

LA MAINTENANCE ET L'ANALYSE DES TEMPS

I – Connaissance du temps de Maintenance et Classification :

1.1 – Classification du temps :

La maintenance a pour devoir de maîtriser à la fois les **temps machines** (alternances de temps de bon fonctionnement et de temps d'arrêts) et les **temps d'activité** des techniciens d'intervention.

⇒ **Temps machines** : ils concernent les états successifs caractérisant la disponibilité et la non disponibilité des systèmes. Pour ces temps, des saisies automatiques de dates et de durées ou des relevés de compteurs associés à des systèmes d'imputation des causes d'arrêts seront nécessaires.

⇒ **Temps d'activité** : comme ces temps relèvent d'interventions humaines, ils posent un problème de saisie délicat. Comme leur connaissance est aussi indispensable que la connaissance des temps machines, un effort d'explication destiné aux techniciens est souvent nécessaire.

La maîtrise des temps précédents, résultant de la performance intrinsèque de l'équipement (fiabilité) et de la performance humaine associée aux arrêts (maintenabilité), va donc permettre de gérer la maintenance d'un équipement à partir des causes d'indisponibilité à l'aide d'indicateurs de maintenance (appelés ratios).

1.2 – Mesure des temps :

Au niveau de la mesure des temps, 2 systèmes se confrontent : le système classique de mesures décimales et le système sexagésimal moins confortable à utiliser (an, semaine, jour, heure, minute, seconde). Il ne faut pas confondre 1:50 h et 1,50 h.

Système sexagésimal	Système mixte	Système décimal
Heure	Heure	Heure
Minute	Minute	1 / 10 ^{ème} d'heure
Seconde	1 / 10 ^{ème} de minute = 6s	1 / 100 ^{ème} d'heure = 1ch = 36s
1 / 10 ^{ème} de seconde	1 / 100 ^{ème} de minute = 0,6s	1 / 1000 ^{ème} d'heure = 1mh = 3,6s
1 / 100 ^{ème} de seconde	1 / 1000 ^{ème} de minute	1 / 10000 ^{ème} d'heure = 1dmh = 0,36s

Il appartient à chaque entreprise d'adopter le système d'enregistrement des temps le mieux adapté à son activité et de se doter des moyens de mesure correspondants sachant que l'analyse des cycles machines peut exiger de descendre sous la seconde alors que l'analyse des activités de maintenance ne requiert pas de descendre sous le ¼ d'heure.

Pour les temps relatifs à l'organisation du travail et à la gestion, on utilisera couramment le jour, la semaine ou l'année. Le mois est à éviter, car de durée variable, il ne correspond pas forcément aux rythmes de la vie sociale de l'entreprise.

1.3 – Moyens de mesure des temps :

Pour la mesure des temps machines, les systèmes de mesure sont le plus souvent intégrés (horloges, compteurs). Ils utilisent souvent des unités classiques de temps, mais parfois aussi des unités indirectes telles que le nombre de cycles, la tonne produite, l'hectolitre embouteillé, le kilomètre parcouru, etc.

