



INTERPRETER LES PRINCIPAUX INDICATEURS DE MAINTENANCE

APPLICATIONS STAGIAIRES

L'INSTITUT DES RESSOURCES INDUSTRIELLES

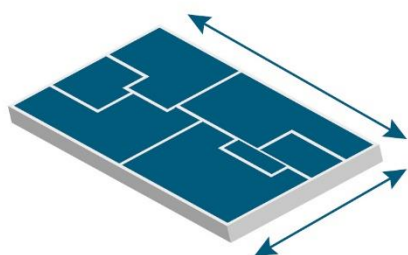
2 STRUCTURES
JURIDIQUES



AFPI LYON

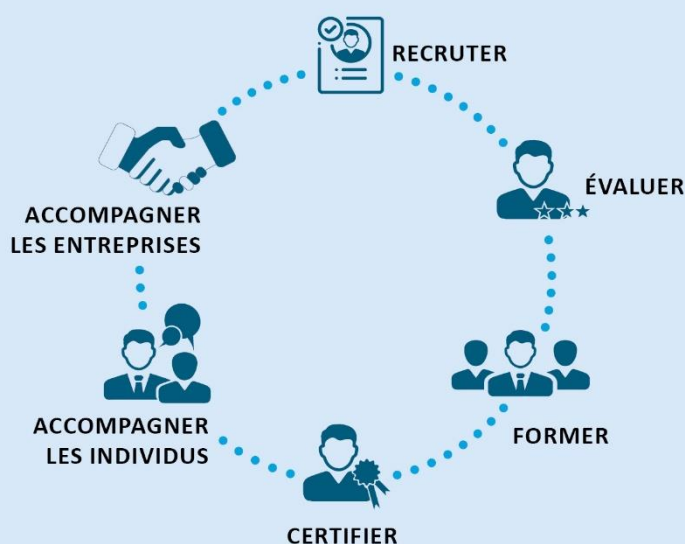


CFAI LYON



30'000 M²
DE MOYENS ET D'ÉQUIPEMENTS

6 SOLUTIONS



180

SPÉCIALISTES

FORMATEURS
INGÉNIEURS
CONSULTANTS
COLLABORATEURS



11

DOMAINES
D'EXPERTISE



MAINTENANCE
INDUSTRIELLE



ELECTROTECHNIQUE
ELECTRONIQUE
AUTOMATISMES



CHAUDRONNERIE
TUYAUTERIE
SOUDAGE



MECANIQUE
PRODUCTIQUE



RÉSEAUX
NUMÉRIQUES



GENIE
ENERGETIQUE



ORGANISATION
ET PERFORMANCE
INDUSTRIELLE



MANAGEMENT
RESSOURCES
HUMAINES



QUALITE- HYGIENE
SECURITE
ENVIRONNEMENT



PILOTAGE
D'EQUIPEMENTS
INDUSTRIELS



ROBOTIQUE
MECATRONIQUE

TABLE DES MATIERES

APPLICATION 1 / ANALYSE FIABILITE.....	4
APPLICATION 2 / FIABILITE – MAINTENABILITE.....	8
APPLICATION 3 / LES RATIOS EN MAINTENANCE.....	9
APPLICATION 4 / LE TRS.....	11
APPLICATION 5 / TRS ET RATIOS MAINTENANCE.....	12
APPLICATION 6 / ANALYSE DE DONNEES	13
ETUDE DE CAS 1 :	14
ETUDE DE CAS 2 :	16
ETUDE DE CAS 3 / LA DISPONIBILITE	18

APPLICATION 1 / ANALYSE FIABILITE

Sur une machine d'insertion automatique de visserie sur sous ensemble mécanique la rupture des doigts de préhension des composants, situés à l'extrémité d'un bras robot 6 axes, provoque des arrêts importants (changement des doigts, réinitialisation de la machine, réglages).



Le service maintenance dont vous faite partie décide d'étudier la fiabilité de ces éléments en vue d'instaurer une action de maintenance préventive systématique les concernant. Sachant que l'entreprise possède 14 machines d'insertion automatique (robot 6 axes + pinces avec doigts de préhension).

A / ETUDE DU TAUX DE DEFAILLANCE

Travail demandé :

- Compléter le tableau de calcul du taux de défaillance.
- Tracer la courbe taux de défaillance en fonction du temps et conclure.

Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\text{Nombre de matériels défaillants pendant un intervalle de temps } \Delta}{\text{Nombre de matériels en service au début de } \Delta \times t}$$

Calcul du taux de défaillance exprimé en défaillance / heure.

Intervalles Δt (en heures)	0 – 150	150 – 300	300 – 450	450 – 600	600 – 750
Nombre de matériels en service au début de Δt	14	13	11	7	2
Nombre de matériels défaillants pendant Δt	1	2	4	5	2
TAUX DE DEFAILLANCE (défaillance/heure) $\lambda(t)$	$4.7 * 10^{-4}$	$10 * 10^{-4}$	$24 * 10^{-4}$	$48 * 10^{-4}$	$67 * 10^{-4}$

$$1 / (14 * 150) = 4.7 * 10^{-4}$$

Représentation graphique du taux de défaillance en fonction du temps.



Cette courbe met en évidence :

- ☐ La période de défaillance précoce.
- ☐ La période de défaillance à taux constant.
- ☒ La période de défaillance par vieillissement.

Un changement systématique des doigts de préhension suivant une périodicité donnée :

☒ est envisageable

☐ n'est pas envisageable

B / ETUDE DE LA FONCTION FIABILITE $R(t)$.

Travail demandé :

- Compléter le tableau de calcul de la fonction fiabilité en vous aidant du tableau du taux de défaillance.
- Représenter graphiquement la fiabilité en fonction du temps.

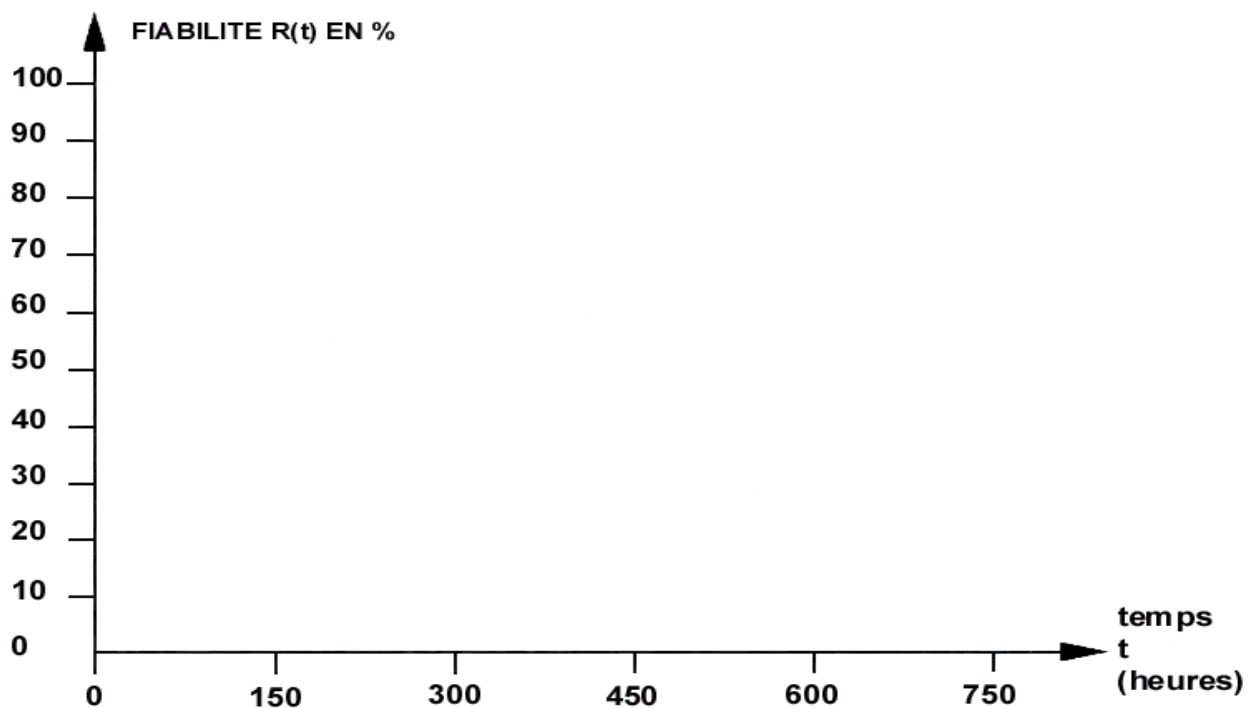
La fonction fiabilité $R(t)$:

$$R(t) = \frac{\text{Nombre de matériels sans défaillances entre 0 et } t}{\text{Nombre total de matériels observé}}$$

