILLE CRITIQUE
CONTROLE PÉRIODIQUE DES FISSURES : VISUEL, LOUPE, ULTRASONS,...
ÉVITER LES CHOCOS LORS D'Actions DE MAINTENANCE OU D'UTILISATION DU MATERIEL

▶ 94

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

93

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

* RUPTURE PAR FATIGUE

STRUCTURES SOUMISES À DES SOLICITATIONS RÉPÉTÉES : STRUCTURE D'UN AVION, BIÉLLE DE MOTEUR,...

APPARITION ET PROPAGATION DE FISSURES POUVANT ENTRAINER LA RUPTURE PAR FATIGUE

CONTROLE PÉRIODIQUE DE L'EVOLUTION DES FISSURES DE FATIGUE AU NIVEAU DES SOUDURES, TROUS, ENTAILLES,...

* RUPTURE PAR FLUAGE

STRUCTURES TRAVAILLANT À CHAUD ET SUBISSANT DES CHARGES CONTINUES : AILETTES DE TURBINES, TUBES DE CHAUDIERES,...

CONTROLE PÉRIODIQUE DES STRUCTURES POUR NE PAS DÉPASSER LE SEUIL DE DEFORMATION TOLERÉ

CHOIX DE MATERIAUX RESISTANTS AU FLUAGE

▶ 95

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

DEGRADATIONS PAR USURE

- DEFINITION

USURE = Perte progressive de matière de la surface active d'un corps par suite du mouvement relatif d'un autre corps sur cette surface

- EVOLUTION DE L'USURE

* RODAGE : ARASAGE DES ASPERITÉS DE LA SURFACE DES PIÈCES MÉCANIQUES

CROISSANCE RAPIDE → LAPORTE DE MASSE ET AMÉLIORATION DE L'ETAT DE SURFACE

RODAGE BIEN FAIT => ATTEINTE D'UN RÉGIME DE FONCTIONNEMENT NORMAL

* PÉRIODE D'USURE NORMALE : RÉGIME STATIONNAIRE AVEC PERTES

* PÉRIODE DE VIEILLISSEMENT RAPIDE : DÉTERIORATION RAPIDE DES ÉLÉMENTS DE MACHINES

▶ 96

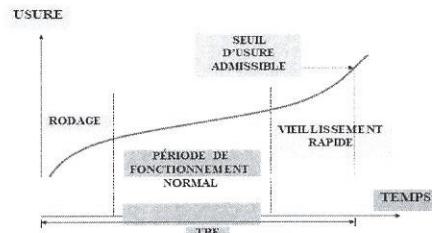
Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

95

96

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES



- TBF : TEMPS DE BON FONCTIONNEMENT, DEFINI EN FIXANT UN SEUIL D'USURE ADMISSIBLE

▶ 97

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- FACTEURS DE L'USURE

- MODE DE CONTACT : PONCTUEL, LINEAIRE OU SURFACIQUE
- RUGOSITÉ : ETAT DE SURFACE MICROGÉOMÉTRIQUE
- CHARGE DE CONTACT
- VITESSE RELATIVE DES SURFACES EN CONTACT
- MILIEU AMBIANT : TEMPERATURE, PRESSION, PRÉSENCE D'AGENTS CORROSIFS OU DE LUBRIFIANTS
- NATURE DES MATERIAUX : COMPOSITION CHIMIQUE, STRUCTURE, PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE SURFACE

▶ 98

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

97

98

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- EFFETS OBSERVÉS PENDANT L'USURE

- RESISTANCE AU DEPLACEMENT
- VIBRATIONS : DUES AUX VARIATIONS DES FORCES DE FROTTEMENT
- ECHAUFFEMENTS DES PIÈCES EN CONTACT => RISQUE D'ADHESION OU DE MICROSOUUDAGE
- TRANSFORMATIONS GÉOMÉTRIQUES : PERTE DE CÔTE ET DE FORME PENDANT L'USURE
- TRANSFORMATIONS MÉCANIQUES : DUES AUX CONTRAINTES MÉCANIQUES ET AUX ECHAUFFEMENTS ET CONCERNENT LES COUCHES SUPERFICIELLES
- VARIATIONS DE MASSE

▶ 99

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- MÉCANISMES DE L'USURE

- L'ADHÉSION (USURE ADHÉSIVE OU GRIPPAGE)
 - TRANSFERT DU MATERIAU D'UNE DES PIÈCES FROTTEANTES SUR LA SURFACE DE L'AUTRE
 - DÉADHESION DES JONCTIONS ENTRE ASPERITÉS
 - TAUX DE TRANSFERT FONCTION DU MILIEU AMBIANT ; SANS LUBRIFIANT, TYPE DE LUBRIFIANT
- L'ABRASION (USURE ABRASIVE)
 - ARRACHEMENT DE MATIÈRE PRODUIT PAR DES PARTICULES DURES SE TROUvant ENTRE LES DEUX SURFACES FROTTEANTES OU ENCASTRÉES DANS L'UNE DES SURFACES
 - TAUX D'USURE FONCTION DE L'ORIENTATION ET DE LA TAILLE DES PARTICULES

▶ 100

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

100

99

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

• L'EROSION (USURE EROSIVE)

PERTE DE MATIÈRE D'UNE SURFACE DUE AU CONTACT AVEC UN FLUIDE EN MOUVEMENT RELATIF CONTENANT DES PARTICULES SOLIDES

TAUX DE TRANSFERT FONCTION DE L'ANGLE D'ATTaque, DE LA TAILLE ET LA VITESSE DES PARTICULES

• L'USURE PAR FATIGUE

CAS DE CHARGES DE CONTACT FORTES ET VARIABLES AVEC LE TEMPS

FISSURES, ECAILLES, DEPLACEMENTS DES COUCHES SUPERFICIELLES

▶ 101

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

101

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- LES LOIS D'USURE

LOIS D'USURE : PARAMÈTRE D'USURE EN FONCTION DU TEMPS

SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA DEGRADATION PAR USURE => PRÉVISION DE LA DATE DE L'INTERVENTION PRÉVENTIVE

EXEMPLES DE PARAMÈTRES D'USURE

DIRECTS

COTES, RUGOSITÉ, DUREté SUPERFICIELLE, Perte DE MASSE, ...

INDUITS

NIVEAU DE VIBRATIONS, ELEVATION DE TEMPérATURE, RENDEMENT, DEBIT, PRESSION, ...