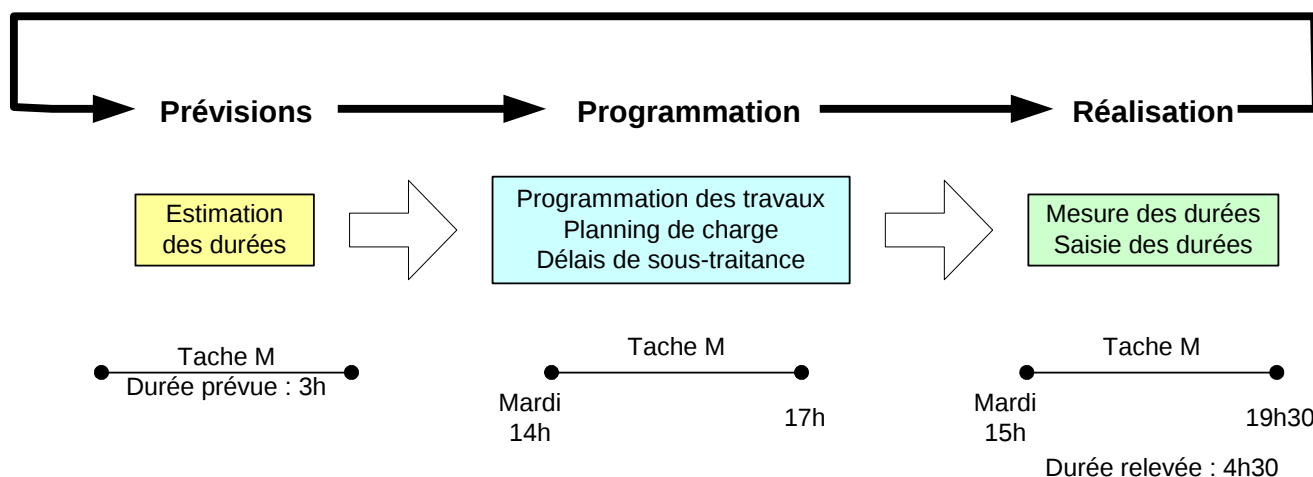
Pour la mesure des temps d'activité humaine, il repose le plus souvent sur l'autocontrôle des intervenants, le plus souvent au ¼ d'heure près. Le chronométrage et l'enregistrement vidéo sont très mal perçus et sont généralement réservés à des travaux bien spécifiques de maintenance.

1.4 – Les temps d'activité humaine :

La maîtrise des temps d'activité de tous les techniciens de maintenance est à la base de la pyramide de la gestion d'un service maintenance :

- ⇒ Sans estimation des « temps alloués », pas de planification d'activités.
- ⇒ Sans estimation de temps, pas de coûts prévisionnels, donc pas de gestion prévisionnelle.
- ⇒ Sans les relevés des « temps passés », pas de coûts de maintenance, donc pas de gestion possible du budget.
- ⇒ Sans relevés exacts des temps passés, pas d'analyse des activités, donc pas de propositions d'améliorations.

L'analyse des temps d'activité humaine repose donc sur 4 temps : **les temps prévus, les temps programmés, les temps passés et les temps relevés** (cf. schéma page suivante).



La principale difficulté au niveau de ces 4 temps est celle liée à l'obtention des temps passés.

1. Il existe tout d'abord chez les intervenants une grande méfiance face à la saisie des temps passés ; méfiance qui date de l'époque taylorienne, lorsque les gens étaient payés au rendement. Aujourd'hui anachronique, cette méfiance pénalise encore l'organisation des saisies des temps passés : soit par une opposition systématique de principe, soit par une incompréhension de l'objectif qui amène à fausser volontairement les saisies. Les « temps relevés » ne sont pas obligatoirement et automatiquement les « temps passés ».
2. Pour être exploitables, les temps portés sur les bons de travaux manuels doivent être lisibles Ce n'est pas toujours le cas !
3. Autre problème lié aux interventions correctives qui comportent plusieurs phases distinctes (observations in situ, diagnostic, préparation, intervention essais, etc.) : quel temps porter sur le bon de travail ?
4. Enfin, lors de « mini interventions », doit-on prendre 10 minutes à saisir les paramètres d'une intervention de 2 minutes.

En conclusion, quand on ne dispose pas de temps relevés, ou que les temps sont erronés, incomplets, non homogènes, illisibles, etc, il est difficile de trouver des parades à ces difficultés. Cependant, sans ces parades, c'est la maîtrise des temps passés et donc l'édifice « gestion de maintenance » qui s'écroule.

II – Nature des durées d'intervention de Maintenance :

Les temps de maintenance comprennent les temps de maintenance préventive et les temps de maintenance de corrective. Ces derniers se décomposent en temps actifs et en temps annexes.

