

I – RELATIONS DE BASE :**11 – Fiabilité d'un matériel :**

Pour mesurer la fiabilité d'un matériel on utilise le plus souvent les critères suivants :

- MTBF = Mean Time Between Failure = Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement (du matériel entre deux pannes).

MTBF est donc le temps total de bon fonctionnement divisé par le nombre de pannes du matériel.

$$MTBF = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre de périodes de bon fonctionnement}}$$

- $\lambda = 1/MTBF$. λ est appelé taux de défaillance. λ est donc le nombre de défaillances par unité de temps de bon fonctionnement. λ est donc aussi la probabilité de défaillance du matériel par unité de temps de bon fonctionnement.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

La fiabilité d'un matériel est bonne si :

- Sa MTBF est élevée
faible
- son taux de défaillance λ est élevé
faible

12 – Maintenabilité d'un matériel :

Pour mesurer la maintenabilité d'un matériel on utilise le plus souvent les critères suivants :

- MTTR = Mean Time To Repair = Moyenne des Temps T pour Réparer (diagnostic + réparation + remise en état).

MTTR est donc le temps passé au total en réparation divisé par le nombre de pannes.

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes}}$$

- $\mu = 1/MTTR$. μ est appelé taux de réparation. μ est donc le nombre de réparations divisé par le temps total passé en réparation.

$$\mu = \frac{1}{MTTR}$$

La maintenabilité d'un matériel est bonne si :

- Sa MTTR est élevée
faible

13 – Disponibilité d'un matériel :

Pour qu'un matériel soit disponible, il faut qu'il soit le plus longtemps possible en état de marche (MTBF) et le moins longtemps possible en réparation (MTTR). En fait, la disponibilité est par définition la probabilité pour que le matériel soit en état d'accomplir une fonction requise. La disponibilité peut prendre différentes formes et s'exprimer ainsi :

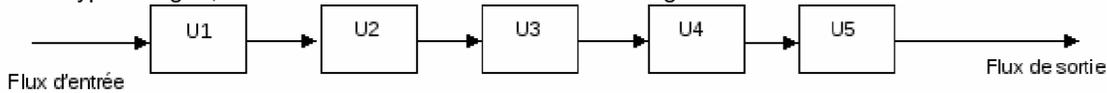
- **D = tps de disponibilité / tps total**
- **D = tps de disponibilité / (tps de disponibilité + tps d'indisponibilité)**

Ces relations sont aussi valables avec des valeurs moyennes

Exercices – CONCEPT FMD – TRS

14 – Équipements dépendants en série :

Sur ce type de ligne, l'arrêt d'une unité entraîne l'arrêt de la ligne.



Si D_i est la disponibilité de la machine, U_i et n le nombre de machines en série, la disponibilité opérationnelle de la ligne sera :

$$D_g = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{D_i} - (n-1)}$$

Calcul du taux de défaillance λ d'un système :

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_i$$

Calcul du taux de réparation μ d'un système :

$$\lambda / \mu = \lambda_1 / \mu_1 + \lambda_2 / \mu_2 + \dots + \lambda_i / \mu_i$$

15 – Calcul de MTBF, MTTR, λ , μ , D :

Un matériel en exploitation pendant un temps total $TT = 50\,000$ heures, a été sujet à $p = 5$ pannes ayant provoqué la mise hors service pour cause de réparation pendant un Temps Total de Réparation $TTR = 50$ heures.

→ Déterminer les éléments suivants :

- TBF =

- Mean Time Between Failure MTBF =

- Mean Time To Repair MTTR =

- Taux de défaillance $\lambda =$

- Taux de réparation $\mu =$

- Disponibilité =

Exercices – CONCEPT FMD – TRS

16 – Calcul de disponibilité d'une pompe industrielle :

Une pompe industrielle a fonctionné pendant 10 000 heures en service continu avec 7 pannes dont les durées respectives sont : 4 ; 2,5 ; 6 ; 12 ; 1,5 ; 36 et 3,5 heures.