▶ 103

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

103

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

• L'USURE CORROSIVE

1^{ER} STADE : CORROSION DES SURFACES MÉTALLIQUES

2^{EME} STADE : ENLEVEMENT DU FILM DU MATERIAU CORRODE => MATERIAU MIS ANU PAR FROTTEMENT => LE PROCESSUS DE CORROSION RECOMMENCE

TAUX D'USURE FONCTION DE LA NATURE DES PRODUITS DE CORROSION

▶ 102

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

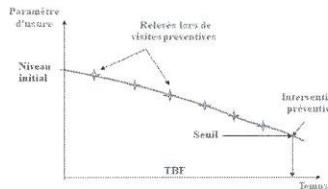
17/10/2019

102

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

- MAÎTRISER UNE USURE

DETERMINER EXPÉRIMENTALEMENT UNE PERFORMANCE MINIMALE ADMISSIBLE
CHIFFRER LA VALEUR CORRESPONDANTE DU PARAMÈTRE D'USURE CHOISI
TRACER LA LOI D'USURE A PARTIR DES MESURES EFFECTUÉES LORS DE VISITES PRÉVENTIVES
EXTRAPOLER POUR DÉTERMINER LA DATE D'INTERVENTION PRÉVENTIVE
PRÉPARER ET PROGRAMMER L'INTERVENTION



▶ 104

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

104

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

L'USURE ET LES DIFFÉRENTES POLITIQUES DE MAINTENANCE

MAINTENANCE CORRECTIVE

AUCUN SUIVI DU MATERIEL ⇒ INTERVENTION APRÈS DÉFAILLANCE

ECHANGE DE PIÈCES, REPRISE DE SURFACE, RECHARGEMENT

TRAITEMENT DE TREMPÉ SUPERFICIELLE, DE CEMENTATION OU DE NITRURATION ⇒ AUGMENTER LA DURETÉ ET AMÉLIORER LA TENUE À L'USURE

MAINTENANCE PRÉVENTIVE

VISITES PÉRIODIQUES

DÉTERMINATION DE LA LOI D'USURE ET DU SEUIL D'ADMISSIBILITÉ

INTERVENTION PRÉVENTIVE DÉCLenchée AU SEUIL

▶ 105

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

105

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

LUBRIFICATION

INTERPOSITION D'UN FLUIDE (GRAISSE, HUILE) ENTRE LES SURFACES DE CONTACT DES PIÈCES

BUTS : REDUIRE LE FROTTEMENT ET DIMINUER L'USURE DES PIÈCES.
AUGMENTER LE RENDEMENT DES MÉCANISMES

PÉRIODicités PRéCONISEES PAR LE CONSTRUCTEUR OU BASEES SUR L'EXPérience

USURE DES ROULEMENTS

DÉFAILLANCES OBSERVÉES

ECAILLAGE (GRIPPAGE)

FATIGUE NORMALE
CHARGE ANORMALE
MAUVAIS MONTAGE
LUBRIFICATION INSUFFISANTE
PRÉSENCE D'IMPURITÉS

CAVITÉS ET EMPREINTES

CHOCS AU MONTAGE VIBRATIONS
LAMINAGE DE PARTICULES ÉTRANGERES
EXCESSIVES PENDANT L'ARRÊT

▶ 107

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

107

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

MAINTENANCE CONDITIONNELLE

EXISTENCE D'UN PARAMÈTRE MESURABLE SIGNIFICATIF DE L'USURE

INTERVENTION QUAND LE SEUIL DU PARAMÈTRE EST ATTEINT

EXEMPLES : CONTRÔLE DE TEMPÉRATURE DE ROULEMENTS, ANALYSE DES HUILES DE LUBRIFICATION D'UN TURBOREACTEUR

MAINTENANCE SYSTÉMATIQUE

LCI D'USURE CONNUE

DETERMINATION DE LA DATE D'INTERVENTION PÉRIODIQUE AU SEUIL

USURE ALéATOIRE

UTILISATION DU FICHIER HISTORIQUE ET DES LOIS DE FIABILITÉ

MTBF ET PÉRIODICITÉ D'INTERVENTION CONNUS

▶ 106

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

106

PRINCIPAUX TYPES DE DÉFAILLANCES

PENDANT LE RODAGE : LUBRIFICATION ABONDANTE, LUBRIFICATION A L'HUILE, VITESSES ET CHARGES REDUITES

CONTRÔLE DU BRUIT DE Fonctionnement : GRINCement (GRAISSAGE INSUFFISANT), CRAQUEMENT (PRÉSENCE DE PERTICULES ÉTRANGERES), BRUIT INTERRMITTENT (AVARIE DE BILLES OU USURE DE BAGUE EXTERIEURE)

CONTRÔLE DE TEMPÉRATURE : TOUCHER À LA MAIN, THERMOMÈTRE OU THERMOCOUPLE PLACE DANS LE PALIER – ELEVATION DE TEMPÉRATURE ⇒ Fonctionnement ANORMAL

CONTROLE DES DISPOSITIFS D'ETANCHEITÉ : FUITES DE LUBRIFIANTS ?

CONTROLE DU LUBRIFIANT : COULEUR, NIVEAU, VISCOSITÉ, ...

▶ 108

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

108

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

DEGRADATIONS PAR CORROSION

CORROSION = DEGRADATION D'UN MATERIAU METALLIQUE SOUS L'ACTION D'AGENTS CHIMIQUES

EXEMPLE DE CORROSION : ROUILLE D'UN ACIER ORDINAIRE EN ATMOSPHERE HUMIDE

DEGRADATIONS PAR CORROSION : DEGATS ET DEPENSES CONSIDERABLES (MOYENS DE PROTECTION)

- MORPHOLOGIE DE LA CORROSION

CORROSION UNIFORME : MEME VITESSE EN TOUS POINTS DE LA SURFACE DU METAL, LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES DU METAL NE SONT PAS EN GENERAL ALTEREES



▶ 109

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

109

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

- DEGRADATION PAR CAVITATION

À CAVITATION

FORMATION DE PETITES CAVITES SUPERFICIELLES LORSQU'IL Y A MOUVEMENT RELATIF ENTRE UNE SURFACE MECHANIQUE ET UN LIQUIDE

À MECHANISMES

○ PIÈCE IMMERGEE DANS UN LIQUIDE

AUGMENTATION LOCALE DE LA VITESSE DU LIQUIDE
DIMINUTION DE LA PRESSION EN DESSOUS DE LA TENSION DE VAPEUR DU LIQUIDE

FORMATION DE BULLES DE VAPEUR AU VOISINAGE DE LA PIÈCE TOURNANTE OU DANS UNE CANALISATION
IMPLOSION DES BULLES ET CRÉATION D'UNE ONDE DE CHOC
FORMATION DE CAVITES EN SURFACE