2.1 – Les temps en maintenance corrective :

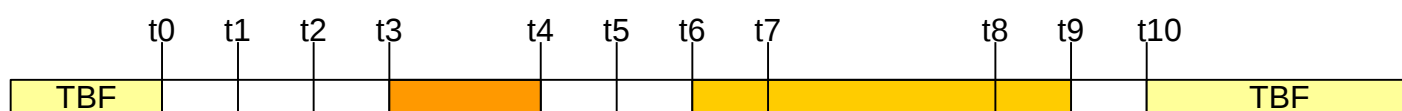
Parmi les temps actifs de maintenance corrective on trouve :

- ⇒ Le temps de localisation de la défaillance
- ⇒ Le temps de diagnostic
- ⇒ Le temps de dépannage ou de réparation
- ⇒ Le temps de contrôle et d'essais finals

Parmi les temps annexes de maintenance corrective on trouve :

- ⇒ Les temps administratifs (temps de saisie, traitements de documents)
- ⇒ Les temps logistiques ou durées d'attente des ressources nécessaires à l'exécution de la maintenance.
- ⇒ Les temps techniques annexes (ex : phase de refroidissement d'un équipement)
- ⇒ Les temps de préparation du travail (études, méthodes, ordonnancement)

Le chronogramme, ci-dessous, illustre la chronologie des temps actifs et annexes en maintenance corrective.



Spécifications :

Avant t0 et après t10 : durées de bon fonctionnement TBF t0 : apparition de la défaillance t0 – t1 : durée de détection de la défaillance t1 : émission de la demande de travail DT t2 : accusé de réception, la DT est enregistrée par le service maintenance t3 : prise en charge par un technicien disponible t3 – t4 : tests, localisation, diagnostic, expertise t4 – t5 : préparation de l'intervention, consignation, procédures de sécurité	t5 – t6 : programmation de l'intervention, attente d'approvisionnement t6 : lancement de l'ordre de travail OT t6 – t7 : nettoyage, accès, dépose sous-ensemble t7 – t8 : démontage et intervention proprement dite t8 – t9 : remontage et repose t9 – t10 : essais, contrôles, réglages et déconsignation t10 : équipement à nouveau opérationnel (TBF)
---	---

Remarque : (t3 – t4) et (t6 – t10) : temps passés saisis sur le bon de travail BT.

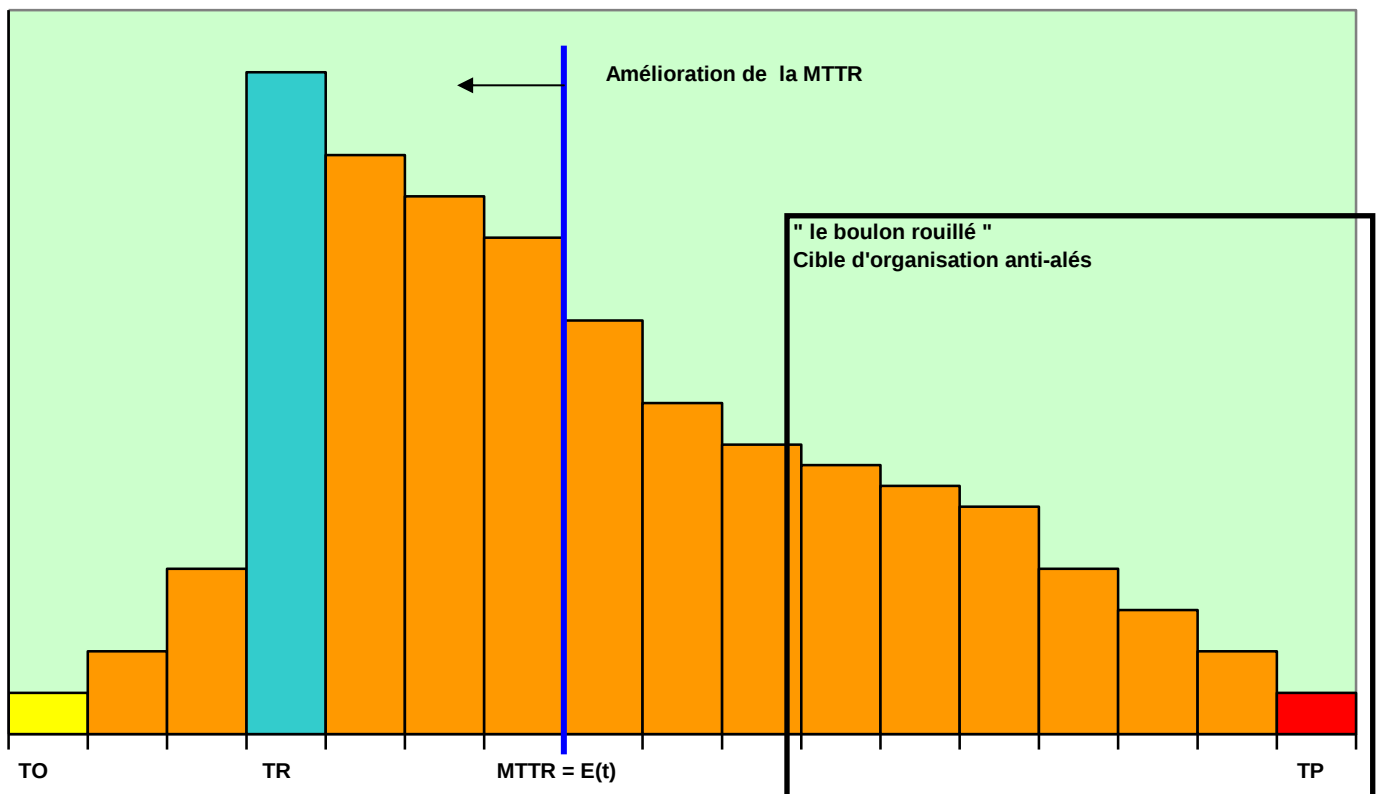
Il s'agit des **TTR : Temps techniques de réparation.**