Calcul de la fonction fiabilité $R(t)$

Intervalles Δt (en heures)	0 – 150	150 – 300	300 – 450	450 – 600	600 – 750
Nombre de matériels défaillants dans l'intervalle Δt	1	2	4	5	2
Nombre de matériels sans défaillants à la fin de l'intervalle Δt	13	11	7	2	0
FIABILITE $R(t)$	0.928	0.785	0.5	0.143	0

Représentation graphique de la fonction fiabilité $R(t)$.



C / CHOIX DE LA PERIODICITE DE CHANGEMENT SYSTEMATIQUE T.

Le changement systématique des doigts aura lieu **hors production** et sera d'une durée approximative de 2 heures.

L'entreprise travaille 16 heures par jour, 5 jours par semaine (congé le samedi, dimanche et jours fériés) et ferme durant le mois d'août du 1 au 28.

Le dernier changement a eu lieu le 5 avril avant le démarrage de la production.

Travail demandé :

Définir graphiquement sur le graphique une périodicité T de changement systématique correspondant à une fiabilité de 90 %. **environ 140 heures**

T = _____

$$140/16 = 8.75 \rightarrow \text{maintenance tous les 8j}$$

- Cocher les dates de changement systématique des six prochains mois.

Calendrier de changement systématique des doigts de préhension (les jours de fermeture de l'entreprise sont en violet sur le calendrier).

Avril

Di	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Mai

Di	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Juin

Di	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

Juillet

Di	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

Août

Di	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Septembre

Di	Lu	Ma	Me	Je	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

APPLICATION 2 / FIABILITE – MAINTENABILITE

Le responsable de la maintenance d'une entreprise a le fichier historique d'un tour. Chaque tour est équipé d'un terminal de saisie des données de production. Ces données sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

N°	Défaillance	Cause	TBF en h.	Pièce de rechange	Coûts en €.	TTR en h.
1	Moteur	Electrique	80	Contacteur	300	2
2	Moteur	Electrique	40	Relais thermique	300	3
3	Broche	Mécanique	50	Courroie	150	2
4	Broche	Mécanique	100	Roulement	200	8
5	Avance	Electrique	60	Pignon	300	5
6	Avance	Electrique	40	Relais	150	2
7	Lubrification	Mécanique	20	Moteur	600	3
8	Lubrification	Hydraulique	5	Pignon	100	4
9	Lubrification	Hydraulique	10	Filtre	100	3
10	Lubrification	Hydraulique	20	Réservoir	0	1.25

1/ Calculer le total des TBF.

$$MTBF = 48,5 \text{ h}$$

2/ Calculer le total des TTR.

$$MTTR = 3,33 \text{ h}$$

4/ Calculer la MTBF pour le tour.

5/ Calculer la MTTR pour le tour.

APPLICATION 3 / LES RATIOS EN MAINTENANCE

Compléter le tableau ci-dessous relatif à un équipement :

Mois	Temps de fonctionnement (heures)	Nb de défaillances	Coûts des arrêts de production (€)	Coûts de main d'œuvre de maintenance (€)	Coûts des rechanges et outillages (€)	Coûts de la maintenance sous-traitée (€)	Valeur ajoutée produite (€)	Somme des coûts de maintenance (€)	Coûts global : maintenance + indisponibilité (€)
Jan.	312	15	3049	2150	2000	1500	4000	5650	8699
Fev.	350	10	9500	2500	5500	2500	3000	10500	20820
Mars	355	7	5000	4000	6500	2300	5000	2800	17800
Avril	345	6	4500	4250	6000	2000	4000	2250	16750