▶ 110

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

110

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

○ PIÈCE SOUMISE À DES IMPACTS DE GOUTTELETTES À GRANDE VITESSE

PRODUCTION D'UNE ONDE DE CHOC À LA SURFACE

FORMATION DE PETITES CAVITES SUPERFICIELLES

À CAS DE DEGRADATIONS PAR CAVITATION



▶ 111

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

111

PRINCIPAUX TYPES DE DEFAILLANCES

- DEFAILLANCES ELECTRIQUES

À RUPTURE DE LIAISON ELECTRIQUE

○ CAUSES : SOUVENT EXTRINSEQUES



○ EXEMPLE : RUPTURE DES SOUDURES DANS UN CIRCUIT ELECTRIQUE

À COLLAGE OU USURE DES CONTACTS

○ CONTACTS : POINTS FAIBLES D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

○ MODES DE DEFAILLANCES : USURE ADHESIVE OU SURCHAUFFE LOCALE

À CLAQUAGE D'UN COMPOSANT : RESISTANCE, TRANSISTOR...

▶ 112

Technologie de gestion de la maintenance industrielle

17/10/2019

112

Université Internationale de Casablanca
Ecole d'Ingénierie

Technologies de gestion de la maintenance



Prof. Asmae ABADI

Année Universitaire : 2019/ 2020

113

Chapitre 4 : Sûreté de fonctionnement

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

133

115

Plan du cours

1. La fonction maintenance : formes, enjeux, fonctions ...
2. Connaissance du matériel et Documentation de maintenance
3. Etude du comportement du matériel
4. Sûreté de fonctionnement :Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité
5. Gestion des opérations de maintenance : Méthodes et Outils de diagnostic
6. Outils de résolution des problèmes de maintenance et de rendement de l'équipement
7. Préparation et ordonnancement des interventions
8. Gestion globale du service maintenance

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

114

114

Introduction

- A quels points peut on avoir « confiance » en ces systèmes ?



Sûreté de fonctionnement

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

116

Définition de la sûreté de fonctionnement

- » Fonction Requise ?
- » = mission

Fonction ou ensemble de fonctions d'une entité dont l'accomplissement est considéré comme nécessaire pour la fourniture d'un service donné.

17/10/2019 Sûreté de fonctionnement (1) 121

```

graph LR
    SF[Sûreté de fonctionnement] --- Attributs[Attributs]
    SF --- Moyens[Moyens]
    SF --- Entraves[Entraves]
    Attributs --- D[Disponibilité  
Fiabilité  
Sécurité-innocuité  
Maintenabilité]
    Moyens --- P[Prévention des fautes  
Tolérance aux fautes  
Elimination des fautes  
Prévision des fautes]
    Entraves --- F[Fautes  
Erreurs  
Défaillances]
  
```

La Sûreté de fonctionnement peut être vue comme étant composée des trois éléments suivants :

- Attributs : points de vue pour évaluer la sûreté de fonctionnement ;
- Entraves : événements qui peuvent affecter la sûreté de fonctionnement du système ;
- Moyens : moyens pour améliorer la sûreté de fonctionnement.

17/10/2019 Sûreté de fonctionnement (1) 122

Attributs de la Sûreté de Fonctionnement

Les attributs de la sûreté de fonctionnement sont parfois appelés FDMS pour Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité et Sécurité.

(RAMSS pour Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Security).

17/10/2019 Sûreté de fonctionnement (1) 123

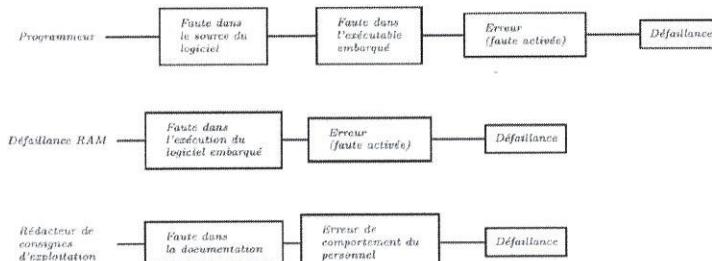
Entraves de la Sûreté de Fonctionnement

```

graph LR
    Faute[Faute] --> Erreur[Erreur]
    Erreur --> Defaillance[Défaillances]
    subgraph Cause [Cause de l'erreur]
        C1[Cause de l'erreur]
        C2[Susceptible de créer une défaillance]
        C3[Déviation de l'accomplissement de la fonction du système]
    end
  
```

17/10/2019 Sûreté de fonctionnement (1) 124

Entraves de la Sûreté de Fonctionnement

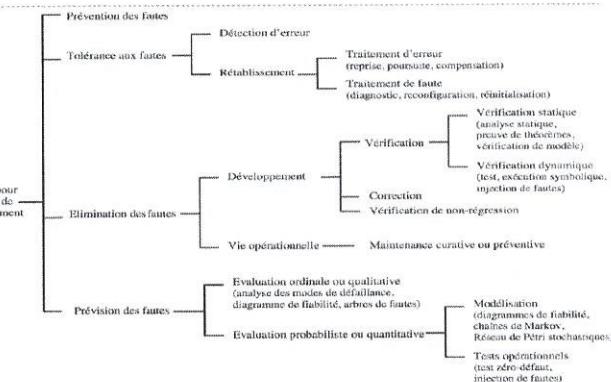


17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

125

Moyens de la Sûreté de Fonctionnement



17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

126

Questions

La sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'un 1..... à remplir une ou plusieurs 2..... requises dans des 3..... données ; elle englobe principalement quatre composantes : la 4....., la, la et La connaissance de cette aptitude à remplir une ou plusieurs fonctions permet aux utilisateurs du système de placer une 5..... dans le service qu'il leur assure.

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

127

Questions

- Identifier le concept correspondant
 - » L'aptitude d'un composant ou d'un système à être en état de marche à un instant donné.
 - » L'aptitude d'une entité à ne pas conduire à des accidents inacceptables.
 - » L'aptitude d'un composant ou d'un système à être maintenu ou remis en état de fonctionnement.
 - » L'aptitude d'un composant ou d'un système à fonctionner pendant un intervalle de temps.
 - » Points de vue pour évaluer la sûreté de fonctionnement ; événements qui peuvent affecter la sûreté de fonctionnement du système ;

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

128

Questions

- Tolérance aux fautes
- Prévention des fautes
- Prévision des fautes
- Elimination de fautes

comment empêcher l'occurrence ou l'introduction de fautes;
 comment fournir un service capable de remplir la fonction du système en dépit des fautes;
 comment réduire la présence (nombre, sévérité) des fautes ;
 comment estimer la présence, le taux futur, et les Possibles conséquences des fautes.