→ **Déterminer les éléments suivants :**

• TBF =

• Mean Time Between Failure

MTBF =

• Mean Time To Repair

MTTR =

• Taux de défaillance

λ =

• Taux de réparation

μ =

• Disponibilité =

17 – Calcul de disponibilité d'un système de convoyage :

Au sein d'une usine de conditionnement d'engrais, la fonction de convoyage des sacs d'engrais nécessite 3 convoyeurs identiques situés les uns à la suite des autres. Sur un même convoyeur, il s'écoule en moyenne 600 heures entre la fin d'une panne et la panne suivante. Bien que ces temps soient très variables selon la panne, l'agent de maintenance met en moyenne

- 15 minutes pour arriver sur les lieux car il n'a pas que cela à faire,
- 10 minutes pour déterminer l'origine de la panne,
- 25 minutes pour réparer et il les lui faut,
- 10 minutes de plus pour remettre le système en service.

a/ Déterminez la disponibilité d'un seul convoyeur

b/ Déterminez la disponibilité de la fonction convoyage des sacs d'engrais

Exercices – CONCEPT FMD – TRS

18 – Machine-outil :

Le responsable maintenance d'une entreprise a le fichier historique d'un matériel 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.	TTR en h.
1	Moteur	Electrique	80	2
2	Moteur	Electrique	40	3
3	Broche	Mécanique	50	2
4	Broche	Mécanique	100	8
5	Avance	Electrique	60	5
6	Avance	Electrique	40	2
7	Lubrification	Mécanique	20	3
8	Lubrification	Hydraulique	5	4
9	Lubrification	Hydraulique	10	3
10	Lubrification	Hydraulique	20	1.25

1. Calculer le total des TBF.
2. Calculer le total des TTR.
3. Calculer la MTBF.
4. Calculer la MTTR.
5. Calculer la disponibilité.

Somme des TBF	Somme des TTR	MTBF	MTTR	Disponibilité

19 – Renouvellement de matériel :

Des impératifs de production imposent à une entreprise d'injection de pièces en Zamak de renouveler son parc machine. Dans le cadre de cette nouvelle acquisition, l'entreprise hésite entre 3 presses sensiblement équivalentes et déjà en activité dans l'atelier de moulage.

On donne ci-dessous un extrait de l'historique des temps (en heures) de ces 3 modèles de presses.

Equipement	Temps requis	Temps de panne	Temps d'arrêt pour exploitation	Temps de fonctionnement	Temps non utilisé	Nb de pannes
Presse N°1	6369	967	92	5134	176	46
Presse N°2	6473	638	364	4685	786	56
Presse N°3	4272	254	170	3678	170	118

- Compléter le tableau ci-dessous afin de déterminer les paramètres de disponibilité des 3 presses.

Equipements	MTBF		MTTR		Do	
	Calculs	Résultat	Calculs	Résultat	Calculs	Résultat
Presse N°1						
Presse N°2						
Presse N°3						

- Déterminer la presse ayant la meilleure fiabilité. Justifier.

- Déterminer la presse ayant la meilleure maintenabilité. Justifier.

- Déterminer la presse la plus performante. Justifier.

II – SYSTEMES COMPLEXES :

21 – 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 cigarettes, le conditionnement en paquets et en cartouches.

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.

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

n°	<u>Causes d'arrêt</u>	Machine 1		Machine 2		Machine 3	
		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

	Nb de Pannes	ΣTTR	TBF	MTBF	λ	MTTR	μ	Do
Machine 1								
Machine 2								
Machine 3								

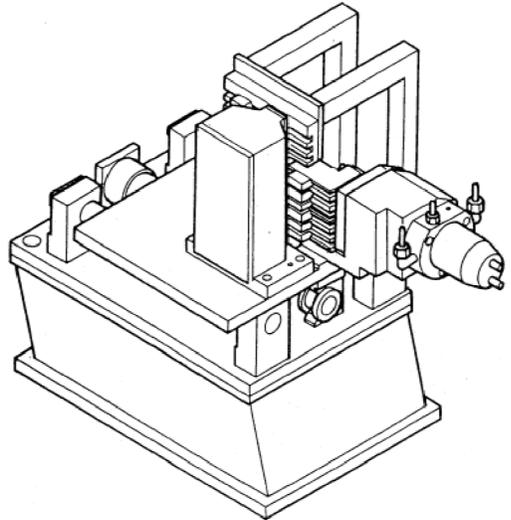
	$\lambda L = \Sigma \lambda_i$	$\lambda L / \mu L = \Sigma (\lambda_i / \mu_i)$	μL	$DL = \mu L / (\mu L + \lambda L)$
Ligne de production				