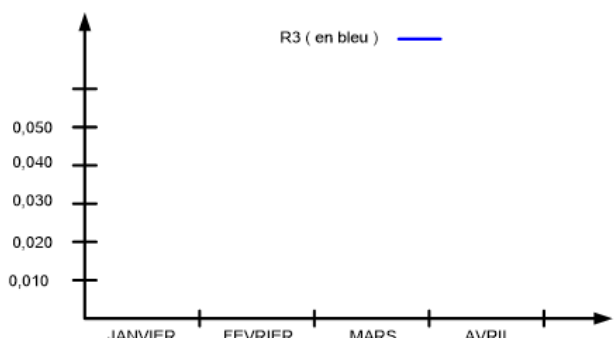
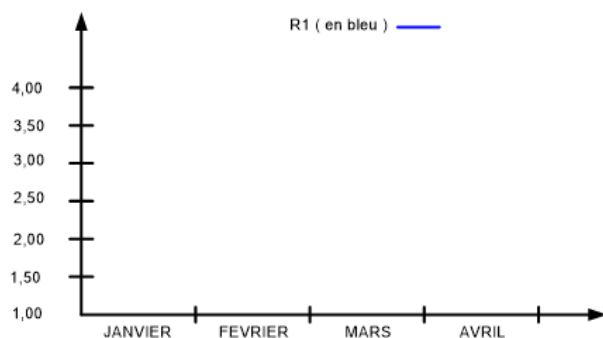
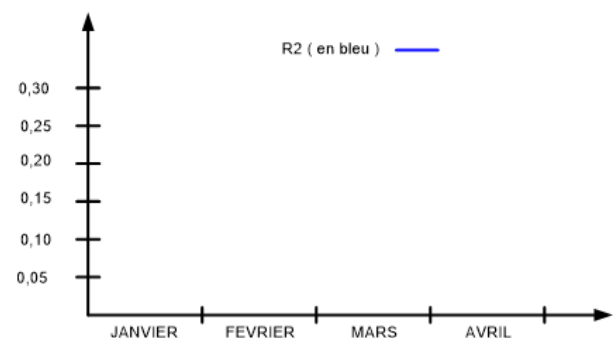
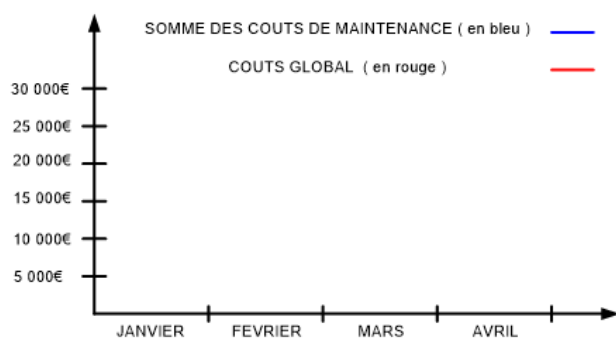
L'entreprise a défini ses ratios internes :

R1 : coûts de maintenance/ VA produite	R2 : coûts sous-traitance / coûts maintenance	R3 : nb défaillances/ temps de fonctionnement
--	---	---

Compléter le tableau suivant :

Mois	R1	R2	R3
Jan.	1,4	0,26	$48 \cdot 10^{-2}$
Fev.	3,5	0,23	$28 \cdot 10^{-3}$
Mars	2,56	0,18	$20 \cdot 10^{-3}$
Avril	3,06	0,16	$17 \cdot 10^{-3}$

Compléter les graphes ci-dessous :