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

129

129

Questions

- Tolérance aux fautes
- Prévention des fautes
- Prévision des fautes
- Elimination de fautes

comment empêcher l'occurrence ou l'introduction de fautes;
 comment fournir un service capable de remplir la fonction du système en dépit des fautes;
 comment réduire la présence (nombre, sévérité) des fautes ;
 comment estimer la présence, le taux futur, et les Possibles conséquences des fautes.

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

130

130

Préliminaires de calculs de fiabilité

17/10/2019

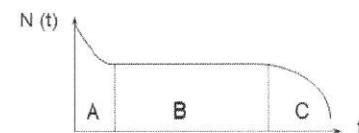
Sûreté de fonctionnement (1)

131

131

Préliminaires de calculs de fiabilité

- Soit une population contenant N_0 pièces en état de fonctionner à l'instant $t = 0$
- A l'instant t , il y'en a $N(t)$ en état de fonctionnement et $No - N(t)$ hors service
- La courbe schématisant le comportement de ces pièces correspond à l'allure suivante:



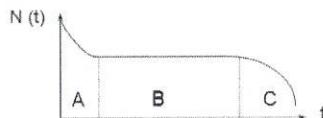
17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

132

132

Préliminaires de calculs de fiabilité



- La courbe représentative de $N(t)$ présente trois comportements différents correspondant à trois phases différentes
 - A: période de jeunesse ou de rodage
 - B: période de vie utile
 - C: Période d'usure

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

133

Préliminaires de calculs de fiabilité

On peut obtenir un estimateur de la fiabilité

- $R(t) = N(t)/N_0$ (Probabilité de bon fonctionnement pendant un temps t) Fiabilité
(Reliability)
- $F(t) = 1 - R(t) = 1 - N(t)/N_0$ Défiabilité
- $f(t) = ? = (-1/N_0) \cdot dN(t)/dt$ appelée Densité de défaillance

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

134

133

Préliminaires de calculs de fiabilité

On appelle fonction de défaillance la fonction F définie pour tout $t \geq 0$

$$F(t) = P(T \leq t)$$

Le nombre $F(t)$ représente la probabilité qu'un dispositif choisi au hasard ait une défaillance avant l'instant t .

Avec T : v.a qui désigne le temps de bon fonctionnement de l'entité

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

135

135

Préliminaires de calculs de fiabilité

- Taux de défaillance: (taux de hasard), proportion de pièces défectueuses que l'on obtient pendant un intervalle de temps très court: $\lambda(t) = -dN(t)/N(t)dt$

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

136

Préliminaires de calculs de fiabilité

- Nous avons

$$-\lambda(t) = -dN(t) / N(t) dt$$

$$-R(t) = N(t) / N_0$$

$$-f(t) = (-1/N_0) \frac{dN(t)}{dt}$$

- On en déduit une relation très importante :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

137

Préliminaires de calculs de fiabilité

- Démonstration $R(t) = \exp -\int \lambda(t) dt$

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

138

137

Préliminaires de calculs de fiabilité

- Cas particulier

$$R(x) = e^{-\int_0^x \lambda(t) dt}$$

- $\lambda(t) = \lambda = \text{constante}$
- Dans ce cas là

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

- La zone B correspond à la période de vie utile avec un λ constant
puis avec une modélisation par la loi exponentielle.

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

139

139

Préliminaires de calculs de fiabilité

MTBF et fonctions de densité de défaillances

On appelle « Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement » (MTBF) l'espérance mathématique de la variable aléatoire T . On a donc

$$MTBF = E(T) = \int_0^{+\infty} t f(t) dt$$

A l'origine, le sigle MTBF provient de l'expression « Mean Time Between Failures » qui signifie « temps moyen entre deux défaillances ».

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

140

140

Préliminaires de calculs de fiabilité

Loi exponentielle :

une variable aléatoire T suit une loi exponentielle de paramètre λ

si sa densité de probabilité $f(t)$ est donnée par :

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

d'où

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}$$

$$MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \frac{1}{\lambda}$$

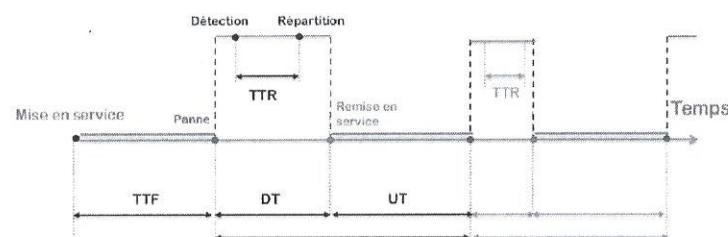
17/10/2019

Série de fonctionnement (1)

141

141

Temps Caractéristiques pour la Sdf



17/10/2019

Série de fonctionnement (1)

141

143

Préliminaires de calculs de fiabilité

Loi de Weibull :

une variable aléatoire T suit une loi de Weibull de paramètres β , γ et η

si sa densité de probabilité $f(t)$ est donnée par :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right)$$

– C'est la loi la plus utilisée en fiabilité.

– Caractérisée par trois paramètres:

• η : paramètre d'échelle (ou de durée de vie)

• β : paramètre de forme (ou de distribution)

• γ : origine des temps

$$- F(x) = 1 - \exp - \left(\frac{x-\gamma}{\eta} \right)^\beta \quad \text{et} \quad R(x) = \exp - \left(\frac{x-\gamma}{\eta} \right)^\beta$$

$$- f(x) = \beta \eta \left(\frac{x-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e - \left(\frac{x-\gamma}{\eta} \right)^\beta$$

$$- MTBF = \gamma + \eta \cdot \Gamma(1 + 1/\beta) = \gamma + \eta \cdot A \quad (\text{La valeur de } A \text{ est tablée})$$

Time_fonction_environneme

142

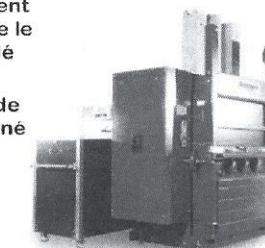
142

Exercice N° 1

On s'intéresse au temps de bon fonctionnement de la presse TBF. A chaque panne, on associe le nombre de bon fonctionnement ayant précédé de cette panne.

Observation : ça se déroule sur une période de 4 ans du 01/09/2015 au 01/09/2019, et a donné les résultats du tableau.

Calculer au jour près par défaut, le temps moyen de bon fonctionnement entre deux pannes. En déduire la loi de fiabilité de la presse.