22 – Analyse d’un poste d’usinage d’une machine transfert :

L'historique d'un poste d'usinage a montré que les éléments suivants ont été défaillants :

- boîtier multipiste, MTBF=6536h, MTTR=0,25h
- tiges d'identification, MTBF=6757h, MTTR=0,33h
- systèmes poussoirs, MTBF=10204h, MTTR=1h
- douilles à billes, MTBF=41667h, MTTR=1,5h
- vérins, MTBF=20833h, MTTR=0,25h

Compléter les 2 tableaux ci-dessous afin de déterminer la disponibilité du poste.



$$\lambda \text{ du poste d'usinage} = \sum \lambda_i \qquad \frac{\lambda \text{ du poste d'usinage}}{\mu \text{ du poste d'usinage}} = \sum \frac{\lambda_i}{\mu_i}$$

$$\text{Disponibilité du poste d'usinage} = \frac{\mu \text{ du poste d'usinage}}{(\mu \text{ du poste d'usinage}) + (\lambda \text{ du poste d'usinage})}$$

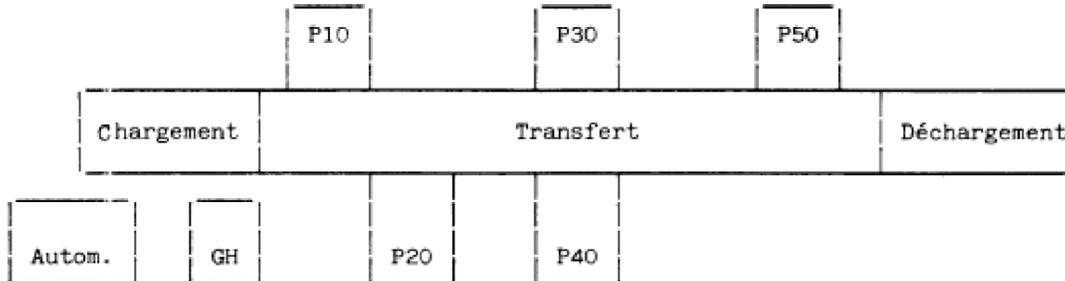
Sous système	λ	μ	λ / μ
Boîtier			
Tiges			
Poussoirs			
Douilles			
Vérins			
$\Sigma \lambda_i$		$\Sigma (\lambda_i / \mu_i)$	

λ du poste d’usinage =	μ du poste d’usinage =	Disponibilité du poste d’usinage =

Exercices – CONCEPT FMD – TRS

23 – Disponibilité prévisionnelle de la machine transfert :

On désire définir la disponibilité prévisionnelle de la machine transfert (organisation définie ci-dessous) dont fait partie le poste précédent. (On ne prendra pas en compte les résultats de la partie précédente)



Les données enregistrées sur le terrain sur des machines équivalentes ont donné les informations suivantes :

Sous-ensemble	TBF (minutes) Temps de bon fonctionnement	TTR (minutes) Temps d'arrêt	λ	μ	λ / μ
Chargement	2500	2	4,00E-04	5,00E-01	8,00E-04
Poste 10	7500	11	1,33E-04	9,09E-02	1,47E-03
Poste 20	4400	47	2,27E-04	2,13E-02	1,07E-02
Poste 30	7500	11	1,33E-04	9,09E-02	1,47E-03
Poste 40	4400	11	2,27E-04	9,09E-02	2,50E-03
Poste 50	6900	20	1,45E-04	5,00E-02	2,90E-03
Déchargement	2500	2	4,00E-04	5,00E-01	8,00E-04
Transfert	1700	20	5,88E-04	5,00E-02	1,18E-02
Automate	90000	5	1,11E-05	2,00E-01	5,56E-05
Groupe hydraulique	19000	4	5,26E-05	2,50E-01	2,11E-04
TOTAL			2,32E-03		3,26E-02