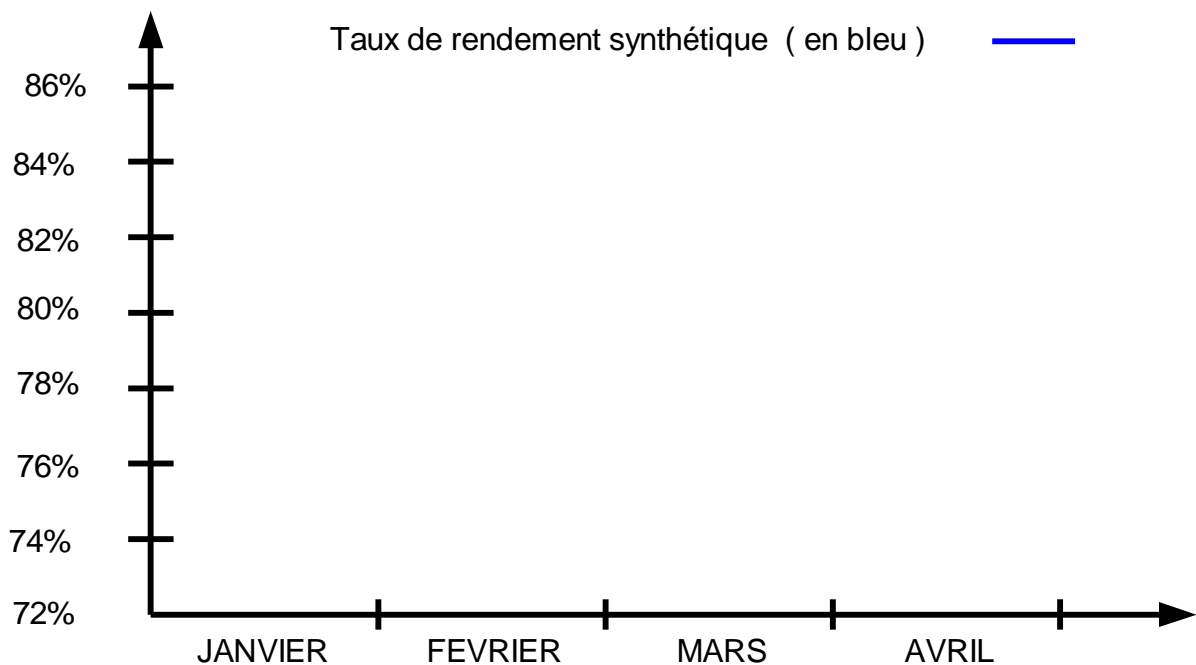
Interprétations et conclusions :

APPLICATION 4 / LE TRS

Compléter le tableau ci-dessous relatif à un équipement :

Mois	Temps d'occupation machine	Temps de réglage	Temps de chgt d'outils	Temps de maintenance de 1 ^{er} niveau	Temps de maintenance corrective	Temps de production de pièces défectueuses	TRS
Jan.	78	8	1	2	3	5,75	
Fev.	141	12	2	5	1,5	9,5	
Mars	130	10	1,5	4	1,25	7	
Avril	90	6	1,5	2	3	3	

Compléter le graphe ci-dessous :



Interprétations et conclusions :

APPLICATION 5 / TRS ET RATIOS MAINTENANCE

Reprendre les questions des 2 études précédentes pour l'équipement suivant :

Année	Nb de défaillances	Temps de maintenance corrective (h)	Temps de maintenance préventive systématique (h)	Temps de maintenance préventive conditionnelle (h)	Coûts de maintenance corrective (€)	Coûts de maintenance préventive systématique (€)	Coûts de maintenance préventive conditionnelle (€)	Coûts des travaux de maintenance sous-traitée (€)	Temps d'ouverture (h)	Valeur ajoutée produite (€)	Temps de production (h)
2014	8	16	14	0	490	425	0	168	1305	22312	1275
2015	6	12,5	7,5	12,5	390	228	383	152	1402	23969	1369,5
2016	5	10,5	11	11,5	320	335	351	198	1351	23065	1318
2017	58	122	12,5	10	4700	381	305	152	1458	22986	1313
2018	153	350	17,5	20	12900	533	610	168	1531	20011	1143,5

L'entreprise a défini ses ratios internes :

$$\begin{array}{l|l}
 R1 = \frac{\text{coûts de maintenance}}{\text{Valeur ajoutée produite}} & R2 = \frac{\text{Coûts des travaux de sous traitance}}{\text{Coûts de maintenance}} \\
 \hline
 R3 = \frac{\text{Nombre de défaillances}}{\text{Temps de fonctionnement}} & R4 = \frac{\text{Temps actifs de maintenance corrective}}{\text{Temps actifs de maintenance}}
 \end{array}$$

$$\text{Taux de rendement synthétique (TRS)} = \frac{\text{Temps pendant lequel le système a effectivement produit}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

APPLICATION 6 / ANALYSE DE DONNEES

On donne ci-après le tableau d'exploitation relatif à un centre d'usinage. Pour chaque mois, on a relevé les heures de production (PRODUCTION), les heures d'arrêts pour maintenance (MAINTENANCE) et les heures potentiellement disponibles (DISPONIBILITE).