2.2 – Analyse de la maintenabilité : distribution des durées d'intervention :

Soit une intervention corrective réalisée N fois et connue par retour d'expérience (historique).

Ex : changement d'un disque d'embrayage sur une voiture.

L'histogramme des TTR (et donc la fonction de distribution qui s'en déduit) a toujours la même allure, caractérisée par une dissymétrie forte entre les **temps minimaux dits « optimistes » TO** et les **temps maximaux dits « pessimistes » TP**. Le temps **TR** est le **temps réaliste** le « **plus fréquent** ». La **MTTR** est approximée par la moyenne statistique des durées mises en classes (ou se calcule par l'espérance mathématique de la variable aléatoire « TTR » lorsqu'on utilise des **lois de probabilité**).

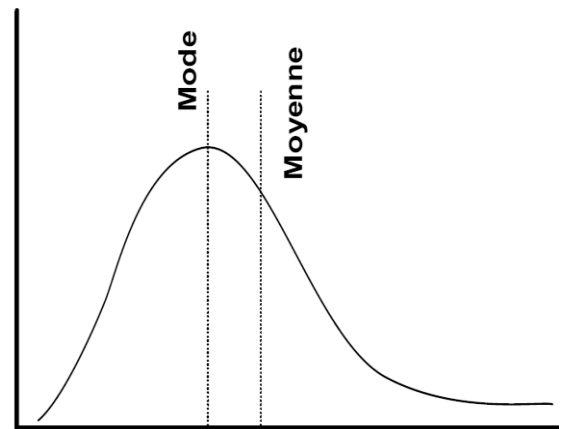


L'analyse de cette distribution montre plusieurs éléments intéressants :

1. Elle est ***naturelle***, car elle illustre un grand nombre d'activités humaines, caractérisées par la dissymétrie entre le « ça va bien » et le « tout se passe mal ». En maintenance, elle illustre l'argument caricatural mais bien professionnel du « boulon rouillé » : pour démonter 12 boulons, il faut 11 minutes pour les 11 premiers et ½ heure pour le dernier (grippé et inaccessible).
2. ***L'amélioration de la disponibilité d'un équipement est l'objectif essentiel de la maintenance.*** Elle passe par l'amélioration de la maintenabilité caractérisée par la MTTR. On pourrait croire que pour améliorer la MTTR, il faudrait travailler toujours plus vite et essayant de battre des records. Or, on constate en pratique que le gain est faible, et que l'on ne peut pas battre des records du 01 janvier au 31 décembre. De plus, « travail vite fait » signifie souvent « travail bâclé ». La réactivité attendue des interventions ne doit pas se faire au détriment de la qualité. L'expérience montre que c'est par la réduction des temps les plus longs que l'on améliore la MTTR. Cette diminution passe par l'observation des aléas qui pénalisent les interventions, l'anticipation de ces aléas par une meilleure préparation, un lancement efficace et une meilleure logistique de soutien (documents de travail, outillages adaptés et disponibles, pièces de rechange). Suivre une intervention sur le terrain suffit à cibler les gisements d'améliorations : déplacements inutiles, attente de moyens de levage, outillages inadaptés, accès difficiles, nettoyages longs faute de maintenance de 1^{er} niveau, schémas non mis à jour, pièces de rechange absentes, etc.