Calculer la MTBF du transfert :

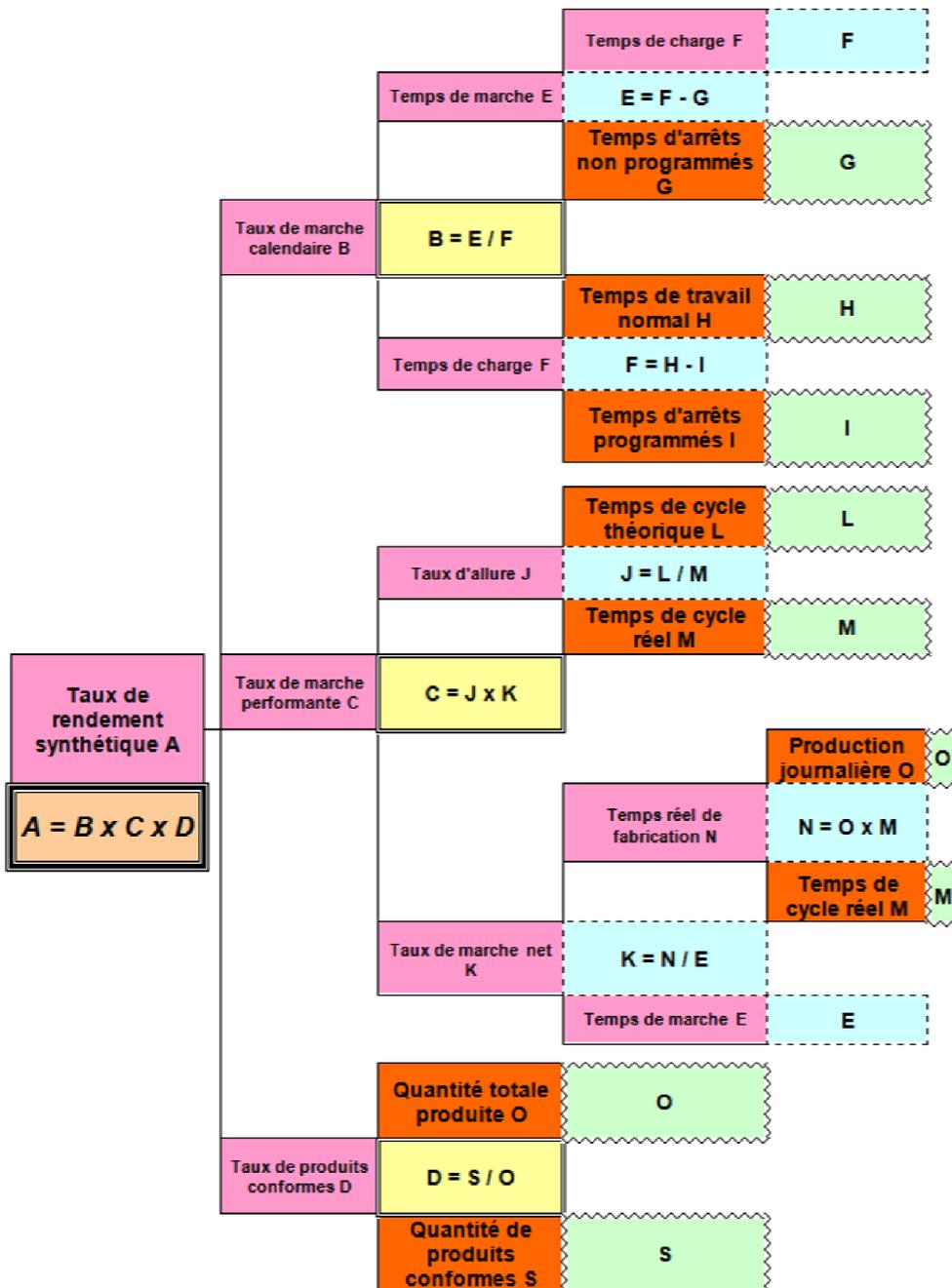
Calculer la MTTR du transfert :