Mois	PRODUCTION	MAINTENANCE	DISPONIBILITE
Septembre	293	6	458
octobre	332,5	4	411,5
Novembre	119,5	88	283,5
Décembre	271,5	0	414
Janvier	344	7,5	398,5
Février	165	138	317,5
Mars	165	138	317,5
Avril	242,5	74,5	390,5
Mai	128	116	263

Choisir les indicateurs utilisables à partir de ces données et analyser l'évolution des ratios choisis.

R1 : Temps actif maint / temps effectif dispo (r15 ou r26)
R2 (=TRS= : Temps de fonctionnement / temps effectif de dispo (r23)

ETUDE DE CAS 1 :

On donne le tableau d'exploitation relatif à une chaîne de production dont la cadence théorique est de 250 pièces à l'heure.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Temps d'ouverture (temps requis) (h)	352	320	352	304	288	320	168	160	320	368
Arrêts programmés (h)	44	40	44	38	36	40	21	20	40	46
Arrêts pour réglages (h)	27	23	30	25	27	20	13	16	16	22
Arrêts pour maintenance (h)	89	63	132	74	58	35	47	60	103	92
Production des pièces										
Production totale (avec les rebuts)	40740	41160	30470	35150	35160	48060	17355	12250	32480	43840
Rebuts	703	684	463	492	402	777	393	249	932	510

Travail demandé :

1. Pour chaque mois, déterminer les heures de disponibilité, d'indisponibilité et de fonctionnement
2. Choisir dans la norme NF X 60-020 les indicateurs utilisables à partir de ces données
3. Déterminer le taux de qualité pour chaque mois : $tx = (\text{Nb de pièces bonnes}) / (\text{nb de pièces produites})$
4. Analyser l'évolution des ratios choisis

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Temps de disponibilité										
Temps d'indisponibilité										
Temps de fonctionnement										
Ratio										
Ratio										
Ratio										
Ratio										
Ratio										
Ratio										
Taux de qualité										

ETUDE DE CAS 2 :

Une entreprise de comprimés décide d'étudier l'amélioration de la productivité du secteur moulage comprenant 10 presses. Les données de la ligne de presses sont récapitulées dans le tableau dans l'onglet « document réponse » : les temps sont exprimés en minute.

La Direction de l'entreprise définit l'objectif à atteindre pour l'année suivante qui est une disponibilité opérationnelle de 95%. Pour cela, on vous demande d'étudier les temps de production, de maintenance et globaux afin de proposer des axes d'améliorations.

Travail demandé :

1/ Compléter le tableau

(Onglet Document réponse)

2/ Tracer graphiquement l'évolution de ces disponibilités sur l'année passée (type de représentation à définir)

(Onglet Document réponse)

3/ Analyser la tendance de ces disponibilités ainsi que la valeur moyenne

(Onglet Document réponse)

4/ A l'aide de l'onglet Annexe, définir le secteur à améliorer

(Onglet Document réponse + Onglet Annexe)

5/ Proposer 2 améliorations permettant de répondre aux objectifs de l'entreprise et à votre analyse (détails de l'amélioration, mesure pour vérifier l'évolution et moyens à mettre en œuvre)

(Onglet Document réponse + Onglet Annexe)

MOIS	Temps requis	TEMPS LIES A LA MAINTENANCE								TEMPS LIES A LA PRODUCTION			
		Panne pneu	Panne élect	Panne méca	Panne périph	Panne moule	Manque matière	Réglages après réparation	Attente maintenance	Chgt de format des presses	Essais après chgt de format	Attente régleur	Attente opérateur
Janvier	16000	300	150	0	0	0	800	2450	1300	250	0	0	50
Février	16000	1750	0	1550	250	350	0	0	0	0	0	50	100
Mars	18400	0	0	0	0	0	0	0	1550	50	0	0	0
Avril	17600	1050	350	650	0	0	50	0	0	0	150	0	250
Mai	15200	0	0	0	0	0	150	1450	0	0	350	800	0
Juin	18400	0	950	0	0	250	0	0	1300	150	0	0	50
Juillet	17600	1750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septembre	18400	0	0	4700	0	0	200	0	0	0	0	800	100
Octobre	16800	0	0	0	0	0	0	2550	1250	150	0	0	150
Novembre	16000	950	500	0	0	0	950	0	0	0	400	0	0
Décembre	18400	0	450	2750	0	0	0	550	1700	250	0	0	200
TOTAUX	188800	5800	2400	9650	250	600	2150	7000	7100	850	900	1650	900