3. **Une bonne prévision des temps** n'est jamais faite pour être exacte, mais plutôt mi-optimiste et mi-pessimiste. La MTTR obéit à ce critère probabiliste, et c'est elle qui doit être portée comme « temps alloué » en non le temps réaliste TR (car la valeur modale est distincte de la moyenne pour toute distribution dissymétrique).

4. **La maintenabilité intrinsèque** est un critère déterminant, puisque le gain de performance, inclus à l'origine, vise la zone des aléas potentiels. Ce gain est obtenu par une accessibilité bien pensée, par des alarmes de localisation de défauts intégrées, par la modularité qui permet un échange standard rapide, etc.



Bilan : mieux vaut passer du temps à préparer une intervention, à anticiper les difficultés pour pouvoir travailler bien, plutôt que de vouloir travailler vite !

2.3 – Estimation d'une durée prévue :

Pour une distribution dissymétrique et dans le cas d'une intervention préparée, la MTTR peut être estimée par la relation ci-contre. Cette formule est applicable « a priori » (par estimation de T_o , T_r et T_p) ou « a posteriori » par retour d'expérience de taille N .

$$MTTR = \frac{T_o + 4T_r + T_p}{6}$$

Si $N > 50$, on estime le temps optimiste T_o tel que 10% des temps lui soient inférieurs, le temps pessimiste T_p tel que 10% des temps lui soient supérieurs et le temps le plus fréquent T_r .

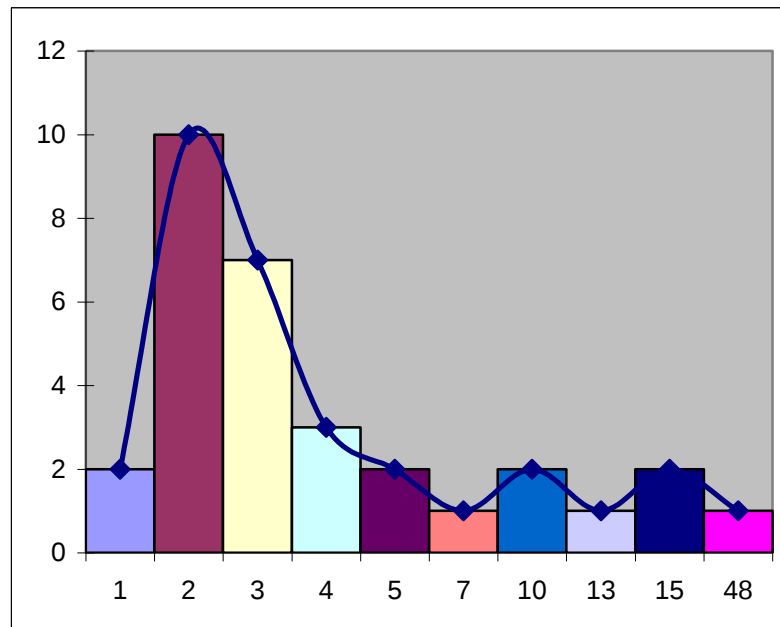
La MTTR ainsi estimée est telle qu'il y a la même probabilité de ne pas l'atteindre que de la dépasser.

Exemple :

Une série d'interventions sur des variateurs d'un manège a donnée les résultats suivants :

Temps d'arrêt	1	2	3	4	5	7	10	13	15	48
Fréquence	2	10	7	3	2	1	2	1	2	1

L'histogramme des distributions est le suivant :



La distribution est bien dissymétrique.

Le temps optimiste est TO = 1 heure.

Le temps pessimiste est TP = 48 heures.

Le temps réaliste est TR = 2 heures.

La valeur du mode (ou modale) serait quant à elle égale à 2 heures.