Calculer la disponibilité du transfert :

III – CALCUL DU TRS :

31 – Méthodologie :

1. Convertir tous les temps dans la même unité
2. Déterminer d'après les relevés de temps ou l'historique les cases G H I L M O S
3. Calculer ensuite les cases F E J N K
4. Calculer les 3 taux B C D
5. Calculer le TRS A



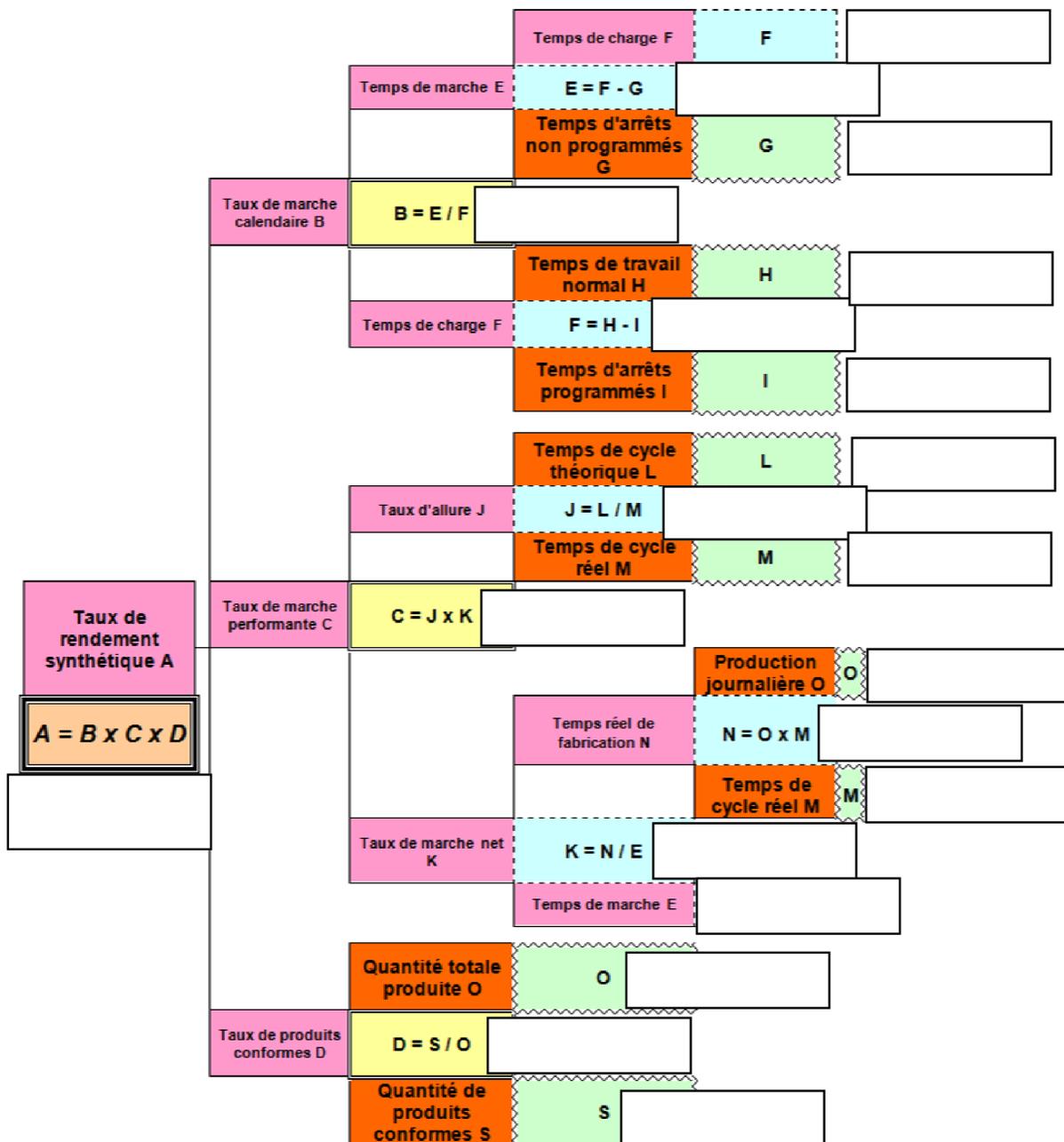
Exercices – CONCEPT FMD – TRS

32 – Application N°1 :