Rang de la panne	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TBF ayant précédé la panne (en jour)	55	26	13	80	14	21	124	35	18	26

17/10/2019

Série de fonctionnement (1)

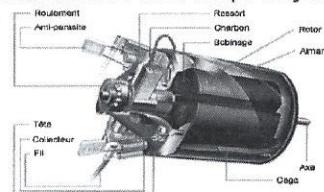
144

144

Exercice N° 2

Un moteur peut être vu comme un système réparable, les brosses en carbone doivent être changées après un certain nombre d'heures en opération. Durant une année, le moteur doit être réparé 3 fois. La première réparation a lieu après 98 jours et dure 10h, la deuxième après 100 autres jours et dure 9h, la troisième après 105 autres jours et ce pendant 11 heures.

- Calculer le temps moyen en opération MUT et le temps moyen de réparation MDT du moteur.



Série de fonctionnement (1)

345

145

Exercice N° 4

Sur une unité d'intervention, on a extrait de l'historique les défaillances concernant un roulement à billes. On a recensé la durée de vie de 9 dispositifs en exploitation : On vous donne le Ttf de chaque composant en fonction du rang i de la défaillance.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ttf	200	310	400	500	570	670	800	940	1100



Calculer le MTTF expérimental.

Calculer les fiabilités $R(t=450 \text{ h})$, $R(t=850 \text{ h})$.

Calculer le nbr des Survivants $N(t=450 \text{ h})$, $N(t=850 \text{ h})$.

17/10/2019

Série de fonctionnement (1)

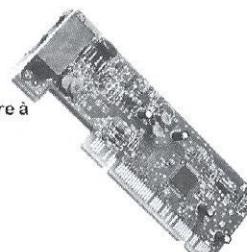
347

147

Exercice N°3

Le fabricant d'un composant électronique affirme que le taux de défaillance d'un composant est de $4,7 \cdot 10^{-7} \text{ h}^{-1}$. Un client souhaite acheter 20000 pièces de ce composant et souhaite mettre en stock une quantité de composants suffisante pour assurer 5000 heures de fonctionnement (1 an environ).

- a. Justifier l'emploi du modèle exponentiel
- b. Calculer la fiabilité à $t=5000$ heures
- c. Combien de composants fonctionneront encore à $t=5000\text{h}$ sur les 2000 mis en service à $t=0$



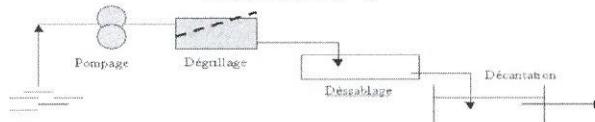
17/10/2019

Série de fonctionnement (1)

349

146

Exercice N° 5



Relevé de pannes:

Relevé de pannes | Temps de référence: 15000 heures

Pannes exprimées en heures						
Station de pompage	3	2,5	5	1	1,5	0,5
Dégazage	4	4	2	3	1,5	0,5
Désablage	0,5	0,5	2	1,5	4	6
Décanابانة	3	1,5	2		85	8

- 1) Calculer le MTBF de chaque élément.
- 2) Calculer le Taux de défaillance de chaque élément.
- 3) Déterminer
 - la fiabilité R de la station par heure de fonctionnement
 - La probabilité pour que la station fonctionne sans panne pendant 1 semaine
 - La probabilité pour que la station fonctionne sans panne pendant 4 semaines.

17/10/2019

Série de fonctionnement (1)

350

148

Modélisation de la fiabilité par la Loi de Weibull

149

Séries de fonctionnement (1)

149

Calculs de fiabilité

Loi de Weibull :

Weibull a choisi une loi sous forme de puissance avec 3 paramètres qui permettent d'obtenir les diverses situations décroissante, constante et croissante.

Définition : On dit que la variable aléatoire T suit la loi de Weibull lorsque son taux d'avarie est :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \text{pour } t > \gamma; \beta, \gamma, \eta \text{ sont des constantes avec } \beta > 0; \eta > 0;$$

γ est le paramètre de repérage qui fixe l'instant à partir duquel on étudie la fiabilité.

Si $\gamma = 0$: on étudie la fiabilité dès la première utilisation de la machine.

Si $\gamma > 0$: on étudie la fiabilité un certain temps après la première utilisation de l'appareil.

150

VII/19/2019

Calculs de fiabilité

Loi de Weibull :

Conséquences :

On retrouve, pour tout $t > \gamma$

$$\text{Fonction de fiabilité: } R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$\text{Fonction de défaillance: } F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$\text{Densité de probabilité: } f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad \text{car } F'(t) = f(t).$$

On retrouve la MTBF et l'écart type à l'aide de tables (voir formulaire)

MTBF : $A\eta + \gamma$ et $\sigma = B\eta$

17/10/2019

151

Modélisation de la fiabilité

Loi de Weibull: signification des paramètres

Cette loi est très utile en calcul de la fiabilité conception/maintenance vu qu'elle permet de modéliser les 3 phases de durée de vie d'un matériel.

Paramètre de forme β

- si $\beta < 1$, $\lambda(t)$ décroît: phase de jeunesse
- si $\beta = 1$, $\lambda(t) = \lambda = 1/\eta$ = constant: phase de maturité
- si $\beta > 1$, $\lambda(t)$ croît: phase de vieillesse

Paramètre de position γ

- $\gamma = 0$ si les défaillances peuvent débuter à l'âge 0
- $\gamma > 0$ si les défaillances ne peuvent se produire avant l'âge γ

152

VII/19/2019

Séries de fonctionnement (1)

151

152

Calculs de fiabilité

□ Méthode de calcul de paramètres

L'utilisation du papier imaginé par Weibull pour représenter $F(t)$ permet de déceler une loi de Weibull. Les points de coordonnées $(t_i ; F(t_i))$ sont alignés lorsque $\gamma = 0$. On retrouve alors graphiquement les valeurs de β et de η

- procédure graphique:
-> papier Weibull

- procédure de calcul:
-> logarithmique

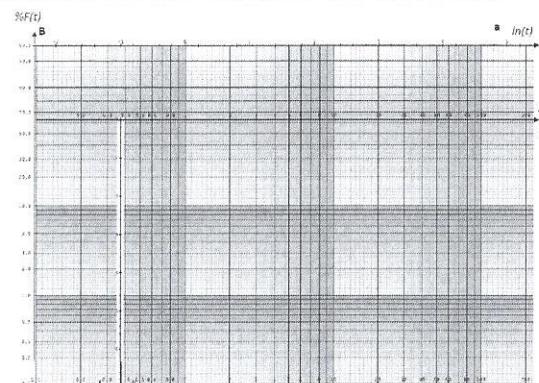
17/10/2019

Statut de fonctionnement (1)

153

153

Préliminaires de calculs de fiabilité



17/10/2019

17/10/2019

Statut de fonctionnement (1)

154

154

Préliminaires de calculs de fiabilité

□ Méthode graphique

- Premier cas : Les points obtenus sont alignés
 - Loi de Weibull de paramètre $\gamma = 0$
 - η est estimé par la valeur prise par le point d'intersection de la droite construite avec l'axe noté η
 - β est obtenu en lisant la valeur prise au niveau du point d'intersection de l'axe b avec la parallèle à la droite construite en passant par l'axe de t où $Ax = 1$

17/10/2019

Statut de fonctionnement (1)

155

155

155

Préliminaires de calculs de fiabilité

□ Méthode graphique

Il s'agit de déterminer les 3 paramètres β , γ et η de la loi de Weibull via données d'observation.