On portera donc 9,5 heures comme temps alloué.

$$MTTR = \frac{To + 4Tr + Tp}{6}$$

$$MTTR = \frac{1 + 4 \times 2 + 48}{6}$$

$$MTTR = 9,5 \text{ heures}$$

2.4 – Autres méthodes d'estimation :

La méthode MTM : « Method Time Measurement » : méthode qui a pour objet la conception d'un poste de travail. Chaque tâche est décomposée en mouvements élémentaires appartenant à l'une des 9 classes répertoriées :

R → Reach (atteindre)

T → Turn (tourner)

ET → Eyes turn (déplacer

M → Move (mouvoir)

D → Disengage

le regard)

G → Grip (saisir)

(désengager)

AP → Press (presser)

P → Position (position)

RL → Release (relâcher)

A chaque mouvement élémentaire va être affecté un temps extrait de la norme MTM.

Les temps sont exprimés en 1/100000^{ème} d'heure (1cmh = 0,036s).

Phase N°	Description du mouvement	Symbole MTM	Temps
4	Transporter clé vers écrou	M 45 C	20,2

Mouvoir (M) sur 45cm jusqu'à un emplacement précis (C) pendant 20,2 cmh.

Le chronométrage : lancé en France par le BTE (bureau des temps élémentaires), il consiste à effectuer une série de 10 mesures permettant de stabiliser un poste de travail.

Le chronométrage pose des problèmes humains très importants car il est mal vécu. De plus, les allures mesurées sont souvent accélérées ou ralenties (volontaires ou non).

L'estimation au jugé : le technicien, de par sa propre expérience, donne le temps réaliste TR en non la MTTR cherchée. Méthode rapide, mais peu précise et trop subjective.

Les standards de temps : ils sont établis pour des tâches répétitives bien définies, ayant toujours à l'origine une décomposition en temps élémentaires.

Technique des blocs de temps : utilise la vidéo pour connaître certains temps opératoires, mais elle est surtout utilisée pour analyser puis optimiser des successions d'opérations dans le cadre d'une réorganisation.

Estimation historique : elle se fait par dépouillement des BT donnant des temps passés. L'estimation d'un **temps moyen TM** peut se faire suivant la méthode suivante :

Soit p_i la probabilité d'un temps t_i .

L'espérance mathématique de la durée sera : $E(t) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot t_i$

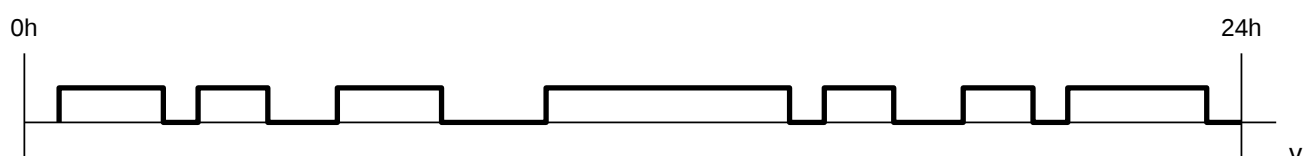
Exemples d'application : $P = 0,1$ pour que $t = 10h$;

$P = 0,5$ pour que $t = 20h$;

$P = 0,4$ pour que $t = 30h$.