On a relevé sur une ligne de production les informations suivantes :

- Temps ouvrable par jour : 8h
- Arrêts pour pause : 20 min
- Arrêts pour préparation : 20 min
- Arrêts pour pannes : 20 min
- Arrêts pour réglages en cours de production : 20 min
- Production : 400 pièces / jour
- Nombre de rebuts : 5
- Temps de cycle théorique : 0,5 min / pièce
- Temps de cycle réel : 0,8 min / pièce

- 1) Calculer le TRS de l'installation
- 2) Interpréter ce TRS



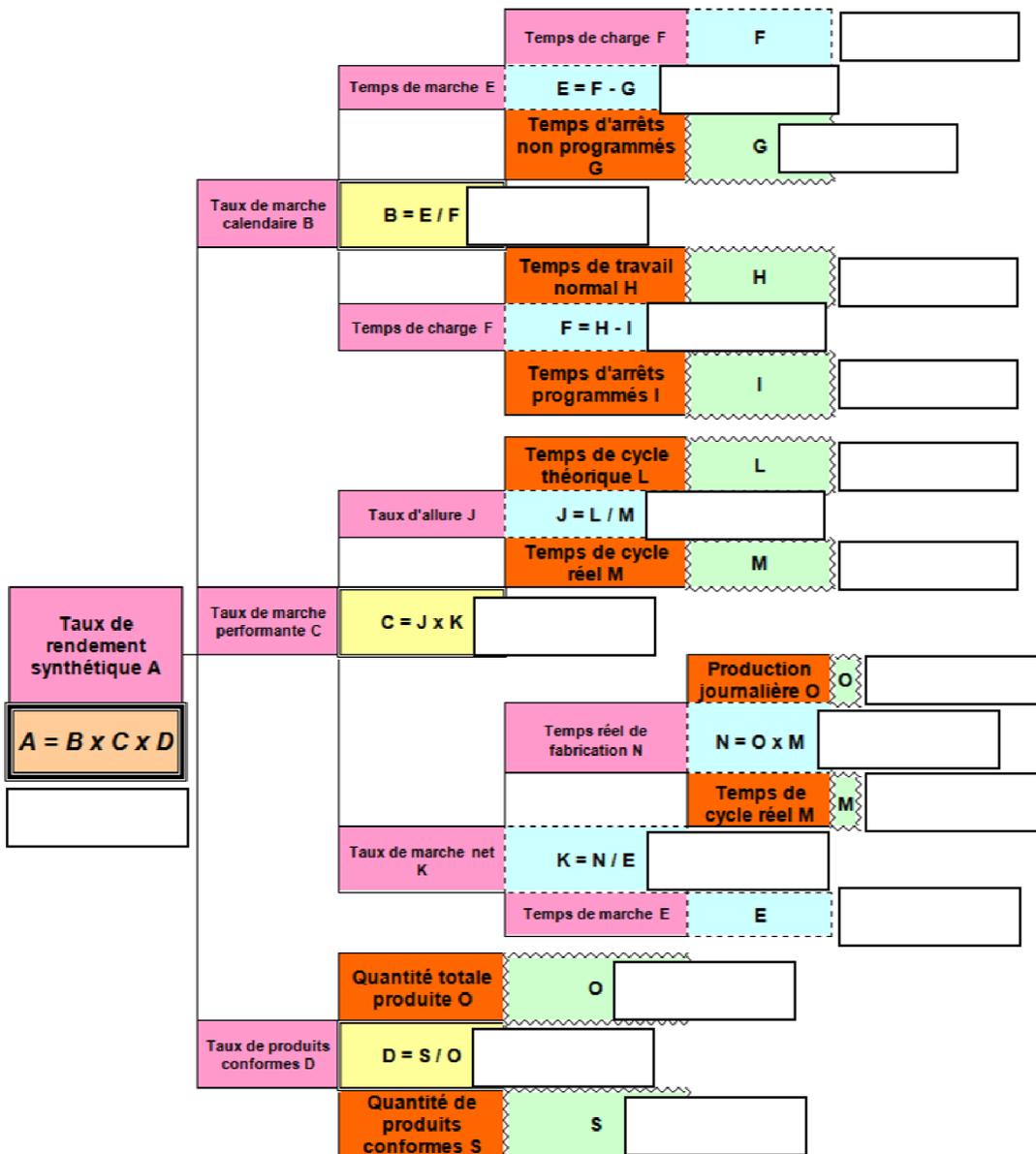
Exercices – CONCEPT FMD – TRS

33 – Application N°2 :

Soit un système semi-automatique réalisant une seule opération de fabrication d'un produit. Ce système se situe à l'intérieur d'une ligne de production. L'objectif est d'estimer le TRS et de la comparer à la disponibilité effective au bout de 5 jours de production (soit une semaine de travail).

- Temps d'ouverture = 5 x 16 heures
- Arrêts programmés = 5 x 2 fois ½ heure
- Temps d'arrêts pour panne = 6,25 heures
- Temps d'arrêts pour réglages en cours de production = 5 fois ½ heure
- Temps de production = 66,25 heures
- Production hebdomadaire = 1050 pièces
- Temps réel moyen par pièce = 3,5 minutes
- Temps théorique par pièce = 3 minutes
- Taux de rebut = 5%

- 1) Calculer le TRS de l'installation
- 2) Calculer sa disponibilité
- 3) Comparer ces 2 résultats (expliquer les raisons de l'écart)