La détermination des paramètres β , γ et η se fait graphiquement sur le papier de Weibull qui comprend 4 axes:

- **axe A:** axe des temps sur lequel on reporte les temps t_i de bon fonctionnement,
- **axe B:** porte $F(t)$ sur lequel on reporte les valeurs % $F(t_i)$ calculées par approximation (fréquences cumulées, rangs moyens, rangs médians),
- **axe a:** correspond à $\ln(t)$,
- **axe b:** correspond à $\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ et permet de déterminer la valeur de β .

17/10/2019

Sortie de fonctionnement (1)

157

157

Préliminaires de calculs de fiabilité

□ Méthode graphique

Exemple:

Sous l'hypothèse de renouvellement après défaillances, le relevé de 12 temps de bon fonctionnement d'un dispositif donne: (unité = 100 h)

24

91.5

69

46.5

17.25

51

131.25

31.05

17.25

31.05

41.2

6.75

Rang	Ti	F(Ti)
1	6.75	0.056
2	17.25	0.137
4	24	0.298
5	31.05	0.379
7	41.2	0.540
8	46.5	0.621
9	51	0.702
10	69	0.782
11	91.5	0.863
12	131.25	0.943

17/10/2019

Sortie de fonctionnement (1)

159

159

Préliminaires de calculs de fiabilité

Approximation de la fonction de répartition F(t)

Il s'agit d'estimer $F(t_i) = \Pr\{T < t_i\}$

Approximation à partir des fréquences observées

■ Hypothèse d'un renouvellement à l'identique

■ N dates de défaillances

■ Fréquences cumulées: si $N \geq 50$ alors en découplant l'horizon en intervalles ou classes $[t_{i-1}, t_i]$ et en notant n_i le nombre de défaillances sur $[t_{i-1}, t_i]$ alors $F(t_i) = \frac{\sum n_i}{N}$

■ Pour $N < 50$, on ordonne les temps de bon fonctionnement T_i de manière croissante

■ Rangs moyens: si $20 \leq N < 50$, la fonction de répartition à la date de T_i est $F(T_i) = \frac{i}{N+1}$

■ Rangs médians: si $N < 20$, la fonction de répartition à la date T_i est $F(T_i) = \frac{i-0.3}{N+0.4}$

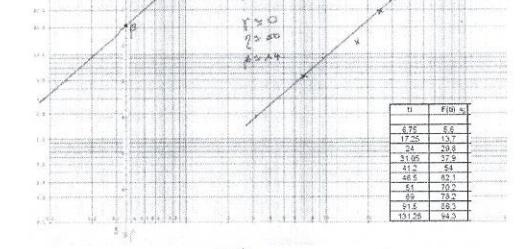
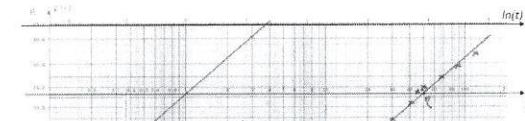
17/10/2019

Sortie de fonctionnement (1)

158

158

Préliminaires de calculs de fiabilité



17/10/2019

 $\gamma \approx 0, \eta \approx 50, \beta \approx 1.4 \rightarrow MTBF \approx 4557.1h$