1/ Compléter le tableau

Mois	Di	Dm	Do
Janvier			
Février			
Mars			
Avril			
Mai			
Juin			
Juillet			
Septembre			
Octobre			
Novembre			
Décembre			
TOTAUX			

2/ Tracer graphiquement l'évolution de ces disponibilités sur l'année passée (type de représentation à définir)

3/ Analyser la tendance de ces disponibilités ainsi que la valeur moyenne

Votre analyse :

4/ A l'aide de l'onglet Annexe, définir le secteur à améliorer

Secteur à améliorer :

5/ Proposer 2 améliorations permettant de répondre aux objectifs de l'entreprise et à votre analyse (détails de l'amélioration, mesure pour vérifier l'évolution et moyens à mettre en œuvre)

Amélioration 1 :

Amélioration 2 :

ETUDE DE CAS 3 / LA DISPONIBILITE

A . Machine de conditionnement :

On a observé pendant une année, le fonctionnement (temps effectif de disponibilité 1935 heures) de 3 machines qui assurent la fabrication de rouleaux de papier cadeaux, le conditionnement en paquets et en cartons.

La collecte des informations a été effectuée par un système de saisie des arrêts en temps réel documenté par les opérateurs de production. Un extrait des historiques ainsi constitués est donné ci-dessous.

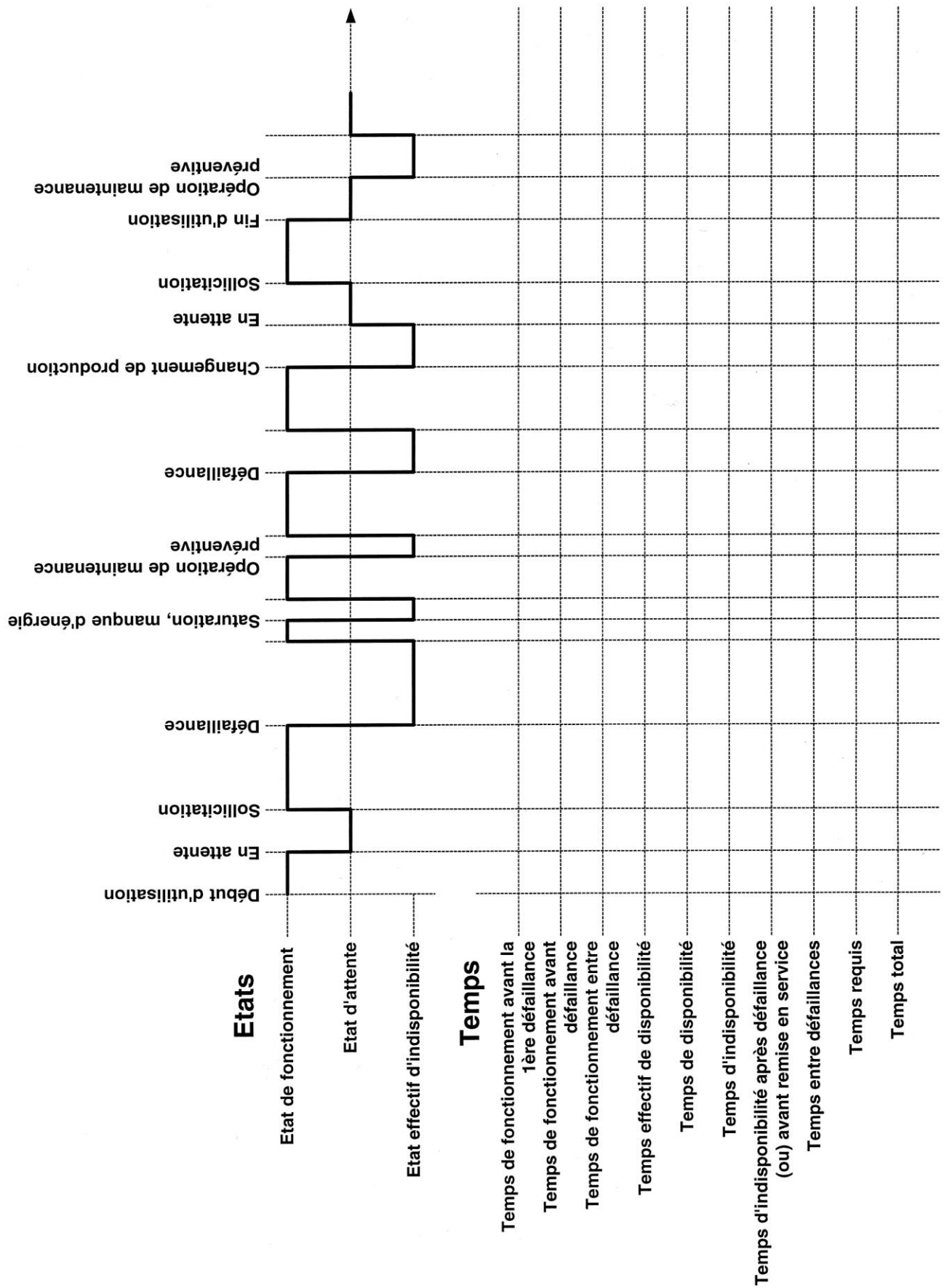
Les trois machines constituent une chaîne de production en série liée sans en-cours.