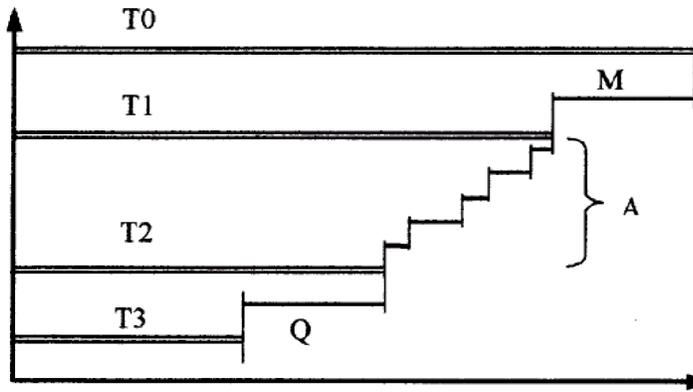


Exercices – CONCEPT FMD – TRS

34 – Evaluation d'un TRS :

Une entreprise a décidé de mettre en place une politique axée sur la TPM afin d'obtenir le meilleur rendement des équipements. Pour évaluer ce rendement, elle utilise le TAUX DE RENDEMENT SYNTHETIQUE (TRS).

Le TRS est calculé selon la méthode suivante :



T0 = temps d'ouverture de l'équipement
 M = temps de maintenance (arrêt pour panne)
 T1 = temps brut de fonctionnement
 A = temps d'arrêt de faible durée, souvent considérés comme « normaux », mais pénalisant les performances.
 T2 = temps net de fonctionnement.
 Q = temps correspondant à une production non conforme (non-qualité)
 T3 = temps utile de fonctionnement.

Le nombre de pièces réalisables sur une presse en 7,5 heures est de 3225. La machine fonctionne 7,5 heures par équipe, en 3 équipes par jour, 5 jours par semaine.

- Calculer le temps d'ouverture hebdomadaire T0 de l'équipement :

- Compléter le tableau ci-dessous :

N° de semaine	Temps de maintenance« M »	T1	Temps d'arrêts « A »	T2	Temps de non qualité « Q »	T3	TRS = T3/T0
13	2,5	110	3	107	2	105	
14	3,5		4		2,5		
15	3		2,5		3		
16	4		3,5		5		
17	3,5		3		4		
18	5		4		3,5		
19	4		3,5		2,5		
20	4,5		3		4,5		
21	7,5		2,5		2,5		
22	8		3		3		
23	3,5		4		3,5		
24	5,5		3,5		3		