159

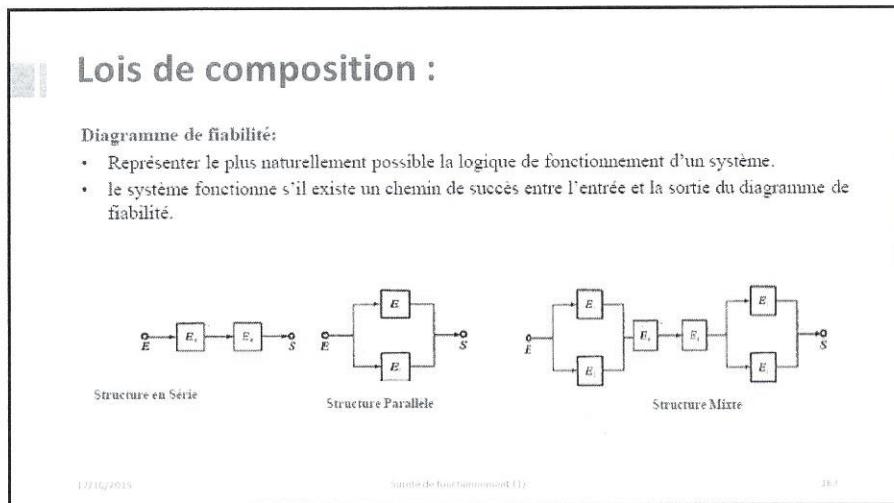
160

Tabulation de A	
δ	A
0.1	0.020941*
0.15	0.030211*
0.2	0.038181*
0.25	0.045041*
0.3	0.050541*
0.35	0.055041*
0.4	0.058541*
0.45	0.061041*
0.5	0.062541*
0.55	0.063041*
0.6	0.062541*
0.65	0.061041*
0.7	0.058541*
0.75	0.055041*
0.8	0.050541*
0.85	0.045041*
0.9	0.038181*
0.95	0.030211*
1	0.020941*
1.05	0.010471*
1.15	0.009141*
1.25	0.008611*
1.35	0.008081*
1.45	0.007451*
1.55	0.006721*
1.65	0.005991*
1.75	0.005261*
1.85	0.004531*
1.95	0.003801*
2	0.003071*
2.05	0.002341*
2.15	0.001611*
2.25	0.000881*
2.35	0.000251*
2.45	0.000111*
2.55	0.000031*
2.65	0.000011*
2.75	0.0000031*
2.85	0.0000011*
2.95	0.00000031*
3	0.00000011*
3.05	0.000000031*
3.15	0.000000011*
3.25	0.0000000031*
3.35	0.0000000011*
3.45	0.00000000031*
3.55	0.00000000011*
3.65	0.000000000031*
3.75	0.000000000011*
3.85	0.0000000000031*
3.95	0.0000000000011*
4	0.00000000000031*
4.05	0.00000000000011*
4.15	0.000000000000031*
4.25	0.000000000000011*
4.35	0.0000000000000031*
4.45	0.0000000000000011*
4.55	0.00000000000000031*
4.65	0.00000000000000011*
4.75	0.000000000000000031*
4.85	0.000000000000000011*
4.95	0.0000000000000000031*
5	0.0000000000000000011*
5.05	0.00000000000000000031*
5.15	0.00000000000000000011*
5.25	0.000000000000000000031*
5.35	0.000000000000000000011*
5.45	0.0000000000000000000031*
5.55	0.0000000000000000000011*
5.65	0.00000000000000000000031*
5.75	0.00000000000000000000011*
5.85	0.000000000000000000000031*
5.95	0.000000000000000000000011*
6	0.0000000000000000000000031*

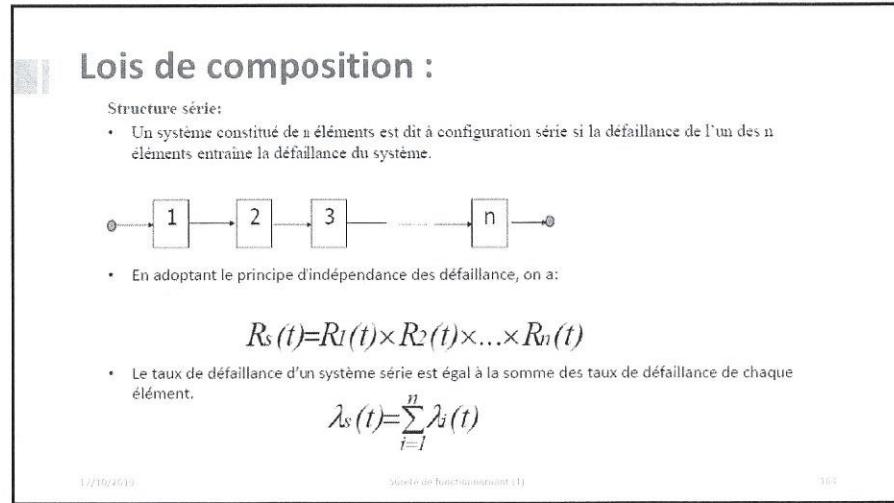
161



162



163



164

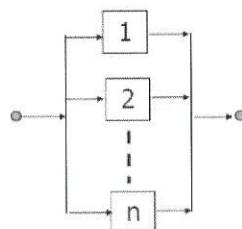
Lois de composition :

Structure parallèle:

- Un système constitué de n éléments est dit à configuration parallèle si la défaillance de tous les éléments est nécessaire pour entraîner la défaillance du système au complet.

$$R_s(t) = 1 - F_s(t)$$

$$F_s(t) = F_1(t) \times F_2(t) \times \dots \times F_n(t)$$



17/10/2019

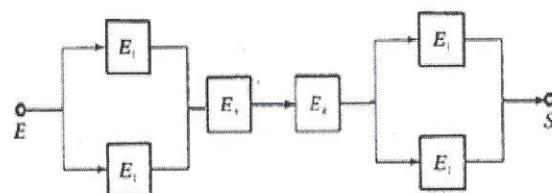
Sécurité de fonctionnement (1)

165

Lois de composition :

Structure Mixte:

- Structure composée de composants organisés parallèlement et en série.



17/10/2019

Sécurité de fonctionnement (1)

166

165

Lois de composition : Applications

Exemple 1 :

Soit un poste de radio constitué de quatre composants connectés en série, une alimentation $R_A=0.95$, une partie récepteur $R_B=0.92$; un amplificateur $R_C=0.97$ et haut parleur $R_D=0.89$; déterminer la fiabilité R_s de l'appareil.

17/10/2019

Sécurité de fonctionnement (1)

167



Lois de composition : Applications

Exemple 1 :

Soit un poste de radio constitué de quatre composants connectés en série, une alimentation $R_A=0.95$, une partie récepteur $R_B=0.92$; un amplificateur $R_C=0.97$ et haut parleur $R_D=0.89$; déterminer la fiabilité R_s de l'appareil.

$$R_s = R_A \cdot R_B \cdot R_C \cdot R_D = 0.95 \times 0.92 \times 0.97 \times 0.89 = 0.7545 \text{ (soit une fiabilité de 75% environ)}$$

17/10/2019

Sécurité de fonctionnement (1)

168

167

Lois de composition : Applications

Exemple 2 :

Soit une imprimante constituée de 2000 composants montés en série supposés tous de même fiabilité, très élevée $R= 0.9999$

1. Déterminer la fiabilité de l'appareil.
2. Calculer la fiabilité de l'imprimante si elle n'était constituée que de la moitié des composants. Interpréter ce résultat.
3. Déterminer la fiabilité de chacun des 2000 composants montés en série si on souhaitait avoir une fiabilité de 90% pour l'ensemble.

17/10/2019

Séries de fonctionnement (1)

169

CORRIGÉ

Lois de composition : Applications

Exemple 2 :

Soit une imprimante constituée de 2000 composants montés en série supposés tous de même fiabilité, très élevée $R= 0.9999$. Déterminer la fiabilité de l'appareil.

$$R(s) = R^n = 0.9999^{2000} = 0.8187 \text{ (soit une fiabilité de 82 % environ)}$$

Si on divise par deux le nombre des composants

$$R(s) = R^n = 0.9999^{1000} = 0.9048 \text{ (environ 90.5%)}$$

Si on souhaite avoir une fiabilité de 90 % pour l'ensemble des 2000 composants montés en série, déterminons la fiabilité que doit avoir chaque composant

$$R_S = 0.9000 = R^{2000}$$

Expression que l'on peut écrire, à partir des logarithmes népériens sous la forme

$$\ln R_S = \ln 0.9 = 2000 \cdot \ln R \quad \text{D'où } R = 0.999945$$

169

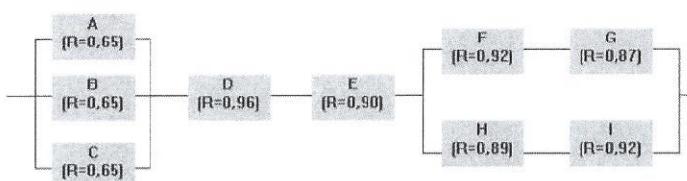
17/10/2019

Séries de fonctionnement (1)

170

Lois de composition : Exercice

Calcul de Fiabilité R_s du système suivant :



17/10/2019

Séries de fonctionnement (1)

171

Lois de composition : Applications

Exemple 3 :

Une machine de production dont la durée totale de fonctionnement est de 1500 heures, se compose de quatre sous-systèmes A, B, C et D montés en série et ayant les MTBF respectifs suivants : MTBFA = 4500 heures MTBFB = 3200 heures MTBFC = 6000 heures MTBFD = 10500 heures.