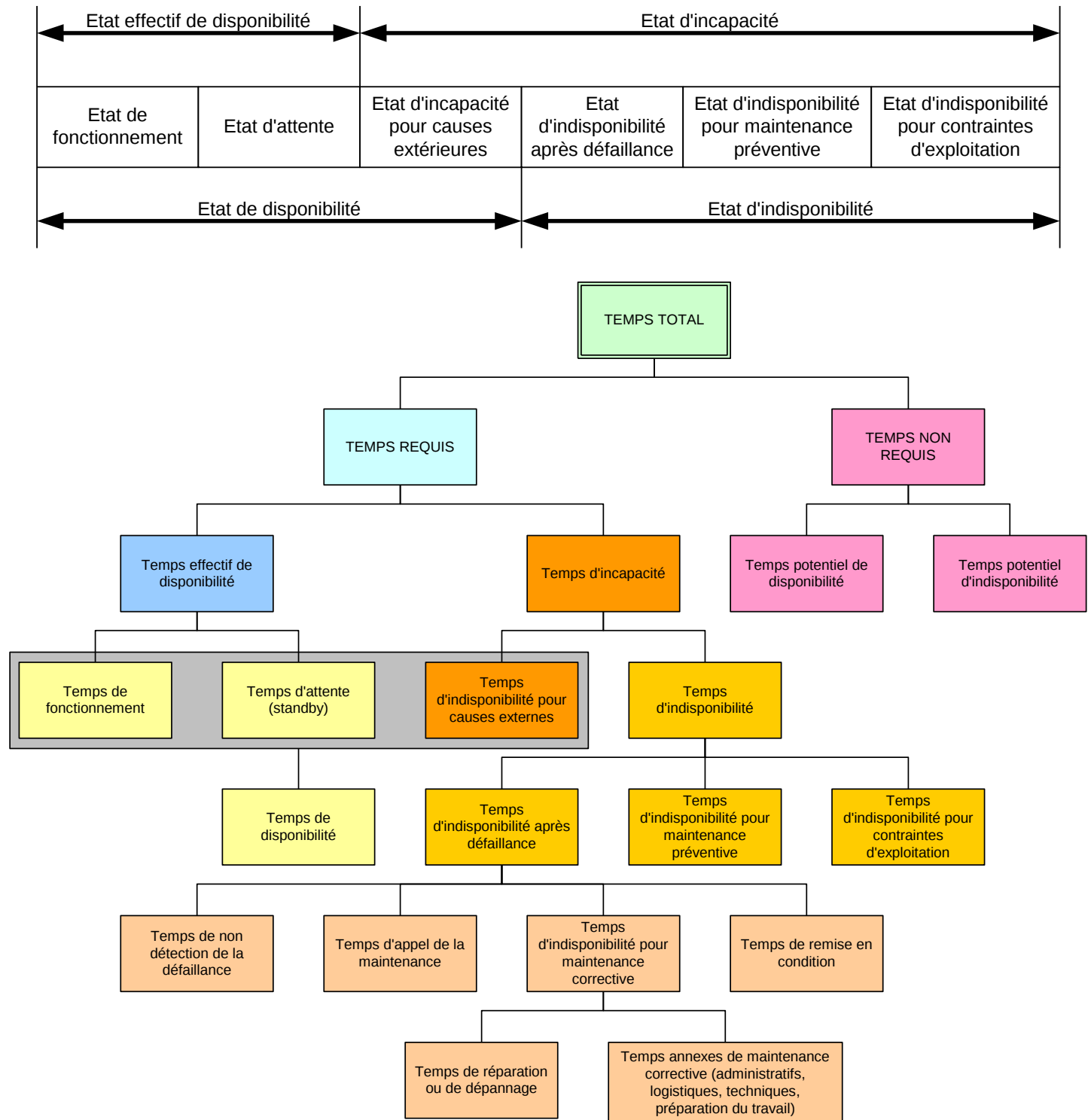
Réponse : $E(t) = tm = 0,1 \times 10 + 0,5 \times 20 + 0,4 \times 30 = 23$ heures

Méthode des observations instantanées : C'est une méthode qui permet d'estimer des temps d'états différents d'un processus continu à partir d'observations instantanées réalisées par campagnes.



Ex : 12 observations ont été faites à des instants pris au hasard, donnant $p=7$ périodes de fonctionnement et $q=8$ périodes d'arrêt. L'estimation de l'engagement est de $7 / (7+8) = 0,47$ soit 47% pour l'état de fonctionnement. Sur 24 heures, l'équipement aura donc fonctionné 11,3 heures.

III – Notions temporelles relatives aux états d'une entité :



L'organigramme du temps total conçu pour cette maintenance

Explications des différents états

.Etat de fonctionnement :

état dans lequel le bien accomplit une fonction requise.

.Etat d'attente : état dans lequel le bien, pendant une période requise, est apte à accomplir une fonction requise, mais n'est pas sollicité.

.Etat effectif de disponibilité :

état dans lequel l'entité est effectivement apte à accomplir une fonction requise et où la fourniture des moyens extérieurs éventuellement nécessaire est assurée.

.Etat d'incapacité :

état dans lequel l'entité est dans l'incapacité d'accomplir une fonction requise pour des causes imputables à l'entité ou extérieures à celle-ci.