Calculez, à partir de l'historique ci-dessous, la disponibilité opérationnelle de chaque machine puis celle de la chaîne de fabrication.

Machine 1				Machine 2		Machine 3	
n°	Causes d'arrêt	Nombre	Durée (h)	Nombre	Durée(h)	Nombre	Durée(h)
0	Non identifié	7	74	6	73,77	2	53,3
1	Electrique	47	211,5	45	192,76	17	56,6
2	Electronique	2	0,2	1	0,1	0	0
3	Mécanique	18	360,3	13	256,83	19	168,8
4	Pneumatique	7	35,3	5	29,85	2	1,6
5	Hydraulique	2	3,3	1	1,5	7	29
6	Graissage	1	1	0	0	1	1
7	Outillage	3	9,4	1	3,29	0	0
8	Autres	0	0	0	0	0	0

B. Etats et temps relatifs à un équipement :

Compléter le chronogramme ci-dessous :



C. Analyse du secteur Moulage :

Une entreprise de pièces moulées décide d'étudier l'amélioration de la productivité du secteur moulage comprenant 10 presses à injecter. Les données de la ligne de presses sont récapitulées dans le tableau ci-dessous : les temps sont exprimés en centièmes d'heure.

		TEMPS LIES A LA MAINTENANCE								TEMPS LIES A LA PRODUCTION			
MOIS	Temps requis	Panne hydrau	Panne élect	Panne méca	Panne périph	Panne moule	Manque matière	Réglages après réparation	Attente maintenance	Chgt de moule (nouvelle fabrication)	Essais après chgt de moule	Attente régleur	Attente opérateur
Janvier	16000	300	150	0	0	0	2450	800	50	1300	250	0	0
Février	16000	1750	0	1550	250	350	0	0	100	0	0	0	50
Mars	18400	0	0	0	0	0	0	0	0	1550	50	0	0
Avril	17600	1050	350	650	0	0	0	50	250	0	0	150	0
Mai	15200	0	0	0	0	0	1450	150	0	0	0	350	800
Juin	18400	0	950	0	0	250	0	0	50	1300	150	0	0
Juillet	17600	1750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Août	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septembr e	18400	0	0	4700	0	0	0	200	100	0	0	0	800
Octobre	16800	0	0	0	0	0	2550	0	150	1250	150	0	0
Novembre	16000	950	500	0	0	0	0	950	0	0	0	400	0
Décembre	18400	0	450	2750	0	0	550	0	200	1700	250	0	0
TOTAUX	188800	5800	2400	9650	250	600	7000	2150	900	7100	850	900	1650

☐ Compléter le tableau de la page SUIVANTE afin de déterminer :

- Les TBF, TTR et TTE
- La disponibilité opérationnelle Do
- La disponibilité d'un point de vue maintenance Dm
- La disponibilité intrinsèque Di

☐ Tracer ces 3 disponibilités

☐ En déduire la mesure prioritaire à appliquer pour améliorer la disponibilité opérationnelle

Réponses :

Mois	TTE	TTR	TBF	Di	Dm	Do
Janvier						
Février						
Mars						
Avril						
Mai						
Juin						
Juillet						
Août						
Septembre						
Octobre						
Novembre						
Décembre						
TOTAUX						