- Taux de pannes de l'ensemble
- la MTBF de l'ensemble
- Quelle est la probabilité que le système parvienne sans pannes jusqu'à 5000 heures

17/10/2019

Séries de fonctionnement (1)

172

Lois de composition : Applications

CORRIGÉ

Exemple 3 :

Une machine de production dont la durée totale de fonctionnement est de 1500 heures, se compose de quatre sous-systèmes A, B, C et D montés en série et ayant les MTBF respectifs suivants : MTBFA = 4500 heures MTBFB= 3200 heures MTBFC= 6000 heures MTBFD= 10500 heures. Déterminons les taux de pannes et le MTBF global (MTBFS)

a) Taux de pannes de l'ensemble

$$\lambda_A = \frac{1}{MTBF_A} = \frac{1}{4500} = 0.000222 \text{ défaillance par heure} = 0.222 \text{ pour 1000 heures}$$

$$\lambda_B = \frac{1}{MTBF_B} = \frac{1}{3200} = 0.000313 \text{ défaillance par heure} = 0.313 \text{ pour 1000 heures}$$

$$\lambda_C = \frac{1}{MTBF_C} = \frac{1}{6000} = 0.000167 \text{ défaillance par heure} = 0.167 \text{ pour 1000 heures}$$

$$\lambda_D = \frac{1}{MTBF_D} = \frac{1}{10500} = 0.000095 \text{ défaillance par heure} = 0.095 \text{ pour 1000 heures}$$

17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

173

CORRIGÉ

Lois de composition : Applications

Exemple 3 :

Le taux de défaillance global $\lambda_S = \lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \lambda_D = 0.000797 \text{ (par heure)}$

La fiabilité globale s'écrit : $R_S = e^{-\lambda_S t} = e^{-0.000797 \cdot 1500} = 0.303 (30.3\%)$

Remarque :

Si on divise par deux la durée de fonctionnement de la machine (750 heures)

$$R_S(750) = e^{-\lambda_S \cdot 750} = e^{-0.000797 \cdot 750} = 0.550 (55\%)$$

b) la MTBF de l'ensemble

$$MTBFS = \frac{1}{\lambda_S} = \frac{1}{0.000797} = 1255 \text{ heures. Soit un temps de 1255 heures entre deux défaillances}$$

c) Quelle est la probabilité que le système parvienne sans pannes jusqu'à 5000 heures

$$R_S(5000) = e^{-\lambda_S \cdot 5000} = e^{-0.000797 \cdot 5000} = 0.0186 \text{ (environ 2\%)}$$

17/10/2019

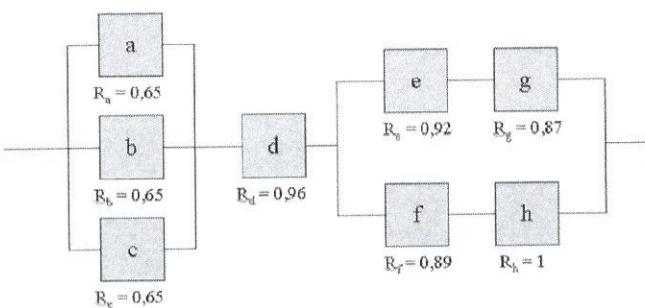
Sûreté de fonctionnement (1)

174

173

Lois de composition : Exercice

Exemple de calcul sur un système mixte (série + parallèle)



17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

175

175

Analyse du rendement des équipements

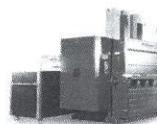
17/10/2019

Sûreté de fonctionnement (1)

176

Le Taux de Rendement Synthétique

- Le rôle du TRS est de connaître le taux de marche efficace d'une machine, d'un équipement.
- Il est utilisé principalement pour suivre le fonctionnement :
 - soit des équipements en limite de capacité,
 - soit des équipements dont on veut améliorer la flexibilité.

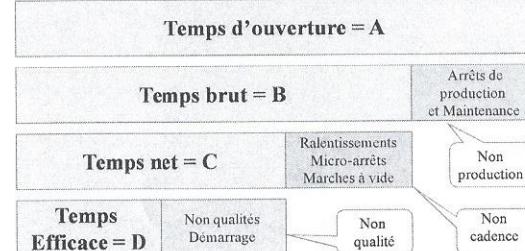


17/10/2019

Sous-titre de fonctionnement (1)

177

Le Taux de Rendement Synthétique



$$\text{TRS} = \frac{\text{Temps efficace}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

17/10/2019

Sous-titre de fonctionnement (1)

178

177

Taux de Rendement Synthétique : (TRS)

$$\text{TRS} = \frac{\text{Temps de marche}}{\text{Temps d'ouverture}} \times \frac{(\text{Quantité réalisée} \times \text{temps de cycle})}{\text{Temps de marche net}} \times \frac{\text{Quantité acceptée}}{\text{Qualité fabriquée}}$$

Influence des pannes

Influence des microarrêts, allures réduites, marches à vide, aléas de production

Influence des rebuts produits en régime dégradé ou en régime normal



17/10/2019

Sous-titre de fonctionnement (1)

179

179

Exercice : Taux de Rendement Synthétique

• Soit une ligne de production dont les caractéristiques sont :

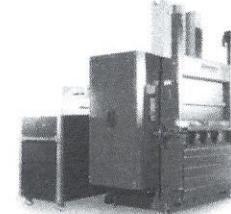
- Cadence ligne : 1000 p/h
- Temps total disponible : 8h
- Pièces produites : 5000

• Les événements de production déclarés sont les suivants :

- 1 h 30 de changement de format
- 45 minutes de panne machine
- 15 minutes de réunion
- 30 minutes micro-arrêts et aléas
- 180 pièces produites ont été rejetées

• Calculer les :

- Taux de fonctionnement brut, de performance et de qualité.
- Calculer le Taux de Rendement Synthétique.
- Interpréter les résultats



17/10/2019

Sous-titre de fonctionnement (1)

180

180

Des questions ?

17/10/2019

Séries de fonctionnement (1)

181

181