.Etat d'incapacité pour causes extérieures :

état d'incapacité d'une entité apte à accomplir une fonction requise mais ne pouvant fonctionner pour des causes extérieures à l'entité (manque d'alimentation, de main d'œuvre, manque ou saturation de pièces, pièces en amont non conformes, etc).

.Etat d'indisponibilité après défaillance :

état dans lequel l'entité est inapte à accomplir une fonction requise à la suite d'une défaillance et avant remise en service.

.Etat d'indisponibilité pour maintenance préventive :

état dans lequel l'entité est inapte à accomplir une fonction requise pendant des opérations de maintenance préventive.

.Etat d'indisponibilité pour contraintes d'exploitation :

état dans lequel l'entité est inapte à accomplir une fonction requise par suite d'actions relatives à son exploitation et influençant sa disponibilité (changement d'outil selon les programmes de fabrication, contrôle sur l'entité du produit fabriqué, etc).

.Etat de disponibilité :

état dans lequel l'entité est apte à accomplir une fonction requise, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs éventuellement nécessaires est assurée.

.Etat d'indisponibilité :

état dans lequel l'entité est inapte à accomplir une fonction requise pour des causes inhérentes à l'entité.

.Temps total :

période de référence choisie pour l'analyse des temps.

.Temps requis :

période de temps pendant laquelle l'utilisateur exige que l'entité soit en état d'accomplir une fonction requise.

.Temps effectif de disponibilité :

partie du temps requis correspondant à un état effectif de disponibilité. Ce temps peut comporter des opérations de maintenance n'entraînant pas l'indisponibilité de l'entité.

.Temps de disponibilité :

période du temps requis correspondant à un état de disponibilité.

.Temps de fonctionnement : partie du temps effectif de disponibilité d'un état de fonctionnement de l'entité. Il constitue la base de calcul pour déterminer le nombre d'unités d'usage.

. Temps d'attente :

partie du temps effectif de disponibilité correspondant à un état d'attente de l'entité.

.Temps d'incapacité :

partie du temps requis correspondant à un état d'incapacité.

.Temps d'incapacité pour causes extérieures :

partie du temps d'incapacité correspondant à un état d'incapacité pour causes extérieures.

.Temps d'indisponibilité :

partie du temps d'incapacité correspondant à un état d'indisponibilité.

.Temps d'indisponibilité après défaillance :

partie du temps d'indisponibilité correspondant à un état d'indisponibilité après défaillance.

.Temps de non détection de la défaillance : intervalle de temps compris entre l'instant où survient la défaillance et l'instant où elle est détectée.

.Temps d'appel de la maintenance : intervalle de temps compris entre l'instant où la défaillance est détectée et l'instant où la maintenance est déclenchée.

.Temps d'indisponibilité pour maintenance corrective :

intervalle de temps correspondant à une intervention corrective sur l'entité.

.Temps de réparation :

partie du temps d'indisponibilité pour maintenance corrective pendant laquelle ces opérations sont effectivement réalisées sur l'entité. Ce temps comprend le temps de localisation, de diagnostic, de correction de panne et de contrôles et d'essais finals. Ce temps suppose que la logistique de maintenance soit assurée.

.Temps annexes de maintenance corrective :

partie du temps d'indisponibilité pour maintenance corrective des délais de mise en œuvre de ces opérations sur l'entité. Il comprend les temps administratifs, logistiques, techniques et de préparation du travail.

.Temps de remise en condition :

intervalle de temps nécessaire après les activités de maintenance pour remettre l'entité en condition de réaliser une fonction requise dans sa configuration de fonctionnement.

.Temps d'indisponibilité pour maintenance préventive : partie du temps d'indisponibilité correspondant à un état d'indisponibilité pour maintenance préventive.

.Temps d'indisponibilité pour contraintes d'exploitation :

partie du temps d'indisponibilité correspondant à un état d'indisponibilité pour contraintes d'exploitation.

.Temps non requis :

période de temps pendant laquelle l'utilisateur de l'entité n'exige pas que l'entité soit en état d'accomplir une fonction requise.

.Temps potentiel de disponibilité :

fraction du temps non requis pendant laquelle l'entité est disponible.

.Temps potentiel d'indisponibilité :

fraction du temps non requis pendant laquelle l'entité serait inapte à accomplir une fonction requise quelle qu'en soit la cause